



پاسخ‌های تشریحی

# جامع شیمه نینانیم

## جلد دوم

مسعود جعفری، امیر حسین معروفی



کانون  
فرهنگی  
آموزش  
قلم‌چی

انتشارات  
گوناگون

پاسخ‌های  
تشریحی با  
نکات ترکیبی

درسنامه  
کامل

تست‌های  
کنکوری و  
ترکیبی

تست‌های  
شبه‌ساز  
کنکور

تست  
استاندارد



## مقدمه مولف

### دانش آموزان و همکاران گرامی، سلام.

الان که دارید این مقدمه رو می‌خونید، به نظر متوجه شدید که کنکور و به خصوص درس شیمی در کنکور، مسیری پر پیچ و خم و دشوار برای دانش آموزان کنکوری است. برای رسیدن به درصدهای بالا گاهی باید سوالات شمارشی رو حل کنید، گاهی باید مسائل رو در یک یا دو مرحله حل کنید و گاهی هم باید جاخالی دادن رو یاد بگیرید و کلی تکنیک دیگر که در این کتاب قراره با هم یاد بگیریم. متأسفانه هر ساله بسیاری از دانش آموزان هستند که با داشتن مطالعه زیاد و مداوم شیمی، در نهایت درصد خوبی در کنکور کسب نکرده‌اند؛ در مورد این عزیزان همیشه گفت که شیمی بلد نیستن؛ چرا که وقتی چندتا سؤال از شون می‌پرسیم، به خوبی مباحث رو توضیح میدن. خب پس مشکل کارشون کجاست!!؟

به نظر میرسه که مشکل این عزیزان مطالعه زیاد درسنامه‌های طولانی و بی‌بازده است که برای آن‌ها فرصتی برای حل تست نمی‌گذارد و حتی اگه به حل تست هم برسند، تست‌ها به قدری ضعیف و غیراستاندارد هستند که یا مشابه آن‌ها در کنکور مطرح نمیشه و یا سال‌هاست منسوخ شده است. در یک جمله: «این عزیزان هوشمندانه درس نخونده‌اند». خب حالا باید چکار کرد!!؟

در کنار داشتن یک دبیر باتجربه و کاردرست و داشتن یک برنامه منظم و حساب شده برای درس شیمی، به همراه داشتن یک کتاب جامع، بسیار لازم و ضروری است. منظورمون از کتاب جامع، کتابی نیست که درسنامه‌های طولانی، تست‌های زیاد و بی‌فایده با پاسخ‌های تشریحی طولانی داشته باشد که وقت با ارزش شما رو تلف کند. سال‌هاست که تلاش کردیم برای دانش آموزانمون در کلاس‌های حضوری، این تعادل (مطالعه درسنامه، حل انواع تست‌ها و ...) رو ایجاد کنیم و امیدوار بودیم که بتونیم روزی این کار رو برای همه دانش آموزان کشور هم انجام بدیم که به لطف خدا امکان‌پذیر شد ...

کتابی که پیش روی شما است، کتاب «جامع شیمی تیتانیم» است که هدف از تألیف آن، همراهی و راهنمایی شما در مطالعه هوشمندانه درس شیمی و رسیدن به درصد مدنظرتون در کنکور سراسری است. در ادامه چند نمونه از ویژگی‌های این کتاب رو آوردیم:

- ۱ هر فصل، بر اساس حجم، اهمیت و نوع تست‌ها به چند بخش تقسیم شده تا بتوانید مطالب را با تمرکز بیشتری مطالعه کنید و با مطالعه چند صفحه درسنامه، بتوانید خیلی سریع به سراغ تست‌ها بروید.
- ۲ در درسنامه، مطالب مهم در قالب «توجه» و «کادر نکته» آورده شده است. حتی برخی قسمت‌هایی که به نظرمون رسیده که ممکن هست شما مطلبی رو اشتباه متوجه شوید، با عنوان «اشتباه نکنید» و «توضیح»، قرار داده‌ایم تا مانع از اشتباه شما شویم.
- ۳ از قدیم گفتن یکی از کارهای کتاب جامع، جمع‌بندی مطالب است. برای همین در درسنامه‌های این کتاب، هر جا لازم بوده براتون کادر جمع‌بندی آوردیم.
- ۴ از درسنامه که بگذریم، می‌رسیم به تست‌ها! در تست‌ها تمام نکات کتاب درسی و کنکوری رو مطرح شده است. هر بخش، با تست‌های ساده شروع می‌شود و به تست‌های «سطح دوم» می‌رسیم که یا دشوار هستند و یا ایده نو و جدیدی دارند.



۵ با توجه به تست‌های مطرح شده در کنکورهای سال‌های اخیر که تعداد زیادی از آن‌ها شمارشی ۴ یا ۵ موردی هستند، بخش زیادی از تست‌های مفهومی این کتاب، از نوع شمارشی ۴ یا ۵ موردی هستند؛ پس با حل تست‌های این کتاب، حل تست‌های شمارشی کنکور براتون به سادگی آب خوردن خواهد شد.

۶ خیلی از دانش‌آموزان بیان می‌کنند که یکی از کسل‌کننده‌ترین کارها، مطالعهٔ پاسخنامهٔ تشریحی تست‌ها است. برای همین سعی کردیم پاسخ تست‌ها رو به شکلی بنویسیم که مطالعهٔ آن‌ها ساده و البته مؤثر باشد. ضمناً در پاسخنامه، کادرهای نکات و نکات ترکیبی آورده شده که با مطالعهٔ آن‌ها کلی از مطالب مهم و ترکیبی رو یاد می‌گیرید.

۷ اگه فکر کردید که ما شما رو در تقابل با مسائل و انجام محاسبات ریاضی اون‌ها تنها می‌زاریم، سخت در اشتباه هستید، چون در پاسخنامهٔ مسائل، ترفندهای محاسباتی مثل «تخمین زدن»، «ساده کردن بدون توجه به صفر و اعشار» و ... رو آوردیم که با بررسی آن‌ها سرعت انجام محاسباتتون هم بیشتر می‌شه.

**کلام آخر:** کتاب ما، قطعاً ماحصل یک کار گروهی و منسجم بوده است. بدون یاری و مهربانی و دقت دوستانی که در زیر نامشان را می‌آوریم، قطعاً کار ما به سرانجام نمی‌رسید:

- از دانشجویان با دقت که از نخبگان کشور هستند، خانم ترنم توکلی (رتبهٔ ۱۰ کنکور ۱۴۰۱)، آقایان عرشیا شفیعی (رتبه ۷۶ کنکور ۱۴۰۱)، کارو محمدی، مهدی شفیعی سروسستانی، علی کرم‌پور محمد آبادی و آرمین عظیمی که ویراستاری و نمونه‌خوانی کتاب بر عهدهٔ آن‌ها بود، سپاسگزاریم.
- از خانم‌ها مریم احمدی و سیده فاطمه احدی که برای تایپ و صفحه‌آرایی این کتاب، سنگ تمام گذاشتند و شب و روز برای تولید به موقع این کتاب از جان مایه گذاشتند و آقای سامان شاهین‌پور طراح گرافیک و رسام خوش‌سلیقه سپاس ویژه‌ای داریم.

سربلند و اثرگذار باشید

**جعفری، معروفی**

## فهرست مطالب

### شیمی دهم

- ۱ فصل اول: کیهان، زادگاه الفبای هستی.....
- ۵۵ فصل دوم: ردپای گازها در زندگی.....
- ۱۱۰ فصل سوم: آب، آهنگ زندگی.....

### شیمی یازدهم

- ۱۶۴ فصل اول: قدر هدایای زمینی را بدانیم.....
- ۲۳۰ فصل دوم: در پی غذای سالم.....
- ۳۰۷ فصل سوم: پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر.....

### شیمی دوازدهم

- ۳۵۵ فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی.....
- ۴۱۲ فصل دوم: آسایش و رفاه در سایه شیمی.....
- ۴۷۵ فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری.....
- ۵۰۷ فصل چهارم: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر.....



## شیمی ۱: فصل اول

## پاسخ تشریحی

۱ ۴ A بررسی گزیندهای نادرست: گزینه (۱): انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی آسمان بوده است. (نه پیدایش عنصرها!) گزینه (۲): انسان در قلمرو علم تجربی قادر به توضیح چگونگی پیدایش هستی نیست. گزینه (۳): سفر طولانی و تاریخی فضاییهای وویجر ۱ و ۲ برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی بود. (نه شناخت خورشید!)

۱ ۲ A عبارتهای (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست است. بررسی سایر عبارتهای (ب): سفر تاریخی و طولانی دو فضاییهای وویجر (۱) و (۲) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی (نه خورشید!) انجام شده است. عبارت (ث): عنصر گوگرد در میان هشت عنصر فراوان سیاره مشتری و زمین رتبه ششم را دارد.

۳ ۳ B همه موارد به جز مورد چهارم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: فراوانترین عنصر در سیاره مشتری، هیدروژن و فراوانترین عنصر در سیاره زمین، آهن است. مورد دوم: هشت عنصر فراوان سیاره مشتری H، He، C، O، N، S، Ar و Ne هستند که تمام آنها عنصرهای نافلزاند. مورد سوم: سیاره زمین بیشتر از جنس سنگ و سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است. مورد چهارم: درصد فراوانی تمامی عنصرهای تشکیل دهنده سیاره زمین کمتر از ۵۰٪ است. مورد پنجم: هرچه فاصله یک سیاره از خورشید بیشتر باشد، دمای سطحی آن پایین تر است. از آنجا که فاصله سیاره مشتری از خورشید، بیشتر از زمین است، پس مشتری دمای سطحی پایین تری دارد.

۲ ۴ A بررسی عبارتهای (الف): اختلاف درصد فراوانی دو عنصر فراوان سیاره مشتری (H و He) بیشتر از اختلاف درصد فراوانی دو عنصر فراوان سیاره زمین (O و Fe) است. عبارت (ب): سیاره مشتری به دلیل دوری از خورشید، میانگین دمای کمتری نسبت به سیاره زمین دارد و درصد فراوانی عنصر کربن در آن بیشتر از درصد فراوانی عنصر اکسیژن است. عبارت (پ): لیتیم عنصری سبک است که نسبت به عنصر طلا قدمت بیشتری در کیهان دارد؛ زیرا در کیهان، عنصرهای سنگین تر از عنصرهای سبک تر تولید شده اند.

۴ ۵ B همه عبارتهای به جز عبارت اول درست هستند. بررسی عبارتهای (ب): در سیاره زمین عناصر نافلز یافت می شوند که از فراوانترین آنها می توان اکسیژن و گوگرد را نام برد. عبارت دوم: اکسیژن و گوگرد هر دو در سیاره های زمین و مشتری یافت می شوند با این تفاوت که درصد فراوانی این عناصر در سیاره زمین بیشتر است. عبارت سوم: سیاره مشتری یک سیاره گازی و بسیار بزرگ به حساب آمده و هشت عنصر فراوان تر در شرایط محیطی این سیاره همگی گاز هستند. عبارت چهارم: فراوانترین عنصر در سیاره مشتری، هیدروژن بوده که نزدیک به ۹۰٪ آن را در برمی گیرد. در حالی که دومین عنصر فراوان، یعنی هلیوم فراوانی بسیار کمی دارد. اما دو عنصر فراوان سیاره زمین (آهن و اکسیژن)، درصد فراوانی نزدیک به یکدیگر دارند. عبارت پنجم: دومین عنصر فراوان در سیاره زمین و سیاره مشتری به ترتیب اکسیژن و هلیوم است.

۲ ۶ B عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (ب): برخی (نه همه!) دانشمندان بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجار مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. عبارت (پ): پس از مهبانگ نخستین ذره هایی که در آن شرایط پدید آمدند، ذره های زیراتمی بودند. عبارت (ت): مقدار انرژی تولید شده در واکنش های هسته ای بسیار بیشتر از مقدار انرژی مبادله شده در واکنش های شیمیایی است.

۲ ۷ B عبارتهای (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): در واکنش های انجام شده درون ستاره ها، مجموع جرم فرآورده های تولیدی کمتر از مجموع جرم واکنش دهنده ها است؛ زیرا مقداری از جرم واکنش دهنده ها به انرژی تبدیل می شود. عبارت (ب): سحابی ها با گذشت زمان و کاهش دما پس از پدید آمدن عنصرهای هیدروژن و هلیوم تولید شده اند و نه بلافاصله پس از مهبانگ! عبارت (پ): سحابی ها عامل پیدایش ستاره ها و کهکشان ها هستند و از عنصرهای هیدروژن و هلیوم تشکیل شده اند. عبارت (ت): به جای A و B به ترتیب می توان عنصرهای «هلیوم» و «کربن» قرار داد که به ترتیب دومین و سومین عنصرهای فراوان در سیاره مشتری هستند. عبارت (ث): ستاره ها متولد می شوند، رشد می کنند و زمانی می میرند. مرگ ستاره با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شوند.

۲ ۸ C عبارتهای (الف)، (ب) و (ث) نادرست است. بررسی عبارتهای (الف): آخرین تصویری که وویجر (۱) قبل از خروج از سامانه خورشیدی از سیاره زمین گرفت از فاصله ۷ میلیارد کیلومتری بوده است. عبارت (ب): در متن کتاب گفته شده که پس از مهبانگ ذره های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون پدید آمده است، پس می توان نتیجه گرفت که ذره های زیراتمی دیگری نیز وجود دارد که پس از مهبانگ پدید آمده اند. عبارت (پ): انرژی تولید شده در واکنش های هسته ای به قدری زیاد است که می تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. عبارت (ت): درصد فراوانی تمام عنصرهای تشکیل دهنده سیاره زمین کمتر از ۵۰٪ است. عبارت (ث): پس از مهبانگ، ابتدا ذره های زیراتمی و سپس هیدروژن و هلیوم ایجاد شدند که با گذشت زمان و کاهش دمای این عناصر، سحابی ها ایجاد شدند.

۳ ۹ A عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای (ب): خواص شیمیایی اتم های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است. این در حالی است که خواص فیزیکی وابسته به جرم اتم های یک عنصر به عدد جرمی (A) وابسته است. عبارت (پ): در اتم همه عناصر، به جز  $^1_1\text{H}$ ، تعداد نوترون ها از تعداد پروتون ها بیشتر است.  $^1_1\text{H}$  فاقد نوترون است. عبارت (ت): در اتمی با عدد اتمی  $Z$ ، عدد پروتون و  $(A-Z)$  عدد نوترون وجود دارد، پس تفاوت تعداد نوترون ها و پروتون ها در این عنصر برابر  $(A-2Z)$  است.

۲ ۱۰ A ابتدا تفاوت شمار الکترون ها و نوترون ها را در یون  $^{127}_{53}\text{I}^-$  به دست می آوریم:

$$^{127}_{53}\text{I}^-: p=e=53, \quad e=53+1=54, \quad n=127-53=74 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها}=74-54=20$$

سپس تفاوت شمار الکترون ها و نوترون ها در گونه های داده شده در هر گزینه را محاسبه می کنیم:

$$^{86}_{37}\text{Rb}: p=e=37, \quad n=86-37=49 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها}=49-37=12 \quad \text{گزینه (۱):}$$

$$^{92}_{41}\text{Nb}: p=e=41, \quad n=92-41=51 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها}=51-41=10 \quad \text{گزینه (۲):}$$

$$^{65}_{30}\text{Zn}: p=e=30, \quad n=65-30=35 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها}=35-30=5 \quad \text{گزینه (۳):}$$

$$^{112}_{48}\text{Cd}: p=e=48, \quad n=112-48=64 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها}=64-48=16 \quad \text{گزینه (۴):}$$

پس اختلاف تعداد الکترون ها و نوترون ها در  $^{92}_{41}\text{Nb}$  که در گزینه (۲) آمده، نصف این اختلاف در  $^{127}_{53}\text{I}^-$  است.



۲ ۱۱ B ابتدا از اطلاعات داده شده، نسبت تعداد پروتون‌ها به الکترون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{شمار پروتون‌ها}}{\text{شمار الکترون‌ها}} = \frac{p}{e} \Rightarrow n = \frac{p}{e} \quad (۱) \quad , \quad \frac{\text{شمار پروتون‌ها}}{\text{شمار الکترون‌ها}} = \frac{۴}{۳} \quad (۲) \quad \xrightarrow{(۱):(۲)} \quad n = \frac{۴}{۳} p \Rightarrow \frac{۴}{۳} e = \frac{۴}{۳} p \Rightarrow ۲۱e - ۲۰p = ۰$$

از آنجایی که در یون  $X^{۳+}$ ، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس می‌توان این چنین محاسبه کرد:

$$۲۱e - ۲۰p = ۰ \xrightarrow{e=p-۳} ۲۱(p-۳) + ۲۰p = ۰ \Rightarrow p = ۶۳$$

همچنین می‌دانیم شمار نوترون‌ها  $\frac{۴}{۳}$  شمار پروتون‌ها است؛ بنابراین تعداد نوترون‌های این یون برابر  $۸۴ (\frac{۴}{۳} \times ۶۳)$  بوده و عدد جرمی که حاصل مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها است، برابر  $۱۴۷ (۶۳ + ۸۴)$  می‌باشد.

۲ ۱۲ B موارد دوم و چهارم، عبارت تست را به درستی کامل می‌کنند. بررسی همه موارد:

$\text{NO}_3^+ \begin{cases} e = 7 + 2(8) - 1 = 22 \\ n = 7 + 2(8) = 23 \end{cases} \Rightarrow 22 + 23 = 45$	<p>مورد دوم: مجموع الکترون‌ها و نوترون‌ها:</p>	$\text{CN}^- \begin{cases} e = 6 + 7 + 1 = 14 \\ p = 6 + 7 = 13 \end{cases} \Rightarrow 13 + 14 = 27$	<p>مورد اول: ذرات زیراتمی باردار یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها:</p>
---	--	---	---

$\text{PH}_4^+ \begin{cases} e = 15 + 4(1) - 1 = 18 \\ p = 15 + 4(1) = 19 \\ n = 16 + 4(1) = 16 \end{cases} \Rightarrow 18 + 19 + 16 = 53$	<p>مورد سوم: ذرات زیراتمی درون هسته یعنی پروتون و نوترون در یون <math>\text{ClO}_3^-</math> برابر است با:</p>	$\text{ClO}_3^- \begin{cases} p = 17 + 2(8) = 33 \\ n = 18 + 2(8) = 34 \end{cases} \Rightarrow 33 + 34 = 67$	<p>مورد چهارم: در یون <math>\text{PH}_4^+</math> می‌توان نوشت:</p>
--	---	--	--

۲ ۱۳ B

★ نکته در سؤالاتی که عدد اتمی و تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم داده می‌شود و از شما عدد اتمی را می‌خواهند یا بالعکس، از فرمول زیر استفاده کنید:

$$\text{تفاوت شمار پروتون‌ها با نوترون‌ها} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی}$$

دقت کنید با توجه به این که تقریباً در تمامی اتم‌ها (به جز  $^1\text{H}$ ) رابطه  $n \geq p$  برقرار است، پس منظور از اختلاف شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در سؤالات مقدار  $(n-p)$  است.

مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۷۹ و تفاوت آن‌ها برابر ۱۱ است، از این رو: **روش اول (تشریحی):**  $n+p=79, n-p=11 \Rightarrow 2n=90 \Rightarrow n=45, p=34$

$$Z = \frac{A - \text{تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها}}{۲} = \frac{79 - 11}{۲} = \frac{۶۸}{۲} = ۳۴$$

روش دوم (تستی):

تعداد نوترون‌ها برابر ۴۵  $(79 - 34)$  است. در نهایت با توجه به دو روش ذکر شده، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها به تقریب برابر  $1\frac{1}{3} (\frac{45}{34})$  است.

۲ ۱۴ B

★ نکته در مسائلی که، یک یون با بار الکتریکی و عدد جرمی و تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها داده شده و از شما عدد اتمی خواسته می‌شود یا بالعکس، از فرمول

$$\text{بار یون} + \text{تفاوت شمار الکترون‌ها با نوترون‌ها} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی}$$

مقابل استفاده کنید:

ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، عدد اتمی  $^{۸۸}\text{A}^{۲+}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$^{۸۸}\text{A}^{۲+} \begin{cases} Z+n=88 \\ n-e=14 \end{cases} \xrightarrow{e=Z-2} \begin{cases} Z+n=88 \\ n-Z=12 \end{cases} \Rightarrow Z+(12+Z)=88 \Rightarrow 2Z+12=88 \Rightarrow Z=38$$

روش اول:

$$Z = \frac{A - \text{بار یون} + \text{تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌ها}}{۲} = \frac{88 - 14 + 2}{۲} = 38$$

روش دوم:

سپس تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در  $^{۸۸}\text{A}^{۲+}$  را محاسبه و نسبت تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در هسته (یعنی مجموع نوترون و پروتون یا همان عدد جرمی) به

$$^{۸۸}\text{A}^{۲+} \begin{cases} p=38 \\ e=38-2=36 \\ n=88-38=50 \end{cases} \Rightarrow \frac{\text{مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها}}{\text{تعداد الکترون‌ها}} = \frac{38+50}{36} = \frac{۲}{۴۴}$$

تعداد الکترون‌های موجود در این یون را به دست می‌آوریم:

$$\frac{38+50}{36} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{۴۰+۵۰}{۳۶} = \frac{۹۰}{۳۶} = \frac{۵}{۲} = ۲\frac{۱}{۲}$$

➕ توضیح محاسبات پاسخ باید اندکی کوچک‌تر از  $\frac{۲}{۵}$  باشد. (پاسخ:  $\frac{۲}{۴۴}$ )

۲ ۱۵ B در یون  $X^{۳+}$ ، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌ها بوده  $(e=p-3)$  و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در آن برابر ۷  $(n-e=7)$  است.

$$n-e=7, e=p-3 \Rightarrow n-(p-3)=7 \Rightarrow n=p+4$$

از این رو شمار نوترون‌ها، ۴ واحد بیشتر از شمار پروتون‌هاست.

همچنین مجموع ذره‌های زیراتمی این یون، برابر ۷۹ است؛ پس خواهیم داشت:

$$n+p+e=79, n=p+4, e=p-3 \Rightarrow (p+4)+p+(p-3)=79 \Rightarrow 3p=78 \Rightarrow p=26$$

در این یون، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها به ترتیب برابر ۲۶ و ۲۳ بوده و در نتیجه مجموع شمار ذره‌های باردار این یون، یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر با ۴۹  $(23+26)$

است. در یون  $^{۱۴}\text{N}^{۳-}$ ، شمار ذره‌های باردار موجود در هسته یا همان پروتون‌ها برابر ۷ است؛ پس تفاوت مجموع ذره‌های باردار یون  $X^{۳+}$  و شمار ذره‌های باردار موجود

در هسته یون  $\text{N}^{۳-}$  برابر  $۴۲ (۴۹-۷)$  است.

**نکته** ★ اگر در حل مسائل مربوط به ذرات زیراتمی در یک سؤال به یک آنیون برخوردید، حواستان باشد که عبارت «اختلاف شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها» لزوماً به معنای  $(n-e)$  نیست و ممکن است منظور  $(e-n)$  باشد. برای تشخیص اینکه چه موقعی عبارت «اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها» را معادل  $(n-e)$  و چه زمانی معادل  $(e-n)$  در نظر بگیرید به دو نکته توجه کنید: ۱- اگر تفاوت  $n$  و  $e$  بزرگ‌تر از قدرمطلق بار آنیون بود، عبارت داده شده معادل  $(n-e)$  است. **مثال** ✓  ${}_{35}^{80}\text{X}^{-}$

۲- اگر تفاوت  $n$  و  $e$  کوچک‌تر یا مساوی قدرمطلق بار آنیون بود، مسئله را یکبار با عبارت  $(e-n)$  و یک بار با عبارت  $(n-e)$  در نظر بگیرید. **مثال** ✓  ${}_{15}^{31}\text{D}^{3-}$  یا  ${}_{8}^{16}\text{E}^{2-}$   
 اختلاف الکترون و نوترون برابر ۲ است؛ اما چون این ذره یک آنیون با بار الکتريکی  $(2-)$  می‌باشد، نمی‌توان با قاطعیت گفت تعداد الکترون یا نوترون بیشتر است. یک بار با  $n-e=2$  و یک بار با  $e-n=2$ ، عدد اتمی را به دست می‌آوریم.

$$\left\{ \begin{array}{l} n-e=2 \\ e=p+2 \end{array} \Rightarrow n-(p+2)=2 \Rightarrow n-p=4 \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n=18 \\ p=14 \end{array} \Rightarrow {}_{14}^{18}\text{Si} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} e-n=2 \\ e=p+2 \end{array} \Rightarrow (p+2)-n=2 \Rightarrow n-p=0 \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n=16 \\ p=16 \end{array} \Rightarrow {}_{16}^{16}\text{S} \right.$$

$$A=32 \Rightarrow n+p=32$$

اکنون مجموع ذره‌های باردار را در یون‌های  ${}_{14}^{18}\text{Si}^{2-}$  و  ${}_{16}^{16}\text{S}^{2-}$  محاسبه می‌کنیم:

$${}_{14}^{18}\text{Si}^{2-}: p=14, e=16 \Rightarrow \text{مجموع} = 14+16=30$$

$${}_{16}^{16}\text{S}^{2-}: p=16, e=18 \Rightarrow \text{مجموع} = 16+18=34$$

**۱۷ ۴ C** عبارتهای (الف) و (ب) نادرست می‌باشند. **بررسی عبارتهای (الف):** در یون  ${}_{8}^{18}\text{X}^{-}$ ، مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۸۰ و اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۱۰ است، پس خواهیم داشت:

$$n+p=80, n-p=10 \Rightarrow 2n=90 \Rightarrow n=45, p=35$$

از آنجایی که در این یون  $(\text{X}^{-})$ ، تعداد الکترون‌ها یک واحد بیشتر از تعداد پروتون‌ها است، پس این یون دارای ۳۶ الکترون بوده و تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌های آن برابر ۹ می‌باشد. **عبارت (ب):** در یون  ${}_{20}^{47}\text{M}^{4+}$ ، مجموع شمار نوترون‌ها و شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۷ و تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۴۷ است، پس خواهیم داشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-e=47 \end{array} \xrightarrow{e=p-4} \left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-(p-4)=47 \end{array} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-p=43 \end{array} \Rightarrow p=82 \right. \right.$$

پس شمار الکترون‌ها در یون  $\text{X}^{4+}$  برابر ۷۸  $(82-4)$  است. **عبارت (ب):** در یون  ${}_{59}^{92}\text{Z}^{2+}$ ، مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها برابر ۵۹ و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۵ است، پس تعداد ذره‌های بدون بار، یعنی نوترون‌ها در  $\text{Z}^{2+}$  برابر است با:

$$\text{Z}^{2+} \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-e=5 \end{array} \xrightarrow{e=p-2} \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-(p-2)=5 \end{array} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-p=3 \end{array} \Rightarrow n=31 \right. \right.$$

**عبارت (ت):** در یون  ${}_{200}^{200}\text{A}^{2+}$ ، مجموع شمار نوترون‌ها با شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۰ بوده و شمار نوترون‌ها،  $\frac{3}{4}$  برابر شمار پروتون‌هاست، همچنین شمار پروتون‌ها دو واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس خواهیم داشت:

$$n+p=200, n=\frac{3}{4}p \Rightarrow \frac{3}{4}p+p=200 \Rightarrow p=80$$

شمار الکترون‌ها در اتم A با شمار پروتون‌های آن مساوی و برابر ۸۰ است.

**۱۸ ۲ A** عبارتهای اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت چهارم:** خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است، از این رو خواص شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر مشابه است. **عبارت پنجم:** ترتیب درصد فراوانی ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونه طبیعی از آن به صورت  ${}_{11}^{24}\text{Mg} < {}_{11}^{25}\text{Mg} < {}_{11}^{26}\text{Mg}$  است.

**۱۹ ۳ A** موارد چهارم و پنجم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر تعداد پروتون‌ها، عدد اتمی، تعداد الکترون‌ها، خواص شیمیایی و مکان قرارگیری در جدول تناوبی مشابه یکدیگرند ولی از نظر تعداد نوترون‌ها، خواص فیزیکی وابسته به جرم، درصد فراوانی در طبیعت و پایداری هسته با یکدیگر تفاوت دارند.

**۲۰ ۲ B** عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای (الف):** در ایزوتوپ  ${}_{6}^7\text{Li}$ ، نسبت تعداد نوترون‌ها به تعداد پروتون‌ها برابر یک است ولی در ایزوتوپ  ${}_{6}^9\text{Li}$ ، نسبت تعداد نوترون‌ها به تعداد پروتون‌ها  $\frac{4}{3}$  بوده و بزرگ‌تر از واحد است.

$$\frac{4}{3} \times 100 = 133.33\% \Rightarrow 94\% = \frac{47}{50} \times 100 = 94\% \text{ درصد فراوانی } {}_{6}^9\text{Li} \text{ در نمونه طبیعی}$$

**عبارت (ب):** با توجه به توضیحات قسمت (الف)، درصد فراوانی ایزوتوپ  ${}_{6}^9\text{Li}$  برابر ۹۴٪ است، پس درصد فراوانی ایزوتوپ  ${}_{6}^7\text{Li}$  برابر ۶٪  $(100-94)$  است.

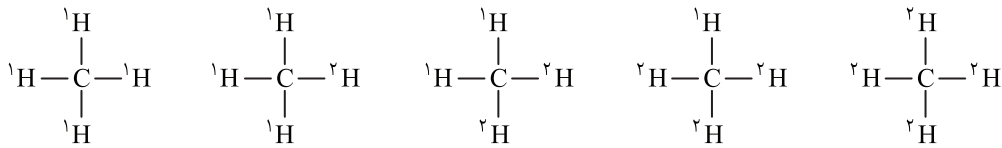
$$\frac{\text{درصد فراوانی } {}_{6}^9\text{Li}}{\text{درصد فراوانی } {}_{6}^7\text{Li}} = \frac{94}{6} = 15.67$$

**عبارت (پ):** ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر خواص شیمیایی و در نتیجه میزان تمایل برای از دست دادن الکترون کاملاً مشابه هستند. در نمونه طبیعی از ایزوتوپ‌های یک عنصر، بیشتر بودن فراوانی یک ایزوتوپ، نشان‌دهنده پایداری بیشتر هسته آن ایزوتوپ است. با توجه به توضیحات ارائه شده و شکل صورت تست، هسته ایزوتوپ سنگین‌تر لیتیم، یعنی  ${}_{3}^7\text{Li}$  که فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است. **عبارت (ت):** در نمونه ۵۰ اتمی نشان داده شده در صورت تست، ۳ ایزوتوپ  ${}_{6}^7\text{Li}$  وجود دارد که هر یک دارای ۳ نوترون است. به علاوه در این نمونه ۴۷ ایزوتوپ  ${}_{6}^9\text{Li}$  وجود دارد که هر یک دارای ۴ نوترون هستند، پس مجموع تعداد نوترون‌ها در چنین نمونه‌ای برابر است با:

$${}_{6}^9\text{Li} \text{ وجود دارد که هر یک دارای } 4 \text{ نوترون هستند، پس مجموع تعداد نوترون‌ها در چنین نمونه‌ای برابر است با: } (3 \times 3) + (47 \times 4) = 197$$



**قسمت اول:** ابتدا انواع مولکول‌های متان با ایزوتوپ  $^{12}\text{C}$  و ایزوتوپ‌های  $^1\text{H}$  و  $^2\text{H}$  را در نظر می‌گیریم:



پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ  $^{13}\text{C}$  و ایزوتوپ‌های  $^1\text{H}$  و  $^2\text{H}$  وجود دارد و با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ده نوع مولکول متان می‌توان ایجاد نمود.

**قسمت دوم:**

**نکته** در این تیب سؤالات، اگر عدد جرمی ایزوتوپ‌های همهٔ عناصر داده شده به صورت متوالی (مثل  $^{12}\text{A}$ ،  $^{13}\text{A}$  و  $^{14}\text{A}$ ) بود، برای تعیین شمار مولکول‌های با جرم مولکولی متفاوت، می‌توان از فرمول مقابل استفاده نمود:  $1 + (\text{سبک‌ترین جرم مولکولی}) - (\text{سنگین‌ترین جرم مولکولی}) = \text{تعداد مولکول‌ها با جرم متفاوت}$  ابتدا جرم مولکولی سنگین‌ترین و سبک‌ترین مولکول‌ها را محاسبه می‌کنیم:



شمار مولکول‌های متان با جرم متفاوت برابر  $6 = (21 - 16 + 1)$  است.

**۲۲ ۴ A** اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بزرگ‌تر از  $1/5$  باشد، ناپایدار هستند. برای نمونه  $^{195}\text{Pt}$  دارای ۷۸ پروتون و ۱۱۷ نوترون بوده و نسبت  $\frac{n}{p}$  آن برابر  $1/5$  ( $\frac{117}{78}$ ) است ولی هستهٔ پایدار دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۲):** به دلیل متلاشی شدن هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار در یک نمونهٔ طبیعی، کمترین درصد فراوانی مربوط به ناپایدارترین ایزوتوپ و بیشترین درصد فراوانی مربوط به پایدارترین ایزوتوپ است. **گزینه (۳):** هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار ماندگار نیستند و اغلب بر اثر تلاشی هستهٔ آن‌ها، ذره‌های پرانرژی و مقادیر زیادی انرژی آزاد می‌شود.

**۲۳ ۱ C** فقط رابطهٔ دوم برقرار نیست، اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از  $1/5$  است، ناپایدار هستند.  $\frac{\text{تعداد نوترون‌ها}}{\text{تعداد پروتون‌ها}} = \frac{n}{p} \geq \frac{3}{2}$

بررسی هرکدام از روابط: **رابطهٔ اول:**

$$\frac{\text{تعداد ذره‌های بدون بار}}{\text{مجموع ذره‌های باردار}} = \frac{n}{p+e} \xrightarrow{p=e} \frac{n}{2p} \Rightarrow \frac{n}{p} \geq \frac{3}{2} \xrightarrow{\times \frac{1}{2}} \frac{1}{2} \times \frac{n}{p} \geq \frac{3}{4}$$

**رابطهٔ دوم:**

$$\frac{n}{p} \geq \frac{3}{2} \xrightarrow{\text{معکوس می‌کنیم}} \frac{p}{n} \leq \frac{2}{3}$$

**رابطهٔ سوم:**

$$\frac{n}{p} \geq \frac{3}{2} \xrightarrow{\text{به دو طرف نامعادله یک واحد اضافه می‌کنیم}} 1 + \frac{n}{p} \geq 1 + \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{Z+n}{Z} \geq \frac{5}{2} \Rightarrow \frac{Z+n}{Z} \geq \frac{5}{2} \xrightarrow{A=Z+n} \frac{A}{Z} \geq \frac{5}{2} = 2/5$$

**رابطهٔ چهارم:**

$$\frac{n}{p} \geq \frac{3}{2} \xrightarrow{\text{نامعادله دو واحد اضافه می‌کنیم}} 2 + \frac{n}{p} \geq 2 + \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{p+e+n}{p} \geq \frac{7}{2} = 3/5$$

**۲۴ ۱ C** اگر به هستهٔ عنصر  $^{A}_{Z}\text{X}$ ، دو پروتون اضافه کنیم، به  $^{A+2}_{Z}\text{T}^{2+}$  تبدیل می‌شود که دارای ۲۲ نوترون، ۲۰ پروتون و ۱۸ الکترون است و مجموع ذرات زیراتمی آن برابر با ۶۰ خواهد بود. عنصر  $^{2a+3}_{a}\text{E}$  نیز دارای  $a$  پروتون،  $a$  الکترون و  $a+3$  نوترون است:

$${}^{2a+3}_{a}\text{E} : \text{تعداد پروتون‌ها} = a, \text{تعداد الکترون‌ها} = a, \text{تعداد نوترون‌ها} = (2a+3) - a = a+3$$

پس در عنصر  $^{2a+3}_{a}\text{E}$ ، در مجموع  $3a+3$  ذرهٔ زیراتمی وجود دارد؛ پس  $a$  برابر است با:

$$3a+3=60 \Rightarrow 3a=57 \Rightarrow a=19$$

بنابراین  $^{41}_{19}\text{E}$  با  $^{39}_{19}\text{B}$  ایزوتوپ (هم‌مکان) است؛ چون عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوتی دارند. توجه داشته باشید که  $^{41}_{19}\text{E}$  همان  $^{41}_{19}\text{F}$  است؛ زیرا تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هر دو ذره یکسان می‌باشد.

**۲۵ ۱ C** اگر  $A = \frac{6x-1}{4y+2}$  و  $B = \frac{9y+1}{3x-2}$  ایزوتوپ یکدیگر باشند، عدد اتمی این دو اتم با یکدیگر برابر است، پس خواهیم داشت:

$$(I) \quad 3x-2=4y+2 \Rightarrow 3x-4y=4$$

با توجه به اینکه تعداد نوترون‌ها در اتم  $A$  یک واحد بیشتر از شمار نوترون‌ها در اتم  $B$  است، خواهیم داشت:

$$(II) \quad \left. \begin{array}{l} A \text{ اتم} = \text{تعداد نوترون‌های اتم} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} = (6x-1) - (4y+2) = 6x-4y-3 \\ B \text{ اتم} = \text{تعداد نوترون‌های اتم} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} = (9y+1) - (3x-2) = 9y-3x+3 \end{array} \right\} \Rightarrow (6x-4y-3) = (9y-3x+3) + 1 \Rightarrow 9x-13y=7$$

$$\begin{cases} 3x-4y=4 \\ 9x-13y=7 \end{cases} \xrightarrow{\text{حل دستگاه دو معادله - دو مجهول}} x=8, y=5$$

اکنون با توجه به معادله‌های (I) و (II)، مقدار  $x$  و  $y$  را محاسبه می‌کنیم:

پس حاصل نسبت  $\frac{x}{y}$  برابر  $\frac{8}{5}$  یا  $1/6$  است.

۱ ۲۶ C پاسخ به پرسش‌ها: پرسش (الف): ایزوتوپ‌های یک عنصر در یک خانه از جدول دوره‌ای قرار دارند، از این رو به آن‌ها هم‌مکان می‌گویند. ایزوتوپ‌های یک عنصر در خواص شیمیایی مشابه یکدیگر هستند، در حالی که خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند نقطه ذوب در آن‌ها متفاوت بوده و مجموع شمار ذره‌های زیراتمی (یعنی مجموع تعداد نوترون، پروتون و الکترون) در ایزوتوپ‌ها با یکدیگر متفاوت است. پرسش (ب):

$${}_{28}^{58}\text{Ni}^{2+} \begin{cases} p=28 \\ e=28-2=26 \\ n=58-28=30 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} \text{تفاوت شمار الکترون‌ها} \\ \text{و نوترون‌ها} \end{matrix} = 30-26=4$$

$${}_{38}^{88}\text{Sr} \begin{cases} p=38 \\ e=38 \\ n=88-38=50 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} \text{تفاوت شمار پروتون‌ها} \\ \text{و نوترون‌ها} \end{matrix} = 50-38=12$$

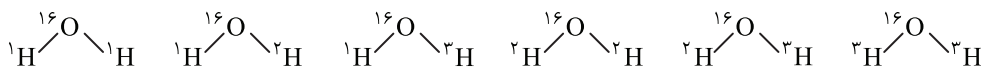
تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در یون  ${}_{28}^{58}\text{Ni}^{2+}$ ،  $\frac{1}{3}$  تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در  ${}_{38}^{88}\text{Sr}$  است. پرسش (پ): در یون  ${}_{83}^{210}\text{M}^{3-}$ ، ۸۶ الکترون وجود دارد:

$$n-e=46 \Rightarrow n=46+e=46+86=132$$

پس تعداد نوترون‌ها برابر است با:

$$\text{نسبت } \frac{n}{p} \text{ در هسته } M \text{ حدوداً برابر } \frac{1}{6} \left( \frac{132}{83} \right) \text{ است، پس هسته } M \text{ پرتوزاست.}$$

۲۷ B ۴ قسمت اول: ابتدا انواع مولکول‌های آب را با ایزوتوپ‌های هیدروژن ( ${}^1\text{H}$ ،  ${}^2\text{H}$  و  ${}^3\text{H}$ ) و ایزوتوپ  ${}^{16}\text{O}$  در نظر می‌گیریم:



پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ‌های هیدروژن ( ${}^1\text{H}$ ،  ${}^2\text{H}$  و  ${}^3\text{H}$ ) و ایزوتوپ  ${}^{17}\text{O}$  داریم؛ یعنی با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ۱۲ نوع مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  می‌توان داشت.

قسمت دوم: با توجه به پرسش، ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  و ایزوتوپ  ${}^{17}\text{O}$  پایداری و فراوانی کمتری دارند. از این رو ناپایدارترین مولکول در این شرایط،  ${}^3\text{H}-{}^{17}\text{O}-{}^3\text{H}$  می‌باشد. از آنجایی که شمار نوترون‌ها در  ${}^3\text{H}$  برابر ۹ بوده و در  ${}^{17}\text{O}$  برابر ۲ می‌باشد، پس مجموع نوترون‌ها در ناپایدارترین مولکول آب برابر ۱۳ است.

۲۸ C ۱ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. از آنجایی که شمار الکترون‌های یون‌های  $X^+$  و  $Y^-$  با یکدیگر برابر بوده و عدد جرمی  $X$ ، ۴ واحد بیشتر از  $Y$  است، پس تعداد پروتون‌های اتم  $X$ ، دو واحد بیشتر از تعداد پروتون‌های اتم  $Y$  می‌باشد، و تعداد نوترون‌های  $X$  نیز دو واحد از تعداد نوترون‌های  $Y$  بیشتر است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: همان‌طور که در بالا گفته شد، تفاوت تعداد نوترون‌ها برابر ۲ است. عبارت دوم: این دو عنصر عدد اتمی و عدد جرمی متفاوتی دارند و ایزوتوپ یکدیگر نیستند و در خواص شیمیایی و فیزیکی با یکدیگر تفاوت دارند. عبارت سوم: همان‌طور که گفته شد، تعداد پروتون‌ها در هسته اتم  $X$ ، دو واحد بیشتر از اتم  $Y$  است؛ از این رو عدد اتمی  $Y$ ، دو واحد کمتر از عدد اتمی  $X$  می‌باشد. عبارت چهارم: اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن برابر یا بیش از  $1/5$  باشد ناپایدارتر هستند، نسبت  $\frac{n}{p}$  در هیچ کدام از این عناصر مشخص نیست!

۲۹ C ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. با توجه به بار یون  $M^{2+}$ ، شمار پروتون‌ها دو واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست؛ از این رو با توجه به داده‌های مسئله می‌توان شمار ذرات زیراتمی  $M$  را حساب کرد: روش اول (تشریحی):

$$\begin{cases} n+p=25 \\ n-e=3 \end{cases} \xrightarrow{e=p-2} \begin{cases} n+p=25 \\ n-(p-2)=3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=25 \\ n-p=1 \end{cases} \Rightarrow p=12, n=13$$

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{25 - (3) + 2}{2} = 12 \Rightarrow n = A - Z = 25 - 12 = 13 \quad \text{روش دوم (تستی):}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عنصر  $M$  همان منیزیم بوده و ۳ ایزوتوپ پایدار دارد. ( ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ ،  ${}_{12}^{25}\text{Mg}$ ،  ${}_{12}^{26}\text{Mg}$ ) در هسته اتم  ${}^{26}\text{Mg}$ ، چهارده نوترون وجود دارد اما ناپایدارترین ایزوتوپ نیست.

عبارت سوم: منیزیم چهارمین عنصر فراوان در سیاره زمین است. عبارت چهارم: در ایزوتوپ‌های منیزیم با افزایش عدد جرمی، پایداری و درصد فراوانی کاهش نمی‌یابد.  ${}^{26}\text{Mg} > {}^{25}\text{Mg} > {}^{24}\text{Mg}$  مقایسه پایداری و درصد جرمی

۳۰ B ۱ روش اول: با توجه به جدول زیر، جرم هسته‌های متلاشی شده را به دست می‌آوریم:

زمان (برحسب ساعت)	۰	۸	۱۶	۲۴	۳۲
جرم باقی‌مانده (برحسب گرم)	۳۶	۱۸	۹	۴/۵	۲/۲۵

بنابراین پس از گذشت ۳۲ ساعت  $33/75$  (۳۳-۲/۲۵) گرم از رادیوایزوتوپ متلاشی می‌شود و با توجه به جدول، پس از گذشت ۱۶ ساعت، ۹ گرم از آن باقی می‌ماند. روش دوم:

$$t=32h \Rightarrow n = \frac{t}{T} = \frac{32}{8} = 4$$

$$\text{جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۳۲ ساعت برابر است با: } m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n = 36 - 36 \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 33/75 \text{ g}$$

جرم هسته‌های باقی‌مانده پس از ۱۶ ساعت برابر است با:

$$t=16h \Rightarrow n = \frac{t}{T} = \frac{16}{8} = 2$$

جرم هسته‌های باقی‌مانده پس از ۱۶ ساعت برابر است با:

$$\text{جرم باقی‌مانده} = m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = 36 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 9 \text{ g}$$



B ۳۱ ۳ ابتدا مقدار هسته‌های متلاشی شده پس از ۴۲ روز را محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{42}{14} = 3$$

$$\text{جرم متلاشی شده} = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{7}{8} m_0$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{70}{14} = 5$$

$$\text{جرم متلاشی شده} = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{31}{32} m_0$$

حال مقدار جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۷۰ روز را به دست می‌آوریم:

$$\frac{31}{32} m_0 - \frac{7}{8} m_0 = 13/5 \Rightarrow \frac{3}{32} m_0 = 13/5 \Rightarrow m_0 = \frac{32 \times 13 / 5}{3} = 144 \text{ g}$$

طبق داده مسئله داریم:

**+ توضیح محاسبات** پاسخ به ۱۴۳ نزدیک است. (پاسخ: ۱۴۴)

$$\frac{32 \times 13 / 5}{3} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{32 \times 13}{3} = 143 \quad \text{به جای ۳۲ عدد ۳۳ و به جای ۱۳/۵ عدد ۱۳ قرار گیرد.}$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{15}{3} = 5$$

B ۳۲ ۳ جرم اولیه هر دو عنصر را  $m_0$  در نظر می‌گیریم. برای محاسبه جرم متلاشی شده عنصر M داریم:

$$\text{جرم متلاشی شده} = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{31}{32} m_0$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{15}{5} = 3, \quad \text{جرم باقی‌مانده} = m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} m_0$$

برای محاسبه جرم باقی‌مانده عنصر N داریم:

$$\text{نسبت خواسته شده برابر است با:} \quad \frac{\frac{31}{32} m_0}{\frac{1}{8} m_0} = \frac{31 \times 8}{32} = 7/5$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

**+ توضیح محاسبات** پاسخ اندکی از ۸ کوچک‌تر است. (پاسخ: ۷/۵)

$$\frac{31 \times 8}{32} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{32 \times 8}{32} = 8 \quad \text{به جای ۳۱ عدد ۳۲ قرار گیرد.}$$

$$\frac{12/5}{100} A = 48 \Rightarrow A = 384 \text{ g}$$

B ۳۳ ۱ مطابق نمودار بعد از گذشت ۹ روز، ۴۸ گرم از عنصر باقی‌مانده است. برای محاسبه جرم اولیه (A) داریم:

$$m = A \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 48 = 384 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

با توجه به رابطه جرم باقی‌مانده، تعداد نیم عمر (n) را حساب می‌کنیم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{9}{3} = 3 \text{ روز}$$

با توجه به اینکه در ۹ روز ۳ نیم عمر اتفاق افتاده، پس مدت زمان هر نیم عمر (T) برابر است با:

$$m = A \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 1/5 = 384 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 8$$

حال برای محاسبه B داریم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow B = t = nT = 8 \times 3 = 24 \text{ روز}$$

با توجه به تعداد نیم عمر (n)، مقدار B برابر است با:

B ۳۴ ۳ موارد اول و دوم برای تکمیل جمله داده شده مناسب هستند. بررسی موارد نادرست: مورد سوم: خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی آن وابسته است؛ بنابراین ایزوتوپ‌های هیدروژن همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند.

\* توجه: ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

مورد چهارم: بیشترین عمر در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن مربوط به ایزوتوپ  $^5\text{H}$  است.  $^5\text{H} > ^4\text{H} > ^3\text{H} > ^2\text{H} > ^1\text{H}$ : مقایسه نیم عمر ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن

★ نکته: هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است:

نماد ایزوتوپ	$^1\text{H}$	$^2\text{H}$	$^3\text{H}$	$^4\text{H}$	$^5\text{H}$	$^6\text{H}$	$^7\text{H}$
ویژگی ایزوتوپ	پایدار	پایدار	سال ۱۲/۳۲	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-22}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

۱- این عنصر ۳ ایزوتوپ طبیعی و ۴ ایزوتوپ ساختگی دارد که درصد فراوانی آن‌ها صفر است.

$$^1\text{H} > ^2\text{H} > ^3\text{H} > ^5\text{H} > ^6\text{H} > ^4\text{H} > ^7\text{H} \quad \text{پایداری}$$

۲- با افزایش شمار نوترون‌ها، پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن همواره کاهش نمی‌یابد:

۳- با توجه به جدول، عنصر هیدروژن، ۴ ایزوتوپ ساختگی ( $^4\text{H}$ ،  $^5\text{H}$ ،  $^6\text{H}$  و  $^7\text{H}$ )، ۵ رادیوایزوتوپ ( $^3\text{H}$ ،  $^4\text{H}$ ،  $^5\text{H}$  و  $^6\text{H}$ ) و ۲ ایزوتوپ پایدار ( $^1\text{H}$  و  $^2\text{H}$ ) و ۳ ایزوتوپ طبیعی ( $^1\text{H}$ ،  $^2\text{H}$  و  $^3\text{H}$ ) دارد.

۴- ویژگی‌های انحصاری ایزوتوپ‌ها (ترین‌ها):  $^1\text{H}$ : الف) پایدارترین (ب) سبک‌ترین (پ) فراوان‌ترین (ت) تنها ایزوتوپ فاقد نوترون  $^2\text{H}$ : الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ پایدار (ب) تنها ایزوتوبی که از ذرات زیراتمی یک عدد دارد (پ) نخستین و سبک‌ترین ایزوتوپ دارای نوترون  $^3\text{H}$ : الف) سبک‌ترین رادیوایزوتوپ هیدروژن (ب) سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن (پ) فراوان‌ترین رادیوایزوتوپ هیدروژن (ت) تنها رادیوایزوتوپ هیدروژن با نیم عمر بیش از ۱ ثانیه  $^4\text{H}$ : نخستین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن  $^5\text{H}$ : پایدارترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) ساختگی هیدروژن  $^6\text{H}$  -  $^7\text{H}$ : الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن (ب) ناپایدارترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن



**B ۳۳۵** در یک نمونه طبیعی عنصر هیدروژن، ۳ ایزوتوپ وجود دارد که ترتیب درصد فراوانی در طبیعت و نیم عمر آن‌ها به صورت  ${}^1\text{H} < {}^2\text{H} < {}^3\text{H}$  است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):  ${}^1\text{H}$  ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی عنصر هیدروژن بوده که هسته اتم آن شامل شش نوترون و یک پروتون است که نسبت شمار نوترون‌ها به شمار پروتون‌ها در آن برابر ۶ است. از سوی دیگر  ${}^3\text{H}$ ، ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که دو نوترون و یک پروتون دارد و نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در اتم آن برابر ۲ می‌باشد، از این رو این نسبت در ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$  سه برابر ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  می‌باشد. گزینه (۲): مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در یک اتم همان عدد جرمی است که در عنصر هیدروژن ایزوتوپ‌هایی با عدد جرمی بزرگ‌تر از ۳ ساختگی هستند. ( ${}^4\text{H}$ ،  ${}^5\text{H}$ ،  ${}^6\text{H}$  و  ${}^7\text{H}$ ) گزینه (۴): در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن، ایزوتوپ‌های  ${}^3\text{H}$ ،  ${}^4\text{H}$ ،  ${}^5\text{H}$ ،  ${}^6\text{H}$  و  ${}^7\text{H}$  پرتوزا بوده و رادیو ایزوتوپ هستند. در این میان تنها ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  طبیعی و سایر ایزوتوپ‌ها ساختگی هستند.

**B ۳۳۶** عبارات‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن،  ${}^1\text{H}$  است که دارای ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۴ نوترون است. عبارت (ب): هیدروژن دارای ۵ رادیوایزوتوپ و ۴ ایزوتوپ ساختگی است.

\* توجه همه رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن ساختگی نیستند. ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$ ، تنها رادیوایزوتوپ طبیعی عنصر هیدروژن است.

عبارت (پ): ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۲ نوترون دارد. عبارت (ت): در رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن، یعنی  ${}^3\text{H}$ ،  ${}^4\text{H}$ ،  ${}^5\text{H}$ ،  ${}^6\text{H}$  و  ${}^7\text{H}$ ، نسبت  $\frac{p}{n} \leq \frac{1}{2}$  است. نیم عمر همه این رادیوایزوتوپ‌ها به جز  ${}^3\text{H}$  کمتر از یک ثانیه است. نیم عمر  ${}^3\text{H}$  برابر ۱۲/۳۲ سال است.

**B ۳۳۷** عبارات‌های (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): مقایسه نیم عمر ایزوتوپ‌های پرتوزای عنصر هیدروژن به صورت زیر است:

$${}^3\text{H} > {}^5\text{H} > {}^6\text{H} > {}^4\text{H} > {}^7\text{H}$$

عبارت (ب): ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$  ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن است که در هسته آن ۱ پروتون و ۶ نوترون وجود دارد. عبارت (پ): اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند. عبارت (ت): یک نمونه طبیعی از هیدروژن، شامل سه ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$ ،  ${}^2\text{H}$  و  ${}^3\text{H}$  است که در بین آن‌ها هسته ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  ناپایدار و پرتوزا است.

\* توجه تنها ایزوتوپ طبیعی و پرتوزای هیدروژن  ${}^3\text{H}$  است. نیم عمر این رادیوایزوتوپ حدود ۱۲ سال است.

عبارت (ث): درصد فراوانی  ${}^1\text{H}$  و  ${}^{24}\text{Mg}$  که فراوان‌ترین ایزوتوپ‌ها در نمونه‌های طبیعی خود هستند، به ترتیب حدوداً برابر ۱۰۰٪ و ۷۹٪ است؛ از این رو نسبت درصد فراوانی آن‌ها حدوداً برابر  $\frac{100}{79}$  خواهد بود.

**C ۳۳۸** عبارات‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): هیدروژن ۵ رادیوایزوتوپ دارد. نمونه طبیعی منیزیم مخلوطی از سه ایزوتوپ  ${}^{24}\text{Mg}$ ،  ${}^{25}\text{Mg}$  و  ${}^{26}\text{Mg}$  و نمونه طبیعی لیتیم شامل دو ایزوتوپ  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  است. عبارت (ب): ایزوتوپ‌های  ${}^3\text{H}$ ،  ${}^4\text{H}$ ،  ${}^5\text{H}$ ،  ${}^6\text{H}$  و  ${}^7\text{H}$  همگی بیش از یک نوترون دارند و پرتوزا هستند. عبارت (پ): ایزوتوپ  ${}^4\text{H}$  سبک‌ترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن و ایزوتوپ  ${}^6\text{Li}$  سبک‌تر لیتیم است. هر دو ایزوتوپ دارای ۳ نوترون در هسته خود هستند. عبارت (ت): نیم عمر ایزوتوپ  ${}^5\text{H}$  بیشتر از نیم عمر ایزوتوپ  ${}^4\text{H}$  است. پس هسته ایزوتوپ  ${}^5\text{H}$  پایدارتر است. عبارت (ث): ناپایدارترین ایزوتوپ منیزیم  ${}^{25}\text{Mg}$  و ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن  ${}^3\text{H}$  است. شمار نوترون‌ها در  ${}^{25}\text{Mg}$  برابر ۱۳ (۱۲-۲۵) و عدد جرمی  ${}^3\text{H}$  برابر ۷ است.

**C ۳۳۹** اتم  ${}^3\text{H}$  سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن بوده و شمار نوترون‌های آن برابر ۲ است، پس در یون  $\text{A}^{2+}$ ، تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۴ (۷×۲) است. همچنین در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن،  ${}^5\text{H}$  بیشترین نیم عمر را دارد و حاوی ۴ نوترون است، پس مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها

$$\text{A}^{2+} \begin{cases} n+p=96 \\ n-e=14 \end{cases} \xrightarrow{e=p-2} \begin{cases} n+p=96 \\ n-(p-2)=14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=96 \\ n-p=12 \end{cases} \Rightarrow p=42$$

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{96 - (14) + 2}{2} = 42$$

روش دوم (تستی):

**A ۳۴۰** اورانیم شناخته شده‌ترین فلز پرتوزاست. تکنسیم نخستین عنصر ساخت بشر می‌باشد.

**A ۳۴۱** عبارات‌های دوم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارات‌های نادرست: عبارت دوم: رادیوایزوتوپ فسفر و تکنسیم تنها برخی از رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در کشور ما، ایران هستند. عبارت پنجم: تصویربرداری از غده تیروئید توسط یون‌های حاوی اتم تکنسیم انجام می‌شود؛ زیریون‌های حاوی تکنسیم (نه خود تکنسیم!) با یون یدید ( $\text{I}^-$ ) اندازه مشابهی دارد.

**B ۳۴۲** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. تکنسیم ( ${}^{99}\text{Tc}$ ) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): از تکنسیم برای تشخیص بیماری‌های غده تیروئید استفاده می‌شود و کاربردی در درمان آن ندارد. عبارت (ب): همه تکنسیم موجود در جهان باید به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. عبارت (پ): یون یدید با یونی که حاوی  ${}^{99}\text{Tc}$  است (نه یون تکنسیم!) اندازه مشابهی دارد. عبارت (ت): نیم عمر تکنسیم کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از آن را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. عبارت (ث): شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در تکنسیم ( ${}^{99}\text{Tc}$ ) به ترتیب برابر ۴۳ و ۵۶ (۴۳-۹۹) بوده و نسبت  $\frac{n}{p}$  در آن کوچک‌تر از ۱/۵ است؛ ولی این عنصر پرتوزا بوده و یک رادیوایزوتوپ به شمار می‌آید.

**B ۳۴۳** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): نخستین فلز پرتوزایی که بشر در راکتور هسته‌ای تولید کرد، تکنسیم بود. عبارت (ب): فراوانی ایزوتوپ  ${}^{235}\text{U}$  در مخلوط طبیعی آن، از ۷/۰ درصد کمتر است. عبارت (پ): پسماند راکتورهای اتمی خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید. عبارت (ت): دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار ایزوتوپ  ${}^{235}\text{U}$  را در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیم افزایش دهند. به این فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است.



**۲ ۴۴ B** بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): از میان ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است، پس اختلاف شمار عنصرهای ساختگی و طبیعی برابر ۶۶ (۹۲-۲۶) می‌باشد. پرسش (ب): تکنسیم ( ${}_{43}^{99}\text{Tc}$ ) در هسته خود دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ (۹۹-۴۳) نوترون است. پرسش (پ): فراوانی ایزوتوپ  ${}^{235}\text{U}$  در نمونه طبیعی اورانیم کمتر از ۰/۷ درصد است. اگر فراوانی این ایزوتوپ را به تقریب ۰/۷٪ در نظر بگیریم. خواهیم داشت:

$$7 = \text{تعداد ایزوتوپ‌های } {}^{235}\text{U} \times 100 \Rightarrow 0.7\% = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ‌های } {}^{235}\text{U}}{\text{تعداد کل ایزوتوپ‌ها}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد فراوانی } {}^{235}\text{U}$$

پرسش (ت): یون یدید با یونی که حاوی  ${}^{99}\text{Tc}$  است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یون یدید، این یون را نیز جذب می‌کند.

**۲ ۴۵ A** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): A یک توده سرطانی و متشکل از یاخته‌هایی است که به دلیل رشد و تقسیم سریع و غیرعادی، میزان جذب گلوکز بالایی دارد. عبارت (ب): شکل سؤال مربوط به فرایند استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها برای تشخیص نوعی توده سرطانی است و گلوکز تزریقی (B) حاوی اتم پرتوزا است. (نه اینکه همه اتم‌های آن پرتوزا باشند!) عبارت (پ): C دستگاه آشکارساز است که پرتوهای تابیده شده از اتم پرتوزای گلوکزهای نشان‌دار را آشکار می‌کند. عبارت (ت): دود سیگار و قلیان مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. مواد پرتوزا می‌توانند سبب سرطانی شدن یاخته‌ها شوند. از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند. عبارت (ث): گلوکز پرتوزا فقط در تشخیص توده‌های سرطانی کاربرد دارد. (نه درمان!)

**۲ ۴۶ A** فقط مورد (ت) درست است. بررسی موارد: عبارت (الف): در فرایند تزریق گلوکز نشان‌دار به بدن، یاخته‌های توده سرطانی و نیز یاخته‌های غیرسرطانی و طبیعی بدن، هر دو نوع گلوکز نشان‌دار و معمولی را جذب می‌کنند. تفاوت تنها در سرعت و مقدار جذب گلوکز است که در توده سرطانی بسیار بالاست. عبارت (ب): یاخته‌های غده تیروئید نیز همانند دیگر یاخته‌های بدن می‌توانند گلوکز (نشان‌دار و معمولی) را جذب کنند. عبارت (پ): با احتساب تکنسیم، در مجموع ۲۶ عنصر ساختگی بوده و در واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شوند. عبارت (ت): هدف از تزریق گلوکز نشان‌دار به بدن، آشکارسازی توده سرطانی احتمالی است و کاربرد درمانی و سرکوب‌گری برای توده‌های سرطانی ندارد.

**۳ ۴۷ B** عبارت‌های دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد، از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند. عبارت دوم: به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند که با استفاده از آن می‌توان، توده‌های سرطانی را شناسایی نمود. عبارت سوم: با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینه تولید آن به اندازه‌ای زیاد است که صرفه اقتصادی ندارد. عبارت چهارم: پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این‌رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید. عبارت پنجم: اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزاست. از ایزوتوپ سبکت اورانیم ( ${}^{235}\text{U}$ )، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی استفاده می‌شود.

\* توجه فراوانی ( ${}^{235}\text{U}$ ) در مخلوط طبیعی، کمتر از ۰/۷ درصد بوده و طی فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌دهند.

**۱ ۴۸ B** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): درصد فراوانی ایزوتوپ  ${}^{235}\text{U}$  در نمونه طبیعی اورانیم کمتر از ۰/۷ درصد است؛ بنابراین نمونه طبیعی اورانیم قبل از فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، کاربردی به‌عنوان سوخت راکتور ندارد. عبارت (ب): عنصر فسفر علاوه بر ایزوتوپ پایدار دارای رادیوایزوتوپ نیز می‌باشد که در کشور ما ایران نیز تولید می‌شود. عبارت (پ): ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم با یکدیگر تفاوت دارند. در فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، درصد ایزوتوپ‌های  ${}^{235}\text{U}$  با توجه به خواص فیزیکی وابسته به جرم در نمونه ایزوتوپ‌ها افزایش می‌یابد. عبارت (ت): تکنسیم دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ نوترون است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{تعداد نوترون‌ها}}{\text{تعداد پروتون‌ها}} = \frac{56}{43} < 1.5$$

\* توجه با اینکه نسبت  $\frac{n}{p}$  در تکنسیم ( ${}_{43}^{99}\text{Tc}$ ) کوچک‌تر از ۱/۵ است، ولی این عنصر پرتوزا است.

عبارت (ث): برای مثال، در مورد عنصر لیتیم با اینکه نسبت  $\frac{n}{p}$  در  ${}^6\text{Li}$  نسبت به  ${}^7\text{Li}$  به ۱/۵ نزدیک‌تر است، اما هسته  ${}^6\text{Li}$  پایدارتر است.

**۱ ۴۹ B** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت شده و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. یعنی حدود ۲۲٪ ( $\frac{26}{118} \times 100$ ) عناصر موجود در جدول تناوبی ساختگی هستند. عبارت (ب): تکنسیم در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شده و از آنجایی که نیم عمر آن کم است، نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. عبارت (پ): برای یون  ${}^{69}\text{X}^{2+}$  داریم:

$$\text{روش اول (تشریحی):} \quad \begin{cases} n+p=69 \\ n-e=10 \end{cases} \xrightarrow{e=p-2} \begin{cases} n+p=69 \\ n-(p-2)=10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=69 \\ n-p=7 \end{cases} \Rightarrow p=31, n=38$$

$$\text{روش دوم (تستی):} \quad Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{69 - (10) + 2}{2} \Rightarrow p=31, n=A-Z=69-31=38$$

از این‌رو درمی‌یابیم که اتم Z و اتم X هر دو عدد اتمی مشابه دارند، اما عدد جرمی آن‌ها متفاوت است، پس ایزوتوپ یکدیگر هستند. عبارت (ت):  ${}^{235}\text{U}$  ایزوتوپ سبکت اورانیم بوده و درصد فراوانی آن در طبیعت کمتر از ۰/۷ درصد است.  ${}^2\text{H}$  سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی و پایدار هیدروژن بوده و فراوانی آن حدود ۰/۱٪ می‌باشد، از این‌رو درصد فراوانی ایزوتوپ  ${}^{235}\text{U}$  بیشتر از ایزوتوپ  ${}^2\text{H}$  است.

**۳ ۵۰ C** موارد دوم، سوم و پنجم جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در کلیه رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن برخلاف تکنسیم، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها بزرگ‌تر از ۱/۵ است. عبارت دوم: طلای تولید شده توسط انسان و یا طلای استخراج شده از معادن، عدد اتمی یکسانی داشته و خواص شیمیایی مشابهی دارند اما خواص فیزیکی آن‌ها با توجه به تنوع ایزوتوپ‌های آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. عبارت سوم: سلول‌هایی که رشد سریع و غیرعادی دارند، هم گلوکز معمولی و هم گلوکز نشان‌دار را به میزان زیادی جذب می‌کنند و برای این سلول‌ها، تفاوتی میان گلوکز معمولی با گلوکز نشان‌دار وجود ندارد. عبارت چهارم: نیم عمر نخستین عنصر ساخت بشر کم می‌باشد ولی نیم عمر  ${}^{235}\text{U}$  (ایزوتوپ سبکت شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا) طولانی بوده و در طبیعت برای سالیان دراز باقی می‌ماند و امکان ذخیره‌سازی اورانیم وجود دارد. عبارت پنجم: تکنسیم با عدد اتمی ۴۳ همانند رادیوایزوتوپ فسفر در کشور ما تولید می‌شود.

\* توجه از رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در کشور ما ایران، می‌توان تکنسیم و فسفر را نام برد. علاوه بر آن غنی‌سازی ایزوتوپی نیز در کشور ما انجام می‌شود.

۴ ۵۱ (A) به درسامه رجوع کنید!

۲ ۵۲ (A) موارد دوم و پنجم نادرست هستند. بررسی موارد نادرست: مورد دوم: در جدول دوره‌ای (تناوبی)، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی (Z) سازماندهی شده‌اند.

مورد پنجم: در نمادهای شیمیایی دوحرفی، حرف اول نام لاتین به صورت بزرگ و حرف دوم به صورت کوچک نوشته می‌شود. پس نماد عنصر آلومینیم به صورت Al صحیح است.

۴ ۵۳ (A) موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست‌اند. بررسی موارد: مورد (الف): از میان ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای، فقط نماد ۱۳ عنصر به صورت یک‌حرفی و نماد ۱۰۵

عنصر دیگر دوحرفی است. مورد (ب): عنصر هلیم با عدد اتمی ۲ یک گاز نجیب بوده و متعلق به گروه ۱۸ جدول دوره‌ای است. مورد (پ): در جدول دوره‌ای، هر

ردیف افقی که نشان‌دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد. مورد (ت): هر خانه از جدول دوره‌ای به یک عنصر معین تعلق دارد و

حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر مانند عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین است.

\* توجه: عدد جرمی متعلق به یک اتم است و میان ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر متفاوت است؛ بنابراین در جدول دوره‌ای برای یک عنصر، جرم اتمی میانگین ذکر می‌شود.

۴ ۵۴ (A) فقط مورد (ب) درست است. X، A، B و Y به ترتیب عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین عنصر هستند. بررسی موارد: عبارت (الف):

X عدد اتمی عنصر است که برابر با شمار پروتون‌های موجود در هستهٔ عنصر است و می‌تواند عددی بین ۱ تا ۱۱۸ باشد. دقت کنید که شمار پروتون‌های هر عنصر

همواره عددی طبیعی بوده و هیچگاه نمی‌تواند اعشاری باشد. عبارت (ب): در جدول تناوبی، هر عنصر را با نماد یک یا دوحرفی نشان می‌دهند. در واقع نماد شیمیایی از

نام لاتین هر عنصر گرفته شده است و حرف اول آن به صورت بزرگ و حرف دوم، در صورت وجود، با حرف کوچک نوشته می‌شود. عبارت (پ): Y جرم اتمی میانگین

عناصر است. از آنجایی که اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصرها، اتم‌ها جرم یکسانی ندارند؛ به عبارت دیگر، اغلب عناصر دارای چند ایزوتوپ طبیعی هستند؛ بنابراین

در جدول تناوبی از جرم اتمی میانگین استفاده می‌شود. جرم اتمی میانگین اغلب عناصر طبیعی جدول تناوبی، مقداری اعشاری است. عبارت (ت): X عدد اتمی است

و برابر شمار پروتون‌های عنصر مورد نظر است. Y نیز جرم اتمی میانگین عنصر است و برابر مجموع جرم پروتون‌ها، الکترون‌ها و نوترون‌های موجود در اتم برحسب amu است؛

بنابراین مقدار Y همواره عددی بزرگ‌تر از X خواهد بود.

۱ ۵۵ (B) فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در هر ستون (گروه) جدول تناوبی، خواص شیمیایی عنصرها مشابه است ولی خواص فیزیکی

متفاوت است. عبارت (ب): تعداد عنصرهای دورهٔ دوم، سوم و ششم به ترتیب برابر با ۸، ۸ و ۳۲ است. تفاوت تعداد عناصر دوره‌های ششم و سوم برابر ۲۴ (۳۲-۸) بوده

و سه برابر تعداد عناصر دورهٔ دوم است.  $(\frac{24}{8}=3)$  عبارت (پ): در دورهٔ دوم جدول دوره‌ای، سه عنصر لیتیم (۳Li)، بریلیم (۴Be) و نئون (۱۰Ne) دارای نماد

دوحرفی هستند. عبارت (ت): با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود. به همین دلیل، جدول تناوبی عنصرها نامیده می‌شود.

۱ ۵۶ (B) عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. عنصرهای A، B، C، D و E به ترتیب Fe<sub>۲۶</sub>، C، O، P<sub>۱۵</sub>، He<sub>۲</sub> هستند. بررسی عبارت‌ها:

$$\frac{\text{عدد اتمی فسفر (P)}}{\text{عدد اتمی کربن (C)}} = \frac{15}{6} = 2\frac{1}{2}$$

عبارت (الف): نسبت عدد اتمی فسفر به عدد اتمی کربن برابر است با:

عبارت (ب): عنصر آهن (Fe<sub>۲۶</sub>) در گروه ۸ جدول تناوبی قرار دارد. عدد اتمی عنصر اکسیژن (O<sub>۸</sub>) برابر ۸ است. عبارت (پ): عنصر گوگرد (S<sub>۱۶</sub>) در گروه ۱۶ و

دورهٔ ۳ جدول دوره‌ای، زیر عنصر اکسیژن (O<sub>۸</sub>) قرار دارد. این اتم در حالت خنثی ۱۶ پروتون و ۱۶ الکترون (جمعاً ۳۲ ذرهٔ باردار) دارد. عبارت (ت): برای ایجاد یون

Fe<sup>۲+</sup>، اتم Fe<sub>۲۶</sub> دو الکترون از دست می‌دهد. پس این یون ۲۴ الکترون دارد. برای محاسبهٔ تعداد نوترون‌ها داریم:

$$n - e = 6 \Rightarrow n - 24 = 6 \Rightarrow n = 30$$

$$A = n + Z \Rightarrow A = 30 + 26 = 56$$

پس عدد جرمی برابر است با:

عبارت (ث): تکنسیم (Tc<sub>۴۳</sub>) نخستین عنصر ساخت بشر است که در گروه ۷ و دورهٔ ۵ جدول دوره‌ای قرار دارد. عنصر A در گروه ۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است.

۱ ۵۷ (C) فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): جدول دوره‌ای عنصرها شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. عبارت (ب): دورهٔ دوم و سوم هر یک

دارای ۸ عنصر و دورهٔ اول دارای ۲ عنصر است. عبارت (پ): دوره‌های چهارم و پنجم هر یک دارای ۱۸ عنصر و دوره‌های ششم و هفتم هر یک دارای ۳۲ عنصر هستند.

عبارت (ت): در جدول دوره‌ای عنصرها، گروه‌های ۱ و ۱۸ هر یک دارای ۷ عنصر، گروه‌های ۲ و ۱۳ تا ۱۷ هر یک دارای ۶ عنصر و گروه‌های ۴ تا ۱۲ نیز هر یک دارای ۴ عنصر هستند.

\* توجه: در ردیف پایینی جدول تناوبی که هر یک دارای ۱۴ عنصر است، متعلق به گروه ۳ جدول است، بنابراین گروه ۳ جدول دوره‌ای مجموعاً دارای ۳۲ عنصر است.

عبارت (ث): نماد شیمیایی عناصر لیتیم (Li)، بریلیم (Be) و نئون (Ne) از دورهٔ دوم جدول دوره‌ای به‌صورت دوحرفی بوده و نماد شیمیایی عناصر فسفر (P) و

گوگرد (S) از دورهٔ سوم جدول دوره‌ای به‌صورت یک‌حرفی است.

شمارهٔ گروه	۱	۲	۳	۴ تا ۱۰	۱۱ تا ۱۳	۱۸
تعداد عناصر	۷	۶	۳۲	هر کدام ۴	هر کدام ۶	۷
شمارهٔ دوره	۱	۲ و ۳	۴ و ۵	۶ و ۷		
تعداد عناصر	۲	هر کدام ۸	هر کدام ۱۸	هر کدام ۳۲		

★ نکته: تعداد عناصر در دوره‌ها و گروه‌های مختلف جدول تناوبی

- تعداد عناصر موجود در هر گروه و دورهٔ جدول دوره‌ای در مقابل آورده شده است:
- دقت کنید تعداد عناصر گروه ۳ به این دلیل ۳۲ مورد است که تمامی عناصر دستهٔ f را جزء این گروه در نظر می‌گیرند. مثلاً اورانیم عنصری از گروه ۳ است!
- تعداد عناصر دوره‌های ۶ و ۷ همانند گروه سوم ۳۲ عدد است؛ زیرا علاوه بر ۱۸ عنصر از دسته‌های s، d و p، هر کدام ۱۴ عنصر از دستهٔ f دارند.

۴ ۵۸ (B) شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا اورانیم (U<sub>۹۲</sub>) است که در گروه سوم و دورهٔ هفتم جدول قرار دارد. بررسی سایر گزینه‌ها:

$$\frac{\text{تعداد عناصر دورهٔ ششم}}{\text{تعداد عناصر دورهٔ چهارم}} = \frac{32}{18} > 1\frac{1}{5}$$

گزینهٔ (۱): دورهٔ ششم جدول دارای ۳۲ عنصر و دورهٔ چهارم دارای ۱۸ عنصر است. داریم:

گزینهٔ (۲): در جدول دوره‌ای عنصرها، جرم اتمی میانگین عنصر تکنسیم (Tc<sub>۴۳</sub>) برخلاف سایر عنصرها معین نشده است. گزینهٔ (۳): نماد عنصر آلومینیم به‌صورت Al

و نماد عنصر آرگون به‌صورت Ar است.



**۵۹ B** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): عنصر C با عدد اتمی ۶ در گروه ۱۴ و دوره ۲ جدول دوره‌ای قرار دارد و عدد اتمی عنصر هم گروه آن در دوره پنجم برابر ۵۰ است. عبارت (ب): عنصری با عدد اتمی ۸ در گروه ۱۶ و دوره ۲ جدول دوره‌ای جای دارد، پس با عنصر D هم گروه است. عنصرهای هم گروه خواص شیمیایی مشابهی دارند و بار یون‌های پایدار آن‌ها یکسان است. عبارت (پ): عنصر B در گروه دهم و عنصر A در گروه دوم جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت (ت): عنصر D در خانه شماره ۱۶ جدول دوره‌ای جای دارد، پس دارای ۱۶ پروتون است و چون تعداد نوترون‌ها و پروتون‌هایش برابر است، عدد جرمی آن برابر ۳۲ است. عنصر E در خانه شماره ۳۳ جدول جای دارد، پس عدد اتمی آن برابر ۳۳ است.

**۶۰ C** موارد (پ)، (ت) و (ث) درست‌اند. بررسی موارد: عبارت (الف): جدول تناوبی ۷ دوره دارد. عبارت (ب): در ۴ دوره اول جدول تناوبی در نماد شیمیایی ۵ عنصر دوحرفی  ${}_{17}\text{Cl}$ ،  ${}_{20}\text{Ca}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{27}\text{Co}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  حرف C به کار رفته است. عبارت (پ): پرعنصرترین دوره‌های جدول دوره‌ای، دوره‌های ۶ و ۷ (۳۲ عنصر) و کم‌عنصرترین دوره جدول دوره‌ای دوره ۱ (۲ عنصر) هستند. عبارت (ت): از ۱۱۸ عنصر این جدول، ۲۶ عنصر ساختگی است که به تقریب برابر ۲۲ درصد از کل عناصر خواهد بود  $(\frac{26}{118} \times 100 \approx 22\%)$ . عبارت (ث): در دوره‌های دوم، سوم و ششم جدول دوره‌ای به ترتیب ۸، ۸ و ۳۲ عنصر وجود دارد، پس تفاوت شمار عناصر دوره‌های ششم و سوم جدول برابر ۲۴ (۳۲-۸) بوده که سه برابر تعداد عناصر دوره دوم است  $(\frac{24}{8} = 3)$ .

**۶۱ A** به درسامه رجوع کنید.

**۶۲ A** عبارات‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu و جرم الکترون ناچیز و در حدود  $\frac{1}{1836}$  amu است، بنابراین از روی عدد جرمی یک اتم می‌توان جرم اتمی آن را (برحسب amu) تخمین زد. برای یک اتم، مقدار عددی جرم اتمی تقریباً (نه دقیقاً) برابر عدد جرمی است. عبارت (ب): دقت باسکول‌های تنی تا یک صدم تن (ده کیلوگرم) و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم (۱۰ میلی‌گرم) است.

**۶۳ B** عبارات‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): جرم پروتون و نوترون به تقریب با یکدیگر برابر و در حدود ۱ amu است؛ این در حالی است که جرم دقیق پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر  $1.007276$  amu،  $1.008665$  amu و  $0.00054858$  amu است. عبارت (ب): جرم یک اتم هیدروژن ( ${}^1_1\text{H}$ ) برابر با مجموع جرم یک پروتون و یک الکترون است و به تقریب برابر  $1.008$  amu می‌باشد. عبارت (پ): اتم‌ها و اغلب مولکول‌ها به قدری ریز هستند که نمی‌توان آن‌ها را به طور مستقیم مشاهده و جرم آن‌ها را به کمک ترازو اندازه‌گیری کرد.  
\* توجه: دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام طیف‌سنج جرمی، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند، اما هیچ ترازویی دقت کافی برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها و مولکول‌ها را ندارد.

**عبارت (ت):** نماد الکترون، پروتون و نوترون به ترتیب به صورت  ${}_{-1}^0\text{e}$ ،  ${}_{+1}^1\text{p}$  و  ${}_{+1}^1\text{n}$  است. همانطور که مشاهده کردید، عددهای سمت چپ بالا، جرم نسبی و عددهای سمت چپ پایین، بار نسبی ذره را مشخص می‌کند. عبارت (ث): عدد جرمی از حاصل جمع شمار پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هسته هر عنصر به دست می‌آید و عددی صحیح است، اما جرم اتمی حاصل جمع جرم ذرات زیراتمی بوده و از آنجایی که جرم پروتون و نوترون برحسب amu برابر  $1.007276$  و  $1.008665$  است؛ بنابراین مقدار عددی جرم اتمی از عدد جرمی بیشتر بوده و عددی غیر صحیح (اعشاری) است.

**۶۴ B** فقط عبارت (الف) درست است. شکل داده شده، الگویی برای نمایش یکای جرم اتمی (amu) است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):  $\frac{1}{12}$  جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را یک واحد جرم اتمی یا ۱ amu می‌نامند. ایزوتوپ کربن-۱۲ ( ${}^{12}_6\text{C}$ ) دارای ۶ نوترون، ۶ پروتون و ۶ الکترون است. عبارت (ب): جرم پروتون و نوترون حدوداً ۱ amu است، اما توجه کنید که جرم دقیق پروتون و نوترون به ترتیب  $1.007276$  amu و  $1.008665$  amu است. جرم الکترون نیز ناچیز و در حدود  $0.00054858$  amu می‌باشد. اتم  ${}^1_1\text{H}$  دارای یک پروتون و یک الکترون است. پس جرم اتمی دقیق آن برابر  $1.008$  amu است. هسته اتم هیدروژن متشکل از ۱ پروتون است، پس جرم آن را می‌توان حدوداً برابر ۱ amu در نظر گرفت؛ اما جرم الکترون ناچیز و در حدود  $\frac{1}{1836}$  amu است. عبارت (ت): هسته اتم هلیم ( ${}^4_2\text{He}$ ) دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون است، پس جرم اتمی آن را می‌توان حدوداً برابر ۴ amu در نظر گرفت.

**۶۵ B** عبارات‌های چهارم و پنجم درست هستند. به جدول روبه‌رو توجه کنید. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: بار الکتریکی نسبی الکترون و پروتون به ترتیب برابر -۱ و +۱ است.  
\* توجه: بار الکتریکی یک الکترون و یک پروتون به ترتیب برابر  $-1.6 \times 10^{-19}$  و  $+1.6 \times 10^{-19}$  کولن است. عبارت دوم: در نماد ذره‌های زیراتمی، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند. عبارت سوم: جرم الکترون حدوداً برابر با  $0.00054858$  amu است. عبارت چهارم: نوترون سنگین‌ترین ذره زیراتمی است. فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن  ${}^1_1\text{H}$  است که فاقد نوترون است.

نام ذره	نماد	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	${}_{-1}^0\text{e}$	-۱	$0.00054858$
پروتون	${}_{+1}^1\text{p}$	+۱	$1.007276$
نوترون	${}_{+1}^1\text{n}$	۰	$1.008665$

**عبارت پنجم:** جرم نوترون، پروتون و الکترون در مقیاس amu به ترتیب برابر  $1.008665$ ،  $1.007276$  و  $0.00054858$  است. جرم اتمی  ${}^1_1\text{H}$  برابر  $1.008$  amu است، پس خواهیم داشت:

$${}_{-1}^0\text{e} > \text{amu} > {}_{+1}^1\text{p} > {}^1_1\text{H} > {}^1_0\text{n} : \text{مقایسه براساس جرم}$$

**۶۶ B** عبارات‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): پروتون و نوترون جزء ذرات زیراتمی موجود در هسته هستند که در مقیاس amu، جرم این دو ذره به تقریب با یکدیگر برابر بوده و در حدود ۱ amu است و با ترازوی فرضی که می‌تواند ۱ amu را نمایش دهد می‌توان جرم آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. عبارت (ب): هلیم ( ${}^4_2\text{He}$ ) دارای عدد اتمی ۲ و عدد جرمی ۴ است. ذرات زیراتمی باردار موجود در هسته همان پروتون است که جرم آن به تقریب برابر ۱ amu است. هر اتم هلیم دارای ۲ پروتون در هسته خود است، پس مجموع جرم پروتون‌ها در حدود ۲ amu بوده و با ترازوی فرضی که ۲ amu را نمایش می‌دهد، می‌توان جرم آن را نشان داد.

**عبارت (پ):** سومین عنصر جدول تناوبی لیتیم است که دارای دو ایزوتوپ  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  است؛ بنابراین هر اتم از این عنصر دارای ۳ پروتون و ۳ یا ۴ نوترون است و جرم تقریبی ایزوتوپ سبکتر آن، ۶ amu و ایزوتوپ سنگینتر آن ۷ amu است و با ترازویی که ۳ amu را نمایش می‌دهد، نمی‌توان جرم تقریبی  ${}^6\text{Li}$  یا  ${}^7\text{Li}$  را نمایش داد.

**عبارت (ت):** هیدروژن دارای سه ایزوتوپ طبیعی  ${}^1\text{H}$ ،  ${}^2\text{H}$  و  ${}^3\text{H}$  است. جرم تقریبی سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن ( ${}^3\text{H}$ ) برابر ۳ amu است و با ترازویی که می‌تواند ۳ amu را نمایش دهد، می‌توان جرم  ${}^3\text{H}$  را به طور تقریبی نمایش داد.

**B ۶۷ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** جرم پروتون، نوترون و الکترون برحسب amu به ترتیب برابر ۱/۰۰۷۳، ۱/۰۰۸۷ و ۰/۰۰۰۵ است. همان‌طور که می‌دانید دقت ترازو باید برابر یا کمتر از کوچک‌ترین مرتبه متفاوت در سه ذره زیراتمی باشد. به عبارتی ترازو باید بتواند بین رقم سوم اعشار اعداد ۱/۰۰۷۳ و ۱/۰۰۸۷ تفاوت قائل شود. پس دقت آن باید حداقل ۰/۰۰۱ amu باشد. **عبارت (ب):** پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن،  ${}^5\text{H}$  است که جرم آن را می‌توان حدوداً برابر ۵ amu در نظر گرفت. **عبارت (پ):** لیتیم دارای دو ایزوتوپ  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  است. هیدروژن دارای دو ایزوتوپ پایدار  ${}^1\text{H}$  و  ${}^2\text{H}$  است.

$$\frac{\text{جرم اتمی } {}^6\text{Li}}{\text{جرم اتمی } {}^2\text{H}} = \frac{6 \text{ amu}}{2 \text{ amu}} = 3$$

**عبارت (ت):** نمونه طبیعی منیزیم شامل سه ایزوتوپ  ${}^{24}\text{Mg}$ ،  ${}^{25}\text{Mg}$  و  ${}^{26}\text{Mg}$  است که بیشترین درصد فراوانی در میان آن‌ها متعلق به  ${}^{24}\text{Mg}$  است. جرم اتمی ایزوتوپ  ${}^{24}\text{Mg}$  حدوداً برابر ۲۴ amu است. **عبارت (ث):** جرم فراوان‌ترین ایزوتوپ کربن ۱۲ amu بوده و جرم یک الکترون تقریباً برابر ۰/۰۰۰۵ amu است. پس:

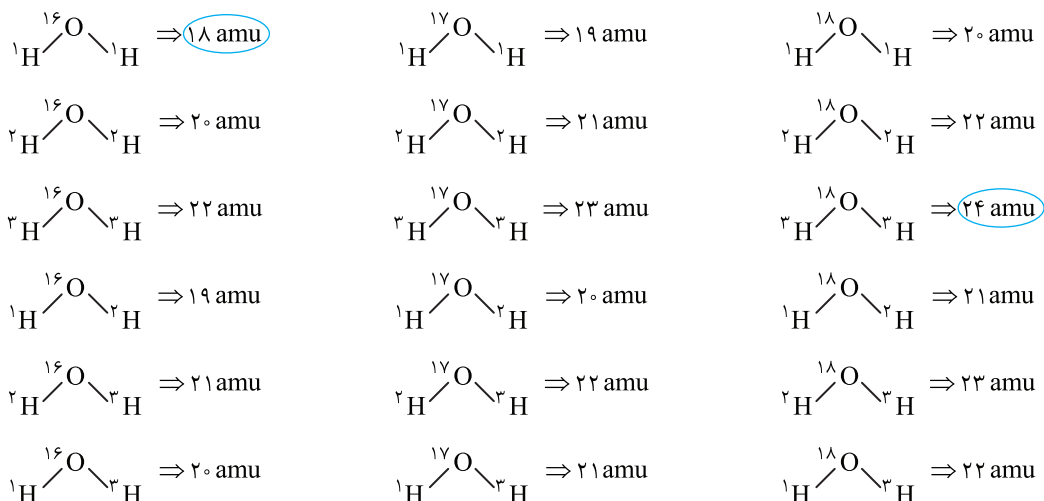
$$\frac{\text{جرم یک اتم } {}^{12}\text{C}}{\text{جرم یک الکترون}} = \frac{12 \text{ amu}}{0.0005 \text{ amu}} = 24000$$

**B ۶۸ ۱** **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** سبک‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  باید از سبک‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن و سنگین‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  باید از سنگین‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن ساخته شود. پس سبک‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  از یک ایزوتوپ  ${}^{14}\text{N}$  و سه ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$  و سنگین‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  از یک ایزوتوپ  ${}^{15}\text{N}$  و سه ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  ساخته می‌شود.

سنگین‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن ساخته شود. پس سبک‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  از یک ایزوتوپ  ${}^{14}\text{N}$  و سه ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$  و سنگین‌ترین مولکول  $\text{NH}_3$  از یک ایزوتوپ  ${}^{15}\text{N}$  و سه ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  ساخته می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} \text{جرم سبک‌ترین مولکول } \text{NH}_3 &= 14 + 3(1) = 17 \text{ amu} \\ \text{جرم سنگین‌ترین مولکول } \text{NH}_3 &= 15 + 3(3) = 24 \text{ amu} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 24 - 17 = 7$$

**پرسش (ب): روش اول:** مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  متشکل از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است. انواع حالت‌های ممکن برای یک مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  به صورت زیر است:



بنابراین در مجموع ۱۸ (۳×۶) نوع مولکول آب ساخته می‌شود که با حذف کردن مولکول‌های با جرم یکسان، ۷ مولکول با جرم‌های متفاوت می‌توان در نظر گرفت.

**روش دوم:** در چنین مسائلی، اگر جرم مولکول‌های ساخته شده به صورت متوالی (مولکول‌هایی با ۱ واحد اختلاف در جرم مولکولی) باشد، می‌توان از فرمول زیر، تعداد مولکول‌های با جرم متفاوت را به دست آورد.

برای مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$ ، سبک‌ترین ۱۸ amu و سنگین‌ترین ۲۴ amu است، پس خواهیم داشت:  $1 + (24 - 18) = 7$  = تعداد مولکول‌های آب با جرم متفاوت

**پرسش (ب):** سنگین‌ترین مولکول  $\text{NO}_2$  از یک ایزوتوپ  ${}^{15}\text{N}$  و دو ایزوتوپ  ${}^{18}\text{O}$  و سبک‌ترین مولکول  $\text{NO}_2$  از دو ایزوتوپ  ${}^1\text{H}$  و دو ایزوتوپ  ${}^{16}\text{O}$  ساخته می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} \text{جرم سنگین‌ترین مولکول } \text{NO}_2 &= 15 + 2(18) = 51 \text{ amu} \\ \text{جرم سبک‌ترین مولکول } \text{NO}_2 &= 2(1) + 2(16) = 34 \text{ amu} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 51 - 34 = 17$$

**B ۶۹ ۱** عدد اتمی تکنسیم برابر ۴۳ است. پس خواهیم داشت:  $Z + e = 43, e = Z - 3 \Rightarrow Z + (Z - 3) = 43 \Rightarrow Z = 23$

یون  ${}^{23}\text{X}^{3+}$ ، ۲۰ الکترون دارد و عدد جرمی آن برابر ۵۰ است؛ نسبت خواسته شده می‌شود:  $\frac{\text{مجموع جرم الکترون‌ها در یون}}{\text{جرم یون}} = \frac{20 \times \left(\frac{1}{2000}\right) \text{ amu}}{50 \text{ amu}} = 2 \times 10^{-4}$





$$1 \text{ amu}' = \frac{1}{10} \times 10^{-8} \text{ amu} = 10^{-9} \text{ amu}$$

۳ ۷۰ B واحد جرم نسبی جدید (amu') برابر است با:

$$? \text{ amu}' = 32 \text{ amu} \times \frac{1 \text{ amu}'}{10^{-9} \text{ amu}} = 29/63 \text{ amu}'$$

حال جرم اتم  $^{32}\text{S}$  را بر حسب amu' به دست می آوریم:

$$? \text{ کولن} = \frac{7/2 \times 10^{-3} \text{ g ex}}{9 \times 10^{-28} \text{ g e}} \times \frac{1 \text{ e}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ e}} = 1/28 \times 10^6 \text{ کولن}$$

۴ ۷۱ B

**+ توضیح محاسبات** پاسخ باید از جنس ۱۲۸ باشد (پاسخ:  $1/28 \times 10^6$ )  $\frac{7/2 \times 10^{-3} \times 1/6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-28}} = ?$  حذف صفر و اعشار و ساده کردن  $\frac{72 \times 16}{9} = 8 \times 16 = 128$

۳ ۷۲ B به کمک ترازوی زرگری جرم اجسامی را می توان اندازه گیری کرد که جرم آن ها از دقت اندازه گیری ترازو بیشتر یا با آن برابر باشد. دقت اندازه گیری ترازوی زرگری یک صدم گرم (۱۰ میلی گرم) است.

$$? \text{ e} = 10 \times 10^{-3} \text{ g ex} \times \frac{1 \text{ e}}{9 \times 10^{-28} \text{ g e}} = 1/1 \times 10^{25} \text{ e}, ? \text{ کولن} = 1/1 \times 10^{25} \text{ e} \times \frac{1/6 \times 10^{-19} \text{ کولن}}{1 \text{ e}} = 1/76 \times 10^6 \text{ کولن}$$

۳ ۷۳ C عبارتهای اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت اول: جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ ( $^{12}\text{C}$ ) دقیقاً برابر با ۱۲ amu در نظر گرفته می شود. فراوان ترین ایزوتوپ هیدروژن،  $^1\text{H}$  است که هر اتم آن جرمی برابر  $1/008 \text{ amu}$  دارد؛ بنابراین جرم ۱۲ عدد از  $^1\text{H}$ ، اندکی از جرم یک اتم  $^{12}\text{C}$  بیشتر است.

$$(^1\text{H}) \text{ اتم هیدروژن} = 12 \times 1/008 \text{ amu} = 12/096 \text{ amu}$$

عبارت دوم: جرم پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر  $1/0073 \text{ amu}$ ،  $1/0087 \text{ amu}$  و  $0/0005 \text{ amu}$  است. بنابراین:

$$(\text{جرم یک نوترون}) < 1/0087 \text{ amu} < 1/0073 \text{ amu} + 0/0005 \text{ amu} = 1/0078 \text{ amu} < \text{مجموع جرم پروتون و الکترون}$$

عبارت سوم: ابتدا شمار نوترون ها و الکترون های موجود در  $X^+$  را به دست می آوریم:

$$X^+ \begin{cases} n+e+p=71 \\ n-e=4 \end{cases} \xrightarrow{p=e+1} \begin{cases} n+e+(e+1)=71 \\ n-e=4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+2e=70 \\ n-e=4 \end{cases} \Rightarrow e=22, n=26$$

$$\frac{\text{جرم نوترون ها}}{\text{جرم الکترون ها}} = \frac{26 \times 1 \text{ amu}}{22 \times 0/0005 \text{ amu}} = \frac{26}{0/11} = 2364$$

جرم تقریبی نوترون و الکترون به ترتیب برابر  $1 \text{ amu}$  و  $0/0005 \text{ amu}$  است؛ بنابراین:

عبارت چهارم: دقت کنید که نماد ذرات زیراتمی با حرف کوچک نمایش داده می شوند؛ بنابراین نماد پروتون به صورت  $^1_1\text{p}$  خواهد بود و همچنین جرم هر پروتون برابر  $1/0073 \text{ amu}$  است.

\* توجه برای این که نماد ذرات زیراتمی و عناصر اشتباه نشود، نماد ذرات زیراتمی برخلاف عناصر، همواره با حرف کوچک نمایش داده می شود.

۴ ۷۴ A بررسی گزینه ها: گزینه (۱): در نمونه های طبیعی عناصرها، ایزوتوپی که هسته ناپایدارتری دارد، درصد فراوانی کمتری دارد. گزینه (۲): کلر دارای دو ایزوتوپ  $^{35}\text{Cl}$  و  $^{37}\text{Cl}$  است. اختلاف جرم تقریبی این دو ایزوتوپ برابر  $2 \text{ amu}$  (۳۷-۳۵) است. گزینه (۳): برای محاسبه جرم میانگین کلر داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 75/8) + (37 \times 24/2)}{100} = 35/48 \text{ amu}$$

گزینه (۴): همانطور که ملاحظه کردید، جرم اتمی میانگین کلر، به جرم ایزوتوپ سبک تر نزدیک تر است.

۱ ۷۵ B درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین تر را  $F_2$  در نظر می گیریم. مجموع درصد فراوانی در ایزوتوپ های طبیعی یک عنصر برابر ۱۰۰ است، پس:

$$F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_1 = 100 - F_2$$

روش اول (تشریحی): طبق رابطه جرم اتمی میانگین داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 69/8 = \frac{(69 \times (100 - F_2)) + (71 \times F_2)}{100} \Rightarrow 6980 = 6900 - 69 F_2 + 71 F_2 \Rightarrow F_2 = 40$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 69/8 = 69 + \frac{F_2}{100} (71 - 69) \Rightarrow 0/8 = \frac{F_2}{100} (2) \Rightarrow F_2 = 40$$

روش دوم (تستی):

۴ ۷۶ B در شکل، ۳۰ دایره داده شده است. تعداد دایره های مربوط به  $^{27}\text{X}$  را که باید سیاه رنگ باشد برابر  $y$  و تعداد ایزوتوپ های  $^{24}\text{X}$  را که باید سفید باشد برابر

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 26/7 = \frac{24(30 - y) + 27(y)}{30} \Rightarrow 80 = 720 - 24y + 27y \Rightarrow 3y = 80 \Rightarrow y = 27$$

پس ۲۷ دایره باید سیاه رنگ باشند.

۳ ۷۷ B روش اول (تشریحی): جرم اتم  $^x\text{M}$  را  $X \text{ amu}$  در نظر می گیریم. داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 65/44 = \frac{(64 \times 50) + (66 \times 28) + (X \times 22)}{100} \Rightarrow 6544 = 3200 + 1848 + 22X \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = 68$$

پس ایزوتوپ  $^{68}\text{M}$  دارای  $(68 - 30) \times 38$  نوترون است.



$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 65/44 = 64 + \frac{28}{100}(66 - 64) + \frac{22}{100}(X - 64) \Rightarrow 1/44 = \frac{28}{100}(2) + \frac{22}{100}(X - 64) \quad \text{روش دوم (تستی):}$$

$$\Rightarrow 1/44 = 56 + 22X - 1408 \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = \frac{1496}{22} = 68 \quad \text{پس ایزوتوپ } {}^68\text{M} \text{ دارای } 38 \text{ (} 68 - 30 \text{) نوترون است.}$$

۲۷۸ B تعداد ایزوتوپ‌های  ${}^{28}\text{Si}$  را در نمونه طبیعی  ${}^{28}\text{Si}$  در نظر می‌گیریم. از آنجا که تعداد ایزوتوپ  ${}^{29}\text{Si}$ ،  $(F_2)$ ،  $1/5$  برابر تعداد ایزوتوپ  ${}^{30}\text{Si}$ ،  $(F_3)$  و مجموع تعداد ایزوتوپ‌ها برابر  ${}^{28}\text{Si}$  است، خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} F_2 = 1/5 F_3 \quad \text{(I)} \\ F_1 + F_2 + F_3 = 20 \quad \text{(II)} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{(I),(II)}} F_1 + 1/5 F_3 + F_3 = 20 \Rightarrow F_1 = 20 - 2/5 F_3 \quad \text{(III)}$$

روش اول (تشریحی): طبق رابطه جرم اتمی میانگین داریم:

$$\xrightarrow{\text{(I),(III)}} \bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(28(20 - 2/5 F_3)) + (29 \times 1/5 F_3) + (30 F_3)}{20} = 28.35$$

$$567 = 560 - 70 F_3 + 43/5 F_3 + 30 F_3 \Rightarrow F_3 = 2, \quad F_1 = 20 - 2/5(2) = 15$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 28.35 = 28 + \frac{1/5 F_3}{20}(29 - 28) + \frac{F_3}{20}(30 - 28) \Rightarrow 0.35 = \frac{1/5 F_3}{20}(1) + \frac{F_3}{20}(2) \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

بنابراین در یک نمونه  ${}^{28}\text{Si}$   $20$  عددی از ایزوتوپ‌های سیلیسیم،  $15$  ایزوتوپ  ${}^{28}\text{Si}$  وجود دارد.

۴۷۹ B یون  $X^{2+}$  دارای  $10$  الکترون است. پس این عنصر دارای  $12$  پروتون بوده و عدد اتمی آن برابر  $12$  است و عدد جرمی سه ایزوتوپ  $X$  با  $12$ ،  $13$  و  $14$  نوترون به ترتیب برابر  $24$ ،  $25$  و « $24+n$ » است ( ${}^{24}\text{X}$ ،  ${}^{25}\text{X}$  و  ${}^{24+n}\text{X}$ ). اکنون به کمک جرم اتمی میانگین و شکل داده شده، تعداد نوترون‌های ایزوتوپ دیگر را به دست می‌آوریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 24.3 = \frac{(24 \times 40) + (25 \times 5) + (M_3 \times 5)}{40 + 5 + 5} \Rightarrow 1215 = 960 + 125 + 5M_3 \Rightarrow 5M_3 = 130 \Rightarrow M_3 = 26 \quad \text{روش اول (تشریحی):}$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) \Rightarrow 24.3 = 24 + \frac{5}{100}(25 - 24) + \frac{5}{100}(M_3 - 24) \quad \text{روش دوم (تستی):}$$

$$\Rightarrow 0.3 = 0/1(1) + 0/1(M_3 - 24) \Rightarrow 0.3 = 0/1(M_3 - 24) \Rightarrow 3 = M_3 - 24 \Rightarrow M_3 = 27$$

بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سوم برابر  $26$  بوده و شمار نوترون‌های ایزوتوپ سوم برابر  $14$  ( $26 - 12$ ) است.

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(24 \times 40) + (25 \times 10) + (26 \times 30)}{100} = \frac{1440 + 250 + 780}{100} = 24.7 \text{ amu} \quad \text{قسمت اول: روش اول (تشریحی):}$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) = 24 + \frac{10}{100}(25 - 24) + \frac{30}{100}(26 - 24) = 24 + 0.1(1) + 0.3(2) = 24.7 \text{ amu} \quad \text{روش دوم (تستی):}$$

قسمت دوم: در بین ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر، هر چه فراوانی یک ایزوتوپ کمتر باشد، پایداری هسته آن ایزوتوپ کمتر است؛ بنابراین در بین ایزوتوپ‌های این عنصر، کمترین پایداری مربوط به  ${}^{25}\text{X}$  است.

\* توجه: در نمونه‌های طبیعی از یک عنصر، درصد فراوانی نشان‌دهنده پایداری ایزوتوپ‌ها است. اما دقت کنید طی فرایندهایی مانند غنی‌سازی که درصد فراوانی یک ایزوتوپ به طور مصنوعی افزایش می‌یابد، این افزایش درصد فراوانی به معنای افزایش پایداری ایزوتوپ مورد نظر نیست.

۸۱ B با توجه به داده‌های مسئله می‌توان دریافت که فراوانی ایزوتوپ سوم  $15$  درصد و فراوانی ایزوتوپ چهارم  $20$  درصد می‌باشد.

$$F_1 + F_2 = 65\%, F_3 = 15\% \Rightarrow F_4 = 100 - (F_1 + F_2 + F_3) = 20\%$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3 + M_4 F_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} \quad \text{روش اول: برای حل این تست از فرمول مقابل استفاده می‌کنیم:}$$

$$50/95 = \frac{49(F_1) + 51(65 - F_1) + 53(15) + 54(20)}{100} \Rightarrow F_1 = 47/5 \quad \text{برای محاسبه درصد فراوانی ایزوتوپ‌های اول و دوم یعنی } {}^{49}\text{A} \text{ و } {}^{51}\text{A} \text{ خواهیم داشت:}$$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ  ${}^{49}\text{A}$  برابر با  $47/5$  و فراوانی ایزوتوپ  ${}^{51}\text{A}$  برابر با  $17/5$  ( $65 - 47/5$ ) است.

روش دوم (تستی): برای حل اینگونه مسائل بهتر است از فرمول تستی زیر استفاده کنید:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \frac{F_4}{100}(M_4 - M_1) \Rightarrow 50/95 = 49 + \frac{F_2}{100}(51 - 49) + \frac{15}{100}(53 - 49) + \frac{20}{100}(54 - 49)$$

$$\Rightarrow 1/95 = 0/100 F_2 + 0/6 + 1 \Rightarrow F_2 = 17/5$$

فراوانی ایزوتوپ  ${}^{51}\text{A}$  برابر  $17/5$  و فراوانی ایزوتوپ  ${}^{49}\text{A}$  برابر  $47/5$  ( $65 - 17/5$ ) است.



ابتدا به کمک عدد جرمی و درصد فراوانی عناصر داده شده، جرم اتمی میانگین هر یک از عناصر A و B را به دست می آوریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} \quad \text{روش اول (تشریحی):}$$

$$\bar{M}_A = \frac{(40 \times 25) + (42 \times 40) + (44 \times 35)}{100} = \frac{1000 + 1680 + 1540}{100} = 42.2 \text{ amu}, \quad \bar{M}_B = \frac{(65 \times 64) + (67 \times 36)}{100} = \frac{4160 + 2412}{100} = 65.72 \text{ amu}$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) + \dots \quad \text{روش دوم (تستی):}$$

$$\bar{M}_A = 40 + \frac{40}{100} (42 - 40) + \frac{35}{100} (44 - 40) = 40 + 0.8 + 1.4 = 42.2 \text{ amu}, \quad \bar{M}_B = 65 + \frac{36}{100} (67 - 65) = 65 + 0.72 = 65.72 \text{ amu}$$

اکنون با توجه به جرم اتمی میانگین دو عنصر A و B، جرم مولکولی میانگین  $A_3 B_2$  را به دست می آوریم:

$$A_3 B_2 \text{ میانگین جرم مولکولی} = 3 \times (\text{جرم اتمی میانگین A}) + 2 \times (\text{جرم اتمی میانگین B}) = 3 \times (42.2) + 2 \times (65.72) = 126.6 + 131.44 = 258.04 \text{ amu}$$

$$A_3 \begin{cases} n+p=44 \\ n-p=4 \end{cases} \Rightarrow n=24, p=20 \Rightarrow {}^{24}_{20}A_3 \quad \text{ابتدا عدد جرمی هر سه ایزوتوپ این عنصر را مشخص می کنیم: ایزوتوپ سنگین تر (A}_3\text{):}$$

با توجه به این که تعداد پروتون های ایزوتوپ های یک عنصر برابر است، می توانیم عدد جرمی دو ایزوتوپ دیگر را به دست آوریم:

$$A_1 \begin{cases} p=20 \\ n=p \end{cases} \Rightarrow n=20 \Rightarrow {}^{20}_{20}A_1 \quad \text{ایزوتوپ سبک تر (A}_1\text{):} \quad A_2 \begin{cases} p=20 \\ n=p+2 \end{cases} \Rightarrow n=22 \Rightarrow {}^{22}_{20}A_2 \quad \text{ایزوتوپ متوسط (A}_2\text{):}$$

اکنون با توجه به این که درصد فراوانی ایزوتوپ سبک تر ( $A_1$ ) برابر ۶۰٪ است، درصد فراوانی ایزوتوپ متوسط ( $A_2$ )، یعنی مقدار  $F_2$  را به دست می آوریم:

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100, F_1 = 60 \Rightarrow 60 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow F_3 = 40 - F_2$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} \Rightarrow 41 = \frac{(40 \times 60) + (42 \times F_2) + (44 \times (40 - F_2))}{100} \Rightarrow 4100 = 2400 + 42F_2 + 1760 - 44F_2 \Rightarrow 2F_2 = 60 \Rightarrow F_2 = 30\%$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) + \dots \Rightarrow 41 = 40 + \frac{F_2}{100} (42 - 40) + \frac{40 - F_2}{100} (44 - 40) \Rightarrow 100 = 2F_2 + 4(40 - F_2) = 2F_2 + 160 - 4F_2$$

$$\Rightarrow 2F_2 = 60 \Rightarrow F_2 = 30\%$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک ( $A_1$ ) و ایزوتوپ متوسط ( $A_2$ ) به ترتیب برابر ۶۰٪ و ۳۰٪ است؛ بنابراین به ازای هر ایزوتوپ متوسط، دو ایزوتوپ سبک وجود دارد.

با توجه به اطلاعات مسئله، اگر عدد جرمی ایزوتوپ متوسط برابر M باشد، عدد جرمی ایزوتوپ سبک تر ( $M-1$ ) و عدد جرمی ایزوتوپ سنگین تر ( $M+2$ )

است و همچنین اگر فراوانی ایزوتوپ متوسط را برابر ۱ در نظر بگیریم، فراوانی ایزوتوپ سنگین، ۲ و فراوانی ایزوتوپ سبک برابر ۴ خواهد بود پس داریم:

$$2 = \text{فراوانی } M+2, \text{ عدد جرمی سنگین} \quad M = \text{عدد جرمی متوسط} \quad 4 = \text{فراوانی } M-1, \text{ عدد جرمی سبک}$$

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(M-1) \times 4 + M \times 1 + (M+2) \times 2}{7} = M \quad \text{روش اول (تشریحی):}$$

روش دوم (تستی):

$$\text{جرم اتمی میانگین} = M_1 + P_1 (M_2 - M_1) + P_2 (M_3 - M_1) + \dots = (M-1) + \frac{1}{7} (M - (M-1)) + \frac{2}{7} ((M+2) - (M-1))$$

$$= (M-1) + \frac{1}{7} (1) + \frac{2}{7} (3) = (M-1) + 1 = M$$

ایزوتوپ سنگین تر را  ${}^a+2_Z X$  و ایزوتوپ سبک تر را  ${}^a_Z X$  در نظر می گیریم. به ازای هر ۶ اتم  ${}^a_Z X$ ، ۴ اتم  ${}^a+2_Z X$  وجود دارد، پس خواهیم داشت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(a \times 6) + ((a+2) \times 4)}{10} \Rightarrow 121.8 = 6a + 4a + 8 \Rightarrow 121.8 = 10a \Rightarrow a = 12.18 \quad \text{روش اول (تشریحی):}$$

$$\bar{M} = M_1 + P_2 (M_2 - M_1) + \dots \Rightarrow 121.8 = a + \frac{4}{10} ((a+2) - a) \Rightarrow 121.8 = a + 0.8 \Rightarrow a = 12.1 \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

$${}^a_Z X \begin{cases} n-e=19 \\ n+Z=121 \end{cases} \xrightarrow{e=Z} \begin{cases} n-Z=19 \\ n+Z=121 \end{cases} \Rightarrow 2Z=102 \Rightarrow Z=51 \quad \text{پس عدد جرمی ایزوتوپ سبک تر برابر ۱۲۱ است؛ بنابراین خواهیم داشت:}$$





توضیح محاسبات +

$$\frac{4/5 \times 6/0.2 \times 10^{23} \times 28}{18} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن}} \frac{4/5 \times 6 \times 10^{23} \times 28}{18} = \frac{4/5 \times 10^{23} \times 28}{3} = 1/5 \times 10^{23} \times 28 = 4/2 \times 10^{24}$$

به جای ۰.۲ عدد ۰.۶ قرار گیرد

پاسخ باید اندکی بزرگتر از  $4/2 \times 10^{24}$  باشد. (پاسخ:  $4/212 \times 10^{24}$ )

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا تعداد اتم‌های هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom H} = 9/6 \text{ g C}_{10}\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_{10}\text{H}_8}{128 \text{ g C}_{10}\text{H}_8} \times \frac{8 \text{ mol H}}{1 \text{ mol C}_{10}\text{H}_8} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 0/6 N_A \text{ atom H}$$

اکنون جرم  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  را که در آن  $0/6 N_A$  اتم کربن وجود دارد به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 0/6 N_A \text{ atom C} \times \frac{1 \text{ mol atom C}}{N_A \text{ atom C}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{6 \text{ mol atom C}} \times \frac{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 18 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{H اتم: } \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{جرم مولی} \times N_A} = \frac{\text{جرم}}{8 \times N_A} \Rightarrow \frac{x}{8 \times N_A} = \frac{9/6}{128} \Rightarrow x = 0/6 N_A \text{ atom H}$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{C اتم: } \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{جرم مولی} \times N_A} = \frac{0/6 N_A}{6 \times N_A} = \frac{y}{180} \Rightarrow y = 18 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

۱ ۹۴ B

★ نکته بر اساس تعریف عدد آووگادرو، تعداد  $6/02 \times 10^{23}$  از هر ذره را یک مول از آن ذره می‌نامند. لذا برای مقایسه شماره این ذرات در چند نمونه، نیازی نیست شمار اتم‌ها یا مولکول‌ها را محاسبه کنید و کافی است فقط شمار مول‌های آن‌ها را به دست آورده و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

$$? \text{ atom} = 17 \text{ g H}_2\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{34 \text{ g H}_2\text{O}_2} \times \frac{4 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 2 N_A \text{ atom}$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):

$$? \text{ atom} = 4/8 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{5 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1/5 N_A \text{ atom}$$

گزینه (۲):

$$? \text{ atom} = 24/5 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times \frac{7 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1/75 N_A \text{ atom}$$

گزینه (۳):

$$? \text{ atom} = 9/2 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{9 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1/8 N_A \text{ atom}$$

گزینه (۴):

۱۴ ۹۵ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

$$? \text{ atom} = 20 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule SO}_3}{1 \text{ mol SO}_3} \times \frac{4 \text{ atom}}{1 \text{ molecule SO}_3} = 6/02 \times 10^{23} \text{ atom}$$

عبارت (الف):

$$? \text{ mol Ca} = 21/07 \times 10^{23} \text{ atom} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{6/02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}} = 3/5 \text{ mol Ca}$$

عبارت (ب):

$$? \text{ g CH}_3\text{OH} = 6 \text{ mol CH}_3\text{OH} \times \frac{32 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} = 192 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

عبارت (پ):

عبارت (ت): فراوان‌ترین ایزوتوپ منیزیم  $^{24}\text{Mg}$  است. بنابراین جرم یک اتم از آن برابر است با:

$$^{24}\text{Mg} \text{ جرم یک اتم} = 24 \text{ amu} \times \frac{1/66 \times 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ amu}} = 4 \times 10^{-23} \text{ g}$$

۲ ۹۶ B ابتدا جرم سدیم تیوسیانات را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 19/2 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{2 \text{ mol S}} \times \frac{158 \text{ g Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 47/4 \text{ g Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

$$\frac{19/2 \times 158}{32 \times 2} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{19/2 \times 158}{32 \times 2} = \frac{0/6 \times 158}{32 \times 2} = 0/3 \times 158 = 0/3(160-2) = 48-0/6 = 47/4$$

توضیح محاسبات +

$$? \text{ g Ar} = 3 \text{ mol Ar} \times \frac{39/5 \text{ g Ar}}{1 \text{ mol Ar}} = 118/5 \text{ g Ar}$$

سپس جرم آرگون را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم سدیم تیوسیانات}}{\text{جرم آرگون}} = \frac{47/4}{118/5} = 0/4$$

اکنون نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

\* توجه: شمار الکترون‌های موجود در یون‌های چنداتی از رابطه زیر به دست می‌آید:

بار یون - (مجموع شمار پروتون‌های اتم‌ها) = شمار الکترون‌های یون‌های چنداتی

با توجه به فرمول بالا داریم:

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ بار یون} = [1(16) + 4(8)] - (-2) = 48 - (-2) = 50 e^-$$

اکنون شمار الکترون‌های موجود در  $9/6g$  از  $\text{SO}_4^{2-}$  را به دست می‌آوریم:

$$9/6g \text{ SO}_4^{2-} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{96g \text{ SO}_4^{2-}} \times \frac{50 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} = 5 \text{ mol } e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{SO}_4^{2-} \text{ جرم}}{\text{تعداد الکترون‌ها}} = \frac{\text{مول الکترون}}{96} \Rightarrow \frac{x \text{ mole}^-}{50} \Rightarrow x = 5 \text{ mole}^-$$

روش دوم (کسر تناسب):

بنابراین شمار اتم‌های موجود در  $152g$  از  $\text{N}_2\text{O}_x$  برابر  $10 \text{ mol}$  است. اکنون مقدار  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol atom} = 152g \text{ N}_2\text{O}_x \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_x}{(2(14) + x(16))g \text{ N}_2\text{O}_x} \times \frac{(2+x) \text{ mol atom}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_x} = 10 \text{ mol atom}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Rightarrow 152(x+2) = 10(28+16x) \Rightarrow 152x + 304 = 280 + 160x \Rightarrow 8x = 24 \Rightarrow x = 3$$

$$\frac{\text{N}_2\text{O}_x \text{ جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{تعداد اتم‌ها در مولکول}} \Rightarrow \frac{152}{2(14) + x(16)} = \frac{10}{2+x} \Rightarrow x = 3$$

روش دوم (کسر تناسب):

ابتدا مجموع جرم مواد موجود در ظرف A را محاسبه می‌کنیم:

$$? g \text{ N}_2\text{O}_5 = 9/0.3 \times 10^{23} \text{ molecule N}_2\text{O}_5 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule N}_2\text{O}_5} \times \frac{108g \text{ N}_2\text{O}_5}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5} = 162g \text{ N}_2\text{O}_5$$

$$? g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O} = \frac{58g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_6\text{O}} \times \frac{29g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}}{58g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}} = 29g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}, \quad \text{مجموع جرم مواد ظرف A} = 162 + 29 = 191$$

جرم مولی عنصر X را M فرض می‌کنیم. مجموع جرم مواد موجود در ظرف B برابر است با:

$$? g \text{ I}_2 = \frac{254g \text{ I}_2}{1 \text{ mol I}_2} \times 127g \text{ I}_2 = 127g \text{ I}_2 \quad ? g \text{ X}_2 = \frac{2Mg}{1 \text{ mol X}_2} \times 8Mg \text{ X}_2$$

$$B \text{ ظرف جرم مواد موجود در ظرف B} = 127 + \frac{8M}{1}$$

$$191 = 127 + \frac{8M}{1} \Rightarrow M = 8$$

از آنجا که جرم محتویات ظرف‌های A با B برابر است، M را به دست می‌آوریم:  
پس X، عنصر  $^{80}\text{Br}$  است.

ابتدا شمار اتم‌های اکسیژن موجود در نمونه گاز  $\text{SO}_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom O} = \frac{1 \text{ mol SO}_3}{1 \text{ mol S}} \times \frac{3 \text{ mol O}}{1 \text{ mol SO}_3} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = \frac{3}{1} N_A \text{ atom O}$$

سپس شمار اتم‌های نیتروژن موجود در نمونه گاز  $\text{N}_2\text{O}_5$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom N} = \frac{3}{1} \times 10^{22} \text{ مولکول N}_2\text{O}_5 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{6/0.2 \times 10^{23} \text{ مولکول N}_2\text{O}_5} \times \frac{2 \text{ mol N}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5} \times \frac{N_A \text{ atom N}}{1 \text{ mol N}} = \frac{1}{1} N_A \text{ atom N}$$

در نتیجه در نمونه اتانویک اسید باید  $(\frac{1}{6} N_A - \frac{1}{1} N_A) / 5 N_A$  اتم هیدروژن وجود داشته باشد.

$$? g \text{ CH}_3\text{COOH} = \frac{60g \text{ CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{4 \text{ mol H}} \times \frac{1 \text{ mol H}}{N_A \text{ atom H}} = \frac{6}{1} g \text{ CH}_3\text{COOH}$$

با توجه به اینکه در این مخلوط فقط مولکول‌های استون دارای اکسیژن هستند می‌توان از تعداد اتم‌های اکسیژن، جرم استون را در مخلوط محاسبه کرد:

$$\frac{9/0.3 \times 10^{22} \text{ O}}{6/0.2 \times 10^{23} \text{ O}} \times \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol O}} \times \frac{58g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_6\text{O}} = \frac{8}{7} g \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}$$

پس در این مخلوط  $8/7g$  استون ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) و  $8/6g$  ( $17/3 - 8/7$ ) هگزان ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) وجود دارد. اکنون مقدار مول کربن را در هر ماده محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol C} = \frac{9/0.3 \times 10^{22} \text{ O}}{6/0.2 \times 10^{23} \text{ O}} \times \frac{3 \text{ mol C}}{1 \text{ mol O}} = \frac{3}{4} \text{ mol C}$$

$$? \text{ mol C} = \frac{8/6g \text{ C}_6\text{H}_{14}}{86g \text{ C}_6\text{H}_{14}} \times \frac{6 \text{ mol C}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{14}} = \frac{8}{86} \text{ mol C}$$

در مجموع  $1/0.5 \text{ mol}$  ( $3/4 + 8/86$ ) کربن در مخلوط وجود دارد.



۲ ۱۰۱ B بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): بار الکتریکی نسبی پروتون ( ${}^1_1p$ ) و الکترون ( ${}^0_{-1}e$ ) به ترتیب برابر  $+1$  و  $-1$  است. این در حالی است که بار

مطلق پروتون و الکترون در واحد SI به ترتیب برابر  $+1.6 \times 10^{-19} C$  و  $-1.6 \times 10^{-19} C$  است. گزینه (۳): تعداد اتم‌ها در  $64 g Cu$ :

$$? \text{ atom Cu} = 64 g Cu \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 g Cu} \times \frac{N_A \text{ atom Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 1 N_A \text{ atom Cu}$$

$$? \text{ atom Al} = 0.2 \text{ mol Al} \times \frac{N_A \text{ atom Al}}{1 \text{ mol Al}} = 0.2 N_A \text{ atom Al}$$

تعداد اتم‌ها در  $0.2$  مول Al:

تعداد اتم‌ها در دو نمونه یکسان نیست! گزینه (۴): عنصر هیدروژن به صورت مولکول‌های دواتمی  $H_2$  است، پس خواهیم داشت:

$$? \text{ mole } H_2 = 1 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 g H_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 3.01 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2$$

$$1 \text{ mol} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} \times \frac{3/23 g}{3.01 \times 10^{22}} = 64/6 g$$

۳ ۱۰۲ B ابتدا جرم مولی (جرم یک مول) ترکیب  $A_2O$  را به دست می‌آوریم:

$$2M_A + 16 = 64/6 \Rightarrow M_A = 24/3 g \cdot mol^{-1}$$

اکنون جرم مولی A را به دست می‌آوریم:

مقدار عددی جرم مولی (برحسب گرم بر مول) را می‌توان برابر مقدار عددی جرم اتمی میانگین (برحسب amu) در نظر گرفت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 24/3 = \frac{23 F_1 + 25 F_2}{F_1 + F_2}, F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_1 = 35, F_2 = 65$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر برابر  $35$  و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر  $65$  است. نسبت فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر به سنگین‌تر برابر است با:  $35/65 = 0.54$

۳ ۱۰۳ C مرحله اول: مقدار عددی جرم اتمی عناصر را می‌توانیم به تقریب برابر عدد جرمی آن‌ها در نظر بگیریم؛ بنابراین جرم اتمی D، A و E به ترتیب برابر  $x$ ،  $x$  و  $4x$  گرم بر مول است. اکنون به کمک مجموع جرم اتم‌های موجود در طرف، مقدار X را به دست می‌آوریم:

$$? g A = 0.5 \text{ mol A} \times \frac{(x) g A}{1 \text{ mol A}} = 0.5 x g A \quad ? g E = 0.5 \text{ mol E} \times \frac{(4x) g E}{1 \text{ mol E}} = 4 x g E$$

$$? g D = 12/0.4 \times 10^{23} \text{ atom D} \times \frac{1 \text{ mol D}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom D}} \times \frac{(2x) g D}{1 \text{ mol D}} = 4 x g D$$

مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف برابر  $85 g$  بوده است؛ بنابراین:  $0.5x + 4x + 4x = 85 \Rightarrow 8.5x = 85 \Rightarrow x = 10$

مرحله دوم: منظور از ذرات زیراتمی باردار درون هسته، همان پروتون‌ها است. در اتم‌های A، D و E به ترتیب  $x$ ،  $2x$  و  $2x$  پروتون وجود دارد. ابتدا شمار پروتون‌های

$$? \text{ mol (A نمونه در نمونه)} = 0.5 \text{ mol A} \times \frac{(y) \text{ پروتون}}{1 \text{ mol A}} = 0.5 y \text{ پروتون}$$

موجود در این سه نمونه را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol (D نمونه در نمونه)} = 12/0.4 \times 10^{23} \text{ atom D} \times \frac{1 \text{ mol D}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom D}} \times \frac{(x) \text{ پروتون}}{1 \text{ mol D}} = 2 x \text{ پروتون}$$

$$? \text{ mol (E نمونه در نمونه)} = 1 \text{ mol E} \times \frac{(2x) \text{ پروتون}}{1 \text{ mol E}} = 2 x \text{ پروتون}$$

مجموع شمار مول پروتون‌های موجود در ظرف برابر  $42/5$  مول بوده است، پس  $y$  برابر است با:

$$0.5y + 2x + 2x = 42/5 \xrightarrow{x=10} 0.5y + 2(10) + 2(10) = 42/5 \Rightarrow 0.5y + 40 = 42/5 \Rightarrow 0.5y = 2/5 \Rightarrow y = 5$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 + 75) + (37 \times 25)}{75 + 25} = 35/5 \text{ amu}$$

۱ ۱۰۴ C ابتدا جرم اتمی میانگین اتم کلر را محاسبه می‌کنیم:

اگر جرم اتمی میانگین نیکل را  $x$  در نظر بگیریم، جرم مولی ترکیب  $NiCl_2$  برابر است با:

$$NiCl_2 \text{ جرم مولی} = x + 2(35/5) = (71 + x) g \cdot mol^{-1}$$

با توجه به تعداد اتم‌های موجود در  $14/4$  گرم از این ترکیب داریم:

$$14/4 g NiCl_2 \times \frac{1 \text{ mol } NiCl_2}{(71+x) g NiCl_2} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol } NiCl_2} \times \frac{3 \text{ atom}}{1 \text{ molecule}} = 2 \times 10^{23} \text{ atom} \Rightarrow x = 58/6 g \cdot mol^{-1}$$

پس جرم اتمی میانگین نیکل برابر  $58/6 \text{ amu}$  است. درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را  $F_1$  در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت:  $F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = 100 - F_1$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{58 F_1 + 60(100 - F_1)}{100} = 58/6 \Rightarrow 5860 = 58 F_1 + 6000 - 60 F_1 \Rightarrow 140 = 2 F_1 \Rightarrow F_1 = 70, F_2 = 30$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{70}{30} = \frac{7}{3}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:



۱۵۵ C ابتدا باید جرم آهن موجود در استوانه را محاسبه کنیم:

$$\text{جرم آهن} = \frac{75}{100} \times (\text{حجم} \times \text{چگالی}) = \frac{75}{100} \times 3 \times 4 \times 3 \times 3 / 1 = 83.7 \text{ g}$$

پس از محاسبه جرم آهن، باید تعداد مول آهن را به دست آوریم، در نتیجه باید جرم مولی آهن را محاسبه کنیم و برای محاسبه جرم مولی لازم است که جرم اتمی میانگین آهن را به دست آوریم:

$$\text{جرم اتمی میانگین آهن} = \frac{(9 \times 56) + (1 \times 54)}{100} = 55.8$$

$$? \text{ mol Fe} = 83.7 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.8 \text{ g Fe}} = 1.5 \text{ mol Fe}$$

۹۰٪ از این ۱/۵ مول آهن را  $^{56}\text{Fe}$  تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۳۰ نوترون دارد و ۱۰٪ بقیه را  $^{54}\text{Fe}$  تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۲۸ نوترون دارد. بنابراین مجموع تعداد نوترون‌ها برابر است با:

$$^{56}\text{Fe} \text{ تعداد نوترون‌ها در } = 1.5 \times \frac{9}{100} \times 30 \times N_A = 40 / 5 N_A$$

$^{54}\text{Fe}$  در  $^{56}\text{Fe}$  تعداد نوترون‌ها  $= 1.5 \times \frac{1}{100} \times 28 \times N_A = 4 / 2 N_A$  مجموع تعداد نوترون‌ها  $= 40 / 5 N_A + 4 / 2 N_A = 44 / 7 N_A$

۱۵۶ C جرم آمونیاک را  $x$  گرم و جرم متان را  $(20-x)$  گرم در نظر می‌گیریم و جرم اتم‌های هیدروژن را بر حسب  $x$  محاسبه می‌کنیم:

$? \text{ g H} = x \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{3 \text{ mol H}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = \frac{3}{17} x \text{ g H}$

$? \text{ g H} = (20-x) \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = \frac{(20-x)}{4} \text{ g H}$

از آنجا که جرم اتم‌های هیدروژن مخلوط برابر ۴ گرم است، می‌توان مقدار  $x$  را به دست آورد:

$$\frac{3}{17} x + \frac{1}{4} (20-x) = 4 \Rightarrow x = 13.6 \text{ g (جرم آمونیاک)}$$

به این ترتیب در این مخلوط ۶/۴ گرم متان وجود دارد.

اکنون شمار اتم‌های کربن را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ اتم C} = 6.4 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم C}}{1 \text{ mol C}} = 2.4 \times 10^{23} \text{ اتم C}$$

۱۵۷ C قسمت اول: در صورت مسئله گفته شده که عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۲۴ بوده ( $^{24}\text{X}$ ) و ایزوتوپ سنگین‌تر آن ۴ نوترون بیشتر از ایزوتوپ سبک‌تر دارد، بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۲۸ خواهد بود ( $^{28}\text{X}$ ). ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر  $X$  را به دست می‌آوریم: (درصد فراوانی ایزوتوپ‌های

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(24 \times 75) + (28 \times 25)}{100} = \frac{1800 + 700}{100} = 25 \text{ amu}$$

$^{24}\text{X}$  و  $^{28}\text{X}$  به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۲۵٪ است. (روش اول (تشریحی):

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) = 24 + \frac{25}{100} (28 - 24) = 24 + \frac{1}{4} (4) = 25 \text{ amu}$$

می‌دانیم که مقدار عددی جرم اتمی یک عنصر بر حسب amu، با جرم مولی آن عنصر بر حسب  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  برابر است. اکنون شمار ایزوتوپ‌های عنصر سبک‌تر

را در ۲۰۰ گرم از عنصر  $X$  محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom } ^{24}\text{X} = 200 \text{ g X} \times \frac{1 \text{ mol X}}{25 \text{ g X}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom X}}{1 \text{ mol X}} \times \frac{75 \text{ atom } ^{24}\text{X}}{100 \text{ atom X}} = 3.612 \times 10^{24} \text{ atom } ^{24}\text{X}$$

قسمت دوم: ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر  $Y$  را به دست می‌آوریم: (درصد فراوانی  $^{35}\text{Y}$  و  $^{37}\text{Y}$  را به ترتیب برابر  $F_1$  و  $F_2$  در نظر می‌گیریم.)

$$F_1 + F_2 = 100, F_2 = \frac{1}{4} F_1 \Rightarrow F_1 + \frac{1}{4} F_1 = 100 \Rightarrow \frac{5}{4} F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = 80, F_2 = 20$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(35 \times 80) + (37 \times 20)}{100} = \frac{2800 + 740}{100} = 35.4 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) = 35 + \frac{20}{100} (37 - 35) = 35 + \frac{1}{5} (2) = 35.4 \text{ amu}$$

اکنون جرم مولکولی میانگین  $XY_2$  را به دست می‌آوریم:  $XY_2$  (جرم اتمی  $X$ ) + ۲ (جرم اتمی  $Y$ ) =  $1(25) + 2 \times (35.4) = 95.8 \text{ amu}$

۱۵۸ A دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دماسنج به‌طور مستقیم تعیین کرد: زیرا دماسنج در این دماها ذوب می‌شود.

۱۵۹ B همه عبارتها به‌جز عبارت دوم درست هستند. بررسی عبارت دوم: خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند و ویژگی‌های آنها را نمی‌توان

به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج می‌توانند از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون اطلاعات ارزشمندی درباره آنها به دست آورند. مثلاً پی‌بیرند یک ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است.

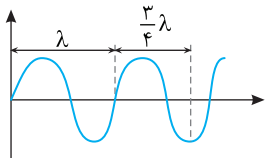
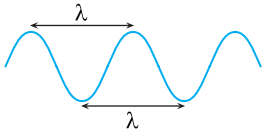
۱۱۰ A فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون اطلاعات

ارزشمندی به دست می‌آورند. عبارت (ب): هر چه طول موج یک پرتو الکترومغناطیسی کوتاه‌تر باشد، آن موج انرژی بیشتری دارد و برعکس.  $E \propto \frac{1}{\lambda}$  (انرژی) (طول موج)



**\* توجه:** طیف سنج جرمی، دستگاهی است که جرم اتمها را با دقت زیاد اندازه گیری می کند.

**عبارت (ب):** چشم می تواند گستره محدودی از نور را ببیند که به آن، گستره مرئی می گویند. **عبارت (ت):** نور خورشید شامل گستره بسیار بزرگی از پرتوهای الکترومغناطیس است که گستره مرئی تنها بخش کوچکی از آن است. گستره مرئی امواج الکترومغناطیس شامل بی نهایت طول موج از رنگ های گوناگون است که این گستره، رنگ سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش را در برمی گیرد.



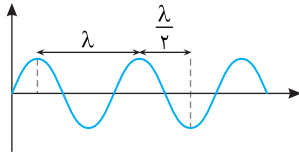
**B 111 ۲** عبارتهای (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطه معکوس و با انرژی پرتو رابطه مستقیم دارد. پس در میان پرتوهای مرئی، بیشترین میزان انحراف مربوط به پرتوهای بنفش و کمترین انحراف مربوط به پرتوهای سرخ است. **عبارت (ب):** در گستره امواج الکترومغناطیسی، طول موج پرتوهای فرابنفش کمتر از ۴۰۰ نانومتر و طول موج پرتوهای فروسرخ بیشتر از ۷۰۰ نانومتر است. **عبارت (پ):** طبق تعریف، فاصله بین دو قله متوالی یا دو دره متوالی یک موج طول موج نامیده می شود و آن را با نماد ( $\lambda$ ) نشان می دهند. **عبارت (ت):** به کمک دوربین های حساس به پرتوهای فرابنفش می توان از خورشید تصویربرداری نمود. **عبارت (ث):** ابتدا طول موج پرتوی مورد نظر را به دست می آوریم:  $\lambda + \frac{3}{4}\lambda = 833 \Rightarrow \frac{7}{4}\lambda = 833 \Rightarrow \lambda = 476 \text{ nm}$  طول موج این پرتو بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است، پس این پرتو در ناحیه مرئی قرار دارد.

**B 112 ۲** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** نور مرئی، بخش کوچکی از گستره امواج الکترومغناطیسی در ناحیه ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر را در برمی گیرد. **عبارت های (ب) و (ث):** میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطه معکوس و با انرژی پرتو رابطه مستقیم دارد. پس میزان انحراف پرتوهای آبی بیشتر از پرتوهای زرد است. **عبارت (پ):** در گستره امواج الکترومغناطیسی، از سمت امواج رادیویی به پرتوهای گاما، طول موج کاهش و انرژی موج افزایش می یابد؛ بنابراین انرژی پرتوهای گاما بیشتر از پرتوهای ایکس و طول موج پرتوهای فرابنفش کوتاه تر از ریزموجهاست. **عبارت (ت):** نور خورشید شامل گستره بزرگی از پرتوهای الکترومغناطیسی است که با خود انرژی حمل می کنند. نور مرئی نیز بخش کوچکی از این گستره است.

**B 113 ۴** همه عبارتهای نادرست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت اول:** میزان شکست نور در منشور با طول موج رابطه معکوس دارد، پس در میان پرتوهای ناحیه مرئی، پرتوهای بنفش بیشترین میزان انحراف را در منشور دارد. **عبارت دوم:** مقایسه انرژی پرتوها به صورت زیر است:

ایکس < فرابنفش < نور مرئی < فروسرخ: مقایسه انرژی

**عبارت سوم:** به فاصله دو قله متوالی یا دو دره متوالی یک موج، طول موج گفته می شود که با نماد ( $\lambda$ ) نشان داده می شود.



$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 480 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = 320 \text{ nm}$$

**عبارت چهارم:** با توجه به گستره امواج الکترومغناطیس، امواج رادیویی می توانند طول موج هایی در بازه  $10^9$  تا  $10^{11}$  نانومتر و بلندتر را شامل شوند، یعنی طول موج امواج رادیویی چندین متر است.

**A 114 ۴** میزان شکست نور در منشور با طول موج رابطه معکوس دارد، پس میزان انحراف نور بنفش بیشتر از نور نیلی است.

**\* توجه:** مقایسه طول موج و انرژی پرتوهای مرئی به صورت روبه رو است: سرخ < نارنجی < زرد < سبز < آبی < نیلی < بنفش: مقایسه طول موج

بنفش < نیلی < آبی < سبز < زرد < نارنجی < سرخ: مقایسه انرژی

**بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱):** با توجه به گستره امواج الکترومغناطیس، ریزموجها نسبت به پرتوهای فروسرخ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارند. **گزینه (۲):** دمای نور با انرژی نور رابطه مستقیم و با طول موج رابطه عکس دارد. پس دمای نور زرد بیشتر از نور نارنجی است. **گزینه (۳):** نور آبی نسبت به نور سبز طول موج کمتر و انرژی بیشتری دارد.

**B 115 1** فقط مورد (ث) درست است. **بررسی عبارت ها: عبارت های (الف) و (ب):** انرژی و دمای نور سرخ کمتر از نور زرد است. **عبارت (پ):** مقایسه انرژی پرتوها به صورت مقابل است:

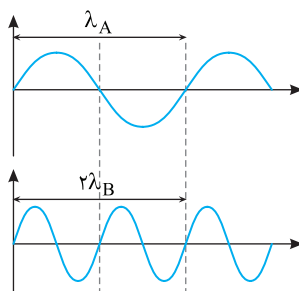
بنابراین اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ، بیشتر از اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ است. **عبارت (ت):** میزان انحراف در منشور با طول موج پرتو، رابطه معکوس دارد. پس میزان انحراف نور زرد بیشتر از نور سرخ است. **عبارت (ث):** مقایسه طول موج پرتوها به صورت مقابل است: پرتوی فرابنفش > نور زرد > نور سرخ: طول موج بنابراین اختلاف طول موج نور سرخ با پرتوی فرابنفش بیشتر از اختلاف طول موج نور زرد با پرتوی فرابنفش است.

**B 116 1** فقط عبارت (پ) درست است. بیشترین طول موج در میان پرتوهای رنگی متعلق به نور سرخ است. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** مقایسه انرژی پرتوهای مرئی به صورت روبه رو است:

بنابراین دماهای  $175^\circ\text{C}$ ،  $80^\circ\text{C}$  و  $275^\circ\text{C}$  را می توان به ترتیب به وسایل (ب)، (الف) و (پ) نسبت داد. **عبارت (ب):** هر چه طول موج یک پرتو بیشتر باشد، میزان انحراف آن هنگام عبور از منشور کمتر است.

نور سبز < نور زرد: مقایسه میزان شکست هنگام عبور از منشور

**عبارت (ت):** طول موج نور آبی کمتر از نور زرد است، پس در گستره امواج الکترومغناطیس، نور آبی به پرتوهای ایکس نزدیک تر است و اختلاف طول موج آن با پرتوهای ایکس کمتر از میزان اختلاف طول موج نور زرد با پرتوهای ایکس است.



**B 117 1** **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** مطابق نمودار طول موجها داریم:

پس اگر طول موج A،  $600 \text{ nm}$  باشد، طول موج B،  $300 \text{ nm}$  است. طول موج نور مرئی در بازه ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. پس موج B در گستره پرتوهای فرابنفش بوده و نامرئی است. **عبارت (ب):** طول موج پرتوی B نصف پرتوی A است. بنابراین اگر پرتوی A پرتویی از ناحیه مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) باشد، طول موج پرتوی B می تواند بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ نانومتر باشد که در ناحیه فرابنفش قرار می گیرد. **عبارت (پ):** طول موج پرتوی B نصف طول موج پرتوی A است. بنابراین اگر طول موج پرتوی A برابر  $100 \text{ nm}$  باشد، آن گاه طول موج پرتوی B برابر  $50 \text{ nm}$  خواهد بود. پس پرتوی B پرتویی فرابنفش است.

C 1118 فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در یون  $M^{2-}$ ، رابطه  $e=p+2$  برقرار است. بنابراین:

$$n-e=39, n+e=211 \Rightarrow n=125, e=86$$

عدد اتمی این عنصر ۸۴ است. عبارت (ب): ابتدا نسبت جرم مولی B به A را به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جرم مولی A} = \frac{m}{\text{جرم مولی A}} \times N_A \\ \text{جرم مولی B} = \frac{m}{\text{جرم مولی B}} \times N_B \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\frac{m}{\text{جرم مولی A}} \times N_A}{\frac{m}{\text{جرم مولی B}} \times N_A} = \frac{\text{جرم مولی B}}{\text{جرم مولی A}} \Rightarrow \frac{4}{3} \text{ جرم مولی A} = \frac{4}{3} \text{ جرم مولی B}$$

سپس جرم  $\frac{1}{6}$  مول A و  $\frac{1}{8}$  مول B را حساب کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

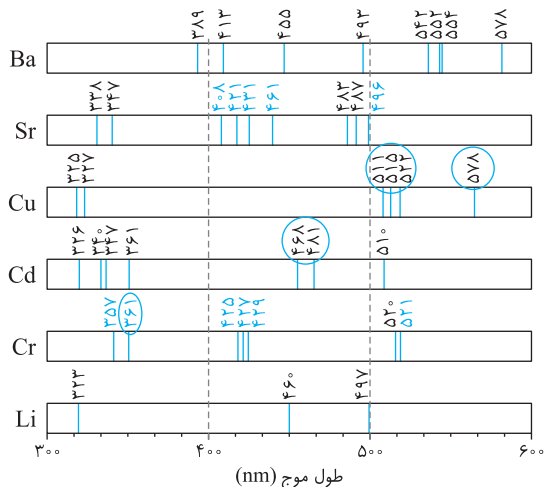
$$\text{جرم مولی A} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{6} \times A \quad \text{جرم مولی B} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{8} \times \frac{4}{3} A = \frac{1}{6} \times A$$

عبارت (ب): این مقایسه براساس میزان انرژی این پرتوها انجام شده و هرچه انرژی بیشتر باشد، طول موج کمتر است. هرچه انرژی یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، هنگام عبور از منشور میزان انحراف بیشتری پیدا می‌کند؛ بنابراین مقایسه انجام شده صدق می‌کند. هرچه طول موج یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، طول موج آن با طول موج پرتوهای X (که انرژی بیشتر و طول موج کمتری نسبت به پرتوهای مرئی دارند) اختلاف بیشتری دارد؛ در نتیجه مقایسه صحیح به صورت «زرد > سبز > نیلی» است. فاصله میان دو قله متوالی همان طول موج است. بنابراین مقایسه انجام شده تنها در ۱ مورد از موارد ذکر شده صادق است. عبارت (ت): طول موج پرتوهای سبز از طول موج پرتوهای زرد کوتاه‌تر است؛ بنابراین اگر پرتوی (A) مربوط به پرتوی زرد باشد، پرتوی (B) مربوط به پرتوی سبز خواهد بود.

A 1119 در اثر عبور نور نشر شده از شعله ترکیب یک عنصر از منشور، الگوی خطی و غیرپیوسته از خطوط رنگی به دست می‌آید که به آن طیف نشری خطی آن عنصر می‌گویند.

A 120 هر عنصر، طیف نشری خطی ویژه خود را دارد. اگر ترکیبی از عناصر مختلف در ساختار یک نمونه وجود داشته باشد، طیف نشری خطی آن نمونه به صورت مجموع طیف‌های نشری خطی عناصر سازنده خواهد بود؛ از این رو با توجه به طیف نشری خطی نمونه داده شده، سه فلز کروم، مس و جیوه در ساختار آن وجود دارد.

A 121 عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. با توجه به شکل زیر که خطوط طیفی نمونه (۱) با دایره و خطوط طیفی نمونه (۲) با رنگ دیگری مشخص شده، می‌توان نتیجه گرفت که نمونه (۱) حاوی فلزهای Cu، Cd و Cr بوده و نمونه (۲) حاوی فلزهای Sr و Cr است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر سه فلز موجود در نمونه (۱) با حرف انگلیسی C آغاز می‌شوند. عبارت (ب): در نمونه (۱) برخلاف نمونه (۲)، عنصر Cu وجود ندارد.

عبارت (ب): در میان فلزات داده شده، در نمونه (۱) تعداد بیشتری فلز نسبت به نمونه (۲) وجود دارد.

A 122 موارد اول و پنجم درست هستند. بررسی رنگ همه مواد:

- رنگ شعله فلز سدیم، بخار آن و ترکیب‌های گوناگون آن زرد رنگ است.
- رنگ شعله لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن سرخ رنگ است.
- نور نشر شده از لامپ نئون سرخ فام است.
- رنگ شعله شمع زرد است.
- رنگ شعله گاز شهری آبی رنگ است.

B 123 در آزمایش رنگ شعله می‌توان از خود فلز یا نمک فلز در حالت جامد و یا محلول نمک فلز در آب یا اتانول استفاده کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): نور نشر شده از شعله یک عنصر می‌تواند شامل پرتوهای الکترومغناطیسی در گستره مرئی و غیرمرئی (فرابنفش، فرسرخ و ...) باشد. گزینه (۳): طیف نشری خطی برای شناسایی عنصرهای نافلز نیز کاربرد دارد. گزینه (۴): رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن مانند لیتیم نترات، لیتیم سولفات، لیتیم کلرید و ... سرخ رنگ است.

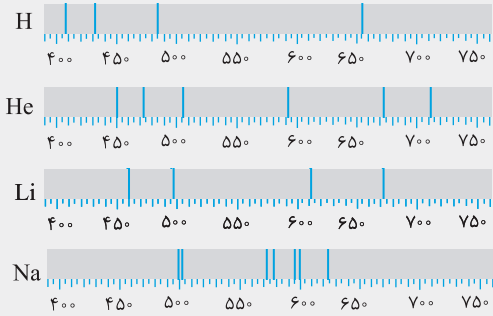
B 124 همه عبارت‌ها به جز مورد (ب) درست هستند. طیف‌های نشری خطی شماره (۱) تا (۴) به ترتیب مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیوم، سدیم و لیتیم است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): رنگ شعله فلز لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن، سرخ‌رنگ است. عبارت (ب): از نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ رنگ استفاده می‌شود (نه سدیم!). عبارت (پ): هلیوم جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارد. این عنصر همانند دیگر گازهای نجیب تمایلی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارد. عبارت (ت): هیدروژن فراوان‌ترین عنصر سازنده سیاره مشتری است.



**نکته ترکیب**

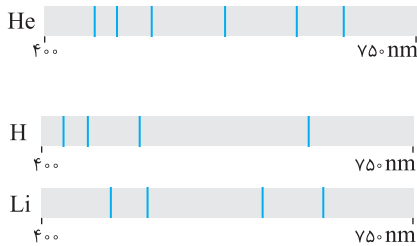
طیف نشری خطی عناصر هیدروژن، هلیوم، لیتیم و سدیم: در کتاب درسی، طیف نشری خطی چهار عنصر هیدروژن، هلیوم، لیتیم و سدیم نمایش داده شده است: در مورد هر عنصر، به نکات زیر توجه نمایید:

• **هیدروژن (الف):** فراوانترین عنصر سازنده مشتری است و بیش از ۹۰ درصد این سیاره را هیدروژن تشکیل می‌دهد. (ب) پس از مهبانگ به دنبال به وجود آمدن ذرات زیراتمی پروتون، نوترون و الکترون، عناصر هیدروژن و هلیوم با به عرصه جهان گذاشتند. (پ) نخستین عنصر ساخته شده در روند تشکیل عنصرها در انفجار بزرگ (مهبانگ) است. (ت) گرما و نور خیره کننده خورشید به علت واکنش هسته‌ای تبدیل هیدروژن به هلیوم است. (ث) این عنصر ۷ ایزوتوپ دارد که ۳ ایزوتوپ اول (سبکتر) طبیعی هستند؛ در حالی که ۴ ایزوتوپ سنگین تر ساختگی هستند.



در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن، ۵ رادیوایزوتوپ وجود دارد که ترتیب پایداری آن‌ها به صورت « $^3\text{H} < ^4\text{H} < ^5\text{H} < ^6\text{H} < ^7\text{H}$ » می‌باشد و دو ایزوتوپ  $^1\text{H}$  و  $^2\text{H}$  آن کاملاً پایدار است. (ج) هیدروژن نخستین و سبک‌ترین عنصر جدول تناوبی است. (چ) در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، ۴ خط با رنگ‌های قرمز، آبی، نیلی و بنفش وجود دارد. • **هلیوم (الف):** فراوانترین گاز نجیب سیاره مشتری و دومین عنصر فراوان این سیاره است. (ب) این عنصر پس از تولید ذرات زیراتمی به دنبال مهبانگ به طور مستقیم از ذرات زیراتمی پدید آمد و پس از آن در ستاره‌ها طی واکنش‌های هسته‌ای از اتم‌های هیدروژن پدید می‌آید. (پ) هلیوم همانند هیدروژن در تشکیل سحابی‌ها و ستاره‌ها نقش دارد. (ت) در ستاره‌ها عناصری همچون لیتیم و کربن به طور مستقیم از هلیوم تولید می‌شوند. (ث) در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هلیوم، ۶ نوار رنگی دیده می‌شود. • **لیتیم (الف):** جزء نخستین عنصرهایی است که از واکنش‌های هسته‌ای هلیوم در ستاره‌ها تولید می‌شود. (ب) یک نمونه طبیعی از لیتیم شامل ۲ ایزوتوپ  $^6\text{Li}$  و  $^7\text{Li}$  است که درصد فراوانی آن‌ها به ترتیب برابر ۶٪ و ۹۴٪ می‌باشد. (پ) رنگ شعله لیتیم و ترکیبات آن سرخ است. (ت) در ناحیه مرئی طیف نشری خطی لیتیم همانند هیدروژن ۴ خط رنگی وجود دارد. • **سدیم (الف):** سومین عنصر گروه اول و دومین فلز قلیایی است. (ب) رنگ شعله سدیم و ترکیبات آن زرد است. (پ) نور زرد رنگ لامپ‌هایی که شب‌هنگام آژدرها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد به علت وجود بخار سدیم در آن‌ها است. (ت) طیف نشری خطی آن در ناحیه مرئی حاوی ۷ خط رنگی است.

**B 1۲۵ ۳** فقط عبارت (پ) نادرست است. طیف‌های نشری خطی از بالا به پایین مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیوم، سدیم و لیتیم است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** طیف نشری خطی هیدروژن و لیتیم در گستره مرئی هر یک دارای ۴ خط یا طول موج رنگی است. **عبارت (ب):** طیف نشری خطی عنصر سدیم با ۷ خط یا طول موج رنگی، دارای بیشترین خطوط رنگی در میان این چهار طیف است. **عبارت (پ):** کوتاهترین طول موج رنگی مربوط به رنگ بنفش است که در طیف نشری خطی هیدروژن دیده می‌شود. **عبارت (ت):** طیف نشری خطی هلیوم در گستره مرئی، دارای ۶ خط یا طول موج رنگی است.



**B 1۲۶ ۴** همه مطالب به جز مورد چهارم، درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است. **عبارت دوم:** طیف نشری خطی هلیوم در گستره مرئی، شامل شش خط یا طول موج رنگی است.

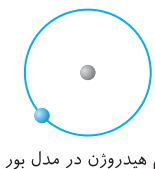
**عبارت سوم:** از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود. **عبارت چهارم:** طول موج رنگی آبی کوتاه‌تر از رنگ سرخ است، پس نسبت طول موج آبی به طول موج قرمز، کوچک‌تر از یک است. **عبارت پنجم:** نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آژدرها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازند به دلیل وجود بخار سدیم در آن‌هاست. **عبارت ششم:** طیف نشری خطی هیدروژن همانند طیف نشری خطی لیتیم شامل چهار خط یا نوار رنگی است.

**B 1۲۷ 1** فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** رنگ شعله لیتیم و ترکیب‌های آن سرخ رنگ و رنگ شعله سدیم و ترکیب‌های آن زرد رنگ است. طول موج نور سرخ بیشتر از نور زرد است، از این رو انرژی نور سرخ کمتر از نور زرد می‌باشد. **عبارت (ب):** ایزوتوپ‌های یک عنصر در شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان‌اند و در شمار نوترون‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. خطوط طیف نشری خطی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است. **عبارت (پ):** رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های آن سبز رنگ است، اما این بدان معنی نیست که هر ترکیبی که در شعله، رنگ سبز ایجاد کند قطعاً حاوی عنصر مس است. **عبارت (ت):** طیف نشری خطی هیدروژن دارای ۴ خط است که در فاصله ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر، نوار رنگی وجود ندارد.

**B 1۲۸ ۳** همه موارد به جز مورد (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):** رنگ شعله عناصری که در یک گروه از جدول تناوبی قرار دارند، یکسان نیست. به عنوان مثال لیتیم و سدیم هم گروه هستند ولی رنگ شعله لیتیم سرخ و سدیم زرد است. **عبارت (ب):** بیشترین درصد فراوانی در میان عناصر سازنده سیاره مشتری، متعلق به عناصر هیدروژن و هلیوم است که در ناحیه مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ خط طیفی هستند. **عبارت (پ):** طیف نشری خطی سدیم، در گستره مرئی، شامل ۷ خط رنگی است.

**B 1۲۹ ۴** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سدیم (Na) دارای عدد اتمی ۱۱ و لیتیم اولین عنصر فلزات قلیایی است. رنگ شعله فلز سدیم و نمک‌های آن زرد و رنگ شعله فلز لیتیم و نمک‌های آن سرخ است و طول موج زرد کوتاه‌تر از رنگ سرخ است. **عبارت (ب):** عناصر لیتیم و هلیوم در ناحیه مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ نوار رنگی هستند. **عبارت (پ):** به عنوان مثال نقص، عدد اتمی لیتیم بیشتر از عدد اتمی هلیوم است، اما تعداد خطوط رنگی در طیف نشری خطی هلیوم بیشتر است. **عبارت (ت):** هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فرد و ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت می‌توان از آن برای شناسایی عنصر استفاده کرد. توجه داشته باشید که تعداد خطوط موجود در طیف نشری خطی، منحصر به فرد نبوده و عناصر مختلف می‌توانند تعداد خطوط طیفی یکسانی در طیف خود داشته باشند. **عبارت (ث):** نور خورشید پس از عبور از منشور تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گستره رنگی شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.

**A 1۳۰ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است و در گستره مرئی از طیف نشری خطی به دست آمده از اتم‌های آن، وجود چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین تأیید شده است. از آنجا که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد، نیلز بور بر این باور بود که از بررسی تعداد و جایگاه آن‌ها، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم هیدروژن به دست آورد. پس از پژوهش‌های بسیار توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه کند. اگرچه مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند، اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت.



اتم هیدروژن در مدل بور

\* **توجه** نیلز بور با در نظر گرفتن اینکه الکترون در اتم هیدروژن انرژی معینی دارد؛ مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. مدل اتمی بور اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود. پس از وی، دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و نیز چگونگی نشر نور از اتمها، ساختاری لایه‌ای برای اتم ارائه کردند.

**A ۱۳۱ ۳** عبارتهای (ب) و (ت) درست است. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** مدل بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصر را نداشت. **عبارت (ب):** همانطور که در عبارت (الف) گفتیم، بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه دهد.

**A ۱۳۲ ۳** **بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱):** مطابق این مدل هر بخش پرنرنگ در شکل، نشان دهنده مهم‌ترین بخش از یک لایه الکترونی است که الکترونهای آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند. در واقع براساس این مدل، الکترون در هر لایه‌ای که باشد، در همه نقاط اطراف هسته حضور می‌یابد اما در بخش پرنرنگ هر لایه احتمال حضور بیشتری دارد. **گزینه (۲):** از آنجا که مدل اتمی بور فقط توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه نماید بنابراین دانشمندان برای توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و چگونگی نشر نور توسط اتمها، این ساختار لایه‌ای را برای اتم ارائه کردند. **گزینه (۴):** براساس این مدل، الکترونها در اتم برای تبادل انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان یا نردبان (نه سطح شیبدار یا سربالایی) مواجه هستند.

**A ۱۳۳ ۲** عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی به‌صورت کوانتومی یا پیمانه‌ای است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به‌صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. **عبارت (ب):** انرژی همانند ماده، در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی گسسته یا کوانتومی است. **عبارت (پ):** در مدل کوانتومی الکترونها با جذب مقادیر معینی انرژی، از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند که این مقدار انرژی دقیقاً برابر با تفاوت سطح انرژی لایه‌های مبدأ و مقصد است. **عبارت (ت):** الکترون برای جابه‌جایی از لایه‌ای به لایه بالاتر مقادیر معینی انرژی جذب می‌کند و هنگام جابه‌جایی از لایه‌ای به لایه پایین‌تر، مقادیر معینی نور با طول موج معین نشر می‌کند.

**A ۱۳۴ ۱** **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** براساس مدل کوانتومی، الکترونها در هر لایه آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است، به‌طوری که گفته می‌شود اتم در حالت پایه قرار دارد. **عبارت (ب):** در مدل کوانتومی، انرژی الکترونها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد. **عبارت (پ):** در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر، کوانتومی یا گسسته است. به عبارت دیگر الکترونها تنها می‌توانند مقادیر معینی انرژی داشته باشند.

**B ۱۳۵ ۴** عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** اتمهای برانگیخته پرنرنگی و ناپایدارند. از این‌رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت حالت پایه برگردند. **عبارت (ب):** از آنجا که برای الکترون، نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترونها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند. **عبارت (پ):** هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوی نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایه بالاتر به لایه پایین‌تر را نشان می‌دهد. **عبارت (ت):** انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم، ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی (تعداد پروتونهای هسته) آن وابسته است.

**B ۱۳۶ ۳** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** بور با بررسی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، توانست اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم به‌دست آورد ولی از لایه‌های الکترونی صحبتی نکرد. وجود لایه الکترونی در اتمها پس از بور و در مدل لایه‌ای (کوانتومی) مطرح شد و ارتباطی با مدل بور ندارد. **عبارت (ب):** انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است. **عبارت (پ):** از آنجا که هیچ کس نمی‌تواند جایی میان پله‌های نردبان بایستد، الکترونها نیز میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای ندارند. این شیوه نردبانی دریافت یا از دست دادن انرژی توسط الکترونها را شیوه کوانتومی می‌نامند. **عبارت (ت):** الکترون در هر لایه‌ای که باشد در تمام نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد، اما در محدوده‌های مشخصی از یک لایه، احتمال حضور بیشتری دارد.

**B ۱۳۷ ۱** همه عبارتهای نادرست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت اول و سوم:** شیمی‌دانها با دادن انرژی به اتمها و دریافت پرتوهای گسیل شده از آن‌ها از درون آن باخبر می‌شوند و با تعیین دقیق طول موج نوارهای یاد شده می‌توان به تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم دست یافت. در واقع هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترونها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد. از آنجا که انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم، ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است و انتظار می‌رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند. **عبارت دوم:** در اتم برانگیخته هیدروژن، هر چه فاصله الکترون از لایه اول بیشتر باشد، هنگام انتقال به حالت پایه (یعنی لایه اول)، انرژی نور آزاد شده بیشتر و طول موج آن کوتاه‌تر خواهد بود. **عبارت چهارم:** بر اساس مدل کوانتومی، انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون در اتم، کوانتومی است و انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود. **عبارت پنجم:** مدل لایه‌ای اتم بر مبنای کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون، از یک لایه به لایه دیگر است. اگر چنین نبود و الکترون هنگام انتقال به صورت غیرکوانتومی عمل می‌کرد، تعیین انرژی لایه‌ها و زیرلایه‌ها و دستیابی به آرایش الکترونی اتم ممکن نبود.

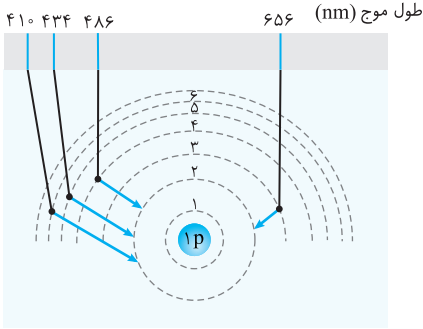
**B ۱۳۸ ۴** اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش  $n$  کم می‌شود. یعنی اختلاف سطح انرژی لایه  $n=2$  با لایه  $n=3$  کمتر از اختلاف سطح انرژی لایه  $n=1$  با لایه  $n=2$  است. از طرفی میزان انرژی لازم برای انتقال الکترون از لایه‌ای به لایه بالاتر، برابر با تفاوت سطح انرژی دو لایه است. پس برای انتقال الکترون از لایه  $n=2$  به  $n=3$  انرژی کمتری نسبت به انتقال از لایه  $n=1$  به  $n=2$  نیاز است.

**B ۱۳۹ ۱** فقط عبارت اول نادرست است. شکل داده شده مربوط به چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتمهای هیدروژن است؛ زیرا در هسته آن یک پروتون وجود دارد. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت اول:** نوارهای رنگی موجود در شکل، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایه بالاتر به لایه‌های پایین‌تر (نه صرفاً یک لایه پایین‌تر) را نشان می‌دهد. **عبارت دوم:** بر اساس مدل کوانتومی اتم، الکترونها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به لایه‌های پایین‌تر، انرژی معینی (به اندازه اختلاف سطح انرژی میان دو لایه) از دست می‌دهند.

\* **توجه** از آنجا که برای الکترون نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترونها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند.

**عبارت سوم:** نوارهای رنگی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به بازگشت الکترون از لایه‌های  $n=3, 4, 5, 6$  به لایه  $n=2$  است. هر چه تفاوت انرژی بین دو لایه بیشتر باشد، انرژی آزاد شده بیشتر است؛ بنابراین در بین این ۴ نوار، بیشترین انرژی و کمترین طول موج متعلق به انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ می‌باشد. **عبارت چهارم:** طبق مدل کوانتومی، انرژی الکترونها در اتم با افزایش فاصله از هسته، افزایش می‌یابد. **عبارت پنجم:** اگر به اتمها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترونهای آن‌ها با جذب انرژی به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابند. به اتمها در چنین حالتی، اتمهای برانگیخته می‌گویند.





**B ۱۴۰ ۳** عبارتهای اول و دوم درست هستند. بررسی عبارتهای اول: با توجه به شکل مقابل که مربوط به لایه‌های الکترونی و چگونگی ایجاد نوارهای رنگی در طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی یکسان نبوده و با دور شدن از هسته اتم و افزایش  $n$  (عدد کوانتومی اصلی)، این اختلاف کمتر می‌شود. به عبارت دیگر مثلاً اختلاف سطح انرژی لایه دوم و سوم بیشتر از این اختلاف در میان لایه‌های سوم و چهارم است. به همین دلیل نیز در طیف نشری خطی اتم هیدروژن، با افزایش طول موج، فاصله بین خطوط رنگی افزایش می‌یابد. عبارت دوم: در طیف نشری خطی هیدروژن با انتقال الکترون از لایه  $n=6$  به لایه  $n=2$  نوری به رنگ بنفش با طول موج  $410\text{ nm}$  ایجاد می‌شود. عبارت سوم: انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون متفاوت است. عبارت چهارم: هر بخش پرنرنگ در ساختار لایه‌ای، نشان دهنده ناحیه‌ای است که احتمال حضور الکترون در آن بیشتر است.

**B ۱۴۱ ۴** در انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر حالت‌های مختلفی وجود دارد. برای نمونه در اتم هیدروژن، الکترون برانگیخته که در لایه ششم قرار دارد با از دست دادن انرژی به لایه‌های پایین‌تر برمی‌گردد، حال این لایه ممکن است حالت پایه ( $n=1$ ) باشد یا به لایه‌های بالاتری مانند  $n=3$  که حالت پایه نیست بازگردد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با دور شدن الکترون از هسته، انرژی آن افزایش می‌یابد. گزینه (۲): در اتم هیدروژن و هلیوم، وجود الکترون یا الکترون‌ها در لایه  $n=1$  حالت پایه به شمار می‌رود و در دیگر اتم‌ها در حالت پایه، در لایه‌های بالاتر نیز الکترون وجود دارد. گزینه (۳): در ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، کمترین مقدار انرژی به نوار قرمز رنگ مربوط است که بیشترین طول موج را دارد.

**B ۱۴۲ ۱** عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): میزان انرژی جذب یا نشر شده هنگام انتقال الکترون بین دو لایه با هم مساوی و برابر اختلاف سطح انرژی دو لایه است. عبارت (ب): اختلاف انرژی دو لایه در انتقال (۲) بیشتر از انتقال (۱) است. پس پرتوی حاصل از انتقال (۲) انرژی بیشتر و طول موج کوتاه‌تری دارد. عبارت (پ): هر چه از هسته دور شویم، سطح انرژی لایه‌ها بالاتر می‌رود اما تفاوت سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. عبارت (ت): در طیف نشری خطی هیدروژن، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه  $n=3$ ، در محدوده فرورسرخ قرار می‌گیرد. عبارت (ث): در سایر اتم‌ها به‌جز هیدروژن و هلیوم، در حالت پایه، الکترون‌ها در لایه‌های بالاتر نیز قرار می‌گیرند.

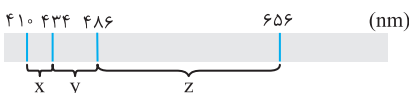
**B ۱۴۳ ۳** به‌جز عبارت دوم، سایر عبارتهای درست هستند. بررسی عبارتهای اول: شکل صورت سؤال، چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. عبارت دوم: طیف نشری خطی یک عنصر وابسته به تعداد پروتون‌های هسته و آرایش الکترونی آن عنصر است و شمار نوترون‌ها تأثیری بر طیف نشری خطی ندارد، به همین دلیل ایزوتوپ‌های یک عنصر، طیف نشری خطی یکسانی دارند. عبارت سوم: مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند. عبارت چهارم: اختلاف سطح انرژی لایه  $n=4$  با  $n=3$  بیشتر از اختلاف انرژی لایه  $n=6$  با  $n=5$  است، پس در طیف نشری خطی عنصر هیدروژن تفاوت طول موج پرتوهای قرمز و آبی بیشتر از این اختلاف در پرتوهای نیلی و بنفش است. عبارت پنجم: با توجه به اینکه در این شکل که مربوط به طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه هفتم به لایه دوم را نمی‌بینیم، پس حتماً این پرتو در ناحیه غیرمرئی قرار می‌گیرد و چون انرژی بالاتری نسبت به انتقال از لایه ششم به دوم دارد، پس حتماً در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد.

**B ۱۴۴ ۲** فقط مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کند. بررسی موارد: مورد اول: طیف نشری خطی هیدروژن در گستره مرئی دارای ۴ خط است که حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های  $n=3, 4, 5, 6$  به لایه  $n=2$  است.

**\* توجه** پرتوی نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۱ در محدوده پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد.

**مورد دوم:** در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایه ۵ به لایه ۲ نوری نیلی با طول موج  $434\text{ nm}$  ایجاد می‌کند. مورد سوم: در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایه ۴ به لایه ۲ نوری آبی با طول موج  $486\text{ nm}$  ایجاد می‌کند. مورد چهارم: بازگشت الکترون از لایه ۳ به لایه ۲، نوری قرمز رنگ با طول موج  $656\text{ nm}$  در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. مورد پنجم: طیف نشری خطی هیدروژن در ناحیه مرئی حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های ۳ تا ۶ به لایه ۲ است. پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه ۷ به لایه ۲ در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد.

**B ۱۴۵ ۳** بیشترین انرژی و کمترین طول موج در گستره مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش با طول موج  $410\text{ nm}$  است. این پرتو حاصل بازگشت الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند. گزینه (۲): اختلاف سطح انرژی لایه ۵ با لایه ۲ بیشتر از اختلاف سطح انرژی لایه ۴ با لایه ۲ است. پس نور نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایه ۴ به لایه ۲ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارد.

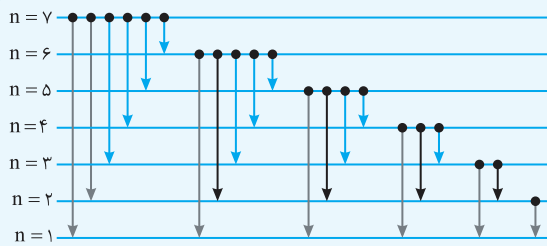


**گزینه (۴):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، هر چه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر و انرژی بیشتر می‌رویم، خطوط رنگی به هم نزدیک‌تر می‌شوند. با توجه به شکل مقابل که مربوط به ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن است، مقایسه فاصله خطوط طیفی به صورت  $X < Y < Z$  است.

**\* نکته** در توجیه این پدیده می‌توان گفت که اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش  $n$  کمتر می‌شود. مثلاً اختلاف سطح انرژی لایه ۴ با لایه ۳ کمتر از اختلاف سطح انرژی لایه ۳ با لایه ۲ است.

**B ۱۴۶ ۱** فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارتهای اول: در هنگام بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر، هر چه اختلاف سطح انرژی میان دو لایه‌ای که الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بیشتر باشد، نور نشر شده، انرژی بیشتر و طول موج کمتری خواهد داشت اما انتقال‌هایی که به لایه دوم می‌آیند، مرئی هستند. عبارت دوم: در طیف نشری خطی هیدروژن، کمترین طول موج متعلق به رنگ بنفش با طول موج  $410\text{ nm}$  است که مربوط به انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ است. عبارت سوم: در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایه ۳ به ۲، نور سرخ با طول موج  $656\text{ nm}$  و انتقال الکترون از لایه ۴ به ۲ نور آبی با طول موج  $486\text{ nm}$  ایجاد می‌کند. از طرفی می‌دانیم که میزان انحراف نور در منشور با طول موج نور رابطه معکوس دارد، پس میزان انحراف نور سرخ کمتر از نور آبی است. عبارت چهارم: در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایه ۵ به لایه ۲ با آزادسازی نور نیلی رنگ با طول موج  $434\text{ nm}$  همراه است.



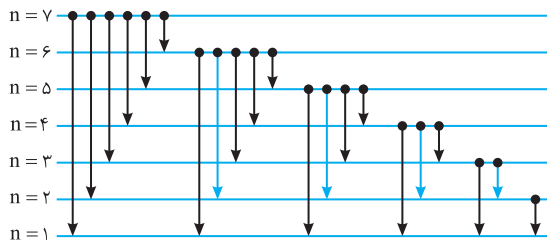


**نکته** در اثر برانگیخته شدن اتم هیدروژن، با بازگشت آن به حالت پایه، امکان ایجاد ۲۱ نوع پرتو با طول موج و انرژی متفاوت وجود دارد که در شکل مقابل انتقال اتمی که سبب ایجاد این ۲۱ نوع پرتو می‌شود، رسم شده است. در این شکل، انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فرابنفش می‌شوند با رنگ طوسی، انتقالاتی را که باعث ایجاد پرتوهای مرئی می‌شوند با رنگ سیاه و انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فرورسرخ می‌شوند با رنگ آبی مشخص کرده‌ایم. (۷ پرتوی فرابنفش، ۴ پرتوی مرئی و ۱۰ پرتوی فرورسرخ). برای جمع‌بندی مطالب بالا خواهیم داشت:

بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه اول ← نشر پرتوی فرابنفش  
 بازگشت الکترون از لایه‌های سوم تا ششم به لایه دوم ← نشر پرتوی مرئی  
 بازگشت الکترون از لایه هفتم به لایه دوم ← نشر پرتوی فرابنفش  
 بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های سوم تا ششم ← نشر پرتوی فرورسرخ

فقط عبارت (ت) درست است. پرانرژی‌ترین پرتو در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش است که حاصل انتقال الکترون از لایه  $n=6$  به  $n=2$  است و طول موجی در حدود  $410$  نانومتر دارد. بررسی سایر عبارات: عبارت (الف): انتقال الکترون از لایه  $n=5$  به  $n=2$  پرتوی نیلی با طول موج  $434$  نانومتر در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. عبارت (ب): در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایه  $n=5$  به  $n=2$  (انتقال A)، پرتوی مرئی ایجاد می‌کند. از طرفی انتقال الکترون از لایه  $n=6$  به  $n=3$  (انتقال C) انرژی کمتری نسبت به انتقال A آزاد می‌کند. پس نور حاصل از انتقال C انرژی کمتر و طول موج بلندتری از نور حاصل از انتقال A دارد. عبارت (پ): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه  $n=7$  به  $n=1$  (انتقال B) همانند انتقال C نامرئی است، ولی برخلاف آن در محدوده فرابنفش قرار می‌گیرد.

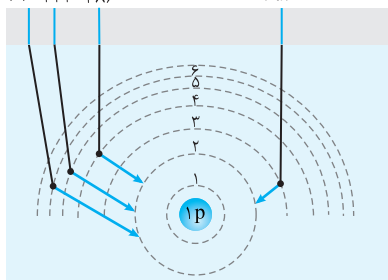
**۱۴۸** فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در اتم هیدروژن هر چه به سمت لایه‌های بالاتر می‌رویم، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. بنابراین انرژی آزاد شده در انتقال الکترون از لایه  $n=5$  به لایه  $n=3$  کمتر از انرژی مورد نیاز برای برانگیخته کردن الکترون از لایه  $n=2$  به لایه  $n=4$  است. همچنین حتی اگر پرتوی حاصل از یک انتقال بزرگ‌تر از انرژی لازم برای برانگیخته کردن الکترون از لایه  $n=2$  به لایه  $n=4$  باشد، باز هم الکترون از جای خود جابه‌جا نمی‌شود؛ زیرا برای انجام این انتقال باید پرتویی دقیقاً به اندازه تفاوت سطح انرژی لایه‌های دوم و چهارم به الکترون داده شود. عبارت دوم: انرژی الکترون‌ها با افزایش فاصله از هسته افزایش می‌یابد. توجه کنید که به دلیل کمتر بودن تفاوت سطح انرژی لایه‌های دورتر از هسته، نور حاصل از انتقال الکترون از لایه  $n=7$  به  $n=6$  طول موجی بلندتر و انرژی کمتری نسبت به سایرین دارد. عبارت سوم: انحراف نور هنگام عبور از منشور، با طول موج نور رابطه عکس دارد. در میان پرتوهای مرئی اتم هیدروژن، نور حاصل از انتقال الکترون از لایه  $n=6$  به  $n=2$  دارای کمترین طول موج است، پس بیشترین میزان انحراف در منشور نیز مربوط به همین نور است. عبارت چهارم: اتم‌های برانگیخته پرانرژی و ناپایدارند؛ از این‌رو تمایل دارند با از دست دادن انرژی و نشر نور با طول موج معین، به حالت پایدارتر برگردند؛ ولی یک الکترون که مثلاً در لایه هفتم وجود دارد، لزوماً با از دست دادن یک پرتو، به لایه اول (حالت پایه هیدروژن) برنمی‌گردد و ممکن است ابتدا به لایه سوم انتقال یابد و سپس از لایه  $n=3$  به  $n=2$  برگردد و طی این فرایند با آزاد کردن ۲ پرتو به حالت پایه برگشته است.



**۱۴۹** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در طیف نشری خطی اتم هیدروژن در مجموع ۲۱ نشر داریم که تنها ۴ مورد از آن‌ها در گستره مرئی قرار دارند. در شکل مقابل، تمام انتقالات الکترونی در اتم هیدروژن مشخص شده است. انتقالاتی که با رنگ آبی رسم شده، پرتوهای در ناحیه مرئی ایجاد می‌کند.

$$\frac{4}{21} \times 100 \approx 19\%$$

طول موج (nm) ۶۵۶ ۴۸۶ ۴۳۴ ۴۱۰



عبارت (ب): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه  $n=5$  به لایه  $n=2$  نوری نیلی رنگ با طول موج  $434$  nm ایجاد می‌کند. عبارت (پ): در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایه‌های  $n=3, 4, 5, 6$  به لایه  $n=2$  نوری در محدوده مرئی ایجاد می‌کند؛ اما انتقال الکترون از هر لایه به لایه اول، پرتویی در ناحیه فرابنفش ایجاد می‌کند. پس پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه  $n=3$  به لایه  $n=1$  در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد. عبارت (ت): به علت اینکه در اتم هیدروژن، با دور شدن از هسته، تفاوت انرژی لایه‌های متوالی کاهش می‌یابد، در طیف نشری خطی هیدروژن، هر چه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر می‌رویم، فاصله نوارهای رنگی کمتر می‌شود. عبارت (ث): با توجه به طیف نشری خطی هیدروژن، در محدوده  $500$  تا  $600$  نانومتر خط رنگی وجود ندارد.

**۱۵۰** لایه اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون و لایه دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون است. لایه دوم برخلاف لایه اول یکپارچه نیست. بررسی گزینه (۴): اتم عنصرهای دوره دوم دارای دو لایه هستند. در اتم این عنصرها هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایه اول پر شده و لایه دوم در حال پر شدن است.

**نکته ترکیبی** عدد کوانتومی اصلی: ۱- این عدد مشخص‌کننده سطح انرژی الکترون و به نوعی آدرس لایه الکترونی است. ۲- مقدار آن اعداد طبیعی ۱ تا ۷ را شامل می‌شود. ۳- عدد کوانتومی اصلی آخرین الکترون موجود در آرایش الکترونی تمامی عناصر یک دوره با هم برابر است. ۴- گنجایش هر لایه با عدد کوانتومی اصلی n برابر  $2n^2$  الکترون است.

به جز عبارت سوم، بقیه عبارت‌ها درست هستند. در اطراف هسته اتم ۷ لایه الکترونی وجود دارد. این لایه‌ها از داخل به بیرون از ۱ تا ۷ شماره‌گذاری می‌شوند. عدد کوانتومی اصلی (n) در یک اتم، شماره لایه را نشان می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: انرژی الکترون‌ها با دور شدن از هسته افزایش می‌یابد؛ بنابراین هر چه مقدار n بزرگ‌تر باشد، الکترون در لایه دورتری از هسته قرار گرفته و انرژی بیشتری نیز دارد. عبارت دوم: با افزایش مقدار n، فاصله لایه‌های الکترونی از هسته افزایش یافته و در نتیجه لایه بزرگ‌تر می‌شود.



**عبارت سوم:** هر چه فاصله بین دو لایه که انتقال الکترون میان آن دو صورت می‌گیرد، بیشتر باشد، اختلاف انرژی آن دو لایه بیشتر و در نتیجه انرژی پرتو جذب یا نشر شده نیز بیشتر خواهد بود. می‌دانیم که در امواج الکترومغناطیسی، هر چه انرژی پرتویی بیشتر باشد، طول موج آن کمتر خواهد بود. **عبارت چهارم:** همان‌طور که در عبارت اول گفتیم، انرژی الکترون با افزایش فاصله از هسته، افزایش می‌یابد. همچنین هر چه انرژی یک الکترون بیشتر باشد، آن الکترون ناپایدارتر خواهد بود. **عبارت پنجم:** گنجایش لایه‌های الکترونی از رابطه  $2n^2$  به دست می‌آید؛ بنابراین هر چه مقدار  $n$  بزرگ‌تر باشد، گنجایش آن لایه نیز بیشتر خواهد بود. **عبارت ششم:** حداکثر شمار زیرلایه‌هایی که می‌تواند در هر لایه وجود داشته باشد برابر با عدد کوانتومی اصلی آن لایه، یعنی همان  $n$  است.

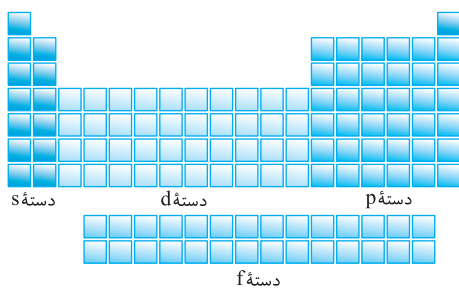
۱ ۱۵۲ B

**نکته ترکیب** عدد کوانتومی فرعی: ۱- مشخص کننده نوع زیرلایه‌ها است. ۲- عدد کوانتومی فرعی آخرین الکترونی که اتم پذیرفته است برای تمامی عناصر یک دسته (s, p, d, ...) یکسان است. ۳- هر عدد کوانتومی فرعی را با نماد مخصوص به خود نمایش می‌دهند. ۴- گنجایش هر زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی  $l$  برابر  $2l+1$  است. ۵- هر لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی  $n$  دارای  $n$  عدد زیرلایه است که عدد کوانتومی فرعی آن‌ها از صفر شروع می‌شود و حداکثر به  $n-1$  می‌رسد. ۶- برای مقایسه سطح انرژی دو زیرلایه، نخست مقدار  $n+l$  آن‌ها را مقایسه می‌کنیم. اگر این مقدار برای زیرلایه‌ای کمتر از دیگری باشد، این زیرلایه سطح انرژی پایین‌تری دارد و زودتر الکترون دریافت می‌کند، اما اگر با هم برابر باشند سراغ مقدار  $n$  آن‌ها می‌رویم. در این حالت زیرلایه‌ای اول الکترون دریافت می‌کند که مقدار  $n$  آن کمتر باشد که نشان‌دهنده اولویت دریافت الکترون با زیرلایه با سطح انرژی کمتر است.

عدد کوانتومی	صفر	۱	۲	۳
نماد	s	p	d	f
نماد زیرلایه	s	p	d	f
عدد کوانتومی فرعی (l)	۰	۱	۲	۳
گنجایش	۲	۶	۱۰	۱۴

عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** در مدل کوانتومی اتم، نماد هر زیرلایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به دیگر سخن، هر زیرلایه را می‌توان با نماد  $nl$  نمایش داد. **عبارت دوم:** مقدار مجاز  $l$  برای زیرلایه‌های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی  $n$ ، از  $0$  تا  $(n-1)$  است. برای نمونه مقدار مجاز  $l$  برای زیرلایه‌های لایه دوم برابر صفر و یک است. **عبارت سوم:** لایه الکترونی دوم دارای دو زیرلایه  $s$  و  $p$  است که گنجایش آن‌ها به ترتیب برابر  $2$  و  $6$  الکترون است. **عبارت چهارم:** گنجایش هر زیرلایه را می‌توان از رابطه  $2l+1$  به دست آورد.  $l$  عدد کوانتومی فرعی است. ( $l \geq 0$ ) **عبارت پنجم:** لایه چهارم دارای چهار زیرلایه  $s, p, d$  و  $f$  است که عدد کوانتومی فرعی آن‌ها به ترتیب برابر صفر،  $1$ ،  $2$  و  $3$  است که مجموع آن‌ها برابر  $6$  است.

**۱۵۳ A** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: **عبارت (الف):** در مدل کوانتومی اتم، انرژی الکترون‌ها با افزایش فاصله آن‌ها از هسته، افزایش می‌یابد. در واقع هر چه الکترون در لایه‌های دورتری از هسته قرار داشته باشد، انرژی آن بیشتر است. **عبارت (ت):** هر زیرلایه را به کمک دو عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) و عدد کوانتومی فرعی ( $l$ ) تعریف می‌کنند. اما دقت کنید که در نشان دادن نماد یک زیرلایه، ابتدا عدد کوانتومی اصلی و سپس عدد کوانتومی فرعی نمایش داده می‌شود؛ بنابراین نماد هر زیرلایه به صورت  $nl$  خواهد بود.



**۱۵۴ B** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** در عنصرهای دوره سوم، هر سه لایه دارای الکترون است، به طوری که لایه اول و دوم پر شده و لایه سوم در حال پر شدن است. **عبارت (ب):** زیرلایه  $d$  با عدد کوانتومی فرعی  $l=2$  حداکثر گنجایش  $10$  الکترون را دارد.  $10 = 2(2+1) = 2 \times 3 = 6$ . **عبارت (پ):** لایه الکترونی اول تنها شامل یک زیرلایه  $s$  با گنجایش  $2$  الکترون است. در نتیجه برخلاف لایه‌های دیگر یکپارچه است. **عبارت (ت):** عنصرهای جدول تناوبی را می‌توان براساس زیرلایه در حال پر شدن در چهار دسته به صورت روبه‌رو طبقه‌بندی کرد. **عبارت (ث):** زیرلایه‌ای با گنجایش  $14$  الکترون زیرلایه  $f$  است که در لایه‌های الکترونی چهارم و به بعد مشاهده می‌شود.

**۱۵۵ B** فقط مورد (ب) جمله را به درستی کامل نمی‌کند. بررسی هر یک از موارد: **مورد (الف):** زیرلایه  $d$  با عدد کوانتومی فرعی  $l=2$ ، حداکثر گنجایش  $10$  الکترون دارد در حالی که زیرلایه  $s$  با عدد کوانتومی فرعی  $l=0$ ، حداکثر گنجایش  $2$  الکترون را دارد. **مورد (ب):** زیرلایه  $p$  با عدد کوانتومی فرعی  $l=1$ ، حداکثر گنجایش  $6$  الکترون را دارد. دوره دوم شامل  $8$  عنصر است. **مورد (پ):** زیرلایه‌ای با عدد کوانتومی فرعی  $l=4$ ، حداکثر گنجایش  $18$  الکترون را دارد. لایه الکترونی سوم، دارای سه زیرلایه  $s, p$  و  $d$  است که گنجایش آن‌ها به ترتیب برابر  $2, 6$  و  $10$  است که در مجموع گنجایش لایه سوم برابر  $18$  می‌باشد.

**نکته** گنجایش لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) را می‌توان به‌طور مستقیم از رابطه  $2n^2$  محاسبه کرد.

**مورد (ت):** زیرلایه  $f$  ( $l=3$ ) حداکثر گنجایش  $14$  الکترون را دارد. دوره ششم جدول تناوبی شامل عنصرهای شماره  $55$  تا  $86$  ( $32$  عنصر) است.

**۱۵۶ B** زیرلایه‌ای با عدد کوانتومی فرعی  $l=4$ ، در صورت وجود، حداکثر گنجایش  $18$  الکترون را دارد.  $18 = 2(4+1) = 2 \times 5 = 10$  گنجایش زیرلایه

**\* توجه** گنجایش زیرلایه‌ها، مستقل از  $n$  است.

**بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** مقدار مجاز  $l$  برای زیرلایه‌های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی  $n$ ، از  $0$  تا  $(n-1)$  است. پس لایه الکترونی سوم دارای سه زیرلایه  $s, p, d$  با اعداد کوانتومی فرعی  $l=0, l=1, l=2$  است. **گزینه (۲):** در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی  $n$  حداکثر مقدار مجاز عدد کوانتومی فرعی ( $l$ ) برای زیرلایه برابر  $(n-1)$  است. پس زیرلایه  $3f$  ( $l=3$  و  $n=3$ ) وجود خارجی ندارد. **گزینه (۴):** زیرلایه  $d$  با عدد کوانتومی فرعی  $l=2$  حداکثر گنجایش  $10$  الکترون را دارد. این زیرلایه در لایه الکترونی سوم و لایه‌های بعد از آن دیده می‌شود.

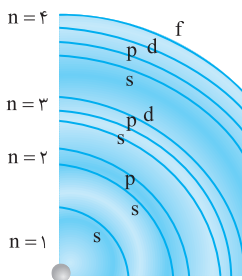
**B ۱۵۷ ۳** حداکثر مجاز برای عدد کوانتومی فرعی (l) در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n، برابر n-1 است؛ بنابراین آخرین زیرلایه موجود در لایه الکترونی ششم با عدد کوانتومی اصلی n=6، دارای عدد کوانتومی فرعی l=5 خواهد بود. همچنین گنجایش هر زیرلایه از رابطه 4l+2 به دست می آید؛ بنابراین گنجایش زیرلایه با l=5 برابر ۲۲ (۴(۵)+۲) می باشد. همچنین گنجایش الکترونی هر لایه اصلی از رابطه 2n<sup>2</sup> به دست می آید؛ بنابراین حداکثر گنجایش الکترونی در لایه ای با n=3 برابر ۱۸ (۲×۳<sup>2</sup>) است. در نهایت اختلاف خواسته شده در صورت سؤال برابر ۴ (۲۲-۱۸) خواهد بود. اختلاف به دست آمده با عبارت های (ب)، (پ) و (ت) برابر نیست. حال به بررسی هر یک از موارد می پردازیم: **عبارت (الف):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، ۴ نوار رنگی با طول موج های ۴۱۰، ۴۳۴، ۴۸۶ و ۶۵۶ نانومتر وجود دارد. **عبارت (ب):** در دوره چهارم جدول دوره ای ۱۸ عنصر از دسته های s، p و d وجود دارد. **عبارت (پ):** در اتم ها چهار زیرلایه s، p، d و f با اعداد کوانتومی ۰، ۱، ۲ و ۳ وجود دارد. چهارمین زیرلایه از لحاظ عدد کوانتومی فرعی، زیرلایه f است که گنجایش ۱۴ الکترون دارد. **عبارت (ت):** ۶۴Cu<sup>2+</sup>: p=۲۹، e=p-۲=۲۹-۲=۲۷، n=A-p=۶۴-۲۹=۳۵

بنابراین اختلاف شمار الکترون ها و نوترون ها در این گونه برابر ۸ (۳۵-۲۷) است. **عبارت (ث):** هیدروژن در مجموع دارای هفت ایزوتوپ است که از میان آن ها، ۳ ایزوتوپ <sup>۱</sup>H، <sup>۲</sup>H و <sup>۳</sup>H طبیعی و چهار ایزوتوپ <sup>۴</sup>H، <sup>۵</sup>H، <sup>۶</sup>H و <sup>۷</sup>H ساختگی هستند.

شمار	نماد	عدد کوانتومی (n)
۱	۱s	n=1
۲	۲s	n=2
	۲p	
۳	۳s	n=3
	۳p	
	۳d	

**B ۱۵۸ ۲** عبارت های (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** تعداد زیرلایه های هر لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی (n) برابر n است. مثلاً لایه دوم با n=2، دارای دو زیرلایه (۲p، ۲s) و لایه سوم با n=3، دارای سه زیرلایه (۳d، ۳p، ۳s) است. **عبارت (ب):** طبق رابطه 2n<sup>2</sup>، لایه چهارم حداکثر گنجایش ۳۲ الکترون و لایه سوم حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد. پس نسبت خواسته شده برابر ۱/۷۷ (۳۲/۱۸) است. **عبارت (پ):** گنجایش زیرلایه ها بر حسب عدد کوانتومی فرعی (l ≥ 0) دنباله ای عددی به صورت ...، ۱۴، ۱۰، ۶، ۲، می سازد. فرمول عمومی این دنباله به صورت 4l+2 است و اختلاف هر دو جمله متوالی آن برابر ۴ می باشد. **عبارت (ت):** مجموع تعداد زیرلایه های موجود در سه لایه الکترونی اول، برابر ۶ است. زیرلایه ۴p با l=1 نیز حداکثر گنجایش ۶ الکترون را دارد. **عبارت (ث):** عدد کوانتومی فرعی هفتمین نوع زیرلایه برابر ۶ است؛ پس گنجایش این زیرلایه برابر است با: ۴l+2=۴(۶)+۲=۲۶

گنجایش لایه دوم و سوم به ترتیب برابر ۸ و ۱۸ الکترون است که در مجموع برابر ۲۶ (۱۸+۸) می باشد.



**B ۱۵۹ ۱** عبارت های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** دوره چهارم شامل ۱۸ عنصر است. حداکثر گنجایش لایه چهارم با n=4 برابر ۳۲ الکترون می باشد. **عبارت (ب):** گنجایش لایه چهارم برابر ۳۲ (۲×۴<sup>2</sup>) الکترون ولی مجموع گنجایش سه لایه اول برابر ۲۸ است. ۲(۱)<sup>2</sup>+۲(۲)<sup>2</sup>+۲(۳)<sup>2</sup>=۲۸

**عبارت (پ):** مطابق شکل روبه رو، زیرلایه p لایه دوم (۲p)، سومین زیرلایه از سمت هسته بوده و مقدار n+l برای این زیرلایه برابر ۳ (۲+۱) است. **عبارت (ت):** زیرلایه های f و p که به ترتیب دارای اعداد کوانتومی فرعی l=3 و l=1 هستند، به ترتیب حداکثر گنجایش ۱۴ و ۶ الکترون را دارند. دوره دوم شامل ۸ عنصر است. **عبارت (ث):** تعداد عناصر موجود در دوره های اول، دوم و سوم جدول دوره ای به ترتیب برابر ۲، ۸، ۸ است که در مجموع ۱۸ عنصر می شود. گنجایش هر زیرلایه را می توان از رابطه 4l+2 به دست آورد. 4×۴+۲=۱۸

**C ۱۶۰ ۴** همه عبارت ها درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز با طول موج ۶۵۶nm، کم انرژی ترین پرتو و نور بنفش با طول موج ۴۱۰nm، پرانرژی ترین پرتو است.

**عبارت (ب):** در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه n=4 به لایه n=2 پرتوی آبی رنگ با طول موج ۴۸۶nm ایجاد می کند. رنگ شعله فلز مس و ترکیب های گوناگون آن سبز است. **عبارت (پ):** در طیف نشری خطی هیدروژن انتقال الکترون از لایه سوم به لایه دوم پرتوی قرمز رنگ و از لایه چهارم به لایه دوم پرتوی آبی رنگ ایجاد می کند. **عبارت (ت):** گنجایش زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی (l) از رابطه 4l+2 و گنجایش لایه اصلی با عدد کوانتومی اصلی (n) از رابطه 2n<sup>2</sup> به دست می آید: 2n<sup>2</sup>=۱۸ = گنجایش لایه الکترونی با n=3

**عبارت (ث):** در میان زیرلایه ها، زیرلایه های s، p، d، و f وجود دارد و زیرلایه f وجود ندارد.

**A ۱۶۱ ۳** طبق قاعده آفبا، در اتم عنصرهای دوره سوم تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p در حال پر شدن است و زیرلایه ۳d در عنصرهای دوره چهارم شروع به پر شدن می کند.

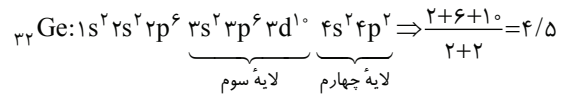
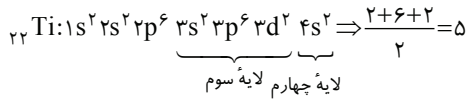
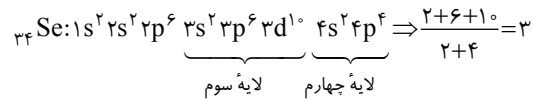
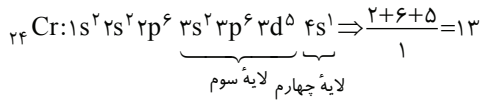
**A ۱۶۲ ۲** عبارت های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت های (الف) و (ت):** مطابق قاعده آفبا، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه ها، نخست زیرلایه های نزدیک تر به هسته پر می شوند که دارای انرژی کمتری هستند و سپس زیرلایه های بالاتر پر خواهند شد. **عبارت (ب):** انرژی زیرلایه ها به n و n+l وابسته است به طوری که اگر n+l برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگتر، انرژی بیشتری دارد، پس در برتر بر می شود. **عبارت (پ):** داده های طیف سنجی نشان می دهد که آرایش الکترونی برخی اتم ها از قاعده آفبا پیروی نمی کند. برای نمونه هر یک از اتم های کروم (۲۴Cr) و مس (۲۹Cu) در بیرونی ترین زیرلایه خود تنها یک الکترون دارند.

**A ۱۶۳ ۴** اگر چه ترتیب پر شدن زیرلایه های یک اتم براساس قاعده آفباست، ولی نحوه قرارگیری زیرلایه های حاوی الکترون در اطراف هسته اتم براساس n می باشد. آرایش الکترونی اتم ۳۳As: ۱s<sup>2</sup> ۲s<sup>2</sup> ۲p<sup>6</sup> ۳s<sup>2</sup> ۳p<sup>6</sup> ۳d<sup>10</sup> ۴s<sup>2</sup> ۴p<sup>3</sup>

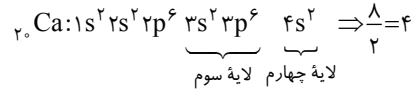
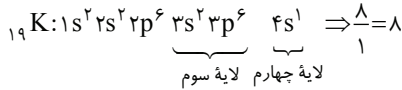
اگر از هسته به سمت بیرون حرکت کنیم، بیست و سومین الکترون در زیرلایه ۳d (n=3) و سی و یکمین الکترون در زیرلایه ۴p (n=4) و (l=1) قرار دارد.



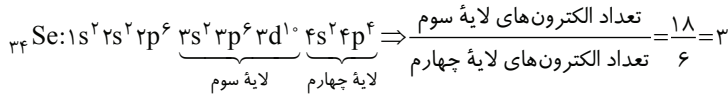
۲ ۱۶۴ A روش اول (بررسی گزینه‌ها): آرایش الکترونی اتم‌ها و نسبت خواسته شده در آن‌ها به صورت زیر است:



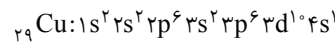
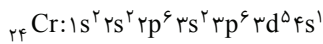
روش دوم: برای حل سریع تر تست، توجه داشته باشید که تا وقتی که زیرلایه‌های 3s و 3p از الکترون پر نشوند، یعنی در لایه سوم 8 الکترون وجود نداشته باشد، لایه چهارم شروع به پر شدن نمی‌کند. در چنین شرایطی نسبت تعداد الکترون‌های لایه سوم به چهارم برابر 4 یا 8 است.



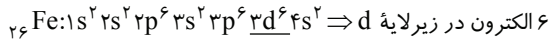
از طرفی تا زمانی که زیرلایه 3d از الکترون پر نشود، الکترون وارد زیرلایه 4p نمی‌شود، پس زمانی که در لایه سوم 18 الکترون وجود دارد، زیرلایه 4p شروع به پر شدن می‌کند. در این شرایط اگر قرار باشد، نسبت شمار الکترون‌های لایه سوم به چهارم برابر 3 باشد، پس تعداد الکترون‌ها در لایه چهارم باید 6 باشد. پس آرایش لایه چهارم به صورت 4s<sup>2</sup> 4p<sup>4</sup> خواهد بود. عنصری با آرایش لایه آخر 4s<sup>2</sup> 4p<sup>4</sup>، سلنیم (Se) است.



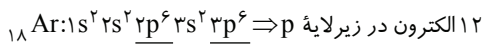
۳ ۱۶۵ B عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): دوره چهارم شامل عنصرهای شماره ۱۹ تا ۳۶ است که در بین آن‌ها، آرایش الکترونی عنصرهای شماره ۲۴ و ۲۹، یعنی کروم و مس، از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.



عبارت (ب): انرژی زیرلایه‌ها به n+1 وابسته است، به طوری که هر چه این مقدار برای زیرلایه‌ای کوچکتر باشد، آن زیرلایه انرژی کمتر و پایداری بیشتری دارد و زودتر از الکترون اشغال می‌شود. عبارت (پ): قاعده آفبا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را به درستی پیش‌بینی می‌کند، اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند. عبارت (ت): زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۲ همان زیرلایه d است.



زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۱ همان زیرلایه p است: ۱۲ الکترون در زیرلایه p

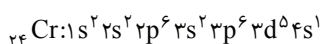
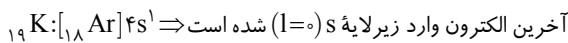
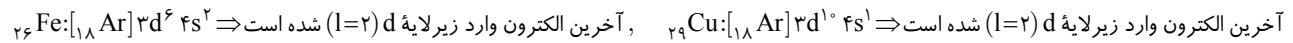


۱ ۱۶۶ B تنها عبارت (ث) درست است. بررسی عبارتهای (الف): طبق قاعده آفبا، هر چه حاصل n+1 برای زیرلایه‌ای بزرگتر باشد، انرژی آن زیرلایه بیشتر خواهد بود. چنانچه حاصل n+1 برای دو یا چند زیرلایه برابر باشد، زیرلایه با n بزرگتر، انرژی بیشتری دارد. عبارت (ب): تنها دو زیرلایه 3s و 2p دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۳ هستند (دقت کنید که در اتم زیرلایه 1d و 0f وجود ندارد). 3s ⇒ حاصل n+1 = 3+0 = 3، 2p ⇒ حاصل n+1 = 2+1 = 3.

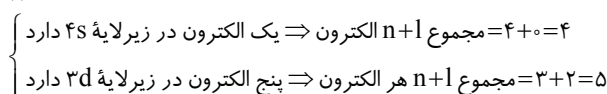


عبارت (پ): آرایش الکترونی فشرده کروم (Cr) به صورت مقابل است:

عنصر کروم در آخرین زیرلایه خود (4s) دارای یک الکترون است. اما دقت کنید که آرایش الکترونی آن از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. عبارت (ت): ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها به مقدار n+1 و n آن‌ها بستگی دارد. به گونه‌ای که هر چه حاصل n+1 کوچکتر باشد، آن زیرلایه زودتر الکترون می‌گیرد. اما دقت کنید که پس از پر شدن زیرلایه‌ها، ترتیب قرارگیری آن‌ها براساس عدد کوانتومی اصلی آن‌ها (n) خواهد بود. هر چه مقدار عدد کوانتومی اصلی زیرلایه‌ای کوچکتر باشد، آن زیرلایه زودتر نوشته می‌شود. عبارت (ث): آرایش الکترونی فشرده این سه عنصر به صورت زیر است:

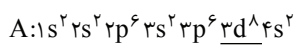


۱ ۱۶۷ B آرایش الکترونی اتم کروم (Cr) به صورت مقابل است:

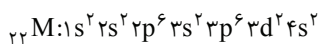


لایه ظرفیت اتم کروم به صورت 3d<sup>5</sup> 4s<sup>1</sup> است.

۴ ۱۶۸ B در آغاز با توجه به اینکه در چهار لایه از اتم A الکترون وجود دارد آرایش الکترونی اتم عنصر A را می‌نویسیم:



در نتیجه در تنها زیرلایه d موجود (l=2)، هشت الکترون قرار دارد. اکنون آرایش الکترونی M را رسم می‌کنیم:



در آرایش الکترونی اتم M، چهار زیرلایه دو الکترونی s و یک زیرلایه دو الکترونی d مشاهده می‌شود، پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{6}$$

**B ۱۶۹ ۲** عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای: **عبارت (الف):** ایزوتوپهای یک عنصر عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوتی دارند، در حالی که  ${}_{27}^{60}\text{M}$  و  ${}_{27}^{60}\text{A}$  عدد جرمی یکسان و عدد اتمی متفاوتی دارند، پس ایزوتوپ یکدیگر نیستند. **عبارت (ب):** در اتم  ${}_{27}^{60}\text{M}$ ، ۲۷ پروتون و ۳۳ نوترون (۲۷-۶۰) وجود دارد. تفاوت شمار نوترونها و پروتونهای این عنصر برابر ۶ است.

**عبارت (پ):** آرایش الکترونی عنصر  ${}_{27}\text{M}$  به صورت زیر است:

$${}_{27}\text{M}: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^5 / 4s^1 \Rightarrow \begin{cases} \text{شمار الکترونهای با } l=0 \text{ (زیرلایه s)} = 8 \\ \text{شمار الکترونهای با } l=1 \text{ (زیرلایه p)} = 12 \end{cases}$$

بنابراین مجموع شمار الکترونهای موجود در زیرلایه‌های با  $l=0$  و  $l=1$  (یعنی s و p) برابر  $2^0(1+12)$  است. **عبارت (ت):** آرایش الکترونی اتم  $X$  به صورت  $[18\text{Ar}] 3d^5 4s^1$  است. شمار الکترونهای زیرلایه d در اتم  $X$  برابر ۵ است و با توجه به آرایش الکترونی  ${}_{27}\text{M}$  که در بالا رسم شده، در زیرلایه d اتم  ${}_{27}\text{M}$ ، ۷ الکترون وجود دارد. بنابراین اختلاف شمار الکترونهای زیرلایه d در این دو عنصر برابر  $2(7-5)$  است.

**B ۱۷۰ ۱** در میان عناصر جدول دوره‌ای، عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱ و ۱۳ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایه خود دارای یک الکترون هستند؛ بنابراین در میان ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای، عناصر هیدروژن ( ${}^1\text{H}$ )، لیتیم ( ${}^3\text{Li}$ )، سدیم ( ${}^{11}\text{Na}$ ) و پتاسیم ( ${}^{19}\text{K}$ ) از گروه ۱، عناصر کروم ( ${}^{24}\text{Cr}$ ) و مس ( ${}^{29}\text{Cu}$ ) به ترتیب از گروه‌های ۷ و ۱۱ و عناصر بور ( ${}^5\text{B}$ )، آلومینیم ( ${}^{13}\text{Al}$ ) و گالیم ( ${}^{31}\text{Ga}$ ) از گروه ۱۳ در آخرین زیرلایه خود، تنها یک الکترون دارند. به آرایش الکترونی این ۹ عنصر توجه کنید:

$$\Rightarrow \text{گروه ۶: } {}_{24}\text{Cr}: [18\text{Ar}] 3d^5 4s^1 \quad {}_{19}\text{K}: [18\text{Ar}] 4s^1, \quad {}_{11}\text{Na}: [10\text{Ne}] 3s^1, \quad {}_{11}\text{Li}: [2\text{He}] 2s^1, \quad {}_{11}\text{H}: 1s^1 \Rightarrow \text{گروه ۱}$$

$$\Rightarrow \text{گروه ۱۱: } {}_{29}\text{Cu}: [18\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1 \quad \Rightarrow \text{گروه ۱۳: } {}_5\text{B}: [2\text{He}] 2s^2 2p^1, \quad {}_{13}\text{Al}: [10\text{Ne}] 3s^2 3p^1, \quad {}_{31}\text{Ga}: [18\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^1$$

**B ۱۷۱ ۳** عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. در دوره چهارم جدول تناوبی، عنصر کروم ( ${}^{24}\text{Cr}$ ) از گروه ۶ جدول تناوبی و عنصر سلنیم ( ${}^{34}\text{Se}$ ) از گروه ۱۶ جدول تناوبی، دارای ۶ الکترون ظرفیت هستند. آرایش الکترونی فشرده این دو عنصر به صورت زیر است:



دقت کنید که در عناصر دسته p از دوره چهارم به بعد، زیرلایه d جزء لایه ظرفیت محسوب نمی‌شود. بررسی عبارتهای: **عبارت (الف):** با توجه به آرایش الکترونی این دو عنصر، کروم دارای ۱۳ الکترون و سلنیم دارای ۱۸ الکترون در لایه سوم خود هستند.

$${}_{24}\text{Cr}: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^5 / 4s^1 \quad \text{۱۳ الکترون} \quad {}_{34}\text{Se}: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^{10} / 4s^2 4p^4 \quad \text{۱۸ الکترون}$$

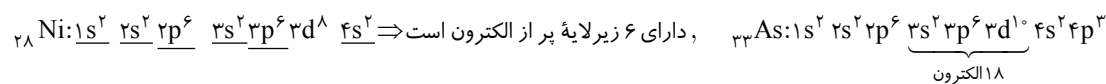
**عبارت (ب):** کروم ( $\text{Cr}$ )، دارای دو زیرلایه ۴s و ۳d نیمه‌پر است. **عبارت (پ):** سلنیم ( $\text{Se}$ ) دارای ۴ الکترون در آخرین زیرلایه خود، یعنی ۴p است. **عبارت (ت):** عنصر کروم از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. **عبارت (ث):** مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترونهای لایه ظرفیت این دو عنصر به صورت زیر است:

$${}_{24}\text{Cr}: [18\text{Ar}] 3d^5 4s^1 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترونهای لایه ظرفیت} = \underbrace{5}_{3d} + \underbrace{1}_{4s} = 6$$

$${}_{34}\text{Se}: [18\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترونهای لایه ظرفیت} = 2 \underbrace{(4+0)}_{4s} + 4 \underbrace{(4+1)}_{4p} = 8 + 20 = 28$$

همان‌طور که مشاهده کردید، مجموع  $n+l$  الکترونهای لایه ظرفیت هیچ‌کدام از این دو عنصر برابر ۲۶ نیست.

**B ۱۷۲ ۱** فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارتهای: **عبارت اول:** آرایش الکترونی دو عنصر  ${}_{28}\text{Ni}$  و  ${}_{33}\text{As}$  به صورت زیر است:



عنصر  ${}_{33}\text{As}$  دارای ۱۸ الکترون در لایه سوم خود است. همچنین  ${}_{28}\text{Ni}$ ، ۶ زیرلایه پر شده از الکترون دارد. **عبارت دوم:** در میان عناصر دوره سوم جدول دوره‌ای،

در دما و فشار اتاق، ۲ عنصر کلر و آرگون به صورت گازی هستند. **عبارت سوم:** حداکثر گنجایش الکترونی هر لایه از رابطه  $2n^2$  به دست می‌آید؛ بنابراین لایه‌ای با  $n=3$  حداکثر گنجایش  $18(2^3)$  الکترون را دارد. همچنین سه زیرلایه ۵s، ۴p و ۳d دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۵ هستند. اگر چه مجموع

$n$  و  $l$  برای زیرلایه ۴f برابر ۵ است ولی چنین زیرلایه‌ای مجاز نیست و اصلاً وجود ندارد، زیرا لایه دوم فقط زیرلایه s و p دارد. **عبارت چهارم:** آرایش الکترونی

$${}_{20}\text{Ca}: [18\text{Ar}] 4s^2 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ بیرونی‌ترین زیرلایه} = 4+0 = 4$$

فشرده دو عنصر  ${}_{31}\text{Ga}$  و  ${}_{20}\text{Ca}$  به صورت زیر خواهد بود:

$${}_{31}\text{Ga}: [18\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^1 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ بیرونی‌ترین زیرلایه} = 4+1 = 5$$

بنابراین حاصل  $n+l$  بیرونی‌ترین زیرلایه این دو عنصر با یکدیگر برابر نیست.





**نکته ترکیبی** دسته‌بندی عناصر: عنصرها را براساس آخرین زیرلایه‌ای که الکترون پذیرفته است در چهار دسته قرار می‌دهند:

- دسته s: شامل عناصر گروه‌های اول و دوم و عنصر هلیوم است. این دسته ۱۴ عنصر دارد و همه الکترون‌های ظرفیت عناصر آن مربوط به زیرلایه s هستند.
- دسته p: شامل عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ به جز هلیوم است. این دسته ۳۶ عنصر دارد و اکثر نافلزها به همراه تمامی شبه‌فلزها و برخی از فلزها در آن یافت می‌شوند؛ بنابراین تنوع خواص عناصر در آن زیاد است. الکترون‌های ظرفیت عناصر دسته p شامل الکترون‌های آخرین زیرلایه‌های s و p آرایش الکترونی است. عناصر این دسته در دوره‌های دوم تا هفتم قرار دارند.
- دسته d: عناصر گروه‌های ۳ تا ۱۰ جدول تناوبی را در برمی‌گیرد. شامل ۴۰ عنصر است که همگی فلزند. الکترون‌های ظرفیت این عناصر شامل الکترون‌های آخر زیرلایه s به همراه الکترون‌های زیرلایه d لایه ماقبل آخر آن می‌شود. عناصر این دسته در دوره‌های چهارم تا هفتم قرار دارند.
- دسته f: عناصر این دسته تماماً در گروه سوم قرار دارند. همانند دسته d همگی فلز هستند و در دوره‌های ۶ و ۷ جدول تناوبی یافت می‌شوند.

عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هلیوم اگر چه عنصری از دسته s است ولی به همراه ۳۶ عنصر دسته p در گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. عبارت (ب): دسته d شامل گروه‌های ۳ تا ۱۰ (گروه) و دوره‌های ۴ تا ۷ جدول تناوبی (دوره ۴) است و جمعاً ۴۰ عنصر را در خود جای داده است. عبارت (پ): در دوره‌های اول تا چهارم جدول تناوبی به ترتیب ۲، ۸، ۸ و ۱۸ عنصر وجود دارد که در مجموع برابر ۳۶ عنصر می‌شود. شمار عنصرهای دسته p نیز برابر ۳۶ عنصر است. عبارت (ت): دسته s، d و f به ترتیب شامل ۱۴، ۴۰ و ۲۸ عنصر هستند.

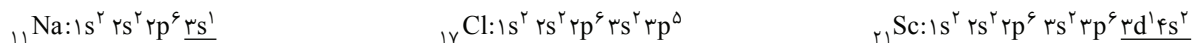
**۱۷۴ ۲ B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گروه‌های ۴ تا ۱۲ جدول تناوبی، هر یک شامل ۴ عنصر بوده و همگی از دسته d هستند. در سایر گروه‌های جدول تناوبی، بیش از ۴ عنصر وجود دارد.

**\* توجه** عناصر دسته f جدول تناوبی که شامل ۲۸ عنصر هستند، جزو گروه ۳ جدول به شمار می‌آیند. در واقع گروه سوم جدول تناوبی با ۳۲ عنصر (۲۸ عنصر از دسته f و ۴ عنصر از دسته d)، بزرگ‌ترین گروه جدول تناوبی به شمار می‌رود.

عبارت (ب): عناصر دسته f شامل ۱۴ عنصر در دوره ششم (عناصر ۵۷ تا ۷۰) و ۱۴ عنصر در دوره هفتم (عناصر ۸۹ تا ۱۰۲) جدول تناوبی هستند که در مجموع در این دسته ۲۸ عنصر وجود دارد. عبارت (پ): عناصر لیتیم (Li)، بریلیوم (Be)، بوریوم (B)، نئونیوم (Ne)، سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلیسیم (Si)، کلر (Cl) و آرگون (Ar) از دوره سوم، دارای نماد شیمیایی دوحرفی هستند؛ بنابراین در مجموع ۹ عنصر از دوره‌های دوم و سوم جدول دارای نماد شیمیایی دوحرفی‌اند. عبارت (ت): نخستین عنصر ساخته شده توسط بشر، تکنسیم (Tc) بوده و آرایش الکترونی فشرده این عنصر به صورت  $[\text{Kr}]4d^5 5s^2$  است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، آخرین الکترون وارد زیرلایه d این عنصر شده است؛ بنابراین این عنصر جزو عناصر دسته d جدول تناوبی به شمار می‌آید.

**۱۷۵ ۲ B** با دانستن جایگاه یک عنصر در جدول دوره‌ای، می‌توان به شماره دوره و شماره گروه آن عنصر پی‌برد، همچنین می‌توان فهمید که عدد اتمی این عنصر چند است و چون در یک اتم، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها با یکدیگر مساوی بوده و برابر عدد اتمی است، می‌توان به شمار پروتون‌ها و الکترون‌های آن اتم نیز پی‌برد. این در حالی است که شمار نوترون‌های اتم مشخص نمی‌شود. به عدد جرمی (مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها) و تعداد ایزوتوپ (هم‌مکان‌های یک عنصر نیز نمی‌توان پی‌برد.

**۱۷۶ ۲ B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها، رفتار شیمیایی آن‌ها را تعیین می‌کند. به الکترون‌های موجود در لایه ظرفیت، الکترون‌های ظرفیت اتم گفته می‌شود. عبارت‌های (ب) و (ت): لایه ظرفیت عنصرهای دسته s و p، بیرونی‌ترین لایه اتم این عنصرها است، در حالی که در عنصرهای دسته d، لایه ظرفیت علاوه بر بیرونی‌ترین لایه، زیرلایه d لایه ماقبل آخر را نیز شامل می‌شود. به‌عنوان مثال:



**\* توجه** ضابطه کلی لایه ظرفیت در عنصرهای دسته s به صورت ns، در عنصرهای دسته p به صورت ns np و در عنصرهای دسته d به صورت (n-1)d ns است.

عبارت (پ): در عنصرهای گروه‌های ۱ تا ۱۲، شماره گروه با تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت برابر است. در عنصرهای گروه‌های ۱۳ تا ۱۸، شماره گروه برابر است با (۱۰+تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت)، به عبارت دیگر، تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت برابر با یکان شماره گروه عنصرها است. البته به جز He که دو الکترون ظرفیت دارد ولی در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است!

**نکته ترکیبی** شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر هر دسته:

- دسته s: ۱ و ۲ الکترون ظرفیت
  - دسته p: ۳ تا ۸ الکترون ظرفیت
  - دسته d: ۳ تا ۱۲ الکترون ظرفیت
  - دسته f: ۳ تا ۱۴ الکترون ظرفیت
- عبارت (ث): به عنوان مثال در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای، عنصر هلیوم دارای ۲ الکترون ظرفیت است ولی سایر عناصر این گروه (Ne، Ar، Kr و ...) دارای ۸ الکترون ظرفیت هستند.

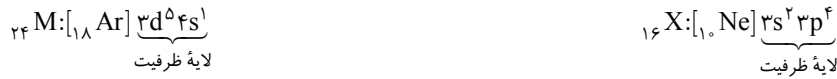
**۱۷۷ ۳ B** نسبت خواسته شده را برای چهار عنصر محاسبه می‌کنیم. بیشترین نسبت متعلق به عنصر روی (Zn) است.

شمار الکترون‌های لایه ظرفیت	شمار زیرلایه‌های اشغال شده
${}_{7}\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$	$\frac{2+3}{3} = 1/66$
${}_{16}\text{S}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	$\frac{2+4}{5} = 1/2$
${}_{30}\text{Zn}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$	$\frac{2+10}{7} = 1/71$
${}_{35}\text{Br}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$	$\frac{2+5}{8} = 0/875$

۱ ۱۷۸ B ابتدا آرایش الکترونی دو عنصر  ${}_{24}M$  و  ${}_{28}A$  را رسم کرده و شمار الکترون‌های با  $l=1$  و مجموع شمار الکترون‌های با  $l=0$  و  $l=2$  را برای هر کدام به دست می‌آوریم:

عنصر	آرایش الکترونی	شمار الکترون‌های با $l=1$	مجموع شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=2$
${}_{24}M$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	۱۲	$7+5=12$
${}_{28}A$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$	۱۲	$8+8=16$

بنابراین بین دو عنصر  ${}_{24}M$  و  ${}_{28}A$  باید  ${}_{24}M$  را انتخاب کنیم. در لایه ظرفیت عنصر  ${}_{24}M$  همانند لایه ظرفیت  ${}_{16}X$ ، تعداد ۶ الکترون وجود دارد:



۲ ۱۷۹ B ابتدا از آرایش الکترونی فشرده  ${}_{19}K$ ، مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی لایه ظرفیت آن را به دست می‌آوریم:

$${}_{19}K: [{}_{18}Ar] \underbrace{4s^1}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه ظرفیت} = 1(4+0) = 4$$

اکنون آرایش الکترونی عناصر (الف) تا (ث) را رسم کرده و مجموع  $n+1$  الکترون‌های لایه آخر آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$${}_{31}A: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^1}_{\text{لایه آخر}} \underbrace{4s^2 4p^1}_{\text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(4+0) + 1(4+1) = 13 \quad \text{عبارت (الف):}$$

$${}_{24}B: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^5}_{\text{لایه آخر}} \underbrace{4s^1}_{\text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 1(4+0) = 4 \quad \text{عبارت (ب):}$$

$${}_{25}C: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^5}_{\text{لایه آخر}} \underbrace{4s^2}_{\text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(4+0) = 8 \quad \text{عبارت (پ):}$$

$${}_{27}D: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^7}_{\text{لایه آخر}} \underbrace{4s^2}_{\text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(4+0) = 8 \quad \text{عبارت (ت):}$$

$${}_{29}E: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^1}_{\text{لایه آخر}} \underbrace{4s^1}_{\text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 1(4+0) = 4 \quad \text{عبارت (ث):}$$

بنابراین مجموع  $n+1$  الکترون‌های لایه آخر دو عنصر  ${}_{24}B$  و  ${}_{29}E$  با مجموع  $n+1$  الکترون‌های ظرفیت  ${}_{19}K$  برابر است.

۲ ۱۸۰ B ابتدا آرایش الکترونی فشرده هر یک از این عناصر را رسم می‌کنیم و حاصل  $n+1$  را برای الکترون‌های ظرفیت آن‌ها به دست می‌آوریم:

$${}_{24}Cr: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^5 4s^1}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 5(3+2) + 1(4+0) = 29$$

$${}_{15}P: [{}_{10}Ne] \underbrace{3s^2 3p^3}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(3+0) + 3(3+1) = 18$$

$${}_{22}Ti: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^2 4s^2}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(3+2) + 2(4+0) = 18$$

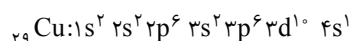
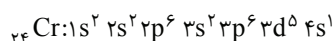
$${}_{9}F: [{}_{2}He] \underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(2+0) + 5(2+1) = 19$$

$${}_{34}Se: [{}_{18}Ar] \underbrace{3d^1 4s^2 4p^4}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(4+0) + 4(4+1) = 28$$

$${}_{16}S: [{}_{10}Ne] \underbrace{3s^2 3p^4}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(3+0) + 4(3+1) = 22$$

مجموع  $n+1$  الکترون‌های ظرفیت در دو عنصر  ${}_{15}P$  و  ${}_{22}Ti$  با یکدیگر برابر است.

۴ ۱۸۱ B آرایش الکترونی دو عنصر  ${}_{24}Cr$  و  ${}_{29}Cu$  به صورت زیر خواهد بود:



در هر دوی این عناصر ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است. /  ${}_{24}Cr$  دارای ۵ الکترون در زیرلایه  $3d$  ( $l=2$ ) و  ${}_{29}Cu$  دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه  $3d$  است.

هر دوی این عناصر دارای ۳ زیرلایه دو الکترونی ( $1s^2$ ،  $2s^2$ ،  $3s^2$ ) هستند. / شمار الکترون‌های زیرلایه‌های  $s$  هر دوی این عناصر برابر ۷ است. / شمار الکترون‌های ظرفیت

${}_{24}Cr$  برابر ۶ و  ${}_{29}Cu$  برابر ۱۱ است. / در لایه آخر هر دوی این عناصر یک الکترون وجود دارد. / آرایش الکترونی این دو عنصر از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. / آخرین زیرلایه

هر دوی این عناصر مشابه و به صورت  $4s^1$  بوده و به همین دلیل مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های این زیرلایه در هر دوی آن‌ها یکسان و برابر  $4(1+0)$  است.





**۱۸۲ B** همه عبارت‌ها درست است. در لایه سوم به ترتیب زیرلایه‌های  $3s$ ،  $3p$  و  $3d$  الکترون می‌پذیرند. عنصری که در لایه سوم خود  $10$  الکترون داشته باشد، در زیرلایه‌های  $3s$  و  $3p$  آن به ترتیب  $2$  و  $6$  الکترون وجود دارد و زیرلایه  $3d$  آن دارای  $2$  الکترون است.  
 $3s^2 \rightarrow 3p^6 \rightarrow 3d^2$   
 پس آرایش الکترونی این اتم به صورت مقابل است:

**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** این عنصر جزء عنصرهای دسته  $d$  بوده و لایه ظرفیت آن به صورت  $3d^2 4s^2$  است. شماره گروه این عنصر برابر با تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت آن ( $4$ ) می‌باشد. **عبارت (ب):** در این اتم جمعاً  $5$  زیرلایه دارای  $2$  الکترون هستند.  
**عبارت (پ):** دسته  $d$  با  $40$  عنصر دارای بیشترین تعداد عنصر است. **عبارت (ت):** با توجه به آرایش الکترونی عنصر مورد نظر، خواهیم داشت:

$$X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2 \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های لایه چهارم}}{\text{تعداد الکترون‌های لایه دوم}} = \frac{2}{2+6} = \frac{1}{4}$$

**۱۸۳ B** آرایش اتم منگنز، به صورت مقابل است:  
 ${}_{25}\text{Mn}: [\text{Ar}] 3d^5 4s^2$   
 لایه ظرفیت

هر اتم منگنز دارای  $7$  الکترون ظرفیت است؛ بنابراین برای حل این تست، ابتدا حجم قطعه منگنز را محاسبه کرده و تعداد مول الکترون‌های ظرفیت موجود در اتم منگنز این قطعه را به دست می‌آوریم:

$$\text{ظرفیت} = 6 \frac{1}{1} \text{ mol } e^- = \frac{7 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Mn}} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{55 \text{ g Mn}} \times \frac{7 \text{ g Mn}}{1 \text{ cm}^3} \times 64 \text{ cm}^3 = 64 \text{ mol } e^- \text{ (ظرفیت)}$$

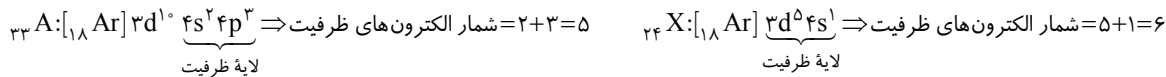
**۱۸۴ C** عبارت‌های اول، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** همان‌طور که می‌دانید، هر زیرلایه را با نماد  $nl$  نمایش می‌دهند، به طوری که  $n$  عدد کوانتومی اصلی و برابر ضریب زیرلایه است و  $l$  عدد کوانتومی فرعی است و برای زیرلایه‌های  $s$ ،  $p$ ،  $d$  و  $f$  به ترتیب برابر  $0$ ،  $1$ ،  $2$  و  $3$  است. اکنون حاصل  $n+1$  را برای زیرلایه‌های  $4d$  و  $3s$  محاسبه می‌کنیم:

$$n+1 \text{ برابر زیرلایه } 4d \text{ به } 3s \text{ برابر } \left(\frac{6}{3}\right) 2 \text{ است. عبارت دوم: } n=A-p=140-58=82, \quad e=p-3=58-3=55, \quad p=58, \quad Z^{3+}{}_{58}$$

تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در این یون برابر  $27(82-55)$  است. **عبارت سوم:** آرایش الکترونی عنصر مورد نظر به صورت زیر است:



با توجه به آرایش الکترونی عنصر  $D$ ، زیرلایه‌های  $2p$ ،  $3p$  و  $3d$  دارای  $6$  الکترون هستند. **عبارت چهارم:** آرایش الکترونی فشرده دو عنصر به صورت زیر است:



**عبارت پنجم:** براساس قاعده آفبا، ابتدا زیرلایه‌هایی که انرژی کمتری داشته و به هسته نزدیک‌تر هستند، پر می‌شوند. انرژی زیرلایه‌ها به مقدار  $n$  و  $n+1$  آن‌هاست، به گونه‌ای که زیرلایه  $n+1$  کوچک‌تر، انرژی کمتری داشته و سریع‌تر پر می‌شود. همچنین اگر  $n+1$  دوزیرلایه برابر باشند، زیرلایه‌ای که  $n$  کوچک‌تری دارد، زودتر الکترون می‌گیرد. حاصل  $n+1$  برای زیرلایه‌های  $4s$  و  $3d$  به ترتیب برابر  $4$  و  $5$  است؛ بنابراین در عناصر واسطه دوره چهارم، زیرلایه  $4s$  زودتر از زیرلایه  $3d$  الکترون اشغال می‌شود.

**۱۸۵ C** به جز عبارت سوم، بقیه عبارت‌ها جمله داده شده را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در دوره چهارم جدول تناوبی در مجموع  $18$  عنصر وجود دارد که از این  $18$  عنصر، سه عنصر  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  دارای زیرلایه نیمه‌پر  $4s^1$ ، عنصر  ${}_{25}\text{Mn}$  دارای زیرلایه نیمه‌پر  $3d^5$ ، عنصر  ${}_{33}\text{As}$  دارای زیرلایه نیمه‌پر  $4p^3$  است. برای تمرین آرایش الکترونی این پنج عنصر را بنویسید. **عبارت دوم:** در عناصر گروه‌های  $1$  تا  $12$  دوره چهارم جدول تناوبی به ترتیب  $1$  تا  $12$  الکترون ظرفیت وجود دارد. شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های  $13$  تا  $18$  دوره چهارم نیز به ترتیب  $3$  تا  $8$  الکترون است؛ بنابراین شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های  $13$  تا  $18$  برابر با شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های  $3$  تا  $8$  است و در مجموع  $12$  عنصر با تعداد الکترون‌های ظرفیت متفاوت در این دوره داریم.

**\* توجه:** شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های  $3$  تا  $8$  دسته  $d$  جدول تناوبی برابر شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های  $13$  تا  $18$  دسته  $p$  (به جز  ${}_{2}\text{He}$ ) است. **عبارت سوم:** در دوره چهارم جدول تناوبی، شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های  $1$  تا  $12$  از چپ به راست افزایش می‌یابد. اما از گروه  $12$  به گروه  $13$ ، تعداد الکترون‌های ظرفیت از  $12$  به  $3$  کاهش می‌یابد و از گروه  $13$  تا  $18$  دوباره افزایش می‌یابد؛ پس شمار الکترون‌های ظرفیت در عناصر دوره چهارم جدول دوره‌ای، از چپ به راست همواره افزایش نمی‌یابد. **عبارت چهارم:** از  $18$  عنصر دوره چهارم جدول تناوبی، تنها دو عنصر پتاسیم ( ${}_{19}\text{K}$ ) و وانادیم ( ${}_{23}\text{V}$ ) دارای نماد شیمیایی تک حرفی هستند.

**# نکته ترکیبی** درباره عناصر دوره چهارم جدول تناوبی به نکات زیر توجه کنید: **۱-** عناصری که حداقل یک زیرلایه نیمه‌پر دارند:  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{33}\text{As}$

**۲-** عناصری که تنها یک زیرلایه نیمه‌پر دارند:  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{33}\text{As}$  **۳-** عنصری که دارای بیش از یک زیرلایه نیمه‌پر است:  ${}_{24}\text{Cr}$  **۴-** عناصری که آخرین الکترونی که می‌پذیرند در یک زیرلایه نیمه‌پر قرار دارد:  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{33}\text{As}$  **۵-** عناصری که دارای زیرلایه  $3d$  پر هستند:  ${}_{29}\text{Cu}$ ،  ${}_{30}\text{Zn}$ ،  ${}_{31}\text{Ga}$ ،  ${}_{32}\text{Ge}$ ،  ${}_{33}\text{As}$

${}_{34}\text{Se}$ ،  ${}_{35}\text{Br}$  و  ${}_{36}\text{Kr}$  **۶-** عناصری که آرایش الکترونی آن‌ها به زیرلایه تک الکترون ختم می‌شود:  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{31}\text{Ga}$  **۷-** عناصری که  $8$  الکترون ظرفیت دارند:  ${}_{36}\text{Kr}$  و  ${}_{38}\text{Sr}$  **۸-** عناصری که آرایش الکترونی آن‌ها از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند:  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  **۹-** عنصری که شمار الکترون‌های با  $I=2$  برابر دارند:

${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{25}\text{Mn}$   ${}_{29}\text{Cu}$ ،  ${}_{30}\text{Zn}$ ،  ${}_{31}\text{Ga}$ ،  ${}_{32}\text{Ge}$ ،  ${}_{33}\text{As}$ ،  ${}_{34}\text{Se}$ ،  ${}_{35}\text{Br}$  و  ${}_{36}\text{Kr}$  **۱۰-** عناصری که در میان فراوان‌ترین عناصر سیاره زمین دیده می‌شوند:

${}_{26}\text{Fe}$  و  ${}_{28}\text{Ni}$  **۱۱-** عنصری که مجموع  $n+1$  الکترون‌های ظرفیت اتم آن، برابر عدد اتمی است:  ${}_{23}\text{V}$

$${}_{23}\text{V}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2 \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ لایه ظرفیت} = 3(3+2) + 2(4+0) = 23$$

لایه ظرفیت  $3d$   $4s$

۱۸۶ A ۲ ۱۵ P و ۳۳ As هر دو در گروه ۱۵ و K و ۱۹ Br هر دو در تناوب چهارم جدول قرار دارند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): B در گروه ۱۳ و ۳۲ Ge

در گروه ۱۴ قرار دارد. ۳۷ Rb و ۵۲ Te هر دو متعلق به تناوب پنجم هستند. گزینه (۳): Ne و ۱۰ Kr هر دو در گروه ۱۸ قرار دارند. ۵۳ I متعلق به تناوب پنجم و Ba متعلق به تناوب ششم است. گزینه (۴): Sc در گروه ۳ و ۲۱ Al در گروه ۱۳ قرار دارد. Fe متعلق به تناوب چهارم و ۱۷ Cl متعلق به تناوب سوم است.

۱۸۷ B ۴ آرایش الکترونی ۳۱ Ga و لایه ظرفیت آن به صورت مقابل است:  $3 = \text{تعداد الکترون های ظرفیت} \Rightarrow [Ar] 3d^1 4s^2 4p^1$  لایه ظرفیت

با توجه به توضیحات متن تست، شمار الکترون های لایه ظرفیت اتم عنصر A نیز برابر ۳ است. حال شروع به رسم آرایش الکترونی عنصر A می کنیم، به شرطی که این عنصر دارای ۸ الکترون در زیرلایه های s (با عدد کوانتومی  $l=0$ ) باشد و در لایه ظرفیت خود ۳ الکترون داشته باشد.  $A: [Ar] 3d^1 4s^2 4p^1$  لایه ظرفیت

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، این عنصر همان ۲۱ Sc است که در دوره چهارم و گروه سوم جدول تناوبی قرار دارد. در زیر آرایش الکترونی فشرده عناصر موجود در گزینه ها رسم شده است و با توجه به الکترون های ظرفیت آن ها، شماره گروه هر کدام تعیین شده است:



۱۸۸ B ۳ عبارت (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی این دو عنصر به صورت زیر می باشد:

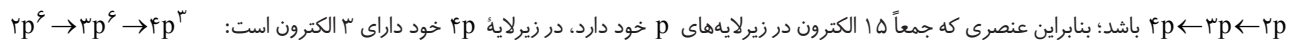


بررسی عبارت ها: عبارت (الف): عنصر Mg متعلق به دسته s و عنصر Ni متعلق به دسته d است. دسته s، ۱۴ عنصر و دسته d، ۴۰ عنصر دارد. عبارت (ب):

شماره گروه عنصر Mg، ۲ و شماره گروه عنصر Ni، ۱۰ است. عبارت های (ب) و (ت): ۸ الکترون با  $n=2$  و ۶ الکترون با  $l=0$   $Mg: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 \Rightarrow l=0$

۱۶ الکترون با  $n=3$  و ۸ الکترون با  $l=2$   $Ni: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^8 / 4s^2 \Rightarrow l=2$

۱۸۹ B ۱ بررسی پرسش ها: پرسش (الف): عدد کوانتومی فرعی زیرلایه های p برابر ۱ است. طبق قاعده آبقا ترتیب پر شدن زیرلایه های p باید به صورت



پس آرایش الکترونی فشرده اتم مورد نظر به صورت مقابل است:  $X: [Ar] 3d^1 4s^2 4p^3$  لایه ظرفیت

این عنصر متعلق به دسته p است و شماره گروه آن برابر ۱۵ (تعداد الکترون های لایه ظرفیت  $+10$ ) است. پرسش (ب): نخستین عنصر دسته p، عنصری است

که اولین زیرلایه p آن الکترون می پذیرد:  $5 B: 1s^2 2s^2 2p^1$

نخستین عنصر دسته d، عنصری است که اولین زیرلایه d آن الکترون می پذیرد:  $21 Sc: [Ar] 3d^1 4s^2$

اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۶ (۲۱-۵) است. پرسش (ب): حداکثر مقدار مجاز l برای یک زیرلایه برابر  $(n-1)$  است. بنابراین l باید کوچک تر از n باشد:

$l < n, n+l=7 \Rightarrow n=4, l=3 \Rightarrow 4f$   $n=5, l=2 \Rightarrow 5d$   $n=6, l=1 \Rightarrow 6p$   $n=7, l=0 \Rightarrow 7s$

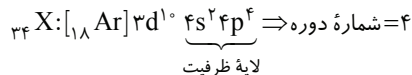
۱۹۰ B ۱ روش اول: ابتدا براساس اطلاعات صورت سؤال، عدد اتمی (تعداد پروتون ها) عنصر X را به دست می آوریم:

$$\begin{cases} n+p=79 \\ n-e=9 \\ e=p+2 \end{cases} \Rightarrow n-(p+2)=9 \Rightarrow n-p=11 \Rightarrow \begin{cases} n+p=79 \\ n-p=11 \end{cases} \Rightarrow p=34$$

روش دوم:  $Z = \frac{A - (\text{تفاوت تعداد نوترون ها و الکترون ها})}{2} = \frac{79 - (9) + (-2)}{2} = 34$

عدد اتمی گازهای نجیب آرگون و کریپتون به ترتیب برابر ۱۸ و ۳۶ است. این دو عنصر گازهای نجیب دوره های سوم و چهارم هستند. از آنجا که عدد اتمی عنصر مورد نظر ما برابر ۳۴ است، پس این عنصر در دوره چهارم قرار دارد. توجه داشته باشید که شماره دوره این عنصر را می توان با آرایش الکترونی آن نیز تعیین کرد ولی این روش

بسیار وقت گیر است. به این منظور، از آرایش الکترونی عنصر مورد نظر استفاده می کنیم:

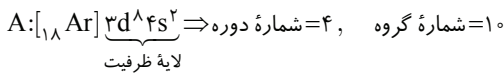




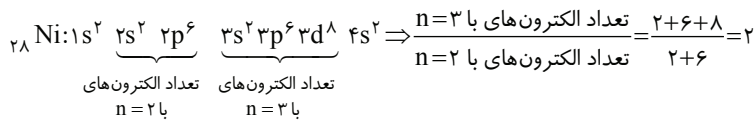
**۱۹۱** **B** عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): طبق قاعده آفبا، تا وقتی که لایه‌های اول و دوم یک اتم به‌طور کامل از الکترون پر نشود، لایه سوم شروع به پر شدن نمی‌کند و تا زمانی که زیرلایه ۴s الکترون نگیرد، زیرلایه ۳d شروع به پر شدن نمی‌کند. با توجه به این توضیحات، آرایش الکترونی این عنصر را رسم می‌کنیم (دقت کنید که در چنین شکل‌هایی، هر دایره پر رنگ نشان‌دهنده یک لایه الکترونی است):

$$A: \underbrace{1s^2}_{\text{لایه اول}} / \underbrace{2s^2 2p^6}_{\text{لایه دوم}} / \underbrace{3s^2 3p^6 3d^1}_{\text{لایه سوم}} / \underbrace{4s^2}_{\text{لایه چهارم}}$$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، عدد اتمی آن برابر ۲۸ است. عبارت‌های (ب) و (پ): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر در زیرلایه ۲=۱ که همان زیرلایه ۳d است، دارای ۸ الکترون بوده و این زیرلایه پر نشده است. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشرده این عنصر به‌صورت زیر است:



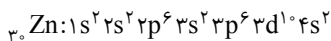
**۱۹۲** **B** عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی اتم Ni ۲۸ به‌صورت زیر است:



عبارت (ب): علاوه بر عنصرهای گروه اول جدول تناوبی، آرایش الکترونی اتم‌هایی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند (مس و کروم) نیز به  $ns^1$  ختم می‌شود.



عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر روی با عدد اتمی ۳۰ به‌صورت مقابل است:



در این اتم ۷ زیرلایه از الکترون پر شده است. عبارت (ت): در میان عنصرهای دوره چهارم، دو عنصر کروم و مس با عدد اتمی ۲۴ و ۲۹ از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند و میان آن‌ها ۴ عنصر وجود دارد.

شماره گروه	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
نماد	۲۴ Cr	۲۵ Mn	۲۶ Fe	۲۷ Co	۲۸ Ni	۲۹ Cu
آرایش لایه ظرفیت	$3d^5 4s^1$	$3d^5 4s^2$	$3d^6 4s^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$	$3d^{10} 4s^1$

**۱۹۳** **B** عبارتهای دوم، سوم و چهارم درست هستند. عناصر A، ۲۷، M و ۲۸ X به ترتیب کبالت (۲۷ Co)، نیکل (۲۸ Ni) و سلنیم (۳۴ Se) هستند.

آرایش الکترونی فشرده هر سه این اتم‌ها به صورت مقابل است:

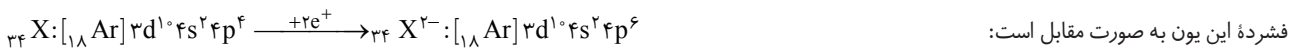
$${}_{27}\text{A}: [18 \text{Ar}] 3d^7 4s^2, \quad {}_{28}\text{M}: [18 \text{Ar}] 3d^8 4s^2, \quad {}_{34}\text{X}: [18 \text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^4$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آرایش الکترونی فشرده M ۲۸ به صورت مقابل است:  $10 = 8 + 2 = 10$  شماره گروه = ۴ شماره دوره = ۴

$${}_{28}\text{M}: [18 \text{Ar}] 3d^8 4s^2 \Rightarrow \text{شماره دوره} = 4, \text{شماره گروه} = 10$$

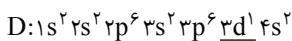
لایه ظرفیت

عبارت دوم: با توجه به آرایش الکترونی این سه عنصر، هر سه این اتم‌ها دارای دو الکترون در زیرلایه ۴s ( $n=4$  و  $l=0$ ) خود هستند. عبارت سوم: آرایش الکترونی



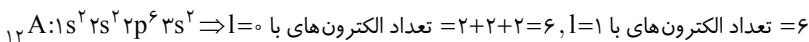
تمامی زیرلایه‌های این آنیون از الکترون پر شده است. عبارت چهارم: با توجه به آرایش الکترونی این دو عنصر، A و M به ترتیب دارای ۷ و ۸ الکترون در زیرلایه ۳d خود هستند. عبارت پنجم: A و M هر دو فلز بوده و در واکنش با اکسیژن، ترکیب‌های یونی تشکیل می‌دهند. به اتم‌هایی از یک عنصر که عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارند، ایزوتوپ می‌گویند. با توجه به عدد اتمی متفاوت دو اتم A و M، این دو اتم با یکدیگر ایزوتوپ نیستند.

**۱۹۴** **C** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): D، نماد شیمیایی عنصری از دسته d است که در زیرلایه ۳d آن یک الکترون وجود دارد.

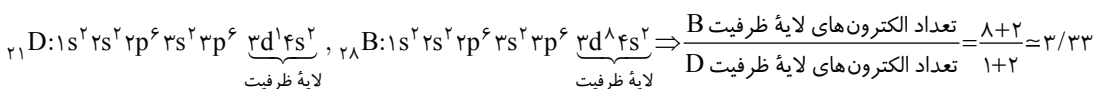


با شمارش الکترون‌ها و با توجه به اینکه در اتم‌ها تعداد پروتون‌ها با تعداد الکترون‌ها برابر است، می‌توان نتیجه گرفت که عدد اتمی عنصر D برابر ۲۱ می‌باشد.

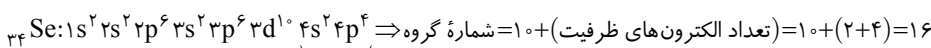
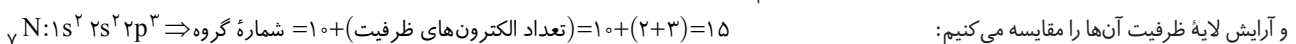
عبارت (ب): عدد اتمی عنصر A برابر ۱۲ است. آرایش الکترونی اتم A به‌صورت زیر است:



عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر B ۲۸ و D ۲۱ به‌صورت زیر است:



عبارت (ت): عدد اتمی عنصر C برابر ۷ است. برای پی‌بردن به هم‌گروهی دو عنصر، از روش می‌توان استفاده کرد: روش اول: آرایش الکترونی دو عنصر را نوشته

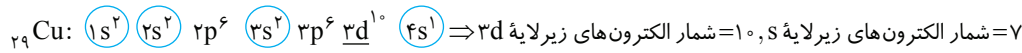


Og	Rn	Xe	Kr	Ar	Ne	He	نماد گاز نجیب
۱۱۸	۸۶	۵۴	۳۶	۱۸	۱۰	۲	عدد اتمی

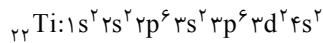
روش دوم: برای مشخص کردن عدد اتمی عنصرهای هم‌گروه می‌توان از عدد اتمی گاز نجیب قبل یا بعد عنصر استفاده نمود. به این منظور باید عدد اتمی گازهای نجیب را به خاطر داشته باشید. برای عنصرهای دسته p اگر اختلاف عدد اتمی دو یا چند عنصر از گاز نجیب بعدشان با یکدیگر یکسان

باشد: آن عنصرها هم‌گروه هستند. عبارت (ث): با توجه به آرایش عناصر B و A، در عنصر B، ۱۶ الکترون با  $n=3$  و در عنصر A، ۶ الکترون با  $l=1$  وجود دارد.

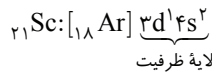
**B ۱۹۵ ۲** موارد دوم، سوم و چهارم درست هستند. عنصر مورد نظر، همان مس ( ${}_{29}\text{Cu}$ ) است. همان‌طور که در زیر مشاهده می‌کنید، در این عنصر  $10$  الکترون در زیرلایه  $3d$  (با اعداد کوانتومی  $n=3$  و  $l=2$ ) و  $7$  الکترون در زیرلایه‌های  $s$  (با اعداد کوانتومی  $l=0$ ) وجود دارد:



**بررسی موارد:** مورد اول و دوم: مس فلزی از دسته  $d$  بوده که دارای  $11$  الکترون ظرفیت است؛ بنابراین این عنصر در گروه  $11$  جدول دوره‌ای قرار دارد. از آنجا که بزرگ‌ترین شماره دوره برابر  $4$  است، پس این عنصر در دوره چهارم جدول دوره‌ای قرار دارد. **مورد سوم:** آرایش الکترونی  ${}_{22}\text{Ti}$  به صورت زیر است:



در هر دو عنصر  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{22}\text{Ti}$ ،  $12$  الکترون دارای  $l=1$  هستند، یعنی در زیرلایه‌های  $p$  قرار دارند. **مورد چهارم:** آرایش الکترونی فشرده اسکاندیم ( ${}_{21}\text{Sc}$ ) به صورت مقابل است. شمار الکترون‌های ظرفیت در این عنصر برابر سه است.



شمار الکترون‌ها در آخرین زیرلایه  ${}_{29}\text{Cu}$  برابر یک است؛ بنابراین نسبت مورد نظر عبارت، برابر  $\frac{1}{3}$  است.

**C ۱۹۶ ۱ قسمت اول:** ابتدا به کمک اعداد جرمی و نسبت فراوانی‌ها، جرم اتمی میانگین این عنصر را به دست می‌آوریم: (فراوانی  ${}_{66}\text{M}$ ،  ${}_{64}\text{M}$  و  ${}_{68}\text{M}$  را به ترتیب

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100, F_1 = 2F_2, F_1 = 2F_3 \Rightarrow F_1 + \frac{1}{2}F_1 + \frac{1}{2}F_1 = 100 \Rightarrow 2F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = 50, F_2 = 25, F_3 = 25$$

(در نظر می‌گیریم.)

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(64 \times 50) + (66 \times 25) + (68 \times 25)}{100} = \frac{3200 + 1650 + 1700}{100} = \frac{6550}{100} = 65.5 \text{ amu}$$

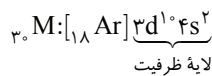
**روش اول (تشریحی):**

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \dots \Rightarrow \bar{M} = 64 + \frac{25}{100}(66 - 64) + \frac{25}{100}(68 - 64) = 64 + 0.5 + 1 = 65.5 \text{ amu}$$

**روش دوم (تستی):**

**قسمت دوم:** با توجه به اینکه در ایزوتوپ سبک‌تر، یعنی  ${}_{64}\text{M}$ ، شمار نوترون‌ها به عدد اتمی (پروتون‌ها) برابر  $\frac{17}{15}$  است. ابتدا شمار پروتون‌ها (عدد اتمی) عنصر  $M$  را به دست می‌آوریم:

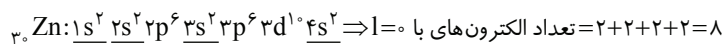
$${}_{64}\text{M}: n + p = 64, \frac{n}{p} = \frac{17}{15} \Rightarrow \frac{17}{15}p + p = 64 \Rightarrow \frac{32}{15}p = 64 \Rightarrow p = 30$$



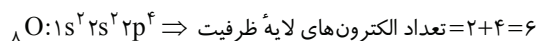
سپس آرایش الکترونی عنصر  ${}_{30}\text{M}$  را رسم می‌کنیم:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید این عنصر دارای  $12$  الکترون ظرفیت است.

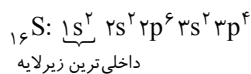
**C ۱۹۷ ۲ موارد (ت) و (ث) جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. بررسی موارد: مورد (الف):**  $6 + 2 = 8 = 6 + 2 = 8$  تعداد الکترون‌های  $l=1$



**مورد (ب):**  $6 = \text{تعداد زیر لایه‌های کاملاً پر شده} \Rightarrow {}_{26}\text{Fe}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$



**مورد (پ):** در دوره چهارم جدول دوره‌ای، عنصرهای  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند و در بیرونی‌ترین زیرلایه خود، یعنی زیرلایه  $4s$ ، تنها یک الکترون دارند. داخلی‌ترین زیرلایه همه اتم‌ها  $1s$  است که گنجایش آن برابر  $2$  الکترون می‌باشد.

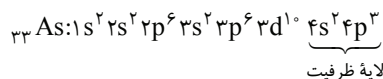


**مورد (ت):** در دوره چهارم، عنصرهای  ${}_{30}\text{Zn}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  از دسته  $d$  و هر  $6$  عنصر موجود در دسته  $p$  زیرلایه  $3d$  کاملاً پر دارند (جمعاً  $8$  عنصر). خارجی‌ترین زیرلایه



اتم نیکل ( ${}_{28}\text{Ni}$ ) دارای  $2$  الکترون است:

**مورد (ث):** چهار عنصر  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{31}\text{Ga}$  از دوره چهارم، در آخرین زیرلایه خود یک الکترون دارند. سی‌وسومین عنصر جدول دوره‌ای همان  ${}_{33}\text{As}$



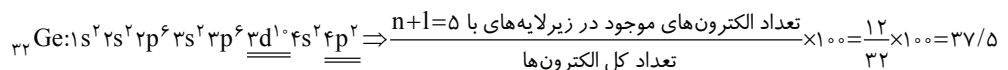
است که  $5$  الکترون ظرفیت دارد:

**C ۱۹۸ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** انرژی زیرلایه‌ها به  $n+1$  وابسته است؛ به طوری که اگر این مقدار برای دو یا چند زیرلایه

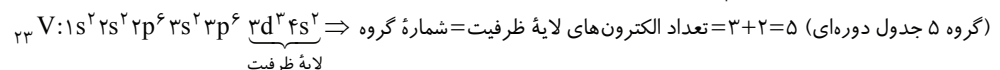
$$fs < 3d < 4p < 5s$$

مقیاسه سطح انرژی یکسان باشد، زیرلایه با  $n$  بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد.

**عبارت (ب):** آرایش الکترونی عنصر  ${}_{33}\text{Ge}$  به صورت زیر بوده و مجموع  $n+1$  زیرلایه‌های  $3d$  و  $4p$  برابر  $5$  است:



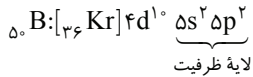
**عبارت (پ):** اتم هلیم ( ${}_{2}\text{He}$ ) گاز نجیب دوره اول بوده و در گروه  $18$  جدول تناوبی قرار دارد. در حالی که این اتم متعلق به دسته  $s$  است و در لایه ظرفیت خود  $2$  الکترون دارد. **عبارت (ت):** طبق قاعده آفبا، زیرلایه  $3d$  بعد از پر شدن کامل زیرلایه  $3p$  الکترون می‌پذیرد، پس در اتم مورد نظر، زیرلایه  $3p$ ،  $6$  الکترون و زیرلایه  $3d$ ،  $3$  الکترون دارد.



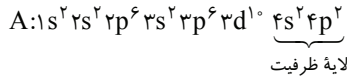
نماد	n	l	n+l
زیرلایه 3d	3	2	5
4s	4	0	4
4p	4	1	5
5s	5	0	5



ابتدا آرایش الکترونی فشرده B را رسم می‌کنیم. B ۱۹۹ ۱



B عنصری از دسته p بوده و دارای ۴ الکترون ظرفیت است؛ پس در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. همچنین نخستین عنصری که زیرلایه ۳d آن نیمه‌پر است، همان کروم (Cr) می‌باشد که در دوره چهارم جدول قرار دارد. در نتیجه عنصر A نیز در دوره چهارم جدول قرار داشته (۴ = شماره لایه ظرفیت) و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن به صورت  $4s^2 4p^2$  است:



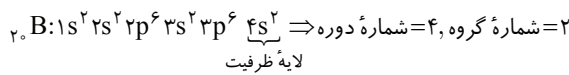
عنصر A دارای ۱۴ الکترون در زیرلایه‌های p خود است؛ بنابراین مقدار x برابر با ۱۴ خواهد بود. همچنین دو زیرلایه ۳d و ۴p دارای  $n+1 \geq 5$  هستند و مجموع شمار الکترون‌های موجود در آنها برابر ۱۲ است. در نتیجه مقدار y نیز برابر ۱۲ بوده و میان x و y رابطه « $x-y=2$ » برقرار است:

B ۲۰۰ ۱

${}_{186}^A Z$ : تعداد ذره‌های زیراتمی  $= 186 - 2Z$ , اختلاف تعداد پروتون و نوترون  $= 186 - Z$ , تعداد نوترون  $= Z$ , تعداد پروتون  $= A - Z$

$$\Rightarrow \frac{186 + Z}{186 - 2Z} = 7/25 \Rightarrow Z = 75$$

پس تعداد الکترون‌های عنصر B برابر  $20 - (\frac{75}{3/75})$  است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت زیر است:



موارد اول، سوم و چهارم ایزوتوپ‌های Ge هستند. ایزوتوپ‌ها عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند. باید در هر گونه عدد اتمی و عدد جرمی را محاسبه کنیم: C ۲۰۱ ۳

$$\begin{cases} p+n=76 \\ n-e=12 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=76 \\ n-p=12 \end{cases} \Rightarrow n=44, p=32, Z=32$$

گونه A:

گونه مورد نظر،  ${}_{76}^{76}A$  است و یکی از ایزوتوپ‌های Ge است.

$$\begin{cases} p+n=75 \\ (p+e)-n=24 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=75 \\ 2p-n=24 \end{cases} \Rightarrow p=33, n=42 \Rightarrow Z=33, A=42+33=75$$

گونه B:

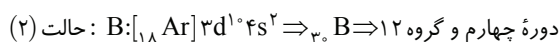
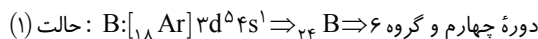
گونه مورد نظر،  ${}_{75}^{75}D$  است که ایزوتوپ Ge نیست. چون عدد اتمی متفاوتی دارد. گونه C: عناصری با عدد اتمی ۲۹ تا ۳۸، تعداد ۱۰ الکترون با  $l=2$  (۳d) دارند. در بین این عناصر، عنصری با عدد اتمی ۳۲، ۴ الکترون ظرفیت دارد؛ پس عدد اتمی گونه C با Ge برابر است. عدد جرمی گونه C برابر  $72(32+40)$  است. بنابراین گونه C همان  ${}_{72}^{72}Ge$  است و یکی از ایزوتوپ‌های Ge است. گونه D: فراوان‌ترین عنصر تشکیل‌دهنده زمین، آهن است که در تناوب چهارم قرار دارد و C در گروه ۱۴ قرار گرفته است؛ بنابراین گونه D در گروه ۱۴ و تناوب ۴ قرار دارد و عدد اتمی آن برابر ۳۲ است.

$$A = p+n = 32+42 = 74 \Rightarrow A = 10+32 = 42 \Rightarrow A = p+n = 32+42 = 74$$

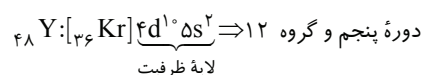
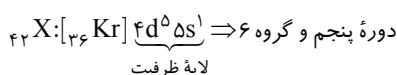
گونه مورد نظر  ${}_{74}^{74}D$  است و یکی از ایزوتوپ‌های Ge می‌باشد.

فقط عبارت چهارم درست است. در رابطه با اتم A، می‌دانیم که زیرلایه ۴p همواره پس از پر شدن زیرلایه ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین تعداد الکترون‌های موجود در این زیرلایه، ۳ برابر گنجایش زیرلایه ۴s بوده و برابر ۶ است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت مقابل خواهد بود: C ۲۰۲ ۱

$A: [{}_{18}Ar] 3d^1 4s^2 4p^6$  بنابراین این عنصر گاز نجیب کریپتون ( ${}_{36}Kr$ ) بوده و در دوره چهارم و گروه هجدهم جدول قرار دارد. در رابطه با اتم B نیز می‌دانیم که در عناصر دسته d دوره چهارم جدول، زیرلایه ۳d پس از زیرلایه ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین با توجه به ۵ برابر بودن شمار الکترون‌های این زیرلایه نسبت به زیرلایه ۴s، دو حالت زیر برای آرایش الکترونی آن ممکن است:

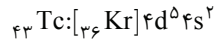


با توجه به اطلاعات داده شده، به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت اول: دیدیم که عنصر A، گاز نجیب دوره چهارم جدول تناوبی بوده و عدد اتمی آن برابر ۳۶ است. عبارت دوم: عنصر A همان گاز نجیب Kr است اما توجه کنید که اتم B، عنصری از دسته d در دوره چهارم جدول تناوبی است. دقت کنید که زیرلایه d نخستین بار در عناصر دوره چهارم پر می‌شود. عبارت سوم: عنصر B می‌تواند دو عنصر با عددهای اتمی ۲۴ و ۳۰ باشد که در حالت اول (یعنی B) شمار الکترون‌های موجود در زیرلایه  $l=0$  (s) آن برابر با ۷ و در حالت دوم (یعنی B) برابر با ۸ است. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشرده دو عنصر  ${}_{48}Y$  و  ${}_{44}X$  به صورت مقابل است:

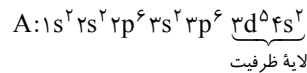


عنصر B نیز همانند دو عنصر  ${}_{44}X$  و  ${}_{48}Y$  در گروه ۶ یا ۱۲ از دوره چهارم جدول قرار دارد و می‌تواند با یکی از این دو عنصر هم‌گروه باشد.

C ۲۰۳ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. آرایش الکترونی فشردهٔ تک‌نسیم به صورت مقابل است:



از آنجا که عنصر A دارای ۸ الکترون در زیرلایه با  $l=0$  (s) است، یعنی زیرلایه‌های ۱s، ۲s، ۳s، ۴s پر شده‌اند و ۵s هنوز پر نشده است؛ از این رو عنصر A در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار داشته است و شمار الکترون‌های ظرفیت آن همانند تک‌نسیم برابر ۷ بوده است. در زیر آرایش الکترونی عنصر A رسم شده است:



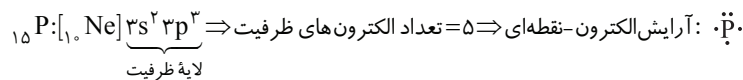
بنابراین عنصر A همان  ${}_{25}\text{Mn}$  بوده است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عدد اتمی عنصر مورد نظر برابر ۲۵ بوده و گاز نجیب دورهٔ پنجم نیز  ${}_{36}\text{Xe}$  است. اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر با ۲۹ (۲۵-۵۴) است، اما آخرین عنصر دسته d دورهٔ چهارم، Zn با عدد اتمی ۳۰ است. عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر دارای ۷ الکترون ظرفیت است. عبارت (پ): ابتدا آرایش الکترونی  ${}_{25}\text{Mn}$  را رسم کرده و عدد کوانتومی هر زیرلایه‌ای که از الکترون



مجموع عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌هایی از این عنصر که از الکترون پر شده‌اند، برابر ۲ است. عبارت (ت): بیرونی‌ترین زیرلایهٔ این اتم ۴s است که دارای عدد کوانتومی اصلی ۴ و عدد کوانتومی فرعی صفر است؛ بنابراین حاصل  $n+1$  و  $n-1$  برای این زیرلایه یکسان و برابر ۴ خواهد بود. عبارت (ث): زیرلایه‌های ۴s و ۳p دارای  $n+1$  برابر ۴ و زیرلایهٔ ۳d دارای  $n+1$  برابر ۵ است. از ۲۵ الکترون موجود در این عنصر، ۱۳ الکترون آن در زیرلایه‌های ۳p، ۴s و ۳d قرار گرفته‌اند؛ بنابراین ۵۲٪  $(\frac{13}{25} \times 100)$  الکترون‌های این عنصر در زیرلایه‌های با  $n+1 \geq 4$  قرار دارند.

A ۲۰۴ ۲ گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. از این رو پایدارند. در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها هشت الکترون وجود دارد، البته به‌جز هلیوم ( ${}_{2}\text{He}$ ) که در تنها لایهٔ الکترونی خود دو الکترون دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد. به طوری که اگر آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت گونه‌ای همانند آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد.

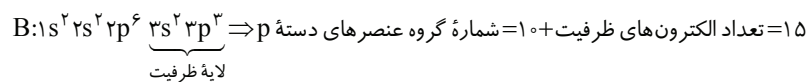
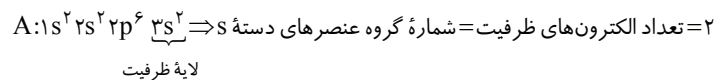
A ۲۰۵ ۴ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های دوم و چهارم: در آرایش الکترون-نقطه‌ای، الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود. در عنصرهای دسته s، الکترون‌های ظرفیت، همان الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه هستند، اما در عنصرهای دسته p و d، علاوه بر الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه، الکترون‌های زیرلایهٔ ما قبل آخر نیز جزء الکترون‌های ظرفیت محسوب می‌شود.



مثال ✓

عبارت سوم: اگر آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت گونه‌ای، همانند آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد. آرایش هشت‌تایی و دوتایی گاز نجیب در آرایش الکترون-نقطه‌ای به ترتیب به صورت ۴ جفت و ۱ جفت نقطه در اطراف نماد عنصر نمایش داده می‌شود.

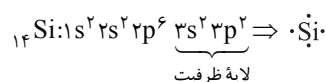
B ۲۰۶ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. با توجه به تعداد نقطه‌های پیرامون نماد شیمیایی اتم‌ها، عنصر A دارای ۲ الکترون ظرفیت و عنصر B دارای ۵ الکترون ظرفیت است. از آنجا که هر دو عنصر در تناوب سوم جدول دوره‌ای قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت که لایهٔ ظرفیت عنصر A به صورت  $3s^2$  و لایهٔ ظرفیت عنصر B به صورت  $3s^2 3p^3$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شمارهٔ گروه اتم‌ها را می‌توان از آرایش الکترونی محاسبه کرد:



عبارت (ب): عنصر A متعلق به دسته s و عنصر B متعلق به دسته p است. عبارت (پ): عنصر A با از دست دادن ۲ الکترون و ایجاد کاتیون دو بار مثبت ( $A^{2+}$ ) به آرایش گاز نجیب قبل از خود ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) و عنصر B با دریافت ۳ الکترون و ایجاد آنیون سه بار منفی ( $B^{3-}$ ) به آرایش گاز نجیب پس از خود ( ${}_{18}\text{Ar}$ ) می‌رسد.



عبارت (ت): عنصر B در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود ( $\cdot\ddot{\text{B}}\cdot$ ) دارای ۳ الکترون جفت‌نشده است. عنصر قبل از عنصر B در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد و آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت زیر است:

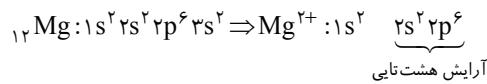


پس عنصر قبل از B در جدول دوره‌ای دارای ۴ الکترون جفت‌نشده است. عبارت (ث): با توجه به آرایش الکترونی عناصر A و B می‌توان دریافت که عدد اتمی این دو عنصر به ترتیب برابر ۱۲ و ۱۵ است و میان این دو در جدول دوره‌ای، ۲ عنصر دیگر با اعداد اتمی ۱۳ و ۱۴ وجود دارد.





بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم C همان منیزیم از گروه ۲ جدول تناوبی است که با از دست دادن دو الکترون، به آرایش هشتایی گاز نجیب نئون می‌رسد:



عبارت (ب): عنصر C جزو عناصر گروه دوم و دسته S جدول تناوبی است، اما عنصر D همان  ${}_{28}\text{Ni}$  است که در گروه ۱۰ و عناصر دسته d جدول قرار گرفته است.

عبارت (پ): اتم‌های A و B به ترتیب گازهای نجیب دوره‌های اول (هلیوم  ${}_{2}\text{He}$ ) و دوم ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) جدول تناوبی هستند. عناصر گروه ۱۸ (گازهای نجیب) از لحاظ

شیمیایی پایدار بوده و تمایلی به شرکت در واکنش شیمیایی ندارند. عبارت (ت): همان‌طور که گفته شد، آرایش الکترونی عنصر D به صورت زیر است. در اتم‌های این

عنصر تنها لایه‌های اول و دوم به طور کامل از الکترون پر شده‌اند.

**B ۲۱۱ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم‌ها می‌توانند با گرفتن یا از دست دادن و یا از طریق به اشتراک گذاشتن

الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابند. عبارت (ب): اغلب اتم‌هایی که شمار الکترون‌های ظرفیت آن‌ها برابر یا کمتر از ۳ است در شرایط مناسب با از دست

دادن همه الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دست یافته و کاتیون پایدار ایجاد می‌کنند.

\* توجه بریلیم ( $\text{Be}$ ) و بور ( $\text{B}$ ) به ترتیب دارای ۲ و ۳ الکترون ظرفیت هستند، اما یون تک‌اتمی پایدار ایجاد نمی‌کنند.

عبارت (ب): اتم عنصرهای گروه‌های ۱ و ۲ در شرایط مناسب به ترتیب با از دست دادن ۱ و ۲ الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دوره قبل از خود می‌رسند. عبارت (ت):

اتم‌های عنصر خانه ۱۳ با از دست دادن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار مثبت به آرایش گاز نجیب نئون و اتم‌های عنصر خانه ۱۵ با گرفتن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار

منفی به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسند. پس اندازه بار یون‌های تک‌اتمی حاصل از این دو عنصر با هم برابر است.

**B ۲۱۲ ۳** اتم A همان بور ( $\text{B}$ ) است. اتم بور در ترکیب با دیگر اتم‌ها یون تشکیل نمی‌دهد. اتم B با گرفتن ۲ الکترون و ایجاد آنیون ( $\text{B}^{2-}$ ) به آرایش گاز نجیب

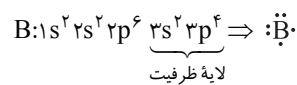
بعد از خود می‌رسد. عنصرهای غیرفلزی و شبه‌فلزی گروه ۱۴ جدول تناوبی که دارای ۴ الکترون ظرفیت هستند، یون تشکیل نمی‌دهند و با به اشتراک گذاشتن الکترون

به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابند. اتم D همان اتم هلیوم ( $\text{He}$ ) است و یون تشکیل نمی‌دهد.

**C ۲۱۳ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. اتم A با از دست دادن ۳ الکترون و اتم B با گرفتن ۲ الکترون به آرایش گاز نجیب آرگون با عدد اتمی ۱۸ دست یافته‌اند.

پس اتم A دارای ۲۱ الکترون و اتم B دارای ۱۶ الکترون است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۵ (۲۱-۱۶) است.

عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصر B به صورت روبه‌رو است:



عبارت (پ):  $\left. \begin{aligned} {}_{21}\text{A}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 \Rightarrow I=0 &= \text{مجموع الکترون‌های با } I=0 \\ {}_{16}\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \Rightarrow I=1 &= 6+4=10 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف } = 10-0=10$

عبارت (ت): در عنصر A و B به ترتیب ۶ و ۴ زیرلایه از الکترون پر شده است. (دور زیرلایه‌های کاملاً پر دایره رسم شده است.)



عبارت (ث): A و B به ترتیب دارای عدد اتمی ۲۱ و ۱۶ هستند و این دو عنصر به ترتیب در گروه‌های ۳ و ۱۶ جدول دوره‌ای قرار دارند. اختلاف شماره گروه این دو

عنصر برابر ۱۳ (۱۶-۳) است.

**B ۲۱۴ ۲** موارد (الف) و (ت)، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. آرایش الکترونی فشرده یون‌ها و عناصر ذکر شده در تست به صورت زیر است:

مورد (الف): ۵ الکترون در زیرلایه آخر  ${}_{17}\text{Cl}: [{}_{10}\text{Ne}] 3s^2 3p^5 \Rightarrow$  ۵ الکترون با  $I=2$   ${}_{25}\text{Mn}^{2+}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^5 \Rightarrow$

زیرلایه آخر

مورد (ب): ۵ الکترون در زیرلایه آخر  ${}_{53}\text{I}: [{}_{36}\text{Kr}] 4d^1 5s^2 5p^5 \Rightarrow$  ۵ الکترون با  $I=2$   ${}_{28}\text{Ni}^{3+}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^7 \Rightarrow$

زیرلایه آخر

مورد (پ): ۳ الکترون در زیرلایه آخر  ${}_{15}\text{P}: [{}_{10}\text{Ne}] 3s^2 3p^3 \Rightarrow$  ۳ الکترون با  $I=2$   ${}_{22}\text{Ti}^{2+}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^2 \Rightarrow$

زیرلایه آخر

مورد (ت): ۲ الکترون در زیرلایه آخر  ${}_{23}\text{V}^{3+}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^2 \Rightarrow$  ۲ الکترون با  $I=2$   ${}_{6}\text{C}: [{}_{2}\text{He}] 2s^2 2p^2 \Rightarrow$

زیرلایه آخر

**C ۲۱۵ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): لایه ظرفیت و آرایش الکترون-قطه‌ای اتم‌های  ${}_{8}\text{O}$  و  ${}_{20}\text{Ca}$  به صورت زیر است:



لایه ظرفیت

لایه ظرفیت

عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون-قطه‌ای و شماره دوره این دو اتم، آرایش الکترونی آن‌ها را می‌نویسیم:





$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 63/5 = A + \frac{25}{100} ((A+2) - A) \Rightarrow 63/5 = A + 0.25 \Rightarrow A = 63$$

روش دوم (تستی):

عدد جرمی ایزوتوپ‌های M برابر ۶۳ و ۶۵ است. همان‌طور که می‌دانید، هر چه درصد فراوانی ایزوتوبی از یک عنصر در مخلوطی طبیعی از ایزوتوپ‌های آن بیشتر باشد، پایداری آن ایزوتوپ نیز بیشتر است؛ بنابراین ایزوتوپ پایدارتر این عنصر،  ${}^{63}\text{M}$  است. اکنون تعداد پروتون‌های این عنصر را که همان عدد اتمی است به دست می‌آوریم:

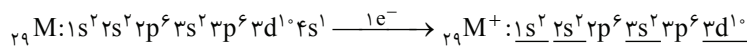
$${}^{63}\text{M} \Rightarrow \begin{cases} n+p=63 \\ n-p=5 \end{cases} \Rightarrow n=34, p=29$$

روش اول (تشریحی):

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت نوترون و پروتون})}{2} = \frac{63 - 5}{2} = 29$$

روش دوم (تستی):

بنابراین عدد اتمی این عنصر برابر ۲۹ است و آرایش الکترونی آن به صورت زیر خواهد بود:

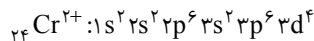
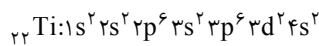


در کاتیون  $\text{M}^+$ ، ۱۰ الکترون با  $l=2$  (در زیرلایه  $3d$ ) و ۶ الکترون با  $l=0$  (زیرلایه‌های  $s$ ) وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر  $\frac{5}{6}$  است.

$${}_{29}\text{Cu}^{2+}: e=29-2=27, n=64-29=35 \Rightarrow 35-27=8$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

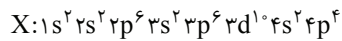
عبارت دوم: آرایش الکترونی عنصر  ${}_{22}\text{Ti}$  به صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در این اتم، ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است.



عبارت سوم: آرایش الکترونی  ${}_{24}\text{Cr}^{2+}$  به صورت مقابل است:

در لایه الکترونی سوم این یون، دوازده الکترون وجود دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی یون  ${}_{21}\text{Sc}^{3+}$  به صورت مقابل است:  ${}_{21}\text{Sc}^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  همان‌طور که می‌بینید، در این یون، ۵ زیرلایه از الکترون پر شده‌اند.

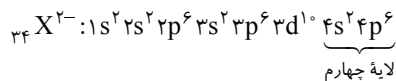
عبارت پنجم: به جز عبارت اول، بقیه عبارت‌ها درست هستند. آرایش الکترونی عنصری با ۱۶ الکترون در زیرلایه‌های با  $l=1$  (زیرلایه  $p$ ) به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: لایه ظرفیت این عنصر، به صورت  $4s^2 4p^4$  بوده و دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $\ddot{X}$  می‌باشد.

آنیون  $\text{S}^{2-}$  به آرایش گاز نجیب آرگون ( ${}_{18}\text{Ar}$ ) رسیده است و دارای ۸ الکترون ظرفیت است:  ${}_{16}\text{S}^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  لایه ظرفیت

عبارت دوم: این عنصر در گروه ۱۶ و دوره چهارم جدول قرار داشته و یک نافلز است. نافلزها از طریق گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون، به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند. عبارت سوم: با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عدد اتمی این عنصر برابر ۳۴ بوده و در نتیجه در خانه ۳۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. عبارت چهارم: عناصر گروه ۱۶ جدول تناوبی با گرفتن دو الکترون و تشکیل آنیون ۲ بار منفی، به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب هم‌دوره خود می‌رسند:



این آنیون دارای ۸ الکترون در لایه چهارم خود است. عبارت پنجم: همان‌طور که گفتیم، این عنصر با گرفتن ۲ الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود ( ${}_{36}\text{Kr}$ ) می‌رسد؛ بنابراین:

$${}_{34}\text{X}^{2-}: p=34, e=36, n-e=9 \Rightarrow A=n+p=45+34=79$$

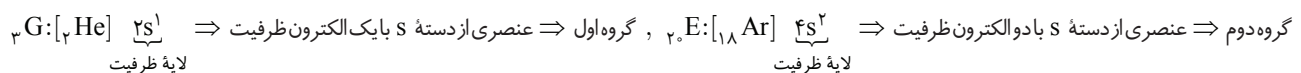
n=45

در نتیجه عدد جرمی این عنصر برابر ۷۹ بوده و جرم اتمی آن نیز حدوداً برابر ۷۹ amu است.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی اتم‌های B و D و یون‌های حاصل از آن‌ها به صورت زیر است:

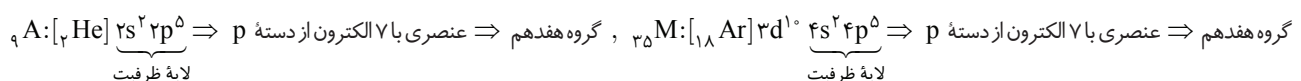


هر دوی این یون‌ها به آرایش پایدار گاز نجیب آرگون ( ${}_{18}\text{Ar}$ ) می‌رسند. عبارت (ب): آرایش الکترونی فشرده این عنصرها به صورت زیر است:



عبارت (پ): آرایش الکترونی فشرده عنصر  ${}_{20}\text{E}$  به صورت مقابل است: گروه دوم  $\Rightarrow$  عنصری از دسته S با دو الکترون ظرفیت لایه ظرفیت  ${}_{20}\text{E}: [{}_{18}\text{Ar}] 4s^2$

بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای E به صورت  $\overset{\cdot\cdot}{\text{E}}$  خواهد بود. دقت کنید که عنصر X همان هلیوم است که دارای ۲ الکترون ظرفیت است و چون لایه اول آن پر شده است، پس پایدار است و در گروه ۱۸ جدول تناوبی قرار دارد. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشرده دو عنصر A و M نام برده شده به صورت زیر است:

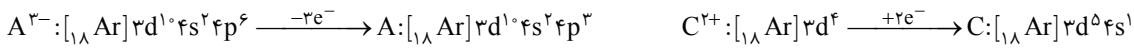


عنصر A در گروه هفدهم قرار داشته و با تشکیل آنیون پایدار یک بار منفی به آرایش گاز نجیب نئون ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) می‌رسد:  ${}_{4}\text{A}^-: [{}_{2}\text{He}] 2s^2 2p^6 \Rightarrow {}_{10}\text{Ne}$

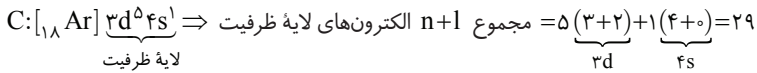


۱ ۲۲۳ C

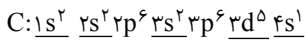
فقط عبارت سوم نادرست است. آرایش الکترونی یونهای  $A^{3-}$ ،  $B^{3+}$  و  $C^{2+}$  و اتمهای سازنده آنها به صورت زیر است:



**بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با توجه به آرایش الکترونی اتم A، در این عنصر ۶ الکترون در زیرلایه ۳p، ۲ الکترون در زیرلایه ۳d، ۳ الکترون در زیرلایه ۴p وجود دارد که در مجموع ۱۵ الکترون در زیرلایه با  $l=1$  (زیرلایه p) آن وجود دارد. **عبارت دوم:** آرایش الکترونی فشرده اتم C به صورت زیر است:



**عبارت سوم:** آرایش الکترونی اتم B به صورت  $B: [18Ar] 3d^1 4s^2$  است. بیرونی‌ترین زیرلایه در عنصر B، ۴s با اعداد کوانتومی  $l=0$  و  $n=4$  است. **عبارت چهارم:**



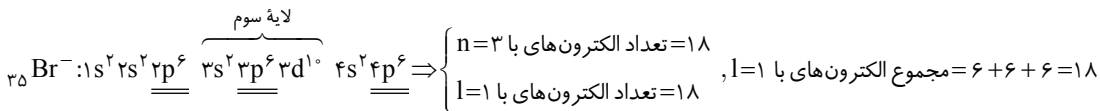
آرایش الکترونی اتم C به صورت مقابل است:

$$\frac{l=0 \text{ شمار الکترون‌ها با } 4s}{l=2 \text{ شمار الکترون‌ها با } 3d} = \frac{7}{5} = 1.4$$

این عنصر دارای ۷ الکترون با  $l=0$  و ۵ الکترون با  $l=2$  است؛ بنابراین:

۲ ۲۲۴ C

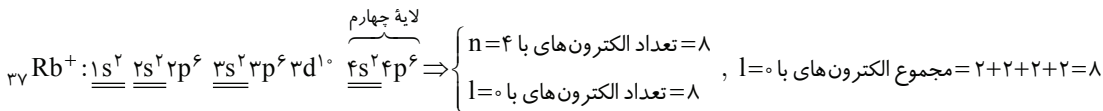
عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت الف:** یون  $Br^-$  به آرایش گاز نجیب  $Kr$  رسیده است.



**عبارت (ب):** عنصرهای  $N$ ،  $O$  و  $F$  با ایجاد آنیون‌های  $N^{3-}$ ،  $O^{2-}$  و  $F^-$  و عنصرهای  $Na$ ،  $Mg$  و  $Al$  با ایجاد کاتیون‌های  $Na^+$ ،  $Mg^{2+}$  و  $Al^{3+}$  می‌توانند به آرایش گاز نجیب نئون دست یابند (جمعاً ۶ عنصر). **عبارت (پ):** ابتدا تعداد الکترون‌های موجود در  $X^{+8}$  را به دست می‌آوریم:

$${}_{85}X^{+8}: n+p=85, n-e=12 \xrightarrow{e=p-1} n+p=85, n-p=11 \Rightarrow p=37$$

پس تعداد الکترون‌های گونه  ${}_{37}X^{+8}$  برابر ۳۶ عدد است، بنابراین خواهیم داشت:



**عبارت (ت):** همه گازهای نجیب (به جز هلیوم) متعلق به دسته p جدول دوره‌ای هستند. هلیوم ( ${}^4He$ ) جزء عنصرهای دسته s است. **عبارت (ث):** برای نمونه،

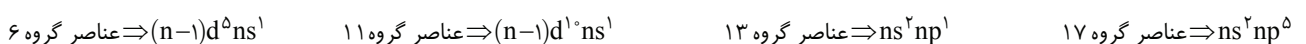
عناصر کربن، سیلیسیم و ژرمانیم از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایه خود ۲ الکترون دارند ( $ns^2 np^2$ ) اما قادر به تشکیل  $X^{2+}$  نیستند.

۲ ۲۲۵ B

**عبارت‌های (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف:** عنصر  $Li$  با آرایش الکترون-نقطه‌ای  $Li^+$  با ایجاد یون  $Li^+$  به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیوم می‌رسد. **عبارت (ب):** عنصر  $S$  با آرایش الکترون-نقطه‌ای  $S^{2-}$  با ایجاد یون  $S^{2-}$  به آرایش گاز نجیب تناوب سوم ( ${}_{18}Ar$ ) می‌رسد. **عبارت (پ):** عنصر  $C$  با آرایش الکترون-نقطه‌ای  $C^{4-}$ ، یون تشکیل نمی‌دهد و فقط با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابد. **عبارت (ت):** عنصر  $Br$  با آرایش الکترون-نقطه‌ای  $Br^{2-}$  با ایجاد یون پایدار  $Br^-$  به آرایش گاز نجیب کریپتون ( ${}_{36}Kr$ ) می‌رسد. عنصر  $Sr$  با آرایش الکترون-نقطه‌ای  $Sr^{2+}$  با ایجاد یون  $Sr^{2+}$  به آرایش گاز نجیب کریپتون ( ${}_{36}Kr$ ) می‌رسد. پس هر دو یون، ۳۶ الکترون دارند.

۳ ۲۲۶ C

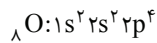
بیرونی‌ترین زیرلایه عناصر دسته s و d زیرلایه ns و بیرونی‌ترین زیرلایه عناصر دسته p، زیرلایه np است؛ بنابراین بیرونی‌ترین (آخرین) زیرلایه عنصر X، یکی از زیرلایه‌های  $ns^2$  یا  $np^2$  می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** همان‌طور که گفتیم آخرین زیرلایه عناصر دسته‌های s، d زیرلایه ns و عناصر دسته p زیرلایه np می‌باشد؛ بنابراین عنصر X می‌تواند به هر یک از این ۳ دسته تعلق داشته باشد. **گزینه (۲):** لایه ظرفیت عنصر X می‌تواند به یکی از شکل‌های  $ns^2$ ،  $ns^2 np^2$  یا  $(n-1)d^x ns^2$  باشد و عنصر X نمی‌تواند با عنصر K که در گروه اول جدول قرار گرفته است، هم‌گروه باشد. **گزینه (۳):** چنانچه عنصر X مربوط به دسته s جدول دوره‌ای باشد، یک فلز بوده و با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار هشت‌تایی می‌رسد. اما اگر این عنصر مربوط به دسته‌های p یا d جدول باشد، لایه ظرفیت آن به ترتیب به صورت  $ns^2 np^2$  و  $(n-1)d^x ns^2$  خواهد بود و در گروه چهاردهم و یا در یکی از گروه‌های سوم تا دوازدهم جدول جای دارد. در عناصر گروه ۱۴ جدول کربن، سیلیسیم و ژرمانیم با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب پس از خود می‌رسند و در عناصر گروه‌های سوم تا دوازدهم، فقط عناصر گروه ۳ با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند و عناصر سایر گروه‌ها به چنین آرایشی نمی‌رسند. **گزینه (۴):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت عناصر گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ به صورت زیر خواهد بود:



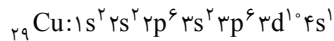
با توجه به اینکه آخرین زیرلایه عنصر X دواتمی است؛ بنابراین در هیچ کدام از گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ نمی‌تواند قرار داشته باشد.



۲۲۷ ۱ فقط مورد (پ) برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیست. بررسی موارد: عبارت (الف): عنصر نیتروژن ( ${}^7\text{N}$ ) اولین عنصری است که با ایجاد آنیونی پایدار به آرایش پایدار هشت‌تایی گاز نجیب ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) می‌رسد. عبارت (ب): طبق قاعده آفبا نخستین بار در اتمی با ۸ الکترون این رابطه برقرار است:



عبارت (ب): نخستین عنصری از جدول دوره‌ای که لایه الکترونی سوم آن به‌طور کامل از الکترون پر شده است، اتم مس ( ${}_{29}\text{Cu}$ ) می‌باشد.



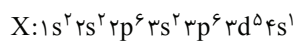
\* توجه: آرایش الکترونی برخی اتم‌ها مثل مس و کروم از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند و این اتم‌ها در بیرونی‌ترین زیرلایه  $s$  خود تنها یک الکترون دارند.

عبارت (ت): عنصر سدیم ( ${}_{11}\text{Na}$ ) نخستین عنصری است که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب قبل از خود ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) برسد.

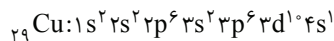
\* توجه: نخستین عنصری که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابد، لیتیم ( ${}_{3}\text{Li}$ ) است، ولی به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب نمی‌رسد.

بلکه به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیم ( ${}_{2}\text{He}$ ) می‌رسد. عبارت (ث): نخستین و سبک‌ترین عنصری که در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود، الکترون جفت شده دارد، هلیم است. عدد اتمی هلیم برابر ۲ می‌باشد.

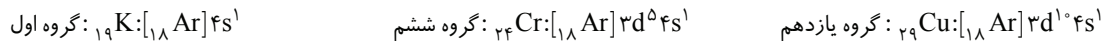
۲۲۸ ۲ ردیف‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی نخستین عنصری که در لایه سوم خود ۱۳ الکترون دارد، به‌صورت مقابل است:



بنابراین عدد اتمی نخستین عنصری که در لایه سوم ( $n=3$ ) خود ۱۳ الکترون دارد، برابر ۲۴ است. عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصری که در خانه ۲۹ جدول قرار دارد به‌صورت مقابل است:



در آرایش الکترونی این عنصر،  $l=0$  (زیرلایه‌های  $s$ ) و  $l=2$  (زیرلایه  $d$ ) وجود دارد؛ بنابراین نسبت الکترون‌های با  $l=0$  به الکترون‌های با  $l=2$  برابر  $l=0/2 = 1/2$  است. عبارت (پ): در آرایش الکترونی تمامی عناصر دوره چهارم به‌جز عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱، زیرلایه‌های  $1s$ ،  $2s$ ،  $3s$  و  $4s$  الکترون پر شده است و دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های با  $l=0$  خود هستند. در عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱، زیرلایه  $4s$  دارای یک الکترون بوده و در مجموع دارای ۷ الکترون در زیرلایه‌های  $s$  خود هستند که آرایش الکترونی این سه عنصر در زیر رسم شده است:



عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم  ${}_{31}\text{M}$  و کاتیون آن به‌صورت مقابل است:  ${}_{31}\text{M}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 4p^1 \Rightarrow {}_{31}\text{M}^{3+}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$

این کاتیون دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه  $3d$  ( $l=2$ ) و ۲ الکترون در زیرلایه  $3s$  ( $n=3, l=0$ ) است که نسبت آن‌ها برابر  $5/2$  می‌باشد.

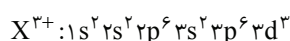
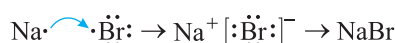
۲۲۹ ۴ فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر (۱) در لایه  $n=2$  دارای ۵ الکترون است. مطابق قاعده آفبا، آرایش الکترونی آن به‌صورت  $1s^2 2s^2 2p^3$  است. پس عدد اتمی آن برابر ۷ است. ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ایزوتوپ  ${}^3\text{H}$  با عدد جرمی ۷ است. عبارت (ب): عنصر (۲)

در لایه  $n=3$  دارای ۴ الکترون است. مطابق قاعده آفبا، آرایش الکترونی آن به‌صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  است. پس این عنصر در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای جای

دارد. دسته  $f$  جدول تناوبی شامل ۲۸ عنصر است. عبارت (پ): عنصر (۳) در لایه  $n=3$  دارای ۱۳ الکترون و در لایه  $n=4$  دارای یک الکترون است. پس آرایش

الکترونی آن به‌صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  است. این آرایش متعلق به اتم  ${}_{24}\text{Cr}$  است. پس خواهیم داشت:  $A=n+Z \Rightarrow 52=n+24 \Rightarrow n=28$

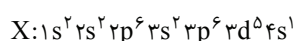
عنصری با عدد اتمی ۲۸ دارای ۲۸ الکترون است و آرایش آن به‌صورت  $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$  است. با توجه به لایه ظرفیت این عنصر، این اتم متعلق به گروه ۱۰ جدول دوره‌ای است. عبارت (ت): عنصر (۴) در لایه  $n=3$  دارای ۱۸ الکترون و در لایه  $n=4$  دارای ۷ الکترون است. مطابق قاعده آفبا آرایش الکترونی آن به‌صورت  $[\text{Ar}] 3d^1 4s^2 4p^5$  است. این عنصر در لایه ظرفیت خود ۷ الکترون دارد و در واکنش با سدیم یک الکترون می‌گیرد و با ایجاد یون یک بار منفی به آرایش هشت‌تایی می‌رسد.



۲۳۰ ۱ تمامی عبارت‌ها نادرست هستند. آرایش الکترونی یون  $\text{X}^{3+}$  و اتم  $\text{X}$  به‌صورت مقابل خواهد بود:

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده این کاتیون دارای ۶ زیرلایه اشغال‌شده از الکترون است. عبارت (ب): در آخرین لایه الکترونی  $\text{X}^{3+}$ ، ۱۱ الکترون در زیرلایه‌های  $3s^2$ ،  $3p^6$  و  $3d^3$  وجود دارد. عبارت (پ): کاتیون  $\text{X}^{3+}$  دارای ۳ الکترون در زیرلایه  $3d$  ( $l=2$ ) خود می‌باشد. عبارت (ت): در آرایش الکترونی

این یون، زیرلایه نیمه‌پر وجود ندارد. عبارت (ث): هنگام افزودن الکترون به کاتیون‌های عناصر دسته  $d$  دوره چهارم، ابتدا دو الکترون به زیرلایه  $4s$  می‌دهیم و مابقی الکترون‌ها مربوط به زیرلایه  $3d$  می‌باشد. اما در عنصر  $\text{X}$  از آنجایی که با افزودن ۲ الکترون به زیرلایه  $4s$ ، زیرلایه  $3d$  چهار الکترونی می‌شود ( $3d^4 4s^2$ ): بنابراین ۲ الکترون به زیرلایه

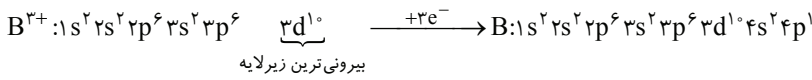
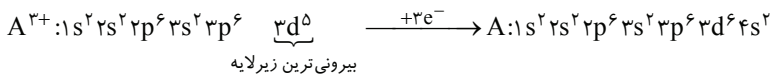


$3d$  و یک الکترون به زیرلایه  $4s$  می‌افزاییم. آرایش الکترونی عنصر  $\text{X}$  به‌صورت مقابل است:

عدد اتمی این عنصر برابر ۲۴ بوده و عنصری از دسته  $d$  است. این عنصر دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ از این رو در گروه ششم جدول تناوبی جای دارد.



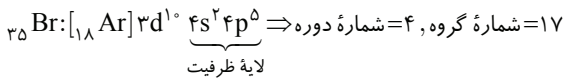
همه عبارت‌ها به جز مورد اول درست هستند. آرایش الکترونی کاتیون‌های  $A^{3+}$  و  $B^{3+}$  و اتم‌های  $A$  و  $B$  به صورت زیر خواهد بود:



بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول، دوم و سوم: آرایش الکترونی فشرده عناصر  $A$  و  $B$  به صورت زیر است:



با توجه به آرایش الکترونی عناصر، عنصر  $A$  متعلق به دسته  $d$  جدول (عناصر واسطه) و عنصر  $B$  متعلق به دسته  $p$  جدول دوره‌ای است. همچنین عدد اتمی عنصر  $A$  برابر با  $26$  و عنصر  $B$  برابر با  $31$  بوده و اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر  $5$  ( $31-26$ ) است. عبارت چهارم: برم ( ${}_{35}Br$ ) عنصری از گروه  $17$  و دوره چهارم جدول تناوبی است:



با توجه به آرایش الکترونی عناصر  $A$ ،  $B$  که در بالا رسم شده است، هر سه عنصر در دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارند.

عبارت‌های دوم و پنجم درست هستند. در میان عناصر دوره چهارم، زیرلایه  $1s$  اولین و زیرلایه  $4s$  یا  $4p$  بیرونی‌ترین زیرلایه هستند. با توجه به اینکه زیرلایه  $1s$  در

همه این عناصر  $2$  الکترون دارد، باید به دنبال عناصری بگردیم که در زیرلایه  $4s$  یا  $4p$  خود یک الکترون داشته باشند. در تناوب چهارم،  $K$ ،  $Ca$ ،  $Sc$ ،  $Ti$ ،  $V$ ،  $Cr$ ،  $Mn$ ،  $Fe$ ،  $Co$ ،  $Ni$ ،  $Cu$ ،  $Zn$ ،  $Ga$ ،  $Ge$ ،  $As$ ،  $Se$ ،  $Br$ ،  $Kr$  خود یک الکترون و  $31 Ga$  در زیرلایه  $4p$  خود یک الکترون دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: شمار الکترون‌های ظرفیت در  $K$ ،  $Ca$ ،  $Sc$ ،  $Ti$ ،  $V$ ،  $Cr$ ،  $Mn$ ،  $Fe$ ،  $Co$ ،  $Ni$ ،  $Cu$ ،  $Zn$  به ترتیب برابر  $1$ ،  $2$ ،  $3$ ،  $4$ ،  $5$ ،  $6$ ،  $7$ ،  $8$ ،  $9$ ،  $10$ ،  $11$ ،  $12$ ،  $13$ ،  $14$ ،  $15$ ،  $16$ ،  $17$ ،  $18$  است. در هیچ کدام از این عناصر  $5$  الکترون ظرفیت وجود ندارد. عبارت دوم: الکترون‌هایی با  $n=2$  و  $l=1$ ، الکترون‌های زیرلایه  $2p$  هستند. در همه این عناصر زیرلایه  $2p$ ،  $6$  الکترون دارد، پس باید به دنبال عنصری باشیم که  $3$  الکترون با  $n=4$  داشته باشد. در آرایش الکترونی  ${}_{31}Ga$ ،  $3$  الکترون با  $n=4$  وجود دارد:  ${}_{31}Ga: [Ar] 3d^1 4s^2 4p^1$  عبارت سوم: هیچ کدام از این عناصر با تشکیل کاتیونی با بار  $+3$ ، به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. عبارت چهارم: عنصری با عدد اتمی  $6$  در گروه  $14$  قرار دارد. هیچ کدام از عناصر مورد نظر در گروه  $14$  قرار ندارند.



عبارت پنجم: نماد عنصر پتاسیم ( ${}_{19}K$ ) به صورت تک حرفی است.

موارد (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی موارد: هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی

آنیون‌ها برابر است. در یک ترکیب یونی، مجموع تعداد کاتیون‌ها با مجموع تعداد آنیون‌ها لزوماً برابر نیست. به عنوان مثال در  $Al_2O_3$ ، به ازای دو یون  $Al^{3+}$ ، سه یون  $O^{2-}$  وجود دارد. ضمناً به این نکته توجه کنید که یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است (نه یک نوع اتم!) برای نمونه  $O^{2-}$  که پراکسید نام دارد، از یک نوع اتم تشکیل شده ولی یون تک‌اتمی نیست.

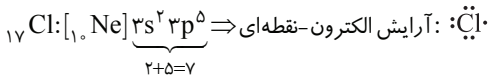
فرآورده واکنش اتم‌های سدیم و گاز کلر، سدیم کلرید (نمک خوراکی) است. این ترکیب، جامد سفید رنگ با ساختار بلوری است. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): عنصر (۱)، فلز سدیم و عنصر (۲) گاز دواتمی کلر است. در واکنش تولید سدیم کلرید، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون و ایجاد کاتیون یک بار مثبت ( $Na^+$ ) به آرایش گاز نجیب پیش از خود، یعنی  ${}_{10}Ne$  می‌رسد. گزینه (۲): در این واکنش، اتم‌های کلر با گرفتن یک الکترون از اتم‌های سدیم و ایجاد آنیون یک بار منفی ( $Cl^-$ ) به آرایش گاز نجیب هم‌دوره خود، یعنی  ${}_{18}Ar$  می‌رسند. گزینه (۴): کاتیون تشکیل‌دهنده ترکیب سدیم کلرید، به آرایش گاز نجیب نئون و آنیون تشکیل‌دهنده آن به آرایش گاز نجیب آرگون رسیده است.



عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): کلر در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های دواتمی است. به عبارت

دیگر، دو اتم کلر در کنار هم قرار می‌گیرند و مولکول دواتمی کلر را می‌سازند. گاز کلر زرد رنگ بوده و متعلق به گروه  $17$  جدول تناوبی است. آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر به صورت زیر است:



عبارت (پ): مقایسه اندازه اتم‌های سدیم و کلر و یون‌های سدیم و کلرید به صورت مقابل است:  $Na^+ < Cl^-$  مقایسه اندازه  $Cl < Na$  مقایسه اندازه



**B ۲۳۶ ۱** فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم اکسیژن ( $O_8$ ) با گرفتن دو الکترون به آرایش گاز نجیب هم‌تناوب خود، یعنی نئون ( $Ne_{10}$ ) و اتم کلسیم ( $Ca_{20}$ ) با از دست دادن دو الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب تناوب قبل از خود، یعنی آرگون ( $Ar_{18}$ ) می‌رسد. عبارت (ب): برای تشکیل یک مول کلسیم اکسید، دو مول الکترون میان اتم‌ها سازنده آن مبادله می‌شود.

عبارت (پ): فلز کلسیم متعلق به گروه ۲ جدول تناوبی و در لایه ظرفیت خود دارای ۲ الکترون است. آرایش الکترون-نقطه‌ای این فلز به صورت  $Ca^{20}$  است. عبارت (ت): هرگاه اتم‌های کلسیم و اکسیژن در شرایط مناسب کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های  $Ca^{2+}$  و  $O^{2-}$  تبدیل می‌شوند. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید ( $CaO$ )، تنها از دو عنصر ساخته شده و یک ترکیب یونی دوتایی است.

**A ۲۳۷ ۱** نام و فرمول شیمیایی صحیح هر ترکیب یونی، در جدول زیر نمایش داده شده است:

نام	منیزیم یدید	لیتیم نیتريد	سدیم برمید	پتاسیم اکسید	کلسیم سولفید	لیتیم فسفید
فرمول شیمیایی	$MgI_2$	$Li_3N$	$NaBr$	$K_2O$	$CaS$	$Li_3P$

**B ۲۳۸ ۲** در ترکیب‌های اول و سوم، آنیون و کاتیون به آرایش الکترونی گاز نجیب یکسانی رسیده‌اند. بررسی ترکیب‌ها:

سدیم نیتريد	$\left\{ \begin{array}{l} \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Na}^+ \rightarrow [Ne]_{10} \text{Na}^+ \\ \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{N}^{3-} \rightarrow [Ne]_{10} \text{N}^{3-} \end{array} \right.$	یون سدیم $\Rightarrow$ کاتیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Na}^+$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ne]_{10} \text{Na}^+$	ترکیب اول:
		یون نیتريد $\Rightarrow$ آنیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{N}^{3-}$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ne]_{10} \text{N}^{3-}$	
لیتیم کلرید	$\left\{ \begin{array}{l} \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Li}^+ \rightarrow [He]_2 \text{Li}^+ \\ \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Cl}^- \rightarrow [Ar]_{18} \text{Cl}^- \end{array} \right.$	یون لیتیم $\Rightarrow$ کاتیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Li}^+$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[He]_2 \text{Li}^+$	ترکیب دوم:
		یون کلرید $\Rightarrow$ آنیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Cl}^-$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ar]_{18} \text{Cl}^-$	
کلسیم فسفید	$\left\{ \begin{array}{l} \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Ca}^{2+} \rightarrow [Ar]_{18} \text{Ca}^{2+} \\ \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{P}^{3-} \rightarrow [Ar]_{18} \text{P}^{3-} \end{array} \right.$	یون کلسیم $\Rightarrow$ کاتیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Ca}^{2+}$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ar]_{18} \text{Ca}^{2+}$	ترکیب سوم:
		یون فسفید $\Rightarrow$ آنیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{P}^{3-}$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ar]_{18} \text{P}^{3-}$	
منیزیم برمید	$\left\{ \begin{array}{l} \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Mg}^{2+} \rightarrow [Ne]_{10} \text{Mg}^{2+} \\ \text{آرایش الکترونی} \rightarrow \text{Br}^- \rightarrow [Kr]_{36} \text{Br}^- \end{array} \right.$	یون منیزیم $\Rightarrow$ کاتیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Mg}^{2+}$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Ne]_{10} \text{Mg}^{2+}$	ترکیب چهارم:
		یون برمید $\Rightarrow$ آنیون	نماد یون $\rightarrow$	$\text{Br}^-$	آرایش الکترونی $\rightarrow$	$[Kr]_{36} \text{Br}^-$	

**B ۲۳۹ ۴** همه موارد به جز مورد دوم برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیستند. بررسی موارد:

$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 1 \rightarrow \text{A}^+ \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 6 \rightarrow \text{B}^{2-} \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$A_2B$	مورد اول:
$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 3 \rightarrow \text{A}^{3+} \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 7 \rightarrow \text{B}^- \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$AB_3$	مورد دوم:
$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 2 \rightarrow \text{A}^{2+} \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 5 \rightarrow \text{B}^{3-} \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$A_3B_4$	مورد سوم:
$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 2 \rightarrow \text{A}^{2+} \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 7 \rightarrow \text{B}^- \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$AB_4$	مورد چهارم:
$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 2 \rightarrow \text{A}^{2+} \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 6 \rightarrow \text{B}^{2-} \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$AB$	مورد پنجم:
$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 3 \rightarrow \text{A}^{3+} \\ \text{تعداد الکترون ظرفیت} \rightarrow 6 \rightarrow \text{B}^{2-} \end{array} \right\}$	فرمول شیمیایی $\rightarrow$	$A_2B_3$	مورد ششم:

**B ۲۴۰ ۱** آرایش الکترونی  $X_{16}$  و  $Y_{16}$  به صورت مقابل است:

$$X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \quad Y: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$$

لايه ظرفیت

بنابراین دو عنصر  $X$  و  $Y$  به ترتیب دارای ۵ و ۲ الکترون ظرفیت هستند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۲) و (۴): عنصر  $X$  با دریافت ۳ الکترون و تشکیل آنیون  $X^{3-}$  و عنصر  $Y$  با از دست دادن ۲ الکترون و تشکیل کاتیون  $Y^{2+}$  پایدار می‌شود؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت  $Y_3X_2$  است. گزینه (۳): فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت  $Y_3X_2$  است. به کمک یکی از روابط زیر می‌توان شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل هر مول ترکیب یونی را به دست آورد:

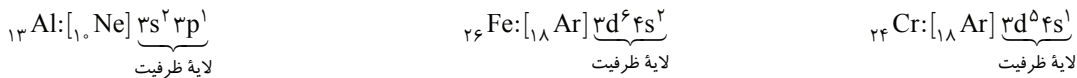
بار کاتیون  $\times$  زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

بار کاتیون  $\times$  زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

بنابراین مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول  $Y_3X_2$ ، برابر  $6(3 \times 2)$  یا  $12(2 \times 3)$  است.



۱ ۲۴۱ B فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این ترکیب یونی به ازای هر ۲ کاتیون  $A^{3+}$ ، ۳ آنیون  $D^{2-}$  وجود دارد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت  $A_2D_3$  است. عبارت (ب): هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای A، این عنصر دارای ۳ الکترون ظرفیت است. عناصر Al، Fe و Cr به ترتیب دارای ۳، ۸ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین عنصر A نمی‌تواند Fe یا Cr باشد.



عبارت (ت): برای مثال در ترکیب یونی  $Al_2O_3$ ، کاتیون‌های  $Al^{3+}$  و آنیون‌های  $O^{2-}$  هر دو به آرایش الکترونی گاز نجیب  $Ne$  رسیده‌اند.



عبارت (ث): شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل هر ترکیب یونی را می‌توان به کمک یکی از روابط زیر به دست آورد:

بار کاتیون  $\times$  زیروند کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله شده  
بار آنیون  $\times$  زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

بنابراین مقدار مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول  $A_2D_3$  برابر ۶ است:  $2 \times (+3) = 3 \times (-2) = 6 \text{ mol } e^-$ ؛ شمار الکترون‌های مبادله شده در  $A_2D_3$

۳ ۲۴۲ B ابتدا شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول لیتیم سولفید را به دست می‌آوریم:

★ نکته الکترون‌های مبادله شده: مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل یک مول از یک ترکیب یونی را می‌توان از یکی از روابط زیر به دست آورد:

زیروند کاتیون  $\times$  بار کاتیون = تعداد مول الکترون‌های مبادله شده  
زیروند آنیون  $\times$  قدرمطلق بار آنیون = تعداد مول الکترون‌های مبادله شده

برای مثال، به ازای تشکیل  $4/5$  گرم ترکیب یونی  $Li_2O$ ، به میزان  $9/03 \times 10^{22}$  الکترون بین فلز و نافلز مبادله می‌شود. زیرا شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای

تشکیل یک مول ترکیب برابر ۲ مول است:  $2 \times (+1) = 1 \times (-2) = 2 \text{ mol } e^-$

پس شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل  $4/5$  گرم  $Li_2O$  برابر است با:  $9/03 \times 10^{22} e^- \times \frac{1 \text{ mol } Li_2O}{30 \text{ g } Li_2O} \times \frac{6/02 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } Li_2O} = 9/03 \times 10^{22} e^-$

برای لیتیم سولفید ( $Li_2S$ ) داریم:  $2 \times (+1) = 1 \times (-2) = 2 \text{ mol } e^-$ ؛ شمار الکترون‌های مبادله شده

حال مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل  $0/6$  مول  $Li_2S$  را محاسبه می‌کنیم:  $0/6 \text{ mol } Li_2S \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Li_2S} = 1/2 \text{ mol } e^-$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):  $1 \times (-1) = -1 \times (+1) = -1 \text{ mol } e^-$

$0/9 \text{ mol } NaBr \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } NaBr} = 0/9 \text{ mol } e^-$

گزینه (۲):  $2/4 \text{ mol } e^- = 1/2 \text{ mol } CaS \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } CaS} = 2/4 \text{ mol } e^-$ ؛  $2 \text{ mol } e^- = (+2) \times 1 = 2 \text{ mol } e^-$ ؛ شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول  $CaS$

گزینه (۳):

$1/2 \text{ mol } e^- = 0/2 \text{ mol } Al_2O_3 \times \frac{6 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = 1/2 \text{ mol } e^-$ ؛  $6 \text{ mol } e^- = (+3) \times 2 = 6 \text{ mol } e^-$ ؛ شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول  $Al_2O_3$

گزینه (۴):

$0/9 \text{ mol } e^- = 0/3 \text{ mol } Li_3N \times \frac{3 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Li_3N} = 0/9 \text{ mol } e^-$ ؛  $3 \text{ mol } e^- = (+1) \times 3 = 3 \text{ mol } e^-$ ؛ شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول  $Li_3N$

۴ ۲۴۳ B بررسی گزینه‌ها:

گزینه (۱):  $1 + 2 = 3$  → تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی  $Br^- \Rightarrow CaBr_2 \Rightarrow Ca^{2+} \Rightarrow$  یون برمید،  $Ca^{2+} \Rightarrow$  یون کلسیم: کلسیم برمید

$2 + 1 = 3$  → تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی  $O^{2-} \Rightarrow K_2O \Rightarrow K^+ \Rightarrow$  یون اکسید،  $K^+ \Rightarrow$  یون پتاسیم: پتاسیم اکسید

گزینه (۲):  $1/1 = 1$  → نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها  $Mg^{2+} \Rightarrow MgS \Rightarrow Mg_2S_2 \Rightarrow S^{2-} \Rightarrow$  یون سولفید،  $Mg^{2+} \Rightarrow$  یون منیزیم: منیزیم سولفید

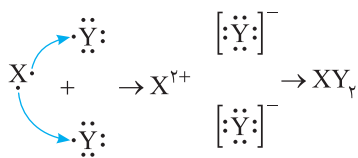
$1/1 = 1$  → نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها  $F^- \Rightarrow LiF \Rightarrow Li^+ \Rightarrow$  یون فلوئورید،  $Li^+ \Rightarrow$  یون لیتیم: لیتیم فلوئورید

گزینه (۳):  $15P^{3-}: [{}_{18}\text{Ar}] \Rightarrow$  آرایش آنیون  $\Rightarrow$  یون فسفید،  ${}_{20}\text{Ca}^{2+}: [{}_{18}\text{Ar}] \Rightarrow$  آرایش کاتیون  $\Rightarrow$  یون کلسیم: کلسیم فسفید

${}_{9}\text{F}^-: [{}_{10}\text{Ne}] \Rightarrow$  آرایش آنیون  $\Rightarrow$  یون فلوئورید،  ${}_{12}\text{Mg}^{2+}: [{}_{10}\text{Ne}] \Rightarrow$  آرایش کاتیون  $\Rightarrow$  یون منیزیم: منیزیم فلوئورید

گزینه (۴):  $F^- \Rightarrow$  یون فلوئورید،  ${}_{11}\text{Na}^+: [{}_{10}\text{Ne}] \Rightarrow$  آرایش الکترونی  $\Rightarrow$  یون سدیم: سدیم فلوئورید

$Cl^- \Rightarrow$  یون کلرید،  ${}_{20}\text{Ca}^{2+}: [{}_{18}\text{Ar}] \Rightarrow$  آرایش الکترونی  $\Rightarrow$  یون کلسیم: کلسیم کلرید



**B ۲۴۴ ۱** عبارتهای (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): عنصر  $X$  با گاز نجیب قبل از خود ( $Ar$ ) دو خانه در جدول تناوبی فاصله دارد. پس در گروه ۲ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $X_2$  است. عنصر  $Y$  با گاز نجیب بعد از خود ( $Ar$ ) یک خانه در جدول تناوبی فاصله دارد. پس در گروه ۱۷ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $(\cdot\ddot{Y}:)^-$  است.

**عبارت (ب):**  $[Ar] 3d^1 4s^2 \rightarrow K^+ \rightarrow K^+ [Ar]$  یون اکسید  $\Rightarrow$  آنیون، یون پتاسیم  $\Rightarrow$  کاتیون، پتاسیم اکسید نماد یون  $\rightarrow K^+$  آرایش الکترونی  $\rightarrow K^+ [Ar]$

یون فسفید  $\Rightarrow$  آنیون، یون سدیم  $\Rightarrow$  کاتیون: سدیم فسفید نماد یون  $\rightarrow P^{3-}$  آرایش الکترونی  $\rightarrow P^{3-} [Ar]$

**عبارت (پ):** یون‌ها به آرایش یک گاز نجیب رسیده‌اند، پس تعداد الکترون‌های یون‌ها با هم برابر است:

$$A_2 B_3: \text{کاتیون} \Rightarrow Z_1 A^{2+} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z_1 - 3, \quad Z_1 - 3 = Z_2 + 2 \Rightarrow Z_1 - Z_2 = 5$$

**عبارت (ت):** با توجه به فرمول شیمیایی ترکیب حاصل خواهیم داشت:

$$K_2 A: \text{کاتیون} \Rightarrow K^+ \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = 19 - 1 = 18, \quad Z + 2 = 18 \Rightarrow Z = 16$$

**عبارت (ث):** اتم بور با عدد اتمی ۵ و اتم کربن با عدد اتمی ۶ قادر به تشکیل یون تک‌اتمی پایدار نیستند. نخستین عنصری از دسته p که می‌تواند یون پایدار تک‌اتمی ایجاد کند، نیتروژن با عدد اتمی ۷ است. ( $N^{3-}$ )

**B ۲۴۵ ۴** عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. ابتدا باید ببینیم که عناصر  $X$  و  $A$  چه عنصرهایی هستند:

$$X: \text{عنصر روی } (Zn) \Rightarrow X: [Ar] 3d^1 4s^2 \Rightarrow X^{2+} \dots 3d^0 \Rightarrow A: \text{عنصر گوگرد } (S) \Rightarrow A: [Ne] 3s^2 3p^4$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $X$ ، که همان  $Zn$  است، فلزی واسطه از گروه ۱۲ و دوره ۴ جدول تناوبی می‌باشد. عبارت (ب): عنصر  $A$  ( $S$ )، ۱۶ الکترون و عنصر  $X$  ( $Zn$ )، ۳۰ الکترون در اتم خود دارند.  $(30 - 16 = 14)$  عبارت (پ): یون پایدار عنصر  $X$  ( $Zn$ ) به صورت  $X^{2+}$  و یون پایدار عنصر  $A$  ( $S$ )، به صورت  $A^{2-}$  است؛ بنابراین فرمول ترکیب حاصل از این دو عنصر به صورت  $XA$  ( $ZnS$ ) می‌باشد. عبارت (ت):  $A$  همان عنصر گوگرد است که همانند عنصر

$D$  در گروه ۱۶ و همانند عنصر  $E$  در دوره سوم جدول تناوبی جای دارد.

**C ۲۴۶ ۳** عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

عنصر	چندمین خانه جدول (عدد اتمی)	شماره دوره	شماره گروه	تعداد الکترون‌های ظرفیت	آرایش الکترون-نقطه‌ای	یون پایدار	آرایش الکترونی یون پایدار
A	۳	۲	۱	۱	$A \cdot$	$A^+$	$1s^2$ یا $[He]$
B	۳۵	۴	۱۷	۷	$\cdot\ddot{B} \cdot$	$B^-$	$[Ar] 3d^1 4s^2 4p^6$ یا $[Kr]$
C	۱۳	۳	۱۳	۳	$\cdot\dot{C} \cdot$	$C^{3+}$	$[Ne]$
D	۷	۲	۱۵	۵	$\cdot\ddot{D} \cdot$	$D^{3-}$	$[Ne]$
E	۸	۲	۱۶	۶	$\cdot\ddot{E} \cdot$	$E^{2-}$	$[Ne]$
F	۱۲	۳	۲	۲	$F \cdot$	$F^{2+}$	$[Ne]$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی یون پایدار عنصرها، اختلاف شمار الکترون‌های در یون‌های  $A^+$  و  $D^{3-}$  برابر ۸ و در یون‌های  $E^{2-}$  و  $F^{2+}$  برابر صفر است.

**عبارت (ب):**  $F^{2+}, E^{2-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} FE \xrightarrow{\text{نسبت شمار کاتیون به آنیون}} \frac{1}{1} = 1$

**عبارت (پ):**  $C^{3+}, E^{2-} \xrightarrow{\text{فرمول شیمیایی}} C_3 E_2 \xrightarrow{\text{تعداد آنیون‌ها در هر واحد فرمولی}} 3$

**عبارت (ت):** در ترکیب یونی حاصل از  $A$  و  $B$ ، آنیون  $B^-$  به آرایش گاز نجیب کریپتون ( $Kr$ ) رسیده است و ۳۶ الکترون دارد. در ترکیب یونی حاصل از  $A$  و  $D$ ، آنیون  $D^{3-}$  به آرایش گاز نجیب نئون ( $Ne$ ) رسیده و ۱۰ الکترون دارد.

$$26 = 36 - 10 = \text{اختلاف شمار الکترون‌ها در آنیون‌ها}$$

**C ۲۴۷ ۳** عبارتهای اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: یون  $A^-$  در آخرین لایه اشغال شده خود، یعنی لایه چهارم ۸ الکترون دارد، پس زیرلایه‌های  $4s$  و  $4p$  آن کامل پر شده‌اند ( $4s^2 4p^6$ )؛ بنابراین  $A^-$  به آرایش گاز نجیب  $Kr$  رسیده است و عنصر  $A$ ، همان  $Br$  است. (عدد اتمی  $A$  برابر ۳۵ است.) حال باید مقادیر  $a$  و  $b$  را پیدا کنیم. با توجه به آرایش الکترونی  $E^{3-}$  و  $D^{2+}$  داریم:

$$a = 10 \Rightarrow \text{۱۰ الکترون با } l = 2 \text{ دارد} \Rightarrow [Ar] 3d^1 4s^2 4p^6 : E^{3-} \quad b = 9 \Rightarrow \text{۹ الکترون با } l = 2 \text{ دارد} \Rightarrow [Ar] 3d^1 : D^{2+}$$

$$35 = 6 + 10 + a + b = 6 + 10 + 10 + 9 = 35$$





مجموع اعداد ردیف دوم جدول با عدد اتمی عنصر A یکسان و برابر ۳۵ است. **عبارت دوم:** گونه  $X^{3+}$  در زیرلایه  $3d$  خود دارای ۶ الکترون است، پس با توجه به آرایش الکترونی  $X^{3+}$ ، داریم:  $X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$  → اضافه کردن ۳ الکترون  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$  عنصر X. همان کبالت (Co) بوده و فلز قلیایی هم دوره با عنصر کبالت، پتاسیم (K) است. اختلاف عدد اتمی دو عنصر Co و K برابر ۱۹ (۲۷-۱۹) می‌باشد. **عبارت سوم:** عنصر M، همان آلومینیم (Al) است که کاتیون پایدار آن به صورت  $Al^{3+}$  است. یون  $E^{3-}$  نیز دارای آرایش هشت تایی می‌باشد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از دو عنصر M و E به صورت ME است. **عبارت چهارم:** D، همان عنصر مس (Cu) است که در ترکیب هایش دو نوع کاتیون پایدار  $Cu^+$  و  $Cu^{2+}$  را تشکیل می‌دهد، در حالی که عنصر ۳۱ جدول،  $Ga$  بوده و تنها یک کاتیون پایدار آن هم  $Ga^{3+}$  تشکیل می‌دهد. بار کاتیون‌های تشکیل شده توسط عناصر Cu و Ga مشابه نیست.

**B ۲۴۸ ۲ بررسی پرسش‌ها:**

**پرسش (الف):**  $M_p S_n \rightarrow$  فرمول شیمیایی  $S^{2-} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون سولفید  $\Rightarrow$  آنیون  $\rightarrow M^{n+} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون فلز  $M \Rightarrow$  کاتیون: سولفید فلز M پس بار یون پایدار حاصل از فلز M برابر (+۳) است.

$M_p N_p \Rightarrow MN \rightarrow$  فرمول شیمیایی  $N^{3-} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون نیتريد  $\Rightarrow$  آنیون  $\rightarrow M^{3+} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون فلز  $M \Rightarrow$  کاتیون: نیتريد فلز M **پرسش (ب):** تعداد الکترون‌های مبادله شده از رابطه (زیروند آنیون  $\times$  قدرمطلق بار آنیون) یا (زیروند کاتیون  $\times$  بار کاتیون) به دست می‌آید:

$AlF_3 \rightarrow$  فرمول شیمیایی  $F^- \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون فلوئورید  $\Rightarrow$  آنیون  $\rightarrow Al^{3+} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون آلومینیم  $\Rightarrow$  کاتیون: آلومینیم فلوئورید  $AlF_3$   $1 = 3 \text{ mol}$  مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل یک مول  $AlF_3$  برای تشکیل یک مول  $AlF_3$ ، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود.  $CaO \Rightarrow Ca_2O_2 \Rightarrow O^{2-} \rightarrow$  یون اکسید  $\Rightarrow$  آنیون  $\rightarrow Ca^{2+} \rightarrow$  یون کلسیم  $\Rightarrow$  کاتیون: کلسیم اکسید  $CaO$   $1 = 2 \text{ mol}$  مقدار مول الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول  $CaO$  برای تشکیل یک مول  $CaO$ ، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود، پس مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل ۵٪ مول از ترکیب یونی مورد نظر برابر است با:

$$? \text{ mol } e^- = \frac{5}{100} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } CaO} = 0.1 \text{ mol } e^-$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر  $\frac{3}{19}$  است. **پرسش (پ):** در اتم  $^{39}M$  داریم:  $^{39}M: n+p=39, n-p=1 \Rightarrow 2p=38 \Rightarrow p=19$  عنصر M با از دست دادن یک الکترون و ایجاد یون  $M^+$  به آرایش گاز نجیب آرگون ( $Ar$ ) می‌رسد.

$M_p O \rightarrow$  فرمول شیمیایی  $O^{2-} \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون اکسید  $\Rightarrow$  آنیون  $\rightarrow M^+ \rightarrow$  نماد یون  $\rightarrow$  یون فلز  $M \Rightarrow$  کاتیون: اکسید فلز M **شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل هر مول از یک ترکیب یونی را می‌توان طبق دو رابطه زیر به دست آورد:**  $|$ بار آنیون  $\times$  زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده  $|$ بار کاتیون  $\times$  زیروند کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

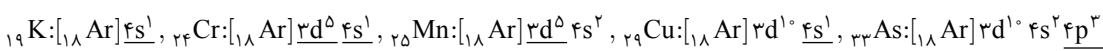
$$Al_2O_3 \text{ در } 6 \text{ mol } e^- = 3(|-2|) = 2 \times (+3) = 6 \text{ mol } e^-$$

اکنون شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل  $10/2$  گرم  $Al_2O_3$  را محاسبه می‌کنیم:

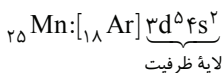
$$? \text{ mol } e^- = \frac{10}{102} \times \frac{6 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = 0.6 \text{ mol } e^-$$
 **روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{Al_2O_3 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول الکترون‌های مبادله شده}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10}{102} = \frac{x}{6} \Rightarrow x = 0.6 \text{ mol } e^-$$
 **روش دوم (کسر تناسب):**

**بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در عناصر دوره چهارم سه زیرلایه  $4s$ ،  $3d$  و  $4p$  پر می‌شوند. در بین ۱۸ عنصر این دوره، عناصر  $^{24}Cr$ ،  $^{25}Mn$  و  $^{29}Cu$  دارای زیرلایه نیمه پر هستند:

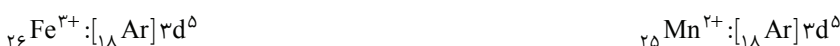


**گزینه (۲):** عناصر دسته d دوره چهارم در گروه سوم تا دوازدهم جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. پنجمین عنصر این دسته در گروه هفتم و دارای ۷ الکترون ظرفیت است:



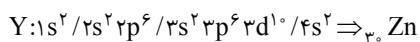
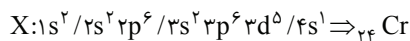
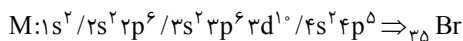
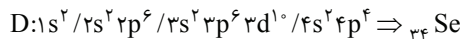
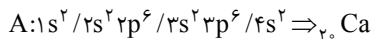
مجموع  $n+1$  الکترون‌های ظرفیت برابر است با:  $5(3+2) + 2(4+0) = 25 + 8 = 33$

**گزینه (۳):** کاتیون ترکیب  $Fe_2O_3$  دارای بار الکتريکی +۳ و کاتیون سازنده  $MnCl_4$  بار الکتريکی +۲ دارد؛ بنابراین آرایش الکترونی این دو کاتیون به صورت زیر خواهد بود:

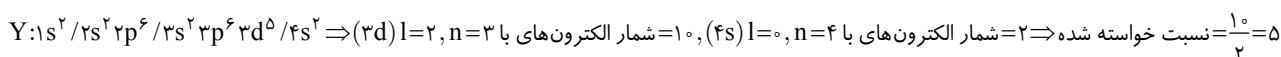
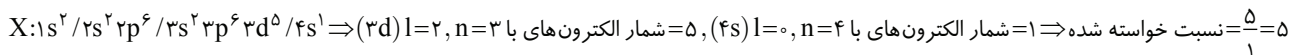


آرایش الکترونی این دو عنصر مشابه است.

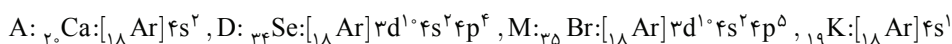
۲۵۰ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. با توجه به اطلاعات داده شده در جدول، آرایش الکترونی عناصر A، D، M، X و Y به صورت زیر خواهد بود:



**بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: عدد اتمی عناصر A و X به ترتیب برابر ۲۰ و ۲۴ بوده و اختلاف عدد اتمی آن‌ها برابر ۴ است. همچنین عدد اتمی دو عنصر Y و D به ترتیب برابر ۳۰ و ۳۴ بوده و اختلاف عدد اتمی این عناصر نیز برابر با ۴ می‌باشد. عبارت دوم: با توجه به اینکه تمامی این عناصر در دوره چهارم قرار دارند، برای رسم آرایش الکترونی فشرده آن‌ها از گاز نجیب دوره قبل، یعنی دوره سوم ( ${}_{18}\text{Ar}$ ) استفاده می‌شود. عبارت سوم: عناصر A، D، M، X و Y به ترتیب دارای ۸، ۸، ۷ و ۸ الکترون در زیرلایه‌های با  $l=0$  (زیرلایه s) خود هستند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی عناصر X و Y به صورت زیر است:



**عبارت پنجم:** آرایش الکترونی فشرده عناصر A، D، M و  ${}_{19}\text{K}$  به صورت زیر است:



دو عنصر A و D، به ترتیب یون‌های پایدار  $A^{2+}$  و  $D^{2-}$  ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت AD خواهد بود و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب برابر ۱ است.



همچنین دو عنصر M و  ${}_{19}\text{K}$  نیز به ترتیب یون‌های پایدار  $M^-$  و  $K^+$  ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت KM است و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب نیز برابر ۱ است.



۲۵۱ ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. در سؤال اشاره شده است که عناصر C، D، E، X، Y و A از عناصر اصلی می‌باشند پس جزء واسطه‌ها نیستند.

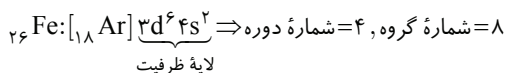
**بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در ترکیب AE مجموع قدرمطلق بار آن ۲ است پس  $A^+$  و  $E^-$  می‌باشد که قطعاً A از گروه ۱ و E از گروه ۱۷ بوده و یون حاصل از آن‌ها به آرایش گاز نجیب می‌رسد. عبارت دوم: ترکیب XY نمی‌تواند کلسیم فسفید ( $\text{Ca}_3\text{P}_2$ ) باشد، چون مجموع قدرمطلق بار آنیون و کاتیون برابر ۵ است. همچنین می‌تواند  $X^+$  و  $Y^{3-}$  باشد که باز هم کلسیم فسفید نخواهد بود. عبارت سوم: اگر کاتیون و آنیون DZ هم الکترون باشد با توجه به اینکه عناصر اصلی چهار تناوب اول هستند،  $D^{3+}$  همان  $\text{Al}^{3+}$  و  $Z^{3-}$  همان  $\text{N}^{3-}$  است و بین آن‌ها ۵ عنصر وجود دارد.

$$1 = 5 - (13 - 7) = 5 - 6 = -1 \Rightarrow (\text{عدد اتمی عنصر سبک تر} - \text{عدد اتمی عنصر سنگین تر}) = \text{تعداد عناصر میان دو عنصر}$$

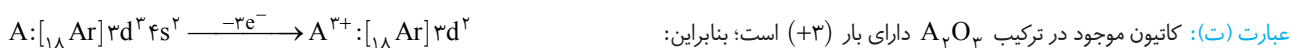
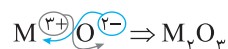
**عبارت چهارم:** در تمام ترکیبات یونی مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها و آنیون‌ها برابر است.

۲۵۲ ۳ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی عنصر A که در گروه ۵ و دوره ۴ قرار دارد به صورت  $A: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^3 4s^2$  است. بنابراین عدد

اتمی A برابر ۲۳ است. از آنجایی که فلئوئور در ترکیب با فلزات آنیون (-۱) ایجاد می‌کند؛ بنابراین بار کاتیون M برابر (+۳) است در آن ۲۳ الکترون وجود دارد، پس در اتم عنصر M، ۲۶ الکترون وجود دارد و آرایش الکترونی آن به صورت  $M: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^6 4s^2$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عدد اتمی عنصر M برابر ۲۶ است.



بنابراین اتم A،  $15 = (3 + 6 + 6)$  الکترون دارای  $l \geq 1$  هستند. عبارت (پ): عنصر M در ترکیب با فلئوئور یون  $M^{3+}$  ایجاد کرده است، پس فرمول اکسید آن می‌تواند  $M_2O_3$  باشد.



**عبارت (ث):** عدد اتمی (شمار پروتون‌ها) دو عنصر A و M به ترتیب برابر ۲۳ و ۲۶ است:

$${}_{23}A: n + p = 51, p = 23 \Rightarrow n + 23 = 51 \Rightarrow n = 28$$

$${}_{26}M: n + p = 56, p = 26 \Rightarrow n + 26 = 56 \Rightarrow n = 30$$

بنابراین اختلاف شمار نوترون‌های این دو عنصر برابر  $2(30 - 28) = 4$  است.

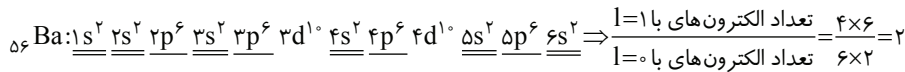


۲۵۳ C فقط عبارت (الف) نادرست است. عنصر باریم با عدد اتمی ۵۶ در گروه ۲ و تناوب ۶ و عنصر ید با عدد اتمی ۵۳ در گروه ۱۷ و تناوب ۵ جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم‌ها به صورت زیر است:



برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی، اتم باریم به یون پایدار  $\text{Ba}^{2+}$  و اتم ید به یون پایدار  $\text{I}^-$  تبدیل می‌شوند.  $\frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{1}{2}$

عبارت (ب): اختلاف شماره گروه این دو عنصر برابر ۱۵ (۲-۱۷) است. در اتم باریم ۶ لایه و در اتم ید ۵ لایه الکترونی از الکترون اشغال شده است. عبارت (پ): عنصر  ${}_{20}\text{Ca}$  دارای ۲ الکترون ظرفیت است و در گروه ۲ جدول دوره‌ای با عنصر باریم هم گروه است. ید عنصری از دوره پنجم جدول دوره‌ای است که با عنصر  ${}_{43}\text{Tc}$  هم دوره می‌باشد. عبارت (ت): آرایش الکترونی باریم به صورت زیر است:



۲۵۴ A پیوند اشتراکی، پیوندی است که سبب اتصال دو اتم نافلز به یکدیگر در مولکول می‌شود. به عبارت دیگر اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چنداتی را بسازند.

۲۵۵ A فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گاز کلر خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد و از مولکول‌های دواتمی ( $\text{Cl}_2$ ) تشکیل شده است.

عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر، می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت مقابل نشان داد:  $\cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot + \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot \rightarrow \cdot \ddot{\text{Cl}} : \ddot{\text{Cl}} :$  یا  $\cdot \ddot{\text{Cl}} - \ddot{\text{Cl}} \cdot$   
عبارت (پ): هر اتم کلر، تک الکترون لایه ظرفیت خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد؛ به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای، به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این شرایط هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.  
عبارت (ت): جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول  $\text{Cl}_2$ ، نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی) است، این پیوند سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است.

۲۵۶ A عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم‌هاست و مبنای رفتار شیمیایی اتم‌ها رسیدن به پایداری است. پس ملاک اتم‌ها برای تشکیل پیوندهای یونی یا کووالانسی رسیدن به آرایش پایدار گازهای نجیب است. عبارت (ب): در مولکول کلر، هر اتم کلر تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است. عبارت (پ): در شرایط مناسب اتم نافلزها می‌توانند با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌های دو یا چنداتی بسازند. عبارت (ت): آرایش الکترون-نقطه‌ای مولکول‌های آب و اکسیژن به صورت زیر است:



عبارت (ث): فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۶ جدول دوره‌ای به صورت  $\text{H}_2\text{X}$  است. آرایش الکترون-نقطه‌ای عناصر این گروه به صورت  $\cdot \ddot{\text{X}} \cdot$  می‌باشد.

۲۵۷ B آرایش الکترون-نقطه‌ای عنصرهای گروه ۱۴ تا ۱۷ به ترتیب به صورت  $(\cdot \ddot{\text{X}} \cdot)$ ،  $(\cdot \ddot{\text{X}} \cdot)$ ،  $(\cdot \ddot{\text{X}} \cdot)$  و  $(\cdot \ddot{\text{X}} \cdot)$  است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، ترکیب هیدروژن‌دار این عنصرها به ترتیب دارای ۴، ۳، ۲ و ۱ اتم هیدروژن خواهد بود. بررسی گزینه‌ها:  
گزینه (۱): این مولکول دارای یک جفت الکترون غیراشتراکی روی اتم مرکزی (X) است.

گزینه (۲): این مولکول از دو اتم تشکیل شده است.

گزینه (۳): این مولکول دارای دو پیوند اشتراکی (کووالانسی) است.

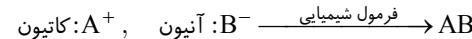
گزینه (۴): این مولکول از یک اتم X و ۴ اتم هیدروژن تشکیل شده است. اتم X دارای ۴ الکترون ظرفیت و هر اتم هیدروژن دارای ۱ الکترون ظرفیت است:  
 $4 + 4(1) = 8 =$  مجموع تعداد الکترون‌های ظرفیت در مولکول

۲۵۸ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نافلزها می‌توانند با گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابند. عناصر گروه ۱۸ جدول دوره‌ای (گازهای نجیب) نافلز هستند ولی با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک نمی‌گذارند. عبارت (ب): هیدروژن و کلر دو عنصر نافلز هستند. اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌ها را می‌سازند.

عبارت (پ): مولکول‌ها را به شیوه‌های مختلف می‌توان نمایش داد. یکی از آن‌ها، مدل فضا پرکن است. در این مدل علاوه بر نوع و تعداد عنصرهای سازنده، نحوه قرارگیری اتم‌ها نسبت به یکدیگر نیز مشخص می‌شود. به عنوان مثال مدل فضا پرکن مولکول متان ( $\text{CH}_4$ ) و مولکول هیدروژن کلرید ( $\text{HCl}$ ) به صورت روبه‌رو است. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم‌های A و B به صورت زیر است:

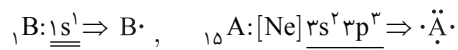


عنصر A با از دست دادن یک الکترون ظرفیت خود و عنصر B با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند، پس ترکیب حاصل از آن‌ها، یک ترکیب یونی است:

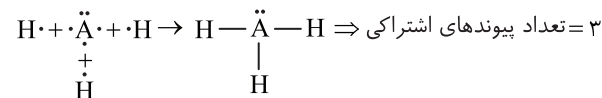


\* **توجه** به کار بردن واژه‌های مولکول، جرم مولکولی و فرمول مولکولی برای ترکیب‌های یونی نادرست است و به جای آن‌ها می‌توان از واژه‌های واحد فرمولی، جرم مولی و فرمول شیمیایی استفاده کرد.

**عبارت (ث):** با توجه به لایه ظرفیت اتم‌ها، آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها به صورت روبه‌رو است:



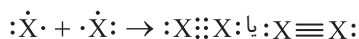
براساس قاعده هشت‌تایی، اتم A برای تکمیل لایه ظرفیت خود به ۳ الکترون نیاز دارد. اتم B نیز همان هیدروژن است و به آرایش دوتایی هلیوم می‌رسد.



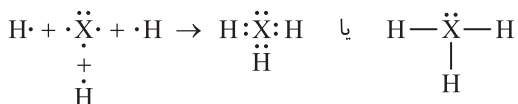
**۲۵۹ (B) ۳** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** مولکول‌های آب به صورت خمیده (V شکل) هستند. مدل

فضاپرکن مولکول آب به صورت مقابل است.

**عبارت (ب):** در مدل فضاپرکن داده شده، اتم مرکزی به ۴ اتم از یک نوع عنصر متصل شده است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم باید چهار پیوند اشتراکی تشکیل داده باشد. **عبارت (پ):** با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم X و در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی داریم:

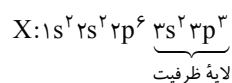


در ساختار این مولکول بین دو اتم X، یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. **عبارت (ت):** در مدل فضاپرکن داده شده، اتم مرکزی به سه اتم از یک نوع عنصر متصل شده است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم برای رسیدن به آرایش پایدار نیازمند ۳ الکترون بوده است که از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های سه اتم هیدروژن آن را تأمین کرده است. پس این اتم دارای ۵ الکترون ظرفیت و متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی است و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $(\cdot \ddot{X} \cdot)$  است.



**۲۶۰ (B) ۱** بررسی پرسش‌ها: **پرسش (الف):** برای زیرلایه p، عدد کوانتومی فرعی  $l=1$  است. مطابق قاعده آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های p به صورت

$(2p \leftarrow 3p \leftarrow 4p \dots)$  است. پس این اتم در زیرلایه ۳p خود دارای ۳ الکترون است و آرایش الکترونی آن به صورت زیر است:



با توجه به تعداد الکترون‌های ظرفیت، آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم X به صورت  $(\cdot \ddot{X} \cdot)$  است و فرمول مولکولی ترکیب هیدروژن‌دار آن به صورت  $XH_3$  است. **پرسش (ب):** در مولکول  $CO_2$ ، اتم کربن دارای ۴ الکترون ظرفیت و هر اتم

اکسیژن دارای ۶ الکترون ظرفیت است. پس:  $16 = 4 + 2(6) = 4 + 2(6) = 16$  مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت در مولکول  $CO_2$

$4 = \text{تعداد پیوندهای کووالانسی} \Rightarrow \ddot{O} = C = \ddot{O}$  یا  $\ddot{O} :: C :: \ddot{O}$  :  $\ddot{O} \cdot + \cdot \ddot{O} \cdot + \cdot \ddot{O} \cdot \rightarrow$

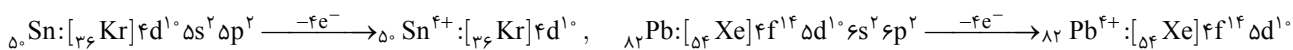
پس نسبت خواسته شده برابر  $4 \left( \frac{16}{4} \right)$  است.

\* **توجه** هر پیوند اشتراکی متشکل از یک جفت الکترون است. در شمارش تعداد پیوندها، پیوندهای دوگانه و سه‌گانه را به ترتیب ۲ و ۳ پیوند در نظر بگیرید.



**۲۶۱ (B) ۴** همه عبارت‌ها به‌جز عبارت (الف)، درست هستند. با توجه به اینکه X عنصری اصلی بوده و دارای ۴ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین این عنصر در دسته p و

گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار داشته و لایه ظرفیت آن به صورت  $ns^2 np^2$  می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** سه عنصر ابتدایی گروه چهاردهم، یعنی C، Si و Ge تمایلی به از دست دادن الکترون ندارند و در واکنش‌های شیمیایی الکترون به اشتراک می‌گذارند. دو عنصر بعدی این گروه، یعنی Sn و Pb فلز بوده و در واکنش با دیگر عناصر الکترون از دست می‌دهند، اما دقت کنید که قلع و سرب با از دست دادن الکترون به آرایش هشتایی گاز نجیب نمی‌رسند.

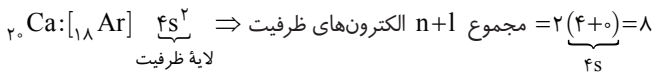


**عبارت (ب):** آرایش الکترونی عنصری با عدد اتمی ۳۲ به صورت  $[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^2$  است. این عنصر همان Ge ۳۲ است که در دوره چهارم و گروه چهاردهم قرار گرفته است. **عبارت (پ):** عنصر کربن از این گروه در واکنش با هیدروژن، گاز  $CH_4$  را به وجود می‌آورد. **عبارت (ت):** از ایزوتوپ  ${}^{12}_6C$  به‌عنوان مبنای

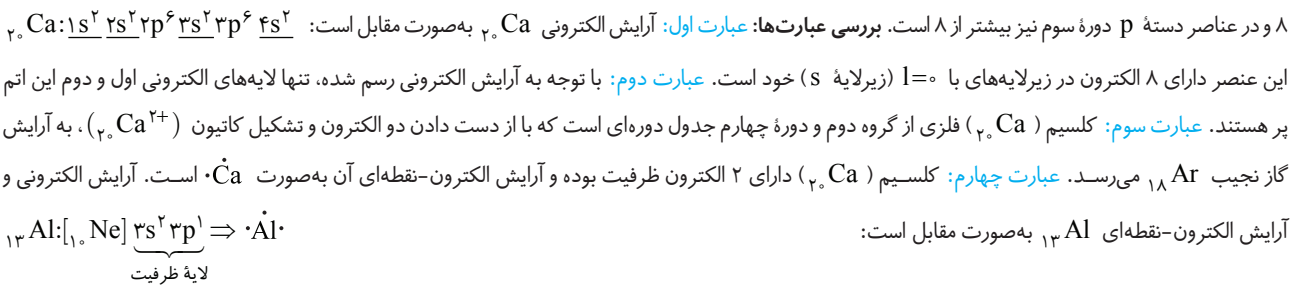
اندازه‌گیری جرم اتمی استفاده می‌شود. مبنای جرم اتمی را معادل  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ در نظر می‌گیرند و جرم اتم‌ها را براساس آن اندازه‌گیری می‌کنند.



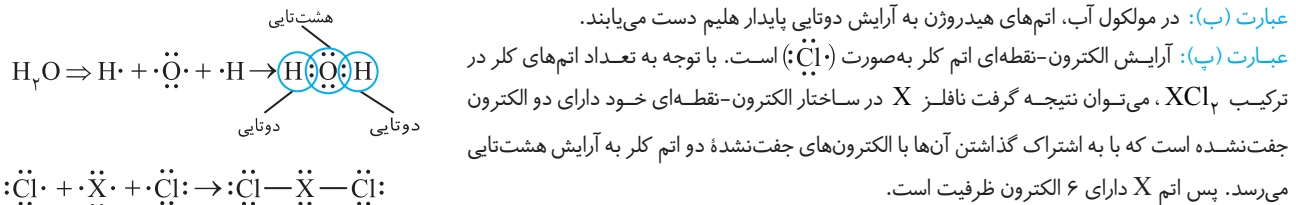
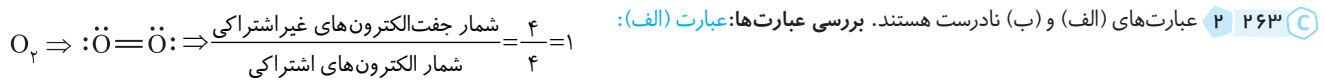
تنها عبارت اول درست است. تنها عنصری که مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت آن برابر ۸ باشد، عنصر کلسیم (Ca) است.



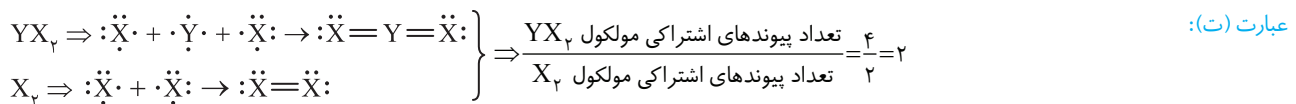
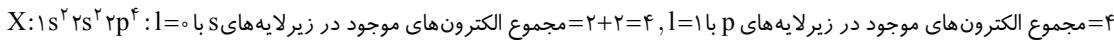
**\* توجه** مجموع  $n+l$  الکترون‌های ظرفیت در عناصر دسته  $d$  و  $p$  دوره چهارم بیشتر از ۸ خواهد بود. همین‌طور این مقدار در عناصر دسته  $s$  دوره‌های اول تا سوم کمتر از ۸ و در عناصر دسته  $p$  دوره سوم نیز بیشتر از ۸ است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آرایش الکترونی  ${}_{20}\text{Ca}$  به صورت مقابل است:



**عبارت پنجم:** کلسیم در واکنش با کلر، ترکیبی یونی با فرمول شیمیایی  $\text{CaCl}_2$  تشکیل می‌دهد. دقت کنید که استفاده از واژه مولکول برای ترکیبات یونی از لحاظ علمی اشتباه است، زیرا ذره‌های سازنده این ترکیبات، یون‌ها بوده و در ساختار آن‌ها هیچ مولکولی وجود ندارند.

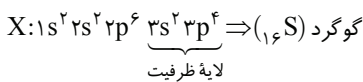


اگر  $\text{X}$  عنصری از دوره دوم جدول دوره‌ای باشد، آرایش الکترونی اتم آن به صورت زیر است:



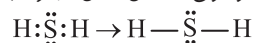
**عبارت (ث):** فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۴ به صورت  $\text{XH}_4$  است و مدل فضاپرکن آن به درستی نمایش داده شده است.

**عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. ضریب آخرین زیرلایه اتم‌ها برابر با شماره دوره آن‌هاست؛ بنابراین عنصر  $\text{X}$  در گروه ۱۶ و دوره سوم جدول جای دارد و آرایش الکترونی آن به صورت مقابل است:**



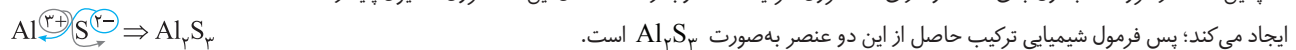
**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، در بیرونی‌ترین لایه این عنصر ( $n=3$ )، ۶ الکترون در زیرلایه‌های  $3s^2$  و  $3p^4$  قرار دارد.

**عبارت (ب):** آرایش الکترون نقطه‌ای این عنصر و هیدروژن به ترتیب به صورت  $\cdot\overset{\cdot}{\text{S}}\cdot$  و  $\text{H}\cdot$  است؛ بنابراین ساختار لوویس ترکیب مولکولی حاصل از این دو ترکیب به صورت مقابل خواهد بود:

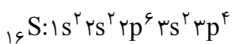


در آرایش الکترون نقطه‌ای رسم شده، ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. **عبارت (پ):** عنصر مورد نظر در گروه ۱۶ قرار داشته و آنیون پایدار  $\text{S}^{2-}$  ایجاد می‌کند.

همچنین  $\text{Al}$  در گروه ۱۳ جدول جای داشته و دارای ۳ الکترون ظرفیت است و با از دست دادن این ۳ الکترون، کاتیون پایدار  $\text{Al}^{3+}$



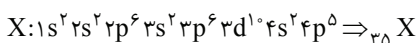
**عبارت (ت):** آرایش الکترونی عنصر گوگرد ( ${}_{16}\text{S}$ ) به صورت مقابل است:



این عنصر دارای ۶ الکترون در زیرلایه‌های  $s$  ( $l=0$ ) و ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های  $p$  ( $l=1$ ) می‌باشد؛ بنابراین نسبت شمار الکترون‌ها با  $l=0$  به شمار الکترون‌ها با  $l=1$

برابر  $\frac{10}{6} = \frac{5}{3}$  است.

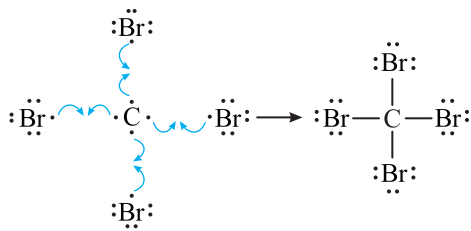
**عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. آرایش الکترونی عنصری با ۱۷ الکترون در زیرلایه‌های  $p$  ( $l=1$ ) به صورت زیر خواهد بود:**



**بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و دوم:** آرایش الکترونی فشرده این عنصر به صورت مقابل است:

$$\text{X}: [18\text{Ar}] 3d^1 \underbrace{4s^2 4p^5}_{\text{لایه ظرفیت}}$$





با توجه به آرایش رسم شده،  $X$  عنصری از دسته  $p$  و دارای  $7$  الکترون ظرفیت بوده و در گروه هفدهم و دوره چهارم جدول تناوبی جای دارد. عبارت سوم: عناصر گروه‌های  $6$  و  $11$  جدول تناوبی که در دوره‌های چهارم تا هفتم هستند، از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند. آرایش الکترونی لایه ظرفیت این عناصر به صورت  $(n-1)d^5ns^1$  و  $(n-1)d^1ns^1$  می‌باشد. عنصر  $X$  در دوره  $4$  جدول دوره‌ای قرار دارد، پس با دو عنصر  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{24}\text{Cr}$  از دوره  $4$  که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند، هم‌دوره است.

**عبارت چهارم:** عنصر  $X$  همان  ${}_{35}\text{Br}$  است که در گروه هالوژن‌ها قرار دارد و با گرفتن یک الکترون، آنیون پایدار  $\text{Br}^-$  ایجاد می‌کند. سدیم نیز در گروه اول جدول جای دارد و کاتیون‌های یک بار مثبت ( $\text{Na}^+$ ) ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت  $\text{NaX}$  ( $\text{NaBr}$ ) خواهد بود. عبارت پنجم: هر اتم کربن دارای  $4$  تک‌الکترون و هر اتم  $\text{Br}$  دارای یک الکترون منفرد می‌باشد؛ بنابراین ترکیب حاصل به صورت  $\text{CBr}_4$  خواهد بود.

**۳ ۲۶۶ C** عبارتهای اول و دوم درست هستند. آرایش الکترونی فشرده و عدد اتمی عناصر  $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$  به صورت زیر خواهد بود:



**بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر  $B$  در گروه اول و عنصر  $C$  در گروه پانزدهم جدول دوره‌ای قرار دارند و به ترتیب یون‌های  $\text{B}^+$  و  $\text{C}^{3-}$  ایجاد می‌کنند. فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت  $\text{B}_3\text{C}$  می‌باشد. لیتیم و نیتروژن نیز عناصری از گروه‌های اول و پانزدهم جدول هستند و فرمول شیمیایی ترکیب یونی آن‌ها به صورت  $\text{Li}_3\text{N}$  می‌باشد. نسبت شمار کاتیون به آنیون در هر دو ترکیب با یکدیگر مساوی و برابر  $3$  است. عبارت دوم:  $A$  در گروه شانزدهم قرار داشته و آنیون پایدار آن  $\text{A}^{2-}$  می‌باشد.  $B$  نیز در گروه اول جدول جای داشته و کاتیون پایدار  $\text{B}^+$  ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر به صورت  $\text{B}_4\text{A}$  است. عبارت سوم: عنصر  $C$  در گروه پانزدهم جدول جای داشته و دارای  $5$  الکترون ظرفیت می‌باشد؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $\cdot\dot{\text{C}}\cdot$  بوده و با گرفتن سه الکترون به آرایش گاز نجیب  ${}_{10}\text{Ne}$  می‌رسد. عبارت چهارم: عنصر  $D$  همان  ${}_{20}\text{Ca}$  می‌باشد که در گروه دوم و دوره چهارم جدول قرار دارد و در واکنش با نافلزها، کاتیون پایدار  $\text{Ca}^{2+}$  ایجاد می‌کند. گوگرد ( $S$ ) نیز در گروه شانزدهم جدول جای داشته و آنیون پایدار  $\text{S}^{2-}$  ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت  $\text{CaS}$  خواهد بود.

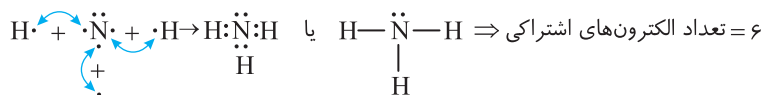
**۳ ۲۶۷ C** همه موارد به جز مورد چهارم جمله را به درستی کامل می‌کنند. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت اول: تعداد اتم‌های هیدروژن در  $12$  گرم  $\text{C}_4\text{H}_6$  برابر است با:

$$? \text{ atom H} = 12 \text{ g C}_4\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_6}{30 \text{ g C}_4\text{H}_6} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_6} \times \frac{6 \text{ atom H}}{1 \text{ molecule}} = 2/4 N_A \text{ atom H}$$

تعداد اتم‌های کربن در  $48$  گرم  $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$  برابر است با:

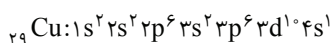
$$? \text{ atom C} = 48 \text{ g C}_3\text{H}_4\text{O} \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_4\text{O}}{60 \text{ g C}_3\text{H}_4\text{O}} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_4\text{O}} \times \frac{3 \text{ atom C}}{1 \text{ molecule}} = 2/4 N_A \text{ atom C}$$

**عبارت دوم:** فراوان‌ترین ایزوتوپ لیتیم  ${}^6_3\text{Li}$  است. این ایزوتوپ دارای  $3$  پروتون،  $4$  نوترون و  $3$  الکترون است، پس جمعاً  $10$  ذره زیراتمی دارد. گاز نجیب دوره دوم جدول دوره‌ای نئون ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) است که  $10$  پروتون دارد. عبارت سوم: برای زیرلایه  $p$ ، عدد کوانتومی فرعی برابر  $1$  است. مطابق قاعده آفبا آرایش الکترونی عنصری که  $3$  الکترون با  $l=1$  داشته باشد به صورت  $1s^2 2s^2 2p^3$  است. پس این اتم  $5$  ( $2+3$ ) الکترون ظرفیت دارد و همان  ${}_{7}\text{N}$  است. اتم  $\text{N}$  برای تکمیل لایه ظرفیت خود و رسیدن به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب  $3$  الکترون جفت‌نشده خود را با الکترون‌های سه اتم هیدروژن به اشتراک می‌گذارد و مولکول  $\text{NH}_3$  را می‌سازد.

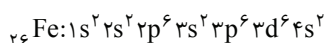


در ترکیب  $\text{HBr}$ ،  $6$  الکترون غیراشتراکی روی اتم برم وجود دارد.

**عبارت چهارم:** آرایش الکترونی اتم  ${}_{29}\text{Cu}$  به صورت روبه‌رو است:



مجموع  $l$  و  $n$  زیرلایه‌های  $3p$  و  $4s$  برابر  $4$  است، پس در این اتم  $7$  الکترون در زیرلایه‌هایی که  $n+l$  آن‌ها برابر  $4$  است، وجود دارد.



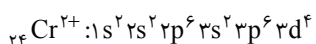
آرایش الکترونی اتم  ${}_{26}\text{Fe}$  به صورت روبه‌رو است:

حاصل  $n-l$  برای زیرلایه‌های  $1s$ ،  $2p$  و  $3d$  برابر  $1$  است، پس در این اتم  $14$  الکترون در زیرلایه‌هایی که  $n-l$  آن‌ها برابر  $1$  است، قرار دارند.



**عبارت پنجم:** سومین عنصر فراوان سیاره زمین سیلیسیم ( ${}_{14}\text{Si}$ ) است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت مقابل است:

پس آرایش الکترون-نقطه‌ای این عنصر به صورت  $\cdot\dot{\text{Si}}\cdot$  می‌باشد و در آن چهار الکترون منفرد وجود دارد. آرایش  ${}_{24}\text{Cr}^{2+}$  به صورت زیر است و در زیرلایه  $d$



( $l=2$ )، چهار الکترون وجود دارد:



$${}^{31}\text{X}^q: n+p=31, p+n+e=49 \xrightarrow{n=31-p} p+(31-p)+e=49 \Rightarrow 31+e=49 \Rightarrow e=18$$

بنابراین شمار الکترون‌های این یون برابر ۱۸ بوده و گونه  $\text{X}$  ممکن است یک کاتیون یا یک آنیون باشد. با توجه به نامشخص بودن بار گونه  $\text{X}$ ، شمار الکترون‌های آن می‌تواند از نوترون‌هایش بیشتر یا کمتر باشد؛ بنابراین هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:

$$e > n \Rightarrow e - n = 2 \xrightarrow{e=18} n = 16$$

$$n + p = 31 \Rightarrow 16 + p = 31 \Rightarrow p = 15$$

$$\text{X}^q \text{ بار گونه} = p - e = 15 - 18 = -3$$

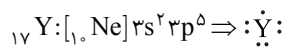
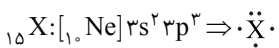
این پاسخ قابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۵، با دریافت ۳ الکترون، آنیون ۳ بار منفی تشکیل داده و به آرایش گاز نجیب می‌رسد.

$$e < n \Rightarrow n - e = 2 \xrightarrow{e=18} n = 20$$

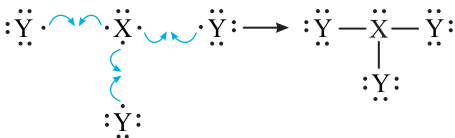
$$n + p = 31 \Rightarrow 20 + p = 31 \Rightarrow p = 11$$

$$\text{X}^q \text{ بار گونه} = p - e = 11 - 18 = -7$$

این پاسخ غیرقابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۱، در گروه اول جدول تناوبی جای داشته و با از دست دادن یک الکترون، کاتیون یک بار مثبت ایجاد می‌کند. (نه آنیونی با بار منفی ۷!) در ادامه، آرایش الکترونی و ساختار الکترون-نقطه‌ای دو عنصر  $\text{X}$  و  $\text{Y}$  را رسم می‌کنیم:



عناصر  $\text{X}$  و  $\text{Y}$  به ترتیب از گروه‌های پنزدهم و هفدهم جدول تناوبی بوده و در واکنش با یکدیگر الکترون به اشتراک می‌گذارند؛ بنابراین این دو عنصر در واکنش با یکدیگر ترکیب مولکولی ایجاد کرده و پیوند بین اتم‌های آن‌ها از نوع اشتراکی (کووالانسی) است.



۱ ۲۶۹ فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید به صورت  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بوده و شمار الکترون‌های مبادله شده در تشکیل یک مول از آن طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{مول } e^- = 2(+3) = 3(-2) = 6 \text{ mol } e^-$$

$$? \text{ g Al}_2\text{O}_3 = \frac{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3}{6 \text{ mol } e^-} \times \frac{102 \text{ g Al}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} = 10/2 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{6} = \frac{10}{2} \Rightarrow x = 10/2 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$? \text{ CO}_2 = \frac{3 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol CO}_2} = 2/4 N_A$$

عبارت (ب):

$$? \text{ H}_2\text{O} = \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{3 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 2/4 N_A$$

عبارت (پ):

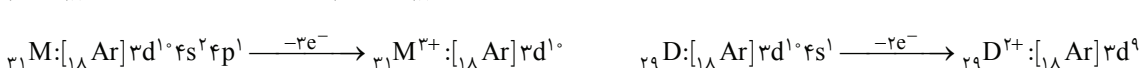
$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(39 \times 6) + (40 \times 24)}{30} = \frac{234 + 960}{30} = 39/8 \text{ amu}$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + P_2(M_2 - M_1) \Rightarrow \bar{M} = 39 + \frac{24}{30}(40 - 39) = 39 + 0/8 = 39/8 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

عبارت (ت): آرایش الکترونی عناصر  $\text{A}$ ،  $\text{M}$  و  $\text{D}$  و کاتیون‌های آن‌ها به صورت مقابل است:



عبارت (ث): نخستین عنصر گروه ۱۴، کربن (C) است که در ترکیب‌های خود با اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش گاز نجیب نئون ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) می‌رسد. همچنین از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های سرخ‌فام استفاده می‌شود.

## شیمی ۱: فصل دوم

## پاسخ تشریحی

۲۷۰ (A) عبارتهای (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف): لایه فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود. عبارت (پ): میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آن‌ها برای ساکنان زمین سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فرآورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیاره‌ی خاکی نیست.

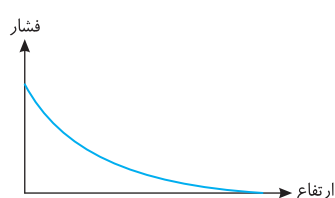
۲۷۱ (A) عبارتهای (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (پ): اغلب (نه همه!) گازها نامرئی هستند. فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیواره‌ی ظرف است. عبارت (ت): روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست. برای مثال دمای هوا در لایه‌ی اول (تروپوسفر) از  $14^{\circ}\text{C}$  به  $-55^{\circ}\text{C}$  رسیده و در لایه‌ی دوم (استراتوسفر) از  $-55^{\circ}\text{C}$  به  $7^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. این در حالی است که فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد و نمی‌تواند دلیلی بر لایه‌ای بودن هواکره باشد. عبارت (ث): در میان سیاره‌های سامانه خورشیدی تنها زمین اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. به عبارت دیگر اتمسفر سایر سیاره‌ها برای سکونت و حیات انسان مناسب نیست.

۲۷۲ (A) بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: حدود ۷۵٪ از جرم هواکره در لایه‌ی تروپوسفر قرار دارد و پس از آن هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. عبارت دوم: جاذبه‌ی زمین، مانع از خروج گازهای سازنده‌ی هواکره از اتمسفر زمین می‌شود. عبارت سوم: با افزایش ارتفاع و فاصله از سطح زمین، تعداد ذره‌های گازی در واحد حجم کاهش می‌یابد و به همین دلیل فشار کمتر می‌شود. عبارت چهارم: با افزایش فاصله از سطح زمین، دما در فواصلی کاهش و در فواصلی افزایش می‌یابد.

۲۷۳ (B) عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): با توجه به شکل کتاب درسی، دما در انتهای لایه‌ی دوم هواکره (استراتوسفر) و ابتدای لایه‌ی سوم نیز مقداری بالاتر از صفر درجه سلسیوس است. عبارت (پ): دو گاز نیتروژن و اکسیژن در ارتفاع‌های بالا، حتی بالاتر از  $80$  کیلومتر نیز یافت می‌شوند، اما آب در این ارتفاع حضور ندارد، زیرا دما در این ارتفاع به حدی پایین است که این ماده نمی‌تواند به صورت گاز وجود داشته باشد. عبارت (ت): در سه لایه‌ی اول هواکره، ترکیب هوا تقریباً ثابت و متشکل از گازهای نیتروژن، اکسیژن، کربن دی‌اکسید و اوزون است.

\* توجه: در این لایه‌ها گازهای تک‌اتمی یا چنداتمی نیز وجود دارند، اما مقدار آن‌ها کمتر بوده و در مقایسه با گازهای نام برده شده ناچیز هستند.

۲۷۴ (A) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، شمار ذره‌ها در واحد حجم (فشار هوا) همانند دما در لایه‌ی اول هواکره (تروپوسفر) کاهش می‌یابد. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد، در حالی که دمای هوا در لایه‌ی دوم هواکره (استراتوسفر) با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد. گزینه (۲): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، مقدار (غلظت) گازهای هواکره کاهش می‌یابد، به همین دلیل چگالی هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد. در لایه‌ی سوم هواکره نیز، پس از عبور از لایه‌ی استراتوسفر مجدداً دما روند کاهشی داشته و از  $7^{\circ}\text{C}$  تا حدود  $-87^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. گزینه (۴): همان‌طور که در توضیح گزینه‌های قبل گفتیم، دما در لایه‌ی دوم هواکره برخلاف لایه‌ی سوم روند افزایشی داشته و با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد.



۲۷۵ (A) عبارتهای (الف) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مقدار فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد، اما این روند به صورت خطی نبوده و هر چه ارتفاع بیشتر می‌گردد، اندازه شیب نمودار فشار برحسب ارتفاع کاهش می‌یابد؛ بنابراین نمودار فشار برحسب ارتفاع می‌بایست به صورت سهمی رسم گردد. عبارت (ب): فشار گازهای موجود در هواکره در همه جهت‌ها و به میزان یکسان بر اجسام وارد می‌شود، زیرا هوا همچون اقیانوسی ما را دربرگرفته و به همین دلیل فشار آن در همه جهت‌ها بر اجسام یکسان است. عبارت (پ): در لایه‌ی تروپوسفر با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود  $6$  درجه سلسیوس افت می‌کند. عبارت (ت): بیشترین مقدار بخار آب در هواکره مربوط به لایه‌ی تروپوسفر است. تغییرات آب و هوای زمین در لایه‌ی تروپوسفر رخ می‌دهد.

۲۷۶ (B) موارد دوم و پنجم در لایه‌های بالای هواکره با ارتفاع بیش از  $80\text{ km}$  یافت می‌شود. در ارتفاع بیش از  $80$  کیلومتری سطح زمین، گونه‌هایی مانند  $\text{O}_2$ ،  $\text{N}_2$ ،  $\text{N}_2^+$ ،

$\text{H}^+$ ،  $\text{O}^+$ ،  $\text{O}_2^+$  و  $\text{He}^+$  یافت می‌شوند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در این لایه کاتیون دواتمی مانند  $\text{N}_2^+$  و  $\text{O}_2^+$  یافت می‌شود، اما آنیون تک‌اتمی وجود ندارد.

عبارت دوم: در این لایه یون  $\text{H}^+$  که فقط شامل یک پروتون بوده و یون  $\text{He}^+$  که کاتیون یک گاز نجیب است، یافت می‌شود. عبارت سوم: در این لایه مولکول‌های اکسیژن برخلاف اوزون یافت می‌شوند. عبارت چهارم: در این لایه ذره‌های تک‌اتمی مانند اتم اکسیژن یافت می‌شود، اما مولکول کربن دی‌اکسید یافت نمی‌شود. عبارت پنجم: در این لایه، یون  $\text{H}^+$  وجود دارد که همان پروتون است. جرم پروتون  $1.673 \times 10^{-27}\text{ amu}$  است. همچنین در این لایه  $\text{O}^+$  وجود دارد. اکسیژن دومین عنصر فراوان سیاره‌ی زمین است.

۲۷۷ (A) ابتدا دمای هوا در ابتدای لایه‌ی استراتوسفر را برحسب کلون محاسبه می‌کنیم:

بنابراین دمای هوا در این لایه  $40$  کیلومتری، از  $220$  کلون در ابتدای لایه به  $280$  کلون در انتهای آن رسیده است. با فرض یکنواخت بودن افزایش دما در این لایه خواهیم داشت:

$$\Delta\theta = a \times \Delta h \Rightarrow 280 - 220 = a \times 40 \Rightarrow a = 1/5 \frac{\text{K}}{\text{km}}$$

پس در این لایه به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما به اندازه  $1/5$  کلون افزایش می‌یابد.

۲۷۸ (B) می‌دانیم دمای هوا در لایه‌ی تروپوسفر به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع،  $6$  درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. با توجه به ارتفاع هواپیمای A، ابتدا دما را در سطح

زمین برحسب درجه سلسیوس محاسبه می‌کنیم:

حال با توجه به دمای سطح زمین و دمای هوای اطراف هواپیمای B، می‌توان ارتفاع این هواپیما را نیز محاسبه کرد. توجه کنید که ابتدا می‌بایست دمای هوای اطراف

هواپیمای B را برحسب درجه سلسیوس محاسبه کنیم؛ بنابراین می‌توان نوشت:  $231 - 273 = -42^{\circ}\text{C}$  = دمای هوای اطراف هواپیمای B برحسب درجه سلسیوس

$$\Delta\theta = -6 \times \Delta h \Rightarrow -42 - (12) = -6(h_B - 0) \Rightarrow h_B = 9\text{ km}$$



۲ ۲۷۹ B ابتدا دمای سطح زمین را برحسب کلونین به دست می آوریم و سپس ارتفاعی را که در آن دما ۲۱۵K است محاسبه می کنیم:

$$T_1 = \theta_1 + 273 = 14 + 273 = 287K \quad \Delta T = -6 \times \Delta h \Rightarrow 215 - 287 = -6 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = 12km$$

می دانیم که با هر ۳ کیلومتر افزایش ارتفاع، فشار به میزان ۱/۴ اتمسفر کاهش می یابد. پس در ارتفاع ۱۲km، فشار ۱/۴ atm کاهش می یابد و به ۰/۶ atm می رسد.

$$P_p = P_1 - \left(\frac{1}{3} \times \frac{1}{4}\right) = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} atm$$

۲ ۲۸۰ B ابتدا رابطه میان ارتفاع از سطح و فشار هوا را می یابیم، سپس با کمک ارتفاع به دست آمده، دمای هوا را محاسبه می کنیم:

$$P = P_0 \left(\frac{h}{8}\right)^2 \Rightarrow 0.64 = 1 \times \left(\frac{h}{8}\right)^2 \Rightarrow h = 4km, \Delta\theta = -6 \times \Delta h \Rightarrow \theta - 14 = -6(4 - 0) \Rightarrow \theta = -10^\circ C, T(K) = 273 + (\theta^\circ C) = 273 + (-10) = 263K$$

۳ ۲۸۱ A عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت (ت): هواکره می تواند منبع ارزشمندی برای تهیه برخی گازها باشد.

\* توجه مقدار برخی گازها در هواکره به قدری پایین است که نمی توان آن ها را استخراج کرد. همچنین برخی گازها نیز به دلیل واکنش پذیری زیاد در هواکره وجود ندارند.

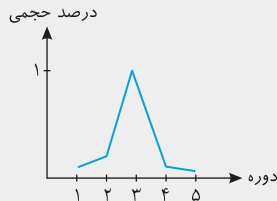
۱ ۲۸۲ A گازهای A، B، C و D به ترتیب نیتروژن، بخار آب، کربن دی اکسید و اکسیژن هستند؛ بنابراین همه عبارتهای بیان شده درست هستند. بررسی عبارت ها:

عبارت (الف): گیاهان در فرایند فتوسنتز با بهره گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می کنند. عبارت (ب): جانداران ذره بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می کنند. عبارت (پ): رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. عبارت (ت): از گاز نیتروژن برای پر کردن تایر خودروها، در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه های بیولوژیک در پزشکی استفاده می شود.

۲ ۲۸۳ B

**نکته ترکیب اجزای سازنده هواکره:**

۱- جدول مقابل مربوط به اجزای سازنده تروپوسفر در یک نمونه هوای پاک و خشک است. ۲- بیش از ۹۹٪ اجزاء هوا را گازهای  $N_2$  و  $O_2$  تشکیل می دهند. ۳- درصد حجمی آرگون به عنوان سومین گاز فراوان، کمتر از ۱ درصد است. ۴- مجموع درصد حجمی تمامی گازها به جز  $N_2$  و  $O_2$  کمتر از ۱ درصد است. ۵- مقایسه درصد حجمی گازهای نجیب هواکره و نمودار آن برحسب شماره دوره در جدول تناوبی به صورت مقابل است:  $Ar > Ne > He > Kr > Xe$



۶- کربن دی اکسید ( $CO_2$ ) فراوان ترین ترکیب موجود در هوای پاک و خشک است. دقت کنید فراوانی  $CO_2$  از Ar کمتر است. ۷- گازهای  $O_2$ ،  $N_2$  و  $CO_2$  جزء گازهای فراوانی هستند که به صورت مولکولی در هواکره یافت می شوند. ۸- نسبت ترکیب گازهای هواکره از ۲۰۰ میلیون سال پیش ثابت مانده است. ۹- اجزای نشان داده شده در این جدول مربوط به لایه تروپوسفر هستند؛ بنابراین به مواردی همچون گاز اوزون یا کاتیون های گازی که در لایه های بالاتر یافت می شوند، اشاره نشده است.

با توجه به نکته بالا، فراوان ترین گاز نجیب هواکره، آرگون می باشد که در دوره سوم جدول تناوبی قرار دارد. بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): منظور گاز نیتروژن می باشد که ساختار لوویس آن به صورت  $N \equiv N$  است. گزینه (۳): فراوان ترین ترکیب سازنده هواکره، کربن دی اکسید می باشد که ساختار لوویس آن به صورت  $O=C=O$  است و در آن ۴ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. گزینه (۴): با توجه به جدول داده شده، در ۶ گونه عنصری فراوان هواکره، چهار گاز نجیب آرگون، نئون، هلیم و کریپتون وجود دارند.

۲ ۲۸۴ B

عبارتهای سوم و پنجم نادرست اند. بررسی عبارت ها: در فرایند تقطیر جزء به جزء هوا، نخست هوا را از صافی هایی عبور می دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با افزایش فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می شود. در دمای  $-78^\circ C$ ، گاز کربن دی اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای  $-20^\circ C$ ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می آید که به آن هوای مایع می گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف های جدا ذخیره می شوند. بخش عمده هواکره را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبه سوم قرار دارد. بنابراین می توان هوا را منبعی غنی برای تهیه این گازها دانست.

توجه داشته باشید نقطه جوش گاز هلیم بسیار پایین (حدود  $-269^\circ C$  درجه سلسیوس یا ۴ کلونین) است. به همین دلیل این عنصر هیچ گاه در هوای مایع حضور ندارد و پس از مایع شدن سایر گازها، این عنصر همچنان در حالت گازی بوده و از مخلوط فرایند جداسازی می گردد. هلیم مرتبه ششم را از نظر فراوانی در هوای پاک و خشک دارد.

۴ ۲۸۵ A

بررسی عبارت ها: عبارت (الف): پس از تصفیه هوا، با اعمال فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می شود. عبارت (ب): گاز هلیم سومین گاز نجیب فراوان در هواکره است.

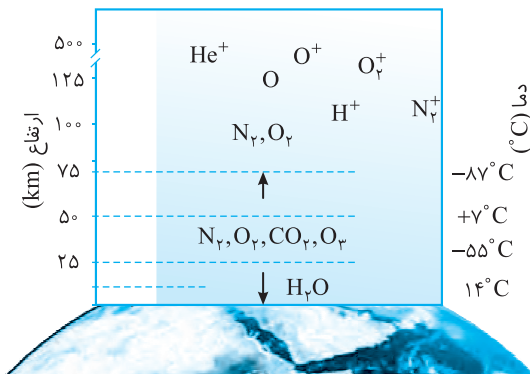
\* توجه ترتیب فراوانی گازهای نجیب در هوای پاک و خشک به صورت  $Xe < Kr < He < Ne < Ar$

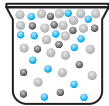
عبارت (پ): در فرایند تقطیر، هر چه نقطه جوش گونه ای پایین تر باشد، زودتر از دیگر گونه ها از مخلوط مایع جدا می گردد.

۲ ۲۸۶ B

عبارتهای (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره در نزدیک ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. در این لایه به

ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما در حدود  $6^\circ C$  افت می کند. عبارت (ب): با توجه به شکل، افزایش ارتفاع از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، دما در لایه اول از  $14^\circ C$  به  $-55^\circ C$ ، در لایه دوم از  $-55^\circ C$  به  $7^\circ C$  و در لایه سوم از  $7^\circ C$  تا  $-87^\circ C$  می رسد. در واقع دمای هوا از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، سه مرتبه به صفر درجه سلسیوس می رسد. عبارت (پ): در فرایند تهیه هوای مایع، با افزایش تدریجی فشار، با کاهش دمای هوا تا  $0^\circ C$ ، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می شود و در دمای  $-78^\circ C$  گاز کربن دی اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی آید. عبارت (ت): با سرد کردن هوا تا دمای  $20^\circ C$  مخلوط بسیار سردی از چند مایع (شامل نیتروژن، اکسیژن و آرگون) پدید می آید که به آن هوای مایع می گویند. عبارت (ث): در مخلوطی از چند مایع، هر چه نقطه جوش گونه ای پایین تر باشد، زودتر از دیگر گونه ها از مخلوط مایع جدا می شود. از آنجا که هلیم پایین ترین نقطه جوش را در میان دیگر عنصرها دارد، بنابراین هلیم اولین گازی است که از ظرف خارج می شود.





**B ۲۸۷** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): ترتیب جداسازی گازها در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع به صورت (نیتروژن ← آرگون ← اکسیژن) است. عبارت (ب): در دمای  $8^{\circ}\text{C}$  - اجزای سازنده هوای مایع به صورت روبه‌رو هستند، زیرا نقطه جوش این گازها پایین‌تر از دمای  $8^{\circ}\text{C}$  - می‌باشد. عبارت (پ): در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع، به دلیل نزدیکی نقطه جوش گازهای اکسیژن و آرگون، تهیه اکسیژن صددرصد خالص دشوار است. عبارت (ت): در میان اجزای سازنده هوای مایع، در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  -، تنها یک گاز نجیب (آرگون) یافت می‌شود. عبارت (ث): فراوان‌ترین گاز نجیب هواکره، آرگون با نقطه جوش  $186^{\circ}\text{C}$  - و فراوان‌ترین مولکول گازی هواکره، نیتروژن با نقطه جوش  $196^{\circ}\text{C}$  - است.

**B ۲۸۸** با توجه به دمای ظرف در حالت (۲)، گاز خارج شده نیتروژن می‌باشد که در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های دو اتمی  $\text{N}_2$  یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): با توجه به دمای ظرف (۳)، گاز خارج شده آرگون می‌باشد، اما گازی که به کمک جانداران ذره‌بینی در خاک تثبیت می‌شود، گاز نیتروژن است. **گزینه (۲):** گازهای باقی‌مانده در ظرف (۲)، گازهای اکسیژن و آرگون هستند که در لایه تروپوسفر نیز یافت می‌شوند. **گزینه (۳):** در دمای  $88\text{K}$  یا  $185^{\circ}\text{C}$  -، گاز اکسیژن همچنان به صورت مایع در ظرف وجود دارد.

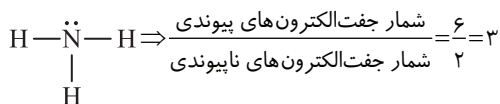
**A ۲۸۹** فقط عبارت (الف) درست است. طی این فرایند دمای هوای مایع به تدریج و به آرامی افزایش می‌یابد. ترتیب خروج گازها به صورت  $\text{N}_2 \leftarrow \text{Ar} \leftarrow \text{O}_2$  است. این ترتیب متناسب با جرم مولی این گازها نیست. اولین گازی که خارج می‌شود  $\text{N}_2$  است؛ پس با قرار دادن کبریت شعله‌ور در دهانه لوله آزمایش بلافاصله پس از پر کردن آن با هوای مایع، کبریت خاموش می‌شود؛ زیرا اکسیژن به شعله نمی‌رسد. ولی پس از مدتی که تبخیر  $\text{O}_2$  آغاز می‌شود، با نزدیک کردن کبریت نیمه‌شعله‌ور به دهانه لوله آزمایش، کبریت شعله‌ور می‌شود؛ زیرا در این لحظه غلظت  $\text{O}_2$  زیاد است.

**A ۲۹۰** عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گاز کربن دی‌اکسید موجود در فرایند تهیه هوای مایع، در دمای  $78^{\circ}\text{C}$  - از حالت گازی به حالت جامد تبدیل شده و از مخلوط گازها جدا می‌شود. عبارت (ب): در هوای پاک و خشک، به جز گازهای نیتروژن و اکسیژن، درصد حجمی سایر گازها کمتر از یک درصد است. عبارت (پ): در این فرایند، نخست بخار آب و سپس گاز کربن دی‌اکسید از مخلوط هوا جدا می‌شود. عبارت (ت): گاز مورد نظر، آرگون است که در هوای پاک و خشک از نظر فراوانی در رتبه سوم قرار دارد.

**B ۲۹۱**

**نکته ترکیب** اگر مخلوطی گازی شامل گازهای A و B باشد که در آن نقطه جوش A از B بیشتر است و بخواهیم آن را به حالت مایع دریاوریم با کاهش پیوسته دما، نخست گازی به حالت مایع درمی‌آید که نقطه جوش بیشتری دارد؛ بنابراین تبدیل A به مایع با صرف انرژی و هزینه کمتری نسبت به B همراه است. از طرفی اگر بخواهیم دمای این مخلوط را در حالت مایع به طور پیوسته افزایش دهیم، نخست گازی از مخلوط جدا می‌شود که نقطه جوش کمتری داشته باشد؛ بنابراین در حالت مایع، B زودتر از A به گاز تبدیل می‌شود.

همه عبارت‌ها درست هستند. نقطه جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر  $196^{\circ}\text{C}$  -،  $186^{\circ}\text{C}$  - و  $183^{\circ}\text{C}$  - درجه سلسیوس است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با کاهش دما در مخلوط گازی، گونه‌ای که نقطه جوش بالاتری دارد زودتر به حالت مایع تبدیل می‌گردد. پس با کاهش دما به ترتیب گازهای اکسیژن، آرگون و نیتروژن به حالت مایع درمی‌آیند. عبارت (ب): با توجه به دمای ظرف در حالت ۳، اکسیژن همچنان به حالت مایع در ظرف وجود دارد. این گاز حدود ۲۱٪ حجمی هوای خشک و پاک را تشکیل می‌دهد. عبارت (پ): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از طرف خارج شده است. از گاز نیتروژن در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود. عبارت (ت): تهیه اکسیژن صددرصد خالص در این فرایند دشوار است، زیرا نقطه جوش آن نزدیک به آرگون است. عبارت (ث): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از طرف خارج می‌شود. سبک‌ترین نافلز جدول تناوبی، هیدروژن است. ساده‌ترین ترکیب این عنصر با نیتروژن به صورت  $\text{NH}_3$  می‌باشد.



**B ۲۹۲** فقط در مورد (ب) شکل و دما با یکدیگر متناسب هستند. نقطه جوش گازهای نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر  $196^{\circ}\text{C}$  -،  $186^{\circ}\text{C}$  - و  $183^{\circ}\text{C}$  - می‌باشد. **بررسی موارد:** مورد (الف): در دمای  $184^{\circ}\text{C}$  -، تنها اکسیژن به صورت مایع بوده و دو گونه دیگر می‌بایست به صورت گازی باشند. **مورد (ب):** در دمای  $75$  کلون ( $198^{\circ}\text{C}$  -) همه این گونه‌ها به صورت مایع خواهند بود. **مورد (پ):** در دمای  $88$  کلون ( $185^{\circ}\text{C}$  -) تنها اکسیژن به صورت مایع است و دو گونه دیگر می‌بایست به صورت گازی باشند. **مورد (ت):** در دمای  $188^{\circ}\text{C}$  -، تنها نیتروژن به صورت گاز است و دو گونه دیگر می‌بایست به صورت مایع باشند.

**B ۲۹۳** همه عبارت‌های بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فراوان‌ترین ترکیب سازنده هواکره، کربن دی‌اکسید است که در مراحل تهیه هوای مایع، دومین گازی است که از مخلوط هوا خارج می‌شود. عبارت (ب): تغییرات آب و هوایی در لایه تروپوسفر رخ می‌دهد. حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین، یعنی تروپوسفر قرار دارد. عبارت (پ): در مخلوط هوای مایع، گاز نیتروژن کمترین نقطه جوش را دارد. جرم مولی گونه‌های تشکیل دهنده هوای مایع به ترتیب برابر  $28 = \text{N}_2$ ،  $32 = \text{O}_2$ ،  $40 = \text{Ar}$ ،  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  (۳۶ Kr) می‌باشد. عبارت (ت): کریپتون ( $36 = \text{Kr}$ )، چهارمین گاز نجیب فراوان در بین گازهای تشکیل دهنده هوای پاک و خشک است. عبارت (ث): در فرایند تهیه هوای مایع با دمای  $200^{\circ}\text{C}$  - و تقطیر جزء به جزء آن سه جزء  $\text{Ar}$ ،  $\text{N}_2$  و  $\text{O}_2$  ابتدا میعان و سپس تبخیر می‌شوند.

**C ۲۹۴** عبارتهای دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: الکترون‌های زیرلایه‌های  $3p$  و  $4s$ ، دارای  $n+l=4$  بوده و الکترون‌های

زیرلایه  $3d$ ، دارای  $n+l=5$  هستند.  $29\text{Cu}: 1s^2 2s^2 2p^6 3p^6 3d^1 4s^1 \Rightarrow n+l=4: 3p, 4s \Rightarrow 6+1=7$ ،  $n+l=5: 3d \Rightarrow 10$

**عبارت دوم:** نخستین عنصر از جدول تناوبی که از قاعده آفیا پیروی نمی‌کند،  $36\text{Kr}$  است. این عنصر در دوره ۴ و گروه ۶ جدول تناوبی قرار دارد. شماره گروه عنصر  $28\text{Ni}$  برابر ۱۰ است. **عبارت سوم:** در دوره دوم، یون‌های تک‌اتمی  $\text{Li}^+$ ،  $\text{N}^{3-}$ ،  $\text{O}^{2-}$ ،  $\text{F}^-$  و در تناوب سوم یون‌های تک‌اتمی  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{Al}^{3+}$ ،  $\text{P}^{3-}$ ،  $\text{S}^{2-}$  و  $\text{Cl}^-$  وجود دارند.

$$\frac{6}{4} = 1.5$$





**عبارت چهارم:** آرایش الکترون-نقطه‌ای  $\ddot{X} \cdot$  مربوط به عناصر گروه ۱۵ است. عدد اتمی عنصری از دوره چهارم که در گروه ۱۵ قرار دارد، ۳۳ است.  $(\frac{33}{11}=3)$  عنصری با عدد اتمی ۱۱، سدیم است که در گروه ۱ قرار دارد و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت  $X$  است. **عبارت پنجم:** مولکول‌های سازنده هوای مایع  $Ar$ ،  $N_2$  و  $O_2$  است. در این مخلوط یک گاز تک‌اتمی وجود دارد.

**۲۹۵ C** عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** دمای جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر با  $-196^\circ C$ ،  $-186^\circ C$  و  $-183^\circ C$  است؛ بنابراین آرگون پس از نیتروژن دومین جزئی است که از هوای مایع خارج می‌شود. **عبارت (ب):** در طیف نشری خطی اتم هیدروژن نور آبی مربوط به انتقال الکترون از لایه  $n=4$  به لایه  $n=2$  است. لایه چهارم از ۴ زیرلایه  $4s$ ،  $4p$ ،  $4d$  و  $4f$  تشکیل شده است. در عناصر دسته  $p$  تناوب پنجم زیرلایه‌های  $4s$ ،  $4p$  و  $4d$  به طور کامل الکترون گرفته‌اند ولی زیرلایه  $4f$  هنوز خالی از الکترون است؛ بنابراین در عناصر دسته  $p$  دوره پنجم، لایه الکترونی چهارم هنوز گنجایش ۱۴ الکترون دیگر را دارد. **عبارت (پ):** اولین عنصری از جدول تناوبی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند و آرایش الکترونی آن به کمک روش طیف‌سنجی پیشرفته تعیین می‌شود، عنصر  $Cr$  است. این عنصر در دوره ۴ و گروه ۶ قرار دارد؛ بنابراین مجموع شماره دوره و گروه آن برابر ۱۰ است. زیرلایه  $d$  با  $l=2$  گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. این زیرلایه از تناوب چهارم به بعد شروع به الکترون‌گیری می‌کند و در واقع عناصر واسطه تناوب چهارم اولین عناصری هستند که در آن‌ها زیرلایه  $d$  الکترون می‌گیرد. (زیرلایه  $3d$ ) **عبارت (ت):** بر طبق قاعده آفبا ترتیب پُر شدن این چهار زیرلایه به صورت  $6s \leftarrow 4f \leftarrow 5d \leftarrow 6p$  است.

**۲۹۶ A** همه عبارت‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. تصویر نشان‌داده شده در سؤال مربوط به گاز آرگون است که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **بررسی عبارت (ت):** آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

**۲۹۷ A** فقط عبارت پنجم نادرست است. **بررسی عبارت پنجم:** هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این‌رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

**۲۹۸ A** سبک‌ترین گاز نجیب، عنصر هلیوم است؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** درصد حجمی این گاز در میدان‌های گاز طبیعی بیشتر از هواکره می‌باشد؛ بنابراین تهیه آن از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی مقرون به صرفه‌تر است. **عبارت (ب):** هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است.

**۲۹۹ B**

#### نکته ترکیب مقایسه گازهای هلیوم و آرگون:

- شباهت‌ها:** ۱- هر دو جزء گازهای نجیب (گروه ۱۸) هستند. ۲- از هر دو در جوشکاری استفاده می‌شود. ۳- هر دو گازهایی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند. ۴- هر دو از اجزای سازنده هواکره و جزء هشت عنصر فراوان سازنده سیاره مشتری هستند. ۵- هر دو به صورت گازهای تک‌اتمی یافت می‌شوند.
- تفاوت‌ها:** ۱- منبع سرشار تهیه گاز آرگون، هواکره است؛ در حالی که منابع سرشار تهیه گاز هلیوم میدان‌های گاز طبیعی هستند. ۲- هلیوم در ژرفای زمین طی واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود؛ در حالی که آرگون به علت اندازه بزرگ هسته، فقط در ستاره‌ها قابل تولید است. ۳- آرگون در ایران با خلوص بالا از تقطیر جزء به جزء هوا تولید می‌شود. در حالی که استخراج هلیوم از هواکره به صرفه نیست و فناوری استخراج آن از گاز طبیعی بسیار پیشرفته بوده و در ایران وجود ندارد. ۴- آرگون عنصری با ۸ الکترون ظرفیت ( $Ar: 3s^2 3p^4$ ) و از دسته  $p$  است. در حالی که هلیوم عنصری با ۲ الکترون ظرفیت ( $He$ ) و از دسته  $s$  عناصر جدول تناوبی است.

گازهای هلیوم و آرگون هر دو جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارند. **بررسی موارد: مورد اول:** هر دو این عنصرها بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند. **مورد دوم:** این دو گاز در ایجاد محیط بی‌اثر در جوشکاری کاربرد دارند. **مورد سوم:** گاز هلیوم برخلاف سایر عنصرهای این گروه دارای آرایش هشت‌تایی پایدار در لایه ظرفیت خود نبوده و دارای آرایش الکترونی دوتایی پایدار است. **مورد چهارم:** هر دو این گازها جزء گازهای نجیب بوده و به مقدار بسیار کمی در هواکره یافت می‌شوند.

**\* توجه:** مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

**مورد پنجم:** هلیوم و آرگون هر دو جزء گازهای غیرسمی هستند. **مورد ششم:** نقطه جوش هلیوم و آرگون به ترتیب برابر  $-269^\circ C$  و  $-186^\circ C$  است؛ پس در هوای مایع با دمای  $-200^\circ C$ ، آرگون برخلاف هلیوم وجود ندارد.

**۳۰۰ A** عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. **عبارت (ب):** یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. **عبارت (پ):** واژه آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **عبارت (ت):** جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند و همچنان، هلیوم از دیگر کشورها وارد می‌شود. **عبارت (ث):** هلیوم در دسته  $s$  و بقیه گازهای نجیب در دسته  $p$  قرار دارند. هلیوم سبک‌ترین عضو این خانواده است و مهم‌ترین کاربرد آن خنک کردن قطعات دستگاه‌های الکترونیکی است.

**۳۰۱ B** گازی که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود، گاز آرگون است. همچنین گازی که در پر کردن بالن‌های هواشناسی کاربرد دارد، گاز هلیوم است. هر دو این گازها، گاز نجیب بوده و تنها به‌صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** هلیوم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن، بدون تغییر وارد هواکره می‌شود. **گزینه (۲):** آرگون جزء گازهای نجیب است. مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. **گزینه (۳):** هلیوم، گازی از هواکره با دمای جوش  $4K$  یا  $-269^\circ C$  است و در دسته  $s$  قرار دارد.

**۳۰۲ B** عبارتهای اول، دوم و چهارم نادرست هستند. دومین عنصر فراوان سیاره مشتری، هلیوم است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** هلیوم در هواکره به مقدار خیلی کم یافت می‌شود. این در حالی است که مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این‌رو منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید آن در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. **عبارت دوم:** از گاز آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و تولید لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **عبارت سوم:** نقطه جوش هلیوم پایین‌تر از  $-200^\circ C$  بوده و در مخلوط هوای مایع با دمای  $-200^\circ C$  وجود ندارد. همان‌طور که می‌دانید، در فرایند تولید هوای مایع، کربن دی‌اکسید در دمای  $-78^\circ C$ ، به صورت جامد از هوا جدا می‌شود و در مخلوط هوای مایع وجود ندارد. **عبارت چهارم:** هلیوم را می‌توان افزون‌بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به‌دست آورد که این کار به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد.

**B ۳۰۳ ۴** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. با توجه به نقطه جوش مواد داده شده، A، B و C به ترتیب گازهای اکسیژن ( $O_2$ )، آرگون (Ar) و هلیوم (He) هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** گاز آرگون در هوای پاک و خشک در رتبه سوم از نظر درصد حجمی قرار دارد. آرگون و هلیوم هر دو در جوشکاری کاربرد دارند. **عبارت (ب):** گاز اکسیژن برخلاف بخار آب، علاوه بر تروپوسفر در لایه‌های بالاتر هواکره نیز وجود دارد. **عبارت (پ):** هلیوم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، گازی بی‌رنگ و بی‌بو است که مهم‌ترین کاربرد آن استفاده برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI است. **عبارت (ت):** فراوان‌ترین گاز هواکره نیتروژن است که برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

**C ۳۰۴ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نیتروژن ( $N_2$ ) سبک‌ترین عنصری از تناوب دوم جدول است که در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های گازی دواتمی ( $N_2$ ) است. در آرایش الکترون-نقطه‌ای این اتم ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ )، ۳ الکترون جفت‌نشده وجود دارد. **\* توجه:** در میان عناصر دوره دوم جدول تناوبی،  $N$ ،  $O$  و  $F$  در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های گازی دواتمی یافت می‌شوند. آخرین عنصر این دوره،  $(Ne)$  یک گاز نجیب بوده و در دما و فشار اتاق به صورت گاز تک‌اتمی است.

**عبارت (ب):** گاز نیتروژن فراوان‌ترین گاز موجود در لایه تروپوسفر است. این گاز در لایه‌های بالاتر هواکره نیز یافت می‌شود. **عبارت (پ):** کروم ( $Cr$ ) سبک‌ترین عنصری است که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. در آرایش الکترونی اتم کروم، ۱۳ الکترون با  $n=3$  وجود دارد:  $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^5 / 4s^1$  **عبارت (ت):** فقط هلیوم در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود تنها ۲ الکترون جفت‌شده دارد ( $He$ ). این گاز از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. **عبارت (ث):** مقایسه فراوانی گازهای نجیب هواکره، به صورت « $Ar <_{18} Ne <_{10} He <_2 Kr <_{36} Xe <_{54}$ » است. این مقایسه را به خاطر بسپارید!

**B ۳۰۵ ۲** عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است به طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ زدن، فساد مواد غذایی و ... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت سوم:** گاز اکسیژن در هواکره به طور عمده به شکل مولکول‌های دواتمی وجود دارد. هر چند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد. **عبارت پنجم:** گاز اکسیژن برخلاف گاز نیتروژن تمایل زیادی برای انجام واکنش‌های شیمیایی دارد. در ساختار گاز اکسیژن یک پیوند دوگانه و در ساختار گاز نیتروژن یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

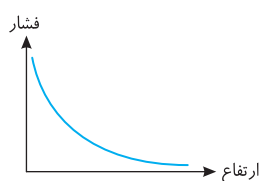
**B ۳۰۶ ۲** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به جدول داده شده، نمودار فشار اکسیژن هوا برحسب ارتفاع از سطح زمین به صورت خطی نیست. **عبارت (ب):** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد. به همین دلیل کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند. **عبارت (پ):** با توجه به جدول داده شده در صورت تست، فشار گاز اکسیژن در ارتفاع  $2/4$  کیلومتری از سطح زمین برابر با  $15/4 \times 10^{-2}$  اتمسفر می‌باشد، پس فشار گاز اکسیژن در ارتفاع  $2/5$  کیلومتری از سطح زمین می‌بایست کمی کمتر از این مقدار باشد؛ بنابراین فشار  $15/2 \times 10^{-2}$  اتمسفر برای گاز اکسیژن در این ارتفاع قابل قبول است. **عبارت (ت):** فشار گاز اکسیژن در سطح زمین و در ارتفاع  $3$  کیلومتری از سطح زمین به ترتیب برابر با  $20/9 \times 10^{-2}$  و  $14/3 \times 10^{-2}$  اتمسفر است، پس نسبت بیان شده حدوداً برابر با  $1/46$  خواهد بود.

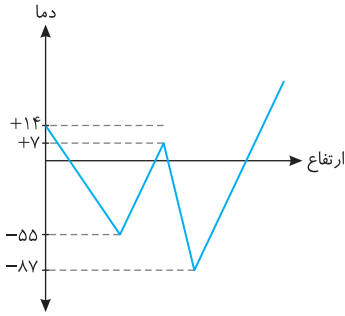
**A ۳۰۷ ۳** اکسیژن در کره زمین در ترکیب‌های خود به هر سه صورت جامد (مانند  $SiO_2$ )، مایع (مانند  $H_2O$ ) و گاز (مانند  $O_2$ ،  $O_3$ ،  $CO_2$  و ...) یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای هواکره است. در سنگ کره به شکل اکسیدهای گوناگون، در آب کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. **گزینه (۲):** بسیاری از واکنش‌های شیمیایی پیرامون ما، به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. **گزینه (۴):** فلزهایی مانند طلا و پلاتین به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند و با اکسیژن واکنش نمی‌دهند.

**A ۳۰۸ ۳** عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):** با افزایش ارتفاع در هواکره، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد؛ اما درصد حجمی این گاز در هوا ثابت است. در واقع با افزایش ارتفاع، فشار و غلظت گاز اکسیژن در هواکره افت می‌کند؛ اما درصد حجمی یا مولی آن ثابت است. **عبارت (ب):** کربوهیدرات‌ها جزء مولکول‌های زیستی بوده و در ساختار خود دارای اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشند. توجه داشته باشید که هیدروکربن‌ها فقط شامل عناصر کربن و هیدروژن هستند و در ساختار خود اکسیژن ندارند.

**B ۳۰۹ ۱** فقط همه کاربردهای ذکر شده برای هلیوم درست است. از هلیوم، افزون‌بر پر کردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI استفاده می‌شود. **بررسی سایر مولکول‌ها: آرگون:** خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی از کاربردهای گاز هلیوم است. **نیتروژن:** ساخت لامپ رشته‌ای و ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری و برش فلزها از جمله کاربردهای گاز آرگون است. **اکسیژن:** پر کردن تایر خودروها از کاربردهای گاز نیتروژن است. **هیدروژن:** سبک‌ترین مولکول‌های دواتمی ( $H_2$ ) را دارد و در ارتفاعات بالاتر از  $75 \text{ km}$  هواکره، به شکل  $H^+$  وجود دارد.

**B ۳۱۰ ۱** فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** طی فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع، با افزایش تدریجی دما به ترتیب گازهای  $N_2$ ،  $Ar$  و  $O_2$  از مخلوط خارج می‌شوند. مقایسه فراوانی این گازها در هواکره به صورت « $Ar < O_2 < N_2$ » است. **عبارت دوم:** اگرچه با افزایش ارتفاع، فشار هوا پیوسته کاهش می‌یابد اما رابطه آن با ارتفاع از سطح زمین به صورت خطی نیست. **عبارت سوم:** هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. **عبارت چهارم:** اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. فراوان‌ترین ترکیب در هوای پاک و خشک، کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) است که در ساختار خود دارای عناصر کربن و اکسیژن می‌باشد.





عبارت‌های (ب) و (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نمودار تغییرات دما در هواکره به صورت مقابل است. بنابراین در نمودار داده شده، اندازه C باید بیشتر از a باشد. منظور از اندازه a، فاصله a تا محور افقی و منظور از اندازه b، فاصله b تا محور افقی نمودار است. نمودار B به درستی تغییرات فشار  $O_p$  را در هواکره برحسب افزایش ارتفاع نشان می‌دهد. فشار در سطح دریا برابر 1 atm است. از آنجا که حدود ۲۱٪ مولی هوا را  $O_p$  تشکیل می‌دهد، پس فشار  $O_p$  در سطح آب‌های آزاد برابر ۰/۲۱ atm است و با افزایش ارتفاع به تدریج کاهش می‌یابد. عبارت (ب): در لایه‌های بالایی هواکره گونه‌های  $N_p^+$ ،  $O_p^+$ ،  $O^+$ ،  $He^+$ ،  $H^+$ ،  $O$ ،  $O_p$  و  $N_p$  یافت می‌شوند.

گونه	$N_p^+$	$O_p^+$	$O^+$	$He^+$	$H^+$	O	$O_p$	$N_p$
شمار الکترون‌های ظرفیت	۹	۱۱	۵	۱	۰	۶	۱۲	۱۰

عبارت (پ): ابتدا فشار هوا در ارتفاع ۳ کیلومتری را به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.8 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.64 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.512 \text{ atm}$$

اکنون با توجه به اینکه گاز اکسیژن حدوداً ۲۱ درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد فشار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد حجمی اکسیژن} \times \text{فشار هوا} = \text{فشار گاز اکسیژن}$$

$$0.21 \times 0.512 \text{ atm} = 0.10752 \text{ atm} \approx 0.1 \text{ atm}$$

عبارت (ت): ترتیب فراوانی گازهای نجیب در سیاره مشتری به صورت «Ne<Ar<He» و در هواکره به صورت «He<Ne<Ar» است.

عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): برخی فلزات همانند نافلزات می‌توانند در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای گوناگونی ایجاد کنند. برای مثال فلز آهن (Fe) از دسته d جدول تناوبی به ترتیب دارای اکسیدهای  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  است. عبارت (ت): دقت کنید که ترکیب بوکسیت، شامل  $Al_2O_3$  به همراه ناخالصی یافت می‌شود.

شکل (۱)، سنگ معدن آلومینیم، شکل (۲)، سیلیس و شکل (۳) سنگ معدن آهن (حاوی  $FeO$  و  $Fe_2O_3$ ) را نشان می‌دهد؛ بنابراین همه عبارت‌های بیان شده درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر آلومینیم تنها یک ظرفیت (+۳) دارد، به همین دلیل تنها توانایی تشکیل یک نوع اکسید ( $Al_2O_3$ ) را دارد. عبارت (ب): عنصر سیلیسیم دومین عنصر از گروه ۱۴ جدول تناوبی است که در دوره سوم این جدول قرار دارد. عبارت (پ): شکل (۳) سنگ معدن آهن را که حاوی دو اکسید  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  است نشان می‌دهد. فلز آهن در دوره چهارم جدول تناوبی قرار داشته و جزء عنصرهای دسته d محسوب می‌شود. عبارت (ت): نسبت شمار آتیون به کاتیون در دو ترکیب  $Al_2O_3$  از شکل (۱) و  $Fe_2O_3$  از شکل (۳) یکسان و برابر  $\frac{3}{4}$  است. عبارت (ث): کاتیون‌های ترکیب شکل (۳)،  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  هستند و اکسید مورد نظر  $Fe_2O_3$  است.

$$? \text{ ion} = 0.25 \text{ mol } Fe_2O_3 \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ ion}}{1 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{1 \text{ mol } ion}{2 \text{ mol } Fe_2O_3} = 7.5 \times 10^{23} \text{ ion}$$

به جز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: دقت کنید که با توجه به متن کتاب درسی، اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها وجود دارد. عبارت دوم: با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش پیدا کرده و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز  $O_2$  استفاده می‌کنند. عبارت سوم: فلز آلومینیم در طبیعت به شکل ترکیب بوکسیت، یعنی  $Al_2O_3$  به همراه ناخالصی یافت می‌شود. در هر واحد فرمولی از آلومینیم اکسید، ۳ آتیون ( $O^{2-}$ ) و ۲ کاتیون ( $Al^{3+}$ ) وجود دارد؛ بنابراین نسبت شمار آتیون‌ها به کاتیون‌ها در این ترکیب برابر  $1/5$  خواهد بود. همچنین از آنجایی که این ترکیب تنها از دو نوع عنصر تشکیل شده؛ بنابراین ترکیب یونی دوتایی محسوب می‌شود. عبارت چهارم: آهن دارای دو اکسید  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  می‌باشد. در هر واحد فرمولی  $Fe_2O_3$ ، ۵ یون ( $3$  آتیون  $O^{2-}$  و ۲ کاتیون  $Fe^{3+}$ ) یافت می‌شود. درصد جرمی آهن در این ترکیب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\%Fe = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم مولی } Fe_2O_3} \times 100 = \frac{2 \times 56}{160} \times 100 = 70\%$$

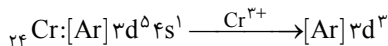
$$\text{جرم مولی } Fe_2O_3 = 2 \times (56) + 3 \times (16) = 112 + 48 = 160 \text{ g.mol}^{-1}$$

در موارد سوم و پنجم، نام یا فرمول شیمیایی هر دو ترکیب نادرست است. بررسی موارد: مورد اول: هر دو نام ذکر شده صحیح هستند. مورد دوم: نام درست ترکیب دوم، مس (I) اکسید است. مورد سوم: نام صحیح ترکیب‌ها به ترتیب به صورت آهن (II) سولفید و کروم (II) فسفید است. مورد چهارم: نام درست ترکیب نخست، آهن (III) نیتريد است. مورد پنجم: فرمول صحیح کبالت (II) یدید به صورت  $CoI_2$  و نام صحیح ترکیب  $K_3N$ ، پتاسیم نیتريد است.

همه عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): برخی فلزها مانند طلا و پلاتین به صورت آزاد در طبیعت وجود دارند.

**نکته** لیست فلزات براساس تنوع کاتیون‌های پایدار: کتاب درسی در بخش‌های مختلف به بار الکتریکی کاتیون‌های مختلف می‌پردازد. در زیر همه این مطالب را یکجا آورده‌ایم: (الف) عناصر گروه‌های ۱ و ۲ به ترتیب کاتیون‌های (+۱) و (+۲) تشکیل می‌دهند (بریلیم (Be) یون تشکیل نمی‌دهد). (ب) عناصر گروه ۱۳ کاتیون‌های با بار (+۳) تشکیل می‌دهند (بور (B) یون تشکیل نمی‌دهد). (پ) عناصر گروه ۳، فقط کاتیون‌های (+۳) تشکیل می‌دهند. (ت) عناصر Fe، Cr، V در ترکیب با دیگر عنصرها، دو نوع کاتیون با بارهای (+۲) و (+۳) تشکیل می‌دهند. (ث) مس (Cu) در ترکیب با دیگر عنصرها، کاتیون‌های (+۱) و (+۲) تشکیل می‌دهد. (ج) روی (Zn) و نقره (Ag) در ترکیبات خود به ترتیب به صورت  $Zn^{2+}$  و  $Ag^+$  یافت می‌شوند.

عبارت (ب): عنصر منیزیم تنها یک نوع کاتیون پایدار با بار (+۲) ایجاد می‌کند و به همین دلیل برای نام‌گذاری آن از اعداد رومی استفاده نمی‌شود. عبارت (پ): فرمول شیمیایی ترکیب مس (I) سولفید به صورت  $Cu_2S$  است که هر واحد آن شامل سه اتم است که یکی از آن‌ها اتم گوگرد است، پس نسبت شمار اتم‌های گوگرد به شمار کل اتم‌ها در ترکیب مس (I) سولفید برابر  $\frac{1}{3}$  است. عبارت (ت): به ازای تشکیل یک مول از ترکیب یونی کروم (II) اکسید با فرمول شیمیایی  $CrO$ ، ۲ مول الکترون میان اتم‌های کروم و اکسیژن مبادله می‌شود. عبارت (ث): کاتیون سازنده ترکیب کروم (III) اکسید،  $Cr^{3+}$  است. با توجه به آرایش الکترونی این کاتیون، در بیرونی‌ترین لایه این کاتیون، ۳ الکترون وجود دارد.









۱۳۲۲ (C) عبارتهای (الف) و (ث) درست هستند. عنصر آهن، یونهای پایدار با بار الکتریکی (+۲) و (+۳) و عنصر مس، یونهای پایدار با بار الکتریکی (+۱) و (+۲) ایجاد می‌کند. اگر X را (+۲) فرض کنیم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به صورت FeO خواهد بود، در این صورت هیچ‌یک از ظرفیت‌های عنصر مس شرط سؤال را برآورده نمی‌کنند. چرا که FeO دارای دو یون بوده و هر یک از ترکیب‌های CuCl و CuCl<sub>۲</sub> به ترتیب دارای ۲ و ۳ یون هستند. اگر X را (+۳) در نظر بگیریم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به صورت Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> خواهد بود و در هر واحد فرمولی این ترکیب ۵ یون وجود خواهد داشت که ۲ یون بیشتر از هر واحد فرمولی ترکیب CuCl<sub>۲</sub> دارد. با توجه به توضیحات داده شده، X و Y به ترتیب برابر با (III) و (II) هستند؛ بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به مقادیر X و Y، حاصل اختلاف این دو مقدار برابر با یک است. عبارت (ب): مس تنها می‌تواند دو نوع یون با بار الکتریکی (+۱) و (+۲) ایجاد کند و نمی‌تواند کاتیونی با بار (+۳) تولید کند. حتی در صورت امکان تولید چنین کاتیونی، فرمول شیمیایی ترکیب مس (III) دیده به صورت Cu<sub>۲</sub> خواهد بود. عبارت (پ): نسبت آنیون به کاتیون در آهن (III) اکسید برابر با  $\frac{۳}{۲}$  و در مس (II) کلرید برابر با  $\frac{۲}{۱}$  است؛ بنابراین نسبت آنیون به کاتیون در هیچ‌یک از دو ترکیب ۱/۵ برابر ترکیب دیگر نیست. عبارت (ت): برای تولید هر مول آهن (III) اکسید و مس (II) کلرید به ترتیب ۶ و ۲ مول الکترون مبادله شده است.

★ نکته برای محاسبه مقدار الکترون مبادله شده کافی است اندازه بار کاتیون یا آنیون را در تعداد آن یون در هر واحد فرمولی ضرب نمایید، برای مثال در ترکیب آهن (III) اکسید (Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>) با یون آهن برابر با +۳ و تعداد آن در هر واحد فرمولی برابر با ۲ می‌باشد، پس برای تولید هر مول از این ترکیب ۶ mol (۲×۳) الکترون مبادله می‌شود.

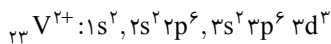
عبارت (ث): همان‌طور که گفته شد، X برابر (+۳) است، پس فرمول آهن (X) اکسید و اکسید دیگر آهن به ترتیب Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> و FeO است.

$$\frac{\%O}{۲۲} = \frac{۳}{۲۲} = ۱۳\% \Rightarrow \text{نسبت درصد جرمی اکسیژن در دو ترکیب} \Rightarrow \%O(FeO) = \frac{۱ \times ۱۶}{(۱ \times ۵۶) + (۱ \times ۱۶)} \times ۱۰۰ = ۲۲\%, \%O(Fe_2O_3) = \frac{۳ \times ۱۶}{(۲ \times ۵۶) + (۳ \times ۱۶)} \times ۱۰۰ = ۳۰\%$$

۱۳۲۳ (C) عبارتهای اول و سوم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: هیدروژن دارای چهار ایزوتوپ ساختگی <sup>۱</sup>H، <sup>۲</sup>H، <sup>۳</sup>H و <sup>۴</sup>H است که از میان آن‌ها ایزوتوپ <sup>۱</sup>H بیشترین نیم عمر و پایداری را دارد. این ایزوتوپ دارای ۴ نوترون است. آرایش الکترونی F به صورت مقابل است:  $1s^2 2s^2 2p^5$  و  $1s^2 2s^2 2p^6$  بنابراین شمار الکترون‌های با I=۱ در F برابر ۵ است. عبارت دوم: نخستین عنصری از جدول تناوبی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند، Cr است. کروم دارای دو کاتیون پایدار Cr<sup>۲+</sup> و Cr<sup>۳+</sup> می‌باشد؛ بنابراین در واکنش با N<sup>۳-</sup> می‌تواند ترکیبات یونی CrN و Cr<sub>۳</sub>N<sub>۲</sub> را به وجود بیاورد. عبارت سوم: آن دسته از ترکیبات یونی که تنها از دو نوع عنصر ساخته شده‌اند، ترکیبات یونی دوتایی نامیده می‌شوند. برای مثال CaO، Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>، Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>، NaCl و ... همگی جزء ترکیبات یونی دوتایی به حساب می‌آیند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی As به صورت مقابل است:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 4p^3$

این عنصر دارای ۱۵ الکترون با I=۱ (زیرلایه‌های p) و ۱۰ الکترون با I=۲ (زیرلایه d) می‌باشد؛ بنابراین نسبت خواسته شده در صورت سؤال برابر  $\frac{۱۵}{۱۰}$  است.

همچنین وانادیم فلزی از دسته d دوره چهارم جدول است که دارای ظرفیت‌های +۲ و +۳ می‌باشد. آرایش الکترونی کاتیون V<sup>۲+</sup> به صورت زیر خواهد بود:



بنابراین شمار الکترون‌های موجود در زیرلایه d این کاتیون برابر ۳ می‌باشد. عبارت پنجم: فرمول شیمیایی سیلیس و تیتانیم (IV) اکسید به ترتیب SiO<sub>۲</sub> و TiO<sub>۲</sub> می‌باشد:

$$\text{اتم } \% \text{ SiO}_2 = \frac{۱ \text{ mol SiO}_2}{۶ \text{ g SiO}_2} \times \frac{۳ \text{ mol SiO}_2}{۱ \text{ mol SiO}_2} = ۰/۰۶ \text{ mol اتم}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{اتم } \% \text{ O}^{۲-} = \frac{۱ \text{ mol TiO}_2}{۸ \text{ g TiO}_2} \times \frac{۲ \text{ mol O}^{۲-}}{۱ \text{ mol TiO}_2} = ۰/۰۶ \text{ mol O}^{۲-}$$

$$\frac{\text{جرم SiO}_2}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱/۲}{۶ \times ۱} = \frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{۳}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم TiO}_2}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۲/۴}{۸ \times ۱} = \frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{۲}$$

۱۳۲۴ (A) هر یک از موارد A تا D را بررسی می‌کنیم: مورد (A): در این ترکیب دو اتم نیتروژن وجود دارد، پس از پیشوند «دی» برای نیتروژن می‌بایست استفاده کرد و نام درست این ترکیب دی‌نیتروژن تترافلوئورید است. مورد (B): طبق نام داده شده، در یک مولکول آن یک اتم فسفر و پنج اتم کلر داریم، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت PCl<sub>۵</sub> است. مورد (C): در یک مولکول از آن دو اتم کلر و سه اتم اکسیژن وجود دارد، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت Cl<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> است. مورد (D): در یک مولکول از این ترکیب یک اتم کربن و دو اتم گوگرد وجود دارد، پس نام این ترکیب کربن دی‌سولفید است.

\* توجه هنگامی که گوگرد در فرمول مولکولی به عنوان اتم عنصر سمت راست قرار می‌گیرد، از ریشه نام این عنصر، یعنی سولفید، برای نام‌گذاری استفاده می‌شود.

۱۳۲۵ (A) تنها نام‌گذاری ترکیب‌های (پ) و (ث) به درستی انجام شده است. بررسی سایر ترکیب‌ها: ترکیب (الف): به انتهای نام اتم‌هایی که در سمت راست فرمول شیمیایی قرار می‌گیرند، می‌بایست پسوند «ید» اضافه نماییم، پس نام درست این ترکیب اکسیژن دی‌فلوئورید می‌باشد. ترکیب (ب): برای نام‌گذاری ترکیب‌های یونی که کاتیون آن‌ها توانایی تولید کاتیون با ظرفیت‌های متفاوت را دارد، می‌بایست بار کاتیون به صورت عدد رومی درون پرانتز جلوی نام کاتیون ذکر شود؛ بنابراین نام درست این ترکیب آهن (II) اکسید است. ترکیب (ت): در نام‌گذاری ترکیب‌های یونی از پیشوندهای یونانی برای بیان تعداد یون‌ها استفاده نمی‌کنیم، پس نام درست این ترکیب کلسیم برمید است.



**B ۳۲۶ ۱** فقط عبارت (ب) نادرست است، بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ترکیب اسکاندیم اکسید، بار الکتریکی کاتیون برابر با (+۳) است. در ترکیب دی‌نیتروژن پنتا اکسید با فرمول شیمیایی  $N_2O_5$ ، ۲ اتم نیتروژن و ۵ اتم اکسیژن وجود دارد و اختلاف تعداد اتم این عنصرها برابر با ۳ است. عبارت (ب): ترکیب‌های مولکولی مانند گوگرد دی‌اکسید حاصل به اشتراک گذاشتن الکترون میان اتم‌های شرکت کننده در ترکیب هستند، اما ترکیب‌های یونی مانند آهن (III) اکسید حاصل انتقال (مبادله) الکترون میان اتم‌ها و تشکیل کاتیون و آنیون می‌باشند. عبارت (پ): در ترکیب فسفر تری کلرید با فرمول شیمیایی  $PCl_3$ ، ۴ اتم و دو عنصر وجود دارد. پس نسبت شمار کل اتم‌ها به شمار عنصرها برابر با ۲ است. عبارت (ت): مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب تترافسفر هگزا اکسید با فرمول شیمیایی  $P_4O_6$  برابر با ۱۰ و مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب دی‌نیتروژن تری اکسید با فرمول شیمیایی  $N_2O_3$  برابر با ۵ است. پس نسبت شمار اتم‌ها در ترکیب اول به ترکیب دوم برابر با ۲ می‌باشد.

**B ۳۲۷ ۱** عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند «مونو» پیش از نام این عنصر چشم‌پوشی می‌شود. عبارت (ب): نام صحیح ترکیب  $N_2O$ ، «دی‌نیتروژن مونوکسید» و نام ترکیب  $IF_3$ ، «ید تری‌فلوئورید» است. عبارت (پ): کروم (III) کلرید دارای فرمول شیمیایی  $CrCl_3$  بوده و در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۳ می‌باشد. ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید نیز دارای فرمول شیمیایی  $N_2O_4$  بوده و شمار اتم اکسیژن در آن برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب کروم (III) کلرید با شمار اتم‌های اکسیژن در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید برابر نیست. عبارت (ت): فرمول شیمیایی دو ترکیب داده شده به ترتیب به صورت  $N_2O_5$  و  $SF_6$  است که در هر دو آن‌ها، مجموع زیروند عنصرها برابر با ۷ می‌باشد. عبارت (ث): نام ترکیب  $P_4O_6$ ، دی‌فسفر پنتا اکسید است؛ بنابراین مقدار X و Y به ترتیب برابر با ۲ و ۵ است.

**B ۳۲۸ ۱** فقط مورد چهارم، جمله را به درستی تکمیل می‌کند. بررسی موارد: مورد اول: مجموع شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید ( $N_2O_4$ ) و فسفر پنتاکلرید ( $PCl_5$ ) یکسان و برابر با ۶ است. مورد دوم: نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها در ترکیب گوگرد دی‌اکسید ( $SO_2$ ) و دی‌نیتروژن مونوکسید ( $N_2O$ ) یکسان و برابر با ۱/۵ است. مورد سوم: نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب مس (I) اکسید ( $Cu_2O$ ) برابر با ۱/۲ بوده، در حالی که این نسبت در ترکیب کروم (II) اکسید ( $CrO$ ) برابر با یک است. مورد چهارم: فرمول شیمیایی ترکیب کروم (III) اکسید به صورت  $Cr_2O_3$  است و در آن زیروند اکسیژن برابر با ۳ می‌باشد. در ترکیب دی‌اکسیژن دی‌فلوئورید با فرمول شیمیایی  $O_2F_2$ ، زیروند اکسیژن برابر با ۲ است؛ مورد پنجم: مجموع زیروندها در ترکیب مس (II) نیتريد ( $Cu_2N_2$ ) و سیلیسیم تتراکلرید ( $SiCl_4$ ) یکسان و برابر ۵ است.

**B ۳۲۹ ۳** به جز عبارت (ب) بقیه عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $N_2O$  یک ترکیب مولکولی و  $Fe_2O_3$  یک ترکیب یونی است. در نام‌گذاری ترکیبات یونی برخلاف ترکیبات مولکولی از پیشوندهای رومی مانند دی، تری و ... استفاده نمی‌کنیم. نام  $N_2O$  و  $Fe_2O_3$  به ترتیب دی‌نیتروژن مونوکسید و آهن (III) اکسید است. عبارت (ب): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش یافته و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز  $O_2$  استفاده می‌کنند. عبارت (پ): هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از منبع هواکره سرشارتر و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. عبارت (ت): دمای جوش چهار گاز نیتروژن، هلیوم، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر  $-196^\circ C$ ،  $-269^\circ C$ ،  $-186^\circ C$  و  $-183^\circ C$  درجه سلسیوس است؛ بنابراین هلیوم در دمای  $-200^\circ C$  به حالت گاز بوده و در هوای مایع یافت نمی‌شود.

**A ۳۳۰ ۱** فرمول شیمیایی مس (I) اکسید به صورت  $Cu_2O$  بوده که مشابه فرمول شیمیایی  $Ag_2O$  است. در هر واحد فرمولی از  $Cu_2O$ ، یک اتم اکسیژن و دو اتم مس وجود دارد، پس نسبت جرم اکسیژن به جرم مس در آن برابر است با:

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مس}} = \frac{16}{2 \times 64} = \frac{1}{8} = 0.125$$

\* توجه اگر فرمول مس (I) اکسید را به اشتباه  $CuO$  در نظر بگیرید، نسبت جرم اکسیژن به مس را ۲۵٪ به دست می‌آورید و به اشتباه گزینه (۴) را انتخاب خواهید کرد.

**B ۳۳۱ ۱** برای حل این تست، ابتدا جرم اتمی عنصر X را محاسبه می‌کنیم: (جرم اتمی X را در محاسبات x amu در نظر می‌گیریم).

$$\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم ترکیب}} = \frac{3 \times 16}{(3 \times 16) + (2 \times x)} = \frac{2}{7} \Rightarrow x = 60 \text{ amu}$$

با توجه به اینکه جرم اتمی یک اتم با عدد جرمی آن از لحاظ عددی تقریباً برابر است، عدد جرمی عنصر X برابر ۶۰ می‌باشد. اکنون عدد اتمی عنصر X را به دست می‌آوریم:  $n + p = 60$ ،  $n - p = 6 \Rightarrow n = 33$ ،  $p = 27$

عنصری با عدد اتمی ۲۷، همان کبالت است که در دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارد.

**C ۳۳۲ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جمله صورت سؤال را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سیلیسیم تتراکلرید یک ترکیب مولکولی بوده و اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب آرگون می‌رسند. آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. عبارت (ب): آلومینیم اکسید یک ترکیب یونی بوده و اتم‌های آن پس از مبادله الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. از گاز نئون برای ساخت تابلوهای تبلیغاتی که دارای نوشته‌های سرخ‌فام می‌باشد، استفاده می‌کنند. عبارت (پ): لیتیم فلئورید یک ترکیب یونی است که در آن یون لیتیم و یون فلئورید به ترتیب به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب هلیوم و نئون دست یافته‌اند. در میان گازهای نجیب، تنها هلیوم است که منبع زیرزمینی آن سرشارتر از هواکره است. عبارت (ت): دی‌نیتروژن مونوکسید یک ترکیب مولکولی است که اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. آرایش الکترونی گاز نجیب نئون به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6$  می‌باشد که در آن تعداد الکترون‌های زیرلایه p ( $l=1$ ) برابر با ۶ و تعداد الکترون‌های زیرلایه s ( $l=0$ ) برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت تعداد الکترون‌های با  $l=1$  در آن ۱/۵ برابر تعداد الکترون‌های با  $l=0$  می‌باشد.



**نکته ترکیب** نام و فرمول شیمیایی اکسیدهای نیتروژن در زیر ارائه شده است:

ترکیب	نیتروژن مونوکسید	نیتروژن دی اکسید	دی نیتروژن مونوکسید	دی نیتروژن دی اکسید	تری اکسید نیتروژن	دی نیتروژن تترا اکسید	دی نیتروژن پنتا اکسید
فرمول مولکولی	NO	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

به جز عبارت (الف)، سایر عبارتها درست هستند. نیتروژن در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای NO، NO<sub>2</sub>، NO<sub>3</sub>، N<sub>2</sub>O، N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>،

N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> و ... را تشکیل می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ترکیب N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> نسبت شمار اتم‌های اکسیژن به نیتروژن برابر ۱/۵ (۳/۲) است. نام صحیح این

ترکیب دی نیتروژن تری اکسید است. عبارت (ب): مجموع شمار اتم‌های N و O در ترکیب NO برابر ۲ است. هر اتم اکسیژن دارای ۸ و هر اتم نیتروژن دارای ۷ الکترون است؛ بنابراین در هر مولکول از این ترکیب در مجموع ۱۵ الکترون وجود دارد. عبارت (پ): حاصل اختلاف و مجموع شمار اتم‌های اکسیژن و نیتروژن در هر

مولکول N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> به ترتیب برابر ۲ و ۶ است:

$$? \text{ g O} = \frac{1}{84} \text{ g N}_2\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{ g N}_2\text{O}_4} \times \frac{4 \text{ mol O}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 1/28 \text{ g O}$$

پس خواهیم داشت:

عبارت (ت): جرم مولکولی ترکیب مورد نظر را برابر M در نظر می‌گیریم:

$$2/28 \text{ g N}_x\text{O}_y \times \frac{1 \text{ mol N}_x\text{O}_y}{(M) \text{ g N}_x\text{O}_y} \times \frac{1 \text{ mol مولکول}}{1 \text{ mol N}_x\text{O}_y} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ مولکول}}{1 \text{ mol مولکول}} = 3/0.1 \times 10^{22} \Rightarrow M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی اکسید N<sub>2</sub>O برابر ۴۴ g.mol<sup>-1</sup> (۲×(۱۴)+۱۶) می‌باشد. درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب برابر است با:

$$\text{جرم مولی اکسیژن} = \frac{\text{جرم O}}{\text{جرم مولی N}_2\text{O}} \times 100 = \frac{16}{44} \times 100 = 36/4\%$$

عبارت (ث): جرم مولی ترکیب NO<sub>2</sub> برابر با ۴۶ g.mol<sup>-1</sup> (۱۴+۲(۱۶)) می‌باشد. هر اتم نیتروژن و اکسیژن به ترتیب دارای ۵ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین

در مولکول NO<sub>2</sub> در مجموع ۱۷ (۵+۲(۶)) الکترون ظرفیت در اتم‌ها وجود دارد.

۳۳۳۴ A عبارتهای (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. به درسامه رجوع کنید!

۳۳۳۵ B عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. ترکیب‌های (۱) تا (۳) به ترتیب کربن

مونوکسید (CO)، کربن دی اکسید (CO<sub>2</sub>) و گوگرد تری اکسید (SO<sub>3</sub>) هستند که

ساختار لوویس این سه ترکیب به صورت مقابل می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):

در ساختار مولکول (۳) برخلاف مولکول (۱)، یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (ب): نسبت شمار

جفت الکترون‌های پیوندی به شمار اتم‌ها در ترکیب‌های (۱) و (۲) به ترتیب برابر با ۳/۲ و ۴/۳ است.

عبارت (پ): با توجه به ساختار لوویس رسم شده برای ترکیب (۳)، در هر مولکول از این ترکیب، ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): با توجه به ساختارهای رسم

شده، در هر دو مولکول (۲) و (۳)، ۴ پیوند کووالانسی وجود دارد.

۳۳۳۶ B در ساختار O<sub>3</sub> همانند CH<sub>2</sub>O، یک پیوند دوگانه و در ساختار C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> و N<sub>2</sub> نیز یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده

به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	O <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> O	HCN	NO <sub>2</sub> Cl
ساختار لوویس						
فرمول مولکولی	CO	COCl <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NOCl <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
ساختار لوویس						

۴ ۳۳۷ B همه اطلاعات داده شده در ردیف‌های ۱ و ۴ درست هستند. به بررسی ردیف‌های جدول می‌پردازیم:

ردیف	نام ترکیب	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی (شمار p.e)	شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی (شمار n.e)
۱	هیدروژن سیانید	HCN	$H-C \equiv N:$	۴	۱
۲	سیلیسیم تترافلوئورید	$SiF_4$	$\begin{array}{c} :\ddot{F}: \\   \\ :\ddot{Si}-\ddot{F}: \\   \\ :\ddot{F}: \end{array}$	۴	۱۲
۳	نیتروژن دی‌اکسید	$NO_2$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ \ddot{N} \\ \backslash \\ \ddot{O} \end{array}$	۳	۵
۴	آرسنیک تری‌برمید	$AsBr_3$	$\begin{array}{c} :\ddot{Br}-\ddot{As}-\ddot{Br}: \\   \\ :\ddot{Br}: \end{array}$	۳	۱۰

توجه داشته باشید که آرسنیک جزء عناصر گروه ۱۵ جدول تناوبی است.

۳ ۳۳۸ B فقط مورد (پ) نادرست است. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده در سؤال به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	NOCl	$C_4H_4$	$O_3$	$COCl_2$	CSO
ساختار لوویس	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ \ddot{N} \\ \backslash \\ \ddot{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} H & & H \\ & \backslash & / \\ & C=C & \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ \ddot{O} \\ \backslash \\ \ddot{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ C \\ / \quad \backslash \\ \ddot{Cl} \quad \ddot{Cl} \end{array}$	$:\ddot{S}=\ddot{C}=\ddot{O}:$

عبارت (الف): با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی مولکول NOCl با تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی ترکیب  $C_4H_4$  یکسان و برابر با ۶ است.

عبارت (ب): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (پ): در ساختار مولکول  $COCl_2$  برخلاف مولکول NOCl، اتم مرکزی

جفت‌الکترون ناپیوندی ندارد. عبارت (ت): نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در مولکول‌های NOCl و CSO به ترتیب برابر با ۲ و ۱ است.

۱ ۳۳۹ B ساختار لوویس تمام ترکیبات نام‌برده شده در صورت سؤال به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	ساختار لوویس	فرمول مولکولی	ساختار لوویس
$CH_4O$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ C \\ / \quad \backslash \\ H \quad H \end{array}$	$SO_2$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ S \\ \backslash \\ \ddot{O} \end{array}$
$O_3$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ \ddot{O} \\ \backslash \\ \ddot{O} \end{array}$	$SO_3$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\ // \\ S \\ / \quad \backslash \\ \ddot{O} \quad \ddot{O} \end{array}$
HCN	$H-C \equiv N:$	$NCl_3$	$\begin{array}{c} Cl-\ddot{N}-Cl \\   \\ Cl \end{array}$

با توجه به ساختار لوویس ترکیبات رسم شده، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در ترکیب  $CH_4O$  برابر نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب

$SO_2$  است. همچنین ساختار لوویس کربن دی‌اکسید به صورت  $:\ddot{O}=\ddot{C}=\ddot{O}:$  است و در هر مولکول آن چهار پیوند وجود دارد. در ترکیب HCN نیز ۴ پیوند کووالانسی می‌باشد.

۱ ۳۴۰ C فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره‌ای، دارای ۷ الکترون در لایه ظرفیت خود هستند.

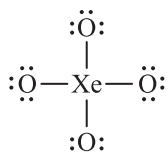
این عنصرها تنها یک الکترون تک دارند و به همین دلیل هنگامی که اتم کناری باشند، برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب پس از خود، تنها یک پیوند اشتراکی

تشکیل می‌دهند. عبارت (ب): ساختار لوویس ترکیب‌های  $HClO_4$  و  $H_4SO_4$  به صورت زیر است:



با توجه به ساختارهای رسم شده، همه پیوندهای موجود در این ساختارها یگانه است. عبارت (پ): با توجه به ساختار لوویس کربن مونوکسید ( $C \equiv O:$ )، اتم اکسیژن

چهار و اتم کربن دو الکترون به اشتراک می‌گذارند.



عبارت (ت): ساختار لوویس مولکول  $XeO_4$  (زنون تترااکسید) به صورت زیر است و همه پیوندها در آن از نوع یگانه هستند.



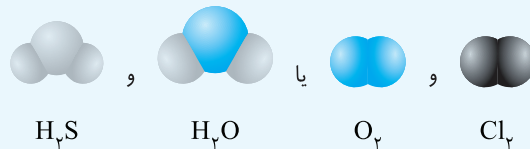
عبارت (ث): به دلیل وجود الکترون ناپیوندی روی اتم N در  $\text{NCl}_3$ ، مدل فضا پرکن آن به صورت هرمی است و شکل هندسی  $\text{HCN}$  به صورت خطی است.



**نکته** **مدل فضا پرکن:** ۱- نوعی مدل سه بعدی برای نمایش مولکول‌ها و یون‌های چنداتمی است. ۲- با استفاده از ساختار لوویس یک مولکول، می‌توان مدل فضا پرکن آن را پیش‌بینی کرد. در یک مولکول سه‌اتمی، اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی داشته باشد، مدل فضا پرکن به صورت خمیده (شکل V) ولی اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی نداشته باشد، مدل فضا پرکن خطی است.



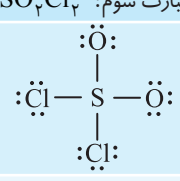
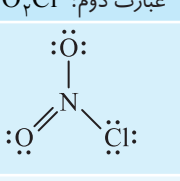
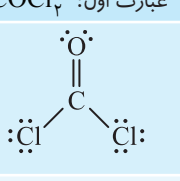
۳- در مدل فضا پرکن اندازه اتم‌ها اهمیت دارد. برای مثال، در مدل فضا پرکن که مربوط به هیدروژن سیانید ( $\text{HCN}$ ) است، اندازه اتم هیدروژن از دیگر اتم‌ها کوچک‌تر است و اندازه اتم کربن نیز به میزان اندکی از اتم نیتروژن بزرگ‌تر است. ۴- همان‌طور که گفته شد با استفاده از ساختار لوویس، می‌توان مدل فضا پرکن یک ماده را حدس زد. با توجه به این موضوع، مدل فضا پرکن بعضی مولکول‌ها به دلیل تشابه ساختار لوویس آن‌ها مشابه هم است.



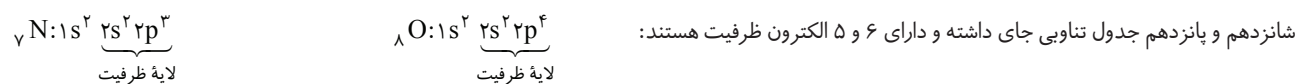
**مثال** ✓

۵- رنگ اتم‌ها در مدل فضا پرکن مهم است؛ به طوری که رنگ هیدروژن همیشه سفید، کربن سیاه، نیتروژن آبی، اکسیژن قرمز، گوگرد زرد و کلر سبز است. برای نمونه به مدل فضا پرکن مقابل توجه کنید. با توجه به رنگ اتم‌ها می‌توان دریافت که مدل فضا پرکن مربوط به  $\text{SO}_3$  است. نتیجه نهایی اینکه با دانستن ساختار لوویس یک مولکول و رنگ قراردادی اتم‌ها در این مدل، می‌توان هر مدل فضا پرکنی را تشخیص داد.

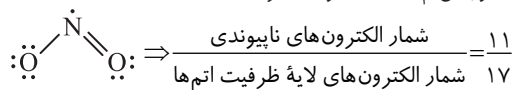
۳۴۱ ۲ عبارتهای اول، دوم و سوم نادرست هستند. بررسی عبارتهای:

عبارت سوم: $\text{SO}_2\text{Cl}_2$	عبارت دوم: $\text{NO}_2\text{Cl}$	عبارت اول: $\text{COCl}_2$	ساختار لوویس
			
$\frac{\text{شمار الکترون‌های اشتراک گذاشته شده}}{\text{شماره گروه اتم مرکزی}} = \frac{4 \times (2)}{16} = \frac{1}{2}$	$\frac{\text{شمار پیوندهای دوگانه}}{\text{شمار پیوندهای یگانه}} = \frac{1}{2}$	$\frac{\text{شمار الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{4 \times (2)}{8} = 1$	

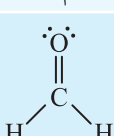
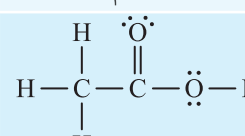
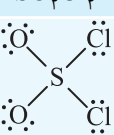
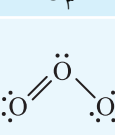
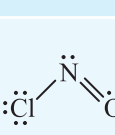
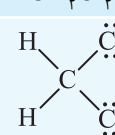
در عبارت سوم، S اتم مرکزی بوده و متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است. عبارت چهارم: اکسیژن و نیتروژن موجود در ساختار  $\text{NO}_2$  به ترتیب در گروه‌های

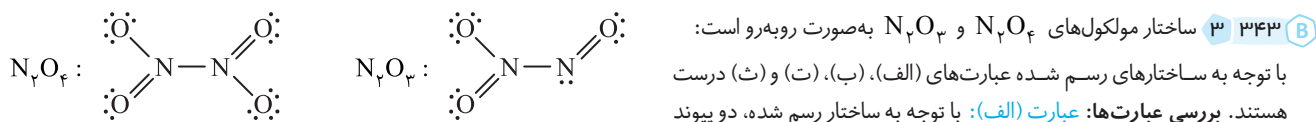


بنابراین مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت موجود در این ترکیب برابر ۱۷  $(5+2 \times 6)$  می‌باشد. ساختار لوویس  $\text{NO}_2$  به صورت زیر است:



۳۴۲ ۳ با توجه به جدول زیر، به جز در مورد دوم، در سایر موارد نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت الکترون‌های پیوندی در گونه سمت راست نصف گونه سمت چپ نیست.

$\text{CH}_2\text{O}$	$\text{HCN}$	$\text{CO}$	$\text{CH}_2\text{COOH}$	فرمول مولکولی
	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$:\text{C}\equiv\text{O}:$		ساختار لوویس
$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{8}$	نسبت شمار جفت الکترون ناپیوندی به پیوندی
$\text{SO}_2\text{Cl}_2$	$\text{O}_3$	$\text{NOCl}$	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	فرمول مولکولی
				ساختار لوویس
$\frac{12}{4}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{4}$	نسبت شمار جفت الکترون ناپیوندی به پیوندی



\* توجه برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی ابتدا تعداد و نام اتم عنصر سمت چپ و سپس تعداد و نام اتم عنصر سمت راست را می‌نویسیم. در نوشتن نام ترکیب‌های مولکولی از پیشوند مونو برای اتم سمت چپ استفاده نمی‌شود. عبارت (ث): در هر مولکول  $N_2O_4$ ، ۶ عدد اتم وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{ atom} = \frac{2}{3} \text{ g } N_2O_4 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_4}{92 \text{ g } N_2O_4} \times \frac{6 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol } N_2O_4} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 9/0.3 \times 10^{22} \text{ atom}$$

۳۴۴ B با توجه به ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده، فقط در مورد (پ)، وجه شباهت دو گونه به‌درستی معرفی شده است. بررسی موارد: مورد (الف): نسبت شمار

جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب‌های  $CH_2O$  و  $SOCl_2$  به ترتیب برابر با  $\frac{1}{3}$  و  $\frac{1}{2}$  است. مورد (ب): با توجه به ساختارهای رسم شده، اتم مرکزی در هیچ یک از دو ترکیب داده شده جفت الکترون ناپیوندی ندارد. مورد (پ): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول داده شده، تمام پیوندها یگانه هستند. مورد (ت): مجموع شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها در مولکول‌های  $CO$  و  $HF$  به ترتیب برابر با ۱۰ و ۸ است.

فرمول مولکولی	$CH_2O$	$SOCl_2$	$SO_2Cl_2$	$N_2O$
ساختار لوویس				
فرمول مولکولی	$CH_2F$	$SF_4$	$CO$	$HF$
ساختار لوویس				



فرمول شیمیایی	$SO_3^{2-}$	$POCl_3$	$ClO_3^-$	$SOCl_2$
ساختار لوویس				
فرمول شیمیایی	$CO_3^{2-}$	$CH_2O$	$PO_4^{3-}$	$H_2O_2$
ساختار لوویس				

با توجه به جدول بالا، شمار جفت الکترون‌های پیوندی در  $POCl_3$  همانند  $HCN$  برابر با ۴ و شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در یون  $SO_3^{2-}$  همانند یون  $ClO_3^-$  برابر با ۱۰ است.

۳۴۶ B ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	$H_2CO_3$	$CH_3^-$	$SOCl_2$	$POCl_3$
ساختار لوویس				

با توجه به جدول بالا، اتم مرکزی در گونه‌های (الف) و (ت) فاقد جفت الکترون ناپیوندی هستند.





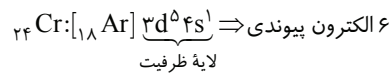
۲ ۳۴۷ B ساختار لوویس گونه‌های داده شده به صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	$\text{IO}_3^-$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{NCl}_3$	$\text{CH}_3\text{F}$	$\text{HCOOH}$	$\text{NO}^+$
ساختار لوویس	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{I} - \text{O} \\ \vdots \\ \text{O} \end{array} \right]^-$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{H} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \vdots \\ \text{N} \\ \vdots \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} - \text{F} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ \vdots \\ \text{O} \end{array}$	$[\text{N} \equiv \text{O}]^+$
شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی	۸	۱۰	۱۰	۳	۴	۲

شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در  $\text{H}_2\text{SO}_4$  و  $\text{NCl}_3$  با هم برابر است و در  $\text{HCOOH}$  و  $\text{NO}^+$  همه پیوندها از نوع یگانه نیستند.

۳ ۳۴۸ B عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

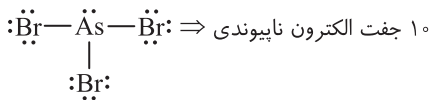
ساختار لوویس ترکیب CO به صورت  $\text{C} \equiv \text{O}$ : است و در هر مولکول آن ۴ الکترون ناپیوندی وجود دارد. همچنین آرایش الکترونی فشرده  $\text{Cr}$  ۴ به صورت مقابل است:



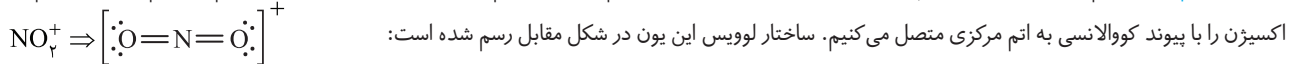
عبارت دوم: ساختار لوویس گونه‌های  $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{CS}_2$  و  $\text{PO}_4^{3-}$  به صورت مقابل است.

عبارت سوم:  $\text{AsBr}_3$ ، آرسنیک تری‌برمید نام دارد و ساختار لوویس آن به صورت مقابل است:

$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{CS}_2$	$\text{N}_2\text{O}$
$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{P} \\ \vdots \\ \text{O} \end{array} \right]^{3-}$	$\text{S} = \text{C} = \text{S}$	$\text{N} \equiv \text{N} - \text{O}$
۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی



عبارت چهارم: برای رسم ساختار لوویس یون  $\text{NO}^+$ ، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم مرکزی را رسم کرده و سپس یک الکترون از آن کم می‌کنیم. در نهایت اتم‌های

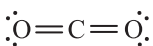


۱ ۳۴۹ C ساختار لوویس هر گونه را رسم می‌کنیم:

نام گونه	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت الکترون‌های پیوندی
اتین	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	۵
گوگرد تری‌اکسید	$\text{SO}_3$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{S} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	۴
کربن دی‌سولفید	$\text{CS}_2$	$\text{S} = \text{C} = \text{S}$	۴
هیدروژن سیانید	$\text{HCN}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{N}$	۴
کربن مونوکسید	$\text{CO}$	$\text{C} \equiv \text{O}$	۳
یون فسفات	$\text{PO}_4^{3-}$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{P} \\ \vdots \\ \text{O} \end{array} \right]^{3-}$	۴

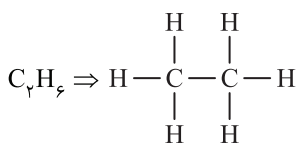
شمار جفت الکترون‌های پیوندی در چهار گونه  $\text{SO}_3$ ،  $\text{CS}_2$ ،  $\text{HCN}$  و  $\text{PO}_4^{3-}$  با هم برابر است. سه گونه  $\text{C}_2\text{H}_2$ ،  $\text{HCN}$  و  $\text{CO}$  در ساختار خود پیوند سه‌گانه دارند.

۳ ۳۵۰ C به جز عبارت (ث)، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در هر مولکول  $\text{CO}_2$ ، ۲ اتم اکسیژن و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود



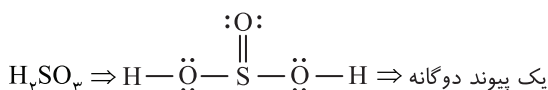
دارد. ساختار لوویس این ترکیب به صورت مقابل است:

عبارت (ب): در هر مولکول از دی‌نیتروژن تترا اکسید ( $\text{N}_2\text{O}_4$ )، ۶ اتم نافلز وجود دارد. همچنین ساختار لوویس

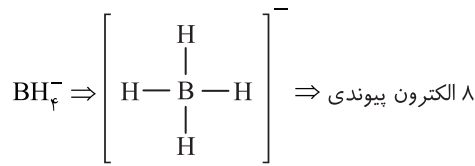
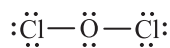


به صورت زیر است و در هر مولکول آن ۷ پیوند کووالانسی وجود دارد:

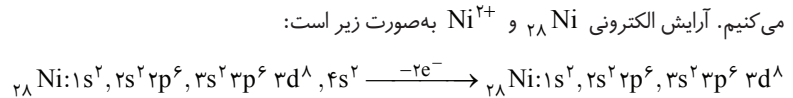
عبارت (پ): ساختار لوویس دو ترکیب  $\text{H}_2\text{SO}_3$  و  $\text{HCN}$  به صورت زیر است:



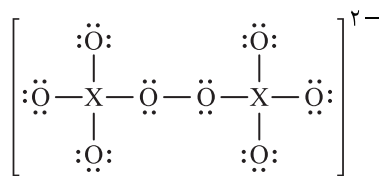
عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) سولفید به صورت  $Fe_2S_3$  بوده و در هر واحد فرمولی از آن، ۲ کاتیون  $Fe^{3+}$  وجود دارد. همچنین ساختار لوویس  $OCl_2$



عبارت (ث): برای رسم ساختار لوویس  $BH_4^-$ ، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای B را رسم کرده و سپس به آن یک الکترون اضافه می‌کنیم. در نهایت اتم‌های H را با پیوند یگانه به B متصل می‌کنیم. آرایش الکترونی  $Ni^{2+}$  و  $_{28}Ni$  به صورت زیر است:



بنابراین در کاتیون  $Ni^{2+}$ ، ۸ الکترون با  $l=2$  (زیرلایه d) وجود دارد.



ابتدا با توجه به اینکه همه اتم‌ها از قاعده هشت‌تایی پیروی می‌کنند، ساختار داده شده را کامل می‌کنیم:

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی) - (مجموع یکان شماره گروه اتم‌ها) = بار یون چندانمی

$$-2 = (2 \times x + 8 \times 6) - (3 \times 2) \Rightarrow x = 6$$

با توجه به اینکه هر یک از اتم‌های X، ۶ الکترون در لایه ظرفیت خود دارد، پس این عنصر متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است.

۱ ۳۵۲ B

PCl <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	SOF <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CN <sup>-</sup>	فرمول شیمیایی
						ساختار لوویس

با توجه به ساختار داده شده در صورت تست و ساختارهای رسم شده در بالا، پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینه (۱) آمده است. بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): با توجه به تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی و همچنین بار گونه می‌توان نوشت:

$$-1 = (x + 3 \times 6) - (1 \times 2) \Rightarrow x = 7$$

بنابراین اتم مرکزی در این ترکیب دارای ۷ الکترون ظرفیت بوده و متعلق به گروه ۱۷ جدول تناوبی است. پرسش (ب): شمار پیوندهای کووالانسی در یون  $CN^-$  و مولکول  $SOF_2$  یکسان و برابر با ۳ می‌باشد. پرسش (پ): با توجه به ساختارهای رسم شده، شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول  $SO_2$  برابر با ۶ و شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در مولکول  $N_2O$  برابر با ۴ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۱/۵ است.

۳ ۳۵۳ B اتم مرکزی در موارد اول، دوم، سوم و ششم به گروه ۱۵ تعلق دارد.

★ نکته برای تعیین بار یک یون چندانمی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی) - (مجموع یکان شماره گروه اتم‌ها) = بار یون چندانمی

بررسی موارد: مورد اول: در این ساختار، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی داریم که مجموع آن‌ها برابر با ۲۴ الکترون می‌باشد. در این ساختار هر اتم اکسیژن، شش الکترون در لایه ظرفیت خود داشته و بار این گونه نیز (-۱) است، پس می‌توان نوشت:

$$-1 = (X + 3 \times 6) - (2 \times 4) \Rightarrow X = 5$$

با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت، اتم مرکزی در این یون متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد دوم: در این ساختار تنها ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. با توجه به اینکه در لایه ظرفیت هر یک از اتم‌های هیدروژن، یک الکترون وجود دارد، می‌توان نوشت:

$$+1 = (X + 4 \times 1) - (4 \times 2) \Rightarrow X = 5$$

با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت، اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای می‌باشد. مورد سوم: در این ساختار ۴ جفت‌الکترون پیوندی و ۴ جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد که مجموع آن‌ها برابر با ۱۶ الکترون می‌باشد. با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اکسیژن و بار گونه می‌توان نوشت:

$$+1 = (X + 2 \times 6) - (1 \times 6) \Rightarrow X = 5$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد چهارم: در این ساختار ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم کلر، ۷ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه می‌توان نوشت:

$$-1 = (X + 4 \times 7) - (1 \times 6 \times 2) \Rightarrow X = 3$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۳ جدول دوره‌ای است. مورد پنجم: در این ساختار، ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۴ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه خواهیم داشت:

$$-4 = (X + 4 \times 6) - (3 \times 2) \Rightarrow X = 4$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. مورد ششم: در این ساختار ۱۰ جفت‌الکترون ناپیوندی و ۳ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$-3 = (X + 3 \times 6) - (2 \times 6) \Rightarrow X = 5$$

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است.



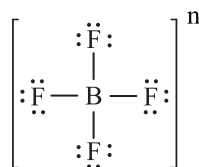
عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):

جفت الکترون‌های پیوندی الکترون‌های ناپیوندی	ساختار لوویس	فرمول شیمیایی
$\frac{1}{2}$	$\left[ \begin{array}{c} \ddot{\text{N}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^{-}$	$\text{NH}_4^{-}$
$\frac{1}{2}$	$\left[ \ddot{\text{O}}=\text{N}=\ddot{\text{O}} \right]^{+}$	$\text{NO}_2^{+}$

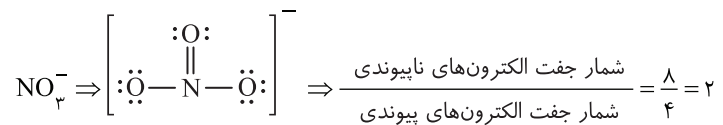
عبارت (ب): ساختار لوویس ترکیب‌های  $\text{HCN}$  و  $\text{NO}^{+}$  به صورت زیر است:

شمار پیوندهای اشتراکی	ساختار لوویس	فرمول شیمیایی
۴	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$\text{HCN}$
۳	$\left[ \text{:N}\equiv\text{O:} \right]^{+}$	$\text{NO}^{+}$

عبارت (ت): ساختار لوویس این ترکیب به صورت زیر است:



عبارت (پ): ساختار لوویس یون  $\text{NO}_3^{-}$  به صورت زیر است:

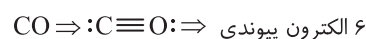
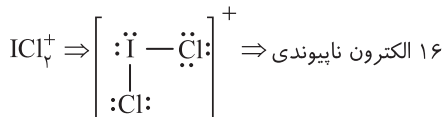


برای به دست آوردن بار یک ترکیب مولکولی می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$q = [\text{مجموع الکترون‌های ظرفیت عناصرها}] - [\text{مجموع الکترون‌های به کار رفته در ساختار لوویس}]$$

$$\Rightarrow q = [(7 \times 4) + (1 \times 3)] - [(4 \times 2) + (4 \times 6)] = -1$$

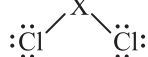
عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ساختار لوویس  $\text{ICl}_4^{+}$  و کربن مونوکسید ( $\text{CO}$ ) به صورت زیر است:



بنابراین نسبت الکترون‌های ناپیوندی  $\text{ICl}_4^{+}$  به الکترون‌های پیوندی  $\text{CO}$  برابر  $\frac{16}{6}$  است. عبارت (ب): فرمول شیمیایی سدیم اکسید و مس (II) اکسید به ترتیب به صورت  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{CuO}$  می‌باشد. نسبت شمار کاتیون به آنیون در  $\text{Na}_2\text{O}$  برابر ۲ ( $\frac{2}{1}$ ) و در  $\text{CuO}$  برابر ۱ ( $\frac{1}{1}$ ) است. عبارت (پ):  $\text{N}_2\text{O}$  یک ترکیب مولکولی بوده و نام آن «دی‌نیتروژن مونوکسید» است.

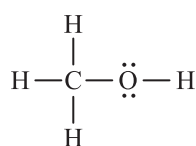
$\text{MgO}$  نیز یک ترکیب یونی بوده و نام آن منیزیم اکسید می‌باشد. عبارت (ت): می‌دانیم که هالوژن‌ها به عنوان اتم کناری، با پیوند یگانه به اتم مرکزی متصل می‌شوند. پس ابتدا ساختار لوویس  $\text{XCl}_4$  را به گونه‌ای که تمام اتم‌ها از قاعده هشت‌تایی پیروی کنند، رسم می‌کنیم. با توجه به ساختار لوویس رسم شده، می‌توان نتیجه گرفت که آرایش الکترون-نقطه‌ای عنصر  $\text{X}$  به صورت  $\text{X}^{\cdot\cdot}$  و این عنصر با ۶ الکترون ظرفیت، متعلق به گروه شانزدهم جدول تناوبی است.

عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از آنجا که این گونه خنثی است، پس مجموع الکترون‌های ظرفیت در آن برابر با مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی می‌باشد. در ساختار داده شده، ۴ جفت الکترون پیوندی و ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت برابر با ۲۴ الکترون است. عبارت (ب): ساختار لوویس مولکول متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) به صورت روبه‌رو است.



با توجه به ساختار لوویس رسم شده، می‌توان نتیجه گرفت که آرایش الکترون-نقطه‌ای عنصر  $\text{X}$  به صورت  $\text{X}^{\cdot\cdot}$  و این عنصر با ۶ الکترون ظرفیت، متعلق به گروه شانزدهم جدول تناوبی است.

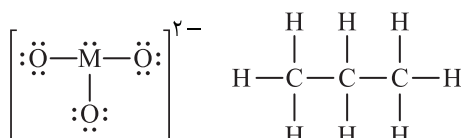
عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از آنجا که این گونه خنثی است، پس مجموع الکترون‌های ظرفیت در آن برابر با مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی می‌باشد. در ساختار داده شده، ۴ جفت الکترون پیوندی و ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت برابر با ۲۴ الکترون است. عبارت (ب): ساختار لوویس مولکول متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) به صورت روبه‌رو است.



با توجه به ساختار لوویس متانول، در هر مولکول آن ۵ پیوند کووالانسی وجود دارد، در حالی که در مولکول گونه داده شده در صورت سؤال، ۴ پیوند کووالانسی یافت می‌شود. عبارت (پ): با توجه به توضیح عبارت (الف) می‌توان نوشت:  $0 = (M + 3 \times 6) - (12 \times 2) \Rightarrow M = 6$

بنابراین اتم عنصر  $\text{M}$ ، ۶ الکترون در لایه ظرفیت خود دارد و متعلق به گروه ۱۶ جدول دوره‌ای می‌باشد.

\* توجه: عنصرهای یک گروه خواص شیمیایی نسبتاً مشابهی دارند.



عبارت (ت): ساختار مولکول  $\text{MH}_3$ ، به صورت  $\text{H}-\ddot{\text{M}}-\text{H}$  است. با توجه به این ساختار، شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی با یکدیگر برابر است. عبارت (ث): در ساختار لوویس  $\text{MO}_3^{2-}$ ، ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی و در ساختار لوویس  $\text{C}_3\text{H}_8$ ، ۱۰ جفت الکترون پیوندی وجود دارد.

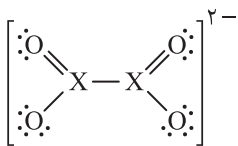
عبارت (ت): ساختار مولکول  $\text{MH}_3$ ، به صورت  $\text{H}-\ddot{\text{M}}-\text{H}$  است. با توجه به این ساختار، شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی با یکدیگر برابر است. عبارت (ث): در ساختار لوویس  $\text{MO}_3^{2-}$ ، ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی و در ساختار لوویس  $\text{C}_3\text{H}_8$ ، ۱۰ جفت الکترون پیوندی وجود دارد.

۱۰ جفت الکترون ناپیوندی و در ساختار لوویس  $\text{C}_3\text{H}_8$ ، ۱۰ جفت الکترون پیوندی وجود دارد.

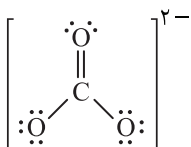
۳ ۳۵۷ همه موارد به جز مورد سوم، جمله را به درستی کامل می کنند. ابتدا ساختار یون ها را با توجه به ویژگی های ذکر شده برای آن ها رسم می کنیم. بررسی موارد:

شیمیایی فرمول	$X_3^+$	$X_3O_3^{2-}$	$X_2^{2-}$	$XO^+$	$CX_2^{2-}$	$XO_2^-$	$XO_3^{2-}$
ساختار لوویس	$[\ddot{X}-\ddot{X}-\ddot{X}]^+$	$[\ddot{X}-\overset{\overset{\ddot{O}}{\parallel}}{X}-\ddot{O}]^{2-}$	$[:X\equiv X:]^{2-}$	$[:X\equiv O:]^+$	$[\ddot{X}=C=\ddot{X}]^{2-}$	$[\ddot{O}-\overset{\overset{\ddot{X}}{\parallel}}{O}]^-$	$[\ddot{O}-\overset{\overset{\ddot{O}}{\parallel}}{X}-\ddot{O}]^{2-}$

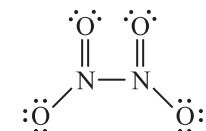
مورد اول: اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره ای  $-3=(X+4\times 6)-(32)\Rightarrow X=5$  **مورد دوم:** اتم X: گروه ۱۷ جدول دوره ای  $-1=(X+2\times 6)-(20)\Rightarrow X=7$   
 مورد سوم: اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره ای  $-2=(4+2X)-(16)\Rightarrow X=5$  **مورد چهارم:** اتم X: گروه ۱۵ جدول دوره ای  $+1=(X+6)-(10)\Rightarrow X=5$   
 مورد پنجم: اتم X: گروه ۱۴ جدول دوره ای  $-2=(2X)-(10)\Rightarrow X=4$  **مورد ششم:** اتم X: گروه ۱۶ جدول دوره ای  $-2=(2X+3\times 6)-(32)\Rightarrow X=6$   
 مورد هفتم: اتم X: گروه ۱۷ جدول دوره ای  $+1=(3X)-(20)\Rightarrow X=7$



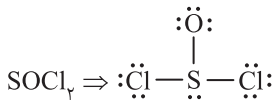
۳ ۳۵۸ همه عبارت ها به جز عبارت دوم درست هستند. ساختار کامل شده گونه داده شده در سؤال به صورت مقابل است. با توجه به فرمول مقابل، می توان نوشت: (مجموع شمار الکترون های پیوندی و ناپیوندی) - (مجموع شمار الکترون های ظرفیت اتم ها) = بار یون  $\Rightarrow -2=(2X+4\times 6)-(17\times 2)\Rightarrow X=4$



یا توجه به تعداد الکترون های ظرفیت عنصر X، این عنصر کربن است. **بررسی موارد:** عبارت اول: ساختار لوویس گونه های  $CO_3^{2-}$  و  $CN_2^{2-}$  به صورت مقابل است. با توجه به این ساختارها، تعداد پیوند دوگانه در یون  $CN_2^{2-}$  با تعداد پیوندهای یگانه در یون  $CO_3^{2-}$  یکسان و برابر با ۲ پیوند است.

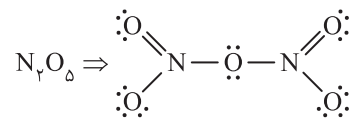


**عبارت دوم:** آرایش الکترونی اتم کربن به صورت  $C: 1s^2 2s^2 2p^2$  است. در این اتم ۴ الکترون در زیرلایه s با عدد کوانتومی فرعی  $l=0$  و ۲ الکترون در زیرلایه p با عدد کوانتومی فرعی  $l=1$  قرار دارد. **عبارت سوم:** ساختار لوویس گونه دی نیتروژن تتراکسید ( $N_2O_4$ ) به صورت مقابل است. **عبارت چهارم:** کربن دی اکسید ( $CO_2$ ) در دمای  $-78^\circ C$  یا  $195K$  به صورت جامد از مخلوط گازها جدا می شود. **عبارت پنجم:** گرافیت آلوتروپی از کربن است که نرم بوده و از آن در ساخت مغز مداد استفاده می شود. گرافیت همچنان به سرب مداد معروف است.

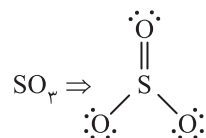


۳ ۳۵۹ تمامی عبارت ها درست هستند. **بررسی عبارت ها:** عبارت (الف): ساختار لوویس ترکیب  $SOCl_2$  به صورت مقابل است. بنابراین در هر مولکول از این ترکیب، ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد:

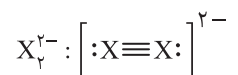
$$SOCl_2 \Rightarrow \frac{1 \text{ mol } SOCl_2 \times \frac{3 \text{ mol پیوند}}{1 \text{ mol } SOCl_2} \times \frac{6/10 \times 10^{23} \text{ پیوند}}{1 \text{ mol پیوند}}}{119 \text{ g } SOCl_2} = \frac{3}{6} \times 10^{23} \text{ پیوند}$$



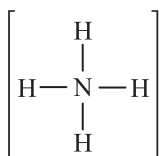
**عبارت (ب):** ساختار لوویس این سه ترکیب به صورت زیر خواهد بود:  $\frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{12 \times 2}{8 \times 2} = 1/5$



$\frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{8 \times 2}{4 \times 2} = 2$   $HCN \Rightarrow H-C \equiv N$  ،  $\frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{1 \times 2}{4 \times 2} = 0/25$



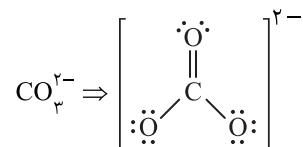
**عبارت (پ):** کلسیم تنها می تواند کاتیون پایدار  $Ca^{2+}$  ایجاد کند؛ بنابراین آنیون این ترکیب  $X_3^{2-}$  بوده که طبق متن عبارت، سه پیوند اشتراکی دارد و ساختار آن به صورت مقابل است:



ترکیب حاصل از کاتیون  $NH_4^+$  و آنیون  $X_3^{2-}$ ، به صورت  $(NH_4)_2X_3$  خواهد بود. همچنین ساختار لوویس یون آمونیوم به صورت مقابل است. بنابراین ترکیب  $(NH_4)_2X_3$  دارای ۸ پیوند اشتراکی در کاتیون های  $NH_4^+$  بوده و اگر  $X_3^{2-}$  به صورت  $[ :X \equiv X : ]^{2-}$  باشد، در ساختار آن ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد؛ بنابراین در مجموع در هر واحد فرمولی  $(NH_4)_2X_3$ ، ۱۱ پیوند اشتراکی وجود دارد. **عبارت (ت):** بار گونه های چنداتی را می توان از طریق رابطه زیر به دست آورد:

[مجموع الکترون های به کار رفته در ساختار لوویس] - [مجموع الکترون های لایه ظرفیت اتم ها] = q (بار گونه)

$$\left[ :N \equiv N - N \equiv N - \ddot{N}: \right]^q \Rightarrow q = (5 \times 5) - (12 \times 2) = 25 - 24 = +1$$



همچنین ساختار لوویس  $CO_3^{2-}$  به صورت زیر است و در آن ۸ الکترون پیوندی وجود دارد. پس نسبت بار گونه (q) به شمار الکترون های پیوندی در  $CO_3^{2-}$  برابر  $0/125$  است.



**۳۶۰ A** عبارتهای اول و دوم درست هستند. اکسیژن، گازی واکنش پذیر است و با اغلب عناصرها و مواد واکنش می دهد؛ به طوری که شیمی دانها از این ویژگی برای تهیه بسیاری از مواد از جمله سولفوریک اسید، بهره می گیرند. برخی (نه همه!) عنصرهای فلزی و نافلزی نیز می توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. **\* توجه** برخی فلزها مانند طلا هرگز با گاز اکسیژن به طور خودبه خودی واکنش نمی دهند و اکسایش نمی یابند.

توجه کنید که در واکنش سوختن که یک واکنش شیمیایی است، یک ماده با اکسیژن واکنش می دهد و بخشی (نه همه!) از انرژی شیمیایی ماده به صورت نور و گرما آزاد می شود.

**۳۶۱ A** موارد (ب) و (ت)، جمله را به درستی کامل می کنند. **بررسی موارد: مورد الف):** رنگ شعله گوگرد، آبی است. فرآورده حاصل از سوختن این عنصر، گوگرد دی اکسید ( $SO_2$ ) است که در هر واحد فرمولی آن ۳ اتم وجود دارد. **مورد ب):** اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب می سوزند. محصول واکنش سوختن فلز آهن، آهن (III) اکسید بوده و شعله ای نارنجی رنگ تولید می کند. در نام گذاری اکسیدهای آهن و فلزهایی که دارای چند ظرفیت هستند، می بایست ظرفیت فلز به صورت عدد رومی داخل پرانتز جلوی نام فلز آورده شود. **مورد پ):** رنگ شعله فلز سدیم زرد رنگ است. فلز سدیم در واکنش با گاز اکسیژن، تولید سدیم اکسید با فرمول شیمیایی  $Na_2O$  می کند که در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با  $\frac{1}{2}$  است. **مورد ت):** رنگ شعله منیزیم، سفید است. این عنصر در اثر سوختن (یا اکسایش)، منیزیم

اکسید با فرمول شیمیایی  $MgO$  را به عنوان فرآورده تولید می کند و هر دو یون منیزیم ( $Mg^{2+}$ ) و اکسید ( $O^{2-}$ ) به آرایش الکترونی گاز نجیب نئون می رسند.

**۳۶۲ A** معادله نوشتاری سوختن کامل زغال سنگ:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$  نور و گرما + کربن دی اکسید + گوگرد دی اکسید + بخار آب  $\rightarrow$  اکسیژن + زغال سنگ

زغال سنگ در حضور اکسیژن می سوزد و افزون بر تولید گازهای  $SO_2$ ،  $CO_2$  و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می کند؛ بنابراین عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت الف):** در صورتی که مقدار اکسیژن محیط کافی باشد، اتم های کربن تنها به گاز کربن دی اکسید تبدیل می شوند که در هر واحد فرمولی آن، ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. **عبارت ب):** در صنعت برای تهیه سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با گاز اکسیژن به  $SO_2$  تبدیل می کنند. واکنشی که به سوختن گوگرد معروف است. با توجه به معادله واکنش، از سوختن زغال سنگ نیز گاز گوگرد دی اکسید تولید می شود. **عبارت پ):** سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می شود. **عبارت ت):** در صورتی که مقدار گاز اکسیژن محیط کافی نباشد، علاوه بر  $CO_2$ ،  $H_2O$  و  $SO_2$ ، گاز  $CO$  نیز تولید می شود. **عبارت ث):** اگر مقدار اکسیژن محیط کافی نباشد، زغال سنگ به صورت ناقص می سوزد و گاز  $CO$  نیز تولید می شود. ساختار لوویس مولکول  $CO$  به صورت  $C \equiv O:$  است.

**۳۶۳ A** نوع فرآورده ها در واکنش سوختن سوخت های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می شود و گاز کربن دی اکسید و بخار آب تولید می گردد، اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فرآورده ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می شود سوختن ناقص است. **بررسی سایر گزینه ها: گزینه ۲):** رنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است و رنگ آبی شعله، نشان می دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. رنگ شعله سدیم و گوگرد به ترتیب زرد و آبی است. **گزینه ۳):** فرآورده کربن دار سوختن کامل سوخت های فسیلی، گاز کربن دی اکسید و فرآورده کربن دار سوختن ناقص آن ها که به همراه سایر فرآورده های سوختن کامل تولید می شود، گاز سمی کربن مونوکسید است. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، در ساختار لوویس گاز کربن دی اکسید دو پیوند دوگانه و در ساختار لوویس گاز کربن مونوکسید یک پیوند سه گانه وجود دارد.

**۳۶۴ B** همه عبارتهای جز عبارت (الف) درست هستند. مدل فضاپرکن نمایش داده شده در صورت سؤال مربوط به گاز کربن مونوکسید است. کربن مونوکسید، گازی بی رنگ، بی بو و بسیار سستی است. که ساختار لوویس آن به صورت مقابل بوده و نسبت شمار جفت الکترون های پیوندی در آن برابر  $\frac{1}{3}$  است.  $C \equiv O: \Rightarrow CO$

چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می شود. از آنجا که میل ترکیبی همگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول های آن پس از اتصال به همگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت های بدن جلوگیری می کنند.

**۳۶۵ B** همه موارد به جز مورد چهارم نادرست اند. **بررسی موارد: مورد اول):** اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می سوزند. **مورد دوم):** نوع فرآورده ها در واکنش سوختن سوخت های فسیلی به مقدار گاز اکسیژن مورد دسترس در محیط بستگی دارد. **مورد سوم):** یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی اثر هنگام جوشکاری است. با این روش، استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده افزایش می یابد. **مورد چهارم):** با توجه به فرآورده های واکنش سوختن زغال سنگ، می توان نتیجه گرفت که در ساختار آن عناصر  $C$ ،  $H$  و  $S$  وجود دارد و البته عنصرهای اکسیژن و نیتروژن هم یافت می شود. **مورد پنجم):** در واکنش آرام زغال سنگ با اکسیژن، گاز کربن مونوکسید تولید نمی شود. این گاز فرآورده سوختن ناقص زغال سنگ است.

**\* نکته** به هنگام جوشکاری می توان از گازهای نجیب مانند آرگون یا هلیوم به عنوان محیط بی اثر استفاده کرد. در این روش، این گازها به دلیل واکنش ناپذیری، با ایجاد محیط بی اثر، از ایجاد اکسید و متخلخل شدن ساختار فلز در اثر ایجاد اکسید فلز و سایر ترکیب ها جلوگیری می کنند.

**۳۶۶ B** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. شکل های (۱) تا (۴) به ترتیب سوختن عنصرهای منیزیم، گوگرد، سدیم و آهن را نمایش می دهند. **بررسی عبارت ها: عبارت الف):** فرآورده واکنش های (۱) تا (۳) به ترتیب منیزیم اکسید، گوگرد دی اکسید و سدیم اکسید می باشد که از میان این ترکیب ها، گوگرد دی اکسید برخلاف دو اکسید دیگر، یک ترکیب مولکولی است. **عبارت ب):** فرآورده حاصل در شکل (۲)، گوگرد دی اکسید ( $SO_2$ ) و فرآورده حاصل در شکل (۱)، منیزیم اکسید ( $MgO$ ) است. شمار اتم های اکسیژن در هر واحد فرمولی از شکل های (۱) و (۲) به ترتیب برابر با یک و دو است؛ بنابراین نسبت شمار اتم اکسیژن در هر واحد فرمولی از فرآورده شکل (۲)، دو برابر تعداد اتم های اکسیژن در هر واحد فرمولی از فرآورده شکل (۱) است. **عبارت پ):** فرآورده شکل های (۳) و (۴) به ترتیب سدیم اکسید ( $Na_2O$ ) و آهن (III) اکسید ( $Fe_2O_3$ ) بوده و نسبت آنیون به کاتیون در این دو ترکیب به ترتیب برابر با  $\frac{1}{2}$  و  $\frac{3}{2}$  است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون ها به شمار کاتیون ها در فرآورده شکل (۴)، سه برابر این نسبت در فرآورده شکل (۳) است. **عبارت ت):** عنصر نشان داده شده در شکل (۲)، گوگرد ( $S$ ) است که پس از سوختن و به اشتراک گذاشتن الکترون با اتم های اکسیژن، به آرایش هشت تایی پایدار گاز نجیب آرگون می رسد.



## نکته ترکیبی رنگ شعله واکنش‌ها در کتاب درسی در یک نگاه:

رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند
بنفش	سوختن پتاسیم	آبی	سوختن کامل متان	قرمز	سوختن لیتیم	نارنجی	سوختن گرد آهن
قرمز	لامپ نئون	زرد	سوختن ناقص متان	زرد	سوختن سدیم	سفید	سوختن منیزیم
				سبز	سوختن مس	آبی	سوختن گوگرد

۳۶۷ ۱ فقط عبارت (پ) درست است. رنگ زرد شعله در شکل (۱)، نشان‌دهنده سوختن ناقص سوخت فسیلی است و رنگ آبی شعله در شکل (۲)، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. نوع فرآورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فرآورده‌ها تولید خواهد شد که در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است. از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های کربن مونوکسید پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

۳۶۸ ۳

## نکته مقایسه واکنش‌های سوختن و اکسایش:

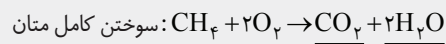
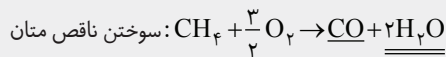
- شباهت‌ها: ۱- نوع فرآورده‌های تولیدی ۲- مقدار انرژی آزاد شده
- تفاوت‌ها: ۱- سرعت واکنش ۲- ایجاد نور و شعله ۳- حالت فیزیکی آب

سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و گرما و نور آزاد می‌کند. اکسایش، واکنش آرام مواد با اکسیژن است که با تولید انرژی همراه است. توجه کنید که واکنش سوختن و اکسایش یک ماده تنها در سرعت واکنش با هم متفاوت‌اند و از نظر فرآورده‌ها، میزان گرمای تولیدی و میزان اکسیژن مصرفی مشابه‌اند.

۳۶۹ ۴

## نکته ترکیبی تفاوت‌ها و شباهت‌های سوختن کامل و ناقص:

- شباهت‌ها: ۱- در هر دو، واکنش بین ماده سوختنی و اکسیژن انجام می‌شود. ۲- در هر دو واکنش، بخار آب تولید می‌شود. ۳- در هر دو واکنش، واکنش‌دهنده‌ها ناپایدارتر از فرآورده‌ها هستند. ۴- چه در سوختن کامل و چه در سوختن ناقص یک ماده، هر دو مقدار مول یکسانی از هر کدام از فرآورده‌ها تولید می‌شود.



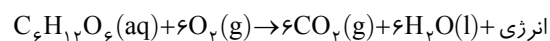
مثال ✓

- تفاوت‌ها: ۱- در سوختن کامل برخلاف سوختن ناقص، غلظت اکسیژن محیط به اندازه کافی است. ۲- رنگ شعله سوختن ناقص، زرد رنگ و رنگ شعله سوختن کامل، آبی است. ۳- دمای شعله سوختن کامل بسیار بالاتر از سوختن ناقص است.

سوختن کامل و ناقص گاز شهری در همه موارد ذکر شده با هم متفاوت‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): رنگ شعله در واکنش سوختن کامل گاز شهری به رنگ آبی و در واکنش سوختن ناقص آن به رنگ زرد است. عبارت (ب): انرژی نور آبی بیشتر از نور زرد است؛ پس دمای شعله هنگام سوختن کامل گاز شهری بالاتر است. عبارت (پ): در واکنش سوختن کامل گاز شهری گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد، در حالی که در واکنش سوختن ناقص آن، گاز کربن مونوکسید و بخار آب تولید می‌شود. عبارت (ت): از آنجا که نوع فرآورده‌ها و سطح انرژی آن‌ها در واکنش‌های سوختن کامل و ناقص گاز شهری با یکدیگر متفاوت است؛ پس میزان گرمای حاصل از این واکنش‌ها نیز در شرایط یکسان، متفاوت خواهد بود. گرمای حاصل از سوختن کامل گاز شهری بیشتر از سوختن ناقص آن است. عبارت (ث): اگر اکسیژن در محیط وجود داشته باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر اکسیژن کم باشد، سوختن ناقص است. پس میزان اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص کمتر است. عبارت (ج): یکی از فرآورده‌های سوختن ناقص گاز شهری گاز کربن مونوکسید است که بسیار سمی است و مسمومیت با آن کشنده است. کربن دی‌اکسید که از سوختن کامل گاز شهری حاصل می‌شود، سمی نیست.

۳۷۰ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها

(نه هیدروکربن‌ها!) و پروتئین‌ها یافت می‌شود. هیدروکربن‌ها در ساختار خود دارای اتم‌های کربن و هیدروژن بوده و فاقد اتم اکسیژن هستند. عبارت دوم: بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. عبارت سوم: سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود و بخش دیگری از آن به صورت انرژی پتانسیل (شیمیایی) در فرآورده‌های واکنش باقی می‌ماند. عبارت چهارم: نوع واکنش سوخت‌های فسیلی با گاز اکسیژن و نوع فرآورده‌های حاصل به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد. عبارت پنجم: بدن انسان برای تولید انرژی از واکنش اکسایش (واکنش آرام با اکسیژن) گلوکز استفاده می‌کند. معادله این واکنش به صورت زیر است:

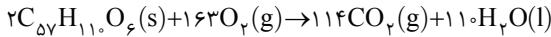


۳۷۱ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. شکل (الف) مربوط به سوختن ناقص و شکل (ب) مربوط به سوختن کامل متان است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

در طیف مرئی، طول موج نور زرد بلندتر از طول موج نور آبی است. عبارت دوم: در اثر سوختن ناقص متان، گاز کربن مونوکسید ( $\text{C} \equiv \text{O}$ ) تولید می‌شود که در ساختار خود دارای یک پیوند سه‌گانه است. عبارت سوم: اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، سوختن به صورت ناقص است؛ بنابراین مقدار اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص، کمتر است. عبارت چهارم: گاز کربن مونوکسید یکی از فرآورده‌های سوختن ناقص متان است که میل ترکیبی هموگلوبین خون با آن بسیار زیاد و ۲۰۰ برابر گاز اکسیژن است.



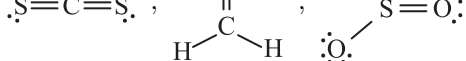
۳۷۲۲ B عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هوا کره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوا کره با هم تفاوت دارد. عبارت (ب): با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن به طور پیوسته کاهش می‌یابد. عبارت (پ): اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب (نه همه!) عنصرها و مواد واکنش می‌دهد. عبارت (ت): کربن مونوکسید (CO) نسبت به کربن دی‌اکسید (CO<sub>۲</sub>) سطح انرژی بیشتری دارد و ناپایدارتر است. عبارت (ث): چربی ذخیره شده در کوهان شتر (C<sub>۵۷</sub>H<sub>۱۱۰</sub>O<sub>۶</sub>)، مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افزون‌بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می‌کند. به معادله اکسایش این ماده در بدن شتر توجه کنید:



۳۷۳۳ C عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آهن دارای اکسیدهای FeO و Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> و مس دارای اکسیدهای

CuO و Cu<sub>۲</sub>O می‌باشد. در FeO و CuO نسبت شمار آنیون به کاتیون، یکسان و برابر ۱ است. عبارت (ب): شمار اتم‌ها در فرمول مولکولی دی‌نیتروژن تتراکسید

(N<sub>۲</sub>O<sub>۴</sub>) برابر ۶ و در گوگرد دی‌اکسید (SO<sub>۲</sub>) برابر ۳ است. عبارت (پ): هر سه ترکیب SO<sub>۲</sub>،



CH<sub>۲</sub>O و CS<sub>۲</sub> در ساختار خود دارای ۴ پیوند کووالانسی هستند. عبارت (ت): سوختن واکنش

شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. این واکنش الزاماً به صورت کامل نمی‌باشد. عبارت (ث): کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا بوده و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است و میل ترکیبی آن با هموگلوبین بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است.

۳۷۴۴ A فقط عبارت چهارم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به‌عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در

کشاورزی به خاک می‌افزایند. اکسیدهای فلزی خاصیت بازی داشته و با انحلال در آب، محلولی با pH بزرگ‌تر از ۷ تولید می‌کنند. عبارت دوم: کاغذ pH در محیط

اسیدی (pH < ۷) به رنگ قرمز و در محیط بازی (pH > ۷) به رنگ آبی درمی‌آید. عبارت سوم: مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها

نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند: زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: برای کنترل

میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها از کلسیم اکسید (آهک) استفاده می‌شود. کلسیم عنصری از گروه دوم و دوره چهارم جدول تناوبی است. عبارت پنجم: به طور کلی

اکسیدهای فلزی مانند Na<sub>۲</sub>O را اکسید بازی و اکسیدهای نافلزی مانند SO<sub>۲</sub> را اکسید اسیدی می‌نامند.

۳۷۵۵ A اکسیدهای نافلزی با انحلال در آب خاصیت اسیدی آن را افزایش می‌دهند. کاغذ pH در محیط اسیدی به رنگ قرمز درمی‌آید؛ بنابراین از میان اکسیدهای

داده شده، چهار ترکیب کربن دی‌اکسید (CO<sub>۲</sub>)، تتراسفر دکا اکسید (P<sub>۲</sub>O<sub>۱۰</sub>)، گوگرد تری اکسید (SO<sub>۳</sub>) و دی‌نیتروژن پنتا اکسید (N<sub>۲</sub>O<sub>۵</sub>) با انحلال در

آب اسید تولید می‌کنند و کاغذ pH در محلول آبی این ترکیب‌ها به رنگ قرمز درمی‌آید.

۳۷۶۶ B عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): محلول آبی گاز کربن دی‌اکسید، خاصیت اسیدی داشته و کاغذ pH را به رنگ

قرمز درمی‌آورد. محلول آب آهک یک محلول بازی بوده و کاغذ pH را به رنگ آبی درمی‌آورد. عبارت (ب): مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. آهک

همان اکسید فلز کلسیم بوده که عنصری از گروه دوم جدول تناوبی است. عبارت (پ): فرمول شیمیایی آهک که همان کلسیم اکسید است، به صورت CaO می‌باشد. نسبت

شمار آنیون به کاتیون در این ترکیب برابر با یک است. عبارت (ت): برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به‌عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به

خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. عبارت (ث): همه اکسیدهای نافلزی، اکسید اسیدی

نیستند. برای نمونه CO، NO، N<sub>۲</sub>O، اکسید نافلزی هستند ولی اکسید اسیدی نیستند؛ زیرا هنگام انحلال در آب، با مولکول‌های آب وارد واکنش نمی‌شوند.

۳۷۷۷ B اعداد کوانتومی l=۱ و n=۳ مربوط به زیرلایه‌های ۳p است؛ بنابراین عنصر مورد نظر در لایه ظرفیت خود دارای ۴ الکترون در زیرلایه ۳p است. طبق

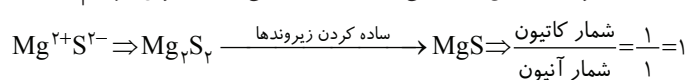
قاعده آفبا آرایش الکترونی این اتم به صورت مقابل است:



لایه ظرفیت

پس این عنصر دارای عدد اتمی ۱۶ بوده و همان گوگرد (S) است. ۱۶S یک عنصر نافلزی بوده و اکسید آن در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند. این اتم نافلزی با

گرفتن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب و اتم فلزی ۱۶Mg با از دست دادن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب دست می‌یابد. بنابراین خواهیم داشت:



۳۷۷۸ B عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است و میل ترکیبی هموگلوبین

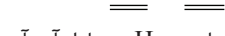
خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است به طوری که مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری

می‌کنند. عبارت دوم: برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به‌عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد

به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. عبارت سوم: کلسیم اکسید (CaO) یک اکسید فلزی بوده و در واکنش با آب، باز تولید می‌کند.

به همین دلیل از آن برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود. عبارت چهارم: عدد کوانتومی l=۱ مربوط به زیرلایه‌های p است؛ پس عنصر مورد

نظر دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های p می‌باشد. طبق قاعده آفبا خواهیم داشت:



بنابراین این عنصر، گوگرد (S) است. گوگرد در دسته p جدول دوره‌ای قرار داشته و یک نافلز است. اکسید این نافلز یک اکسید اسیدی است و pH محلول آبی آن

کمتر از ۷ است. عبارت پنجم: ششمین و دوازدهمین عناصر جدول دوره‌ای، کربن (C) و منیزیم (Mg) هستند. از میان اکسیدهای کربن (CO و CO<sub>۲</sub>)،

گاز CO<sub>۲</sub> در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند و یک اکسید اسیدی است اما گاز CO هنگام انحلال در آب با آب واکنش نمی‌دهد. اکسید فلز منیزیم (MgO) یک

اکسید بازی بوده و در واکنش با آب باز تولید می‌کند.

**C ۳۷۹ ۲** عنصرهای معرفی شده در عبارتهای (الف) و (ت) فلز بوده و اکسید آن‌ها در اثر انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی ( $pH > 7$ ) تولید می‌کنند. بررسی عبارتهای: **عبارت (الف):** عنصر معرفی شده، پتاسیم ( $K_{19}$ ) بوده که فرمول شیمیایی اکسید آن به صورت  $K_2O$  است. این ترکیب یک اکسید فلزی یا اکسید بازی است و با انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی تولید می‌کند. **عبارت (ب):** عنصرهای  $X_{17}$  و  $Y_{26}$  به ترتیب کلر ( $Cl_{17}$ ) و آهن ( $Fe_{26}$ ) هستند. کلر در گروه هفده جدول تناوبی و آهن در دوره چهارم این جدول قرار دارند؛ بنابراین عنصری که هم گروه با عنصر کلر و هم دوره با عنصر آهن باشد، عنصر برم ( $Br_{35}$ ) است. این عنصر یک نافلز بوده و اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. **عبارت (پ):** سومین گاز نجیب در جدول تناوبی، عنصر آرگون است. عنصری که با گرفتن سه الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون می‌رسد، عنصر فسفر ( $P_{15}$ ) بوده و یک عنصر نافلز است؛ بنابراین اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. **عبارت (ت):** زیرلایه مورد نظر، زیرلایه  $4s$  است که نخستین عنصری است که در آن، این زیرلایه به طور کامل پر می‌شود، عنصر کلسیم با آرایش الکترونی  $[Ar]4s^2$  است. کلسیم عنصری فلزی بوده و اکسید آن خاصیت بازی دارد. **عبارت (ث):** چون تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها کوچک‌تر از اندازه بار آنیون است، پس ما این عبارت را یکبار با « $n-e=3$ » و یکبار با « $e-n=2$ » حل می‌کنیم:

$${}_{31}X^{3-} \begin{cases} n+p=31 \\ n-e=2 \end{cases} \xrightarrow{e=p+3} \begin{cases} n+p=31 \\ n-p=5 \end{cases} \Rightarrow p=13$$

**حل با  $n-e=2$ :**

عدد اتمی آلومینیم ( $Al$ ) برابر ۱۳ است. یون پایدار آلومینیم ( $3+$ ) است. (نه  $3-$ )!

$${}_{31}X^{3-} \begin{cases} n+p=31 \\ e-n=2 \end{cases} \xrightarrow{e=p+3} \begin{cases} n+p=31 \\ p-n=-1 \end{cases} \Rightarrow p=15$$

**حل با  $e-n=2$ :**

عدد اتمی عنصر فسفر ( $P$ ) برابر ۱۵ است و یون پایدار آن ( $3-$ ) است. اکسید این عنصر خاصیت اسیدی دارد و  $pH$  آن کوچک‌تر از ۷ است.

**A ۳۸۰ ۱** باران طبیعی به دلیل  $CO_2$  حل شده در آن، اندکی اسیدی است و  $pH$  کمتر از ۷ دارد.

**A ۳۸۱ ۳** عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) درست‌اند. بررسی عبارتهای: در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه به بالا می‌رود، سرانجام باید پایین بیاید» وجود دارد. این اصطلاح بیان می‌کند آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند و بالا می‌روند، سرانجام باید به زمین برگردند. این آلاینده‌ها به طور عمده شامل اکسیدهای اسیدی  $NO_2$  و  $SO_2$  هستند که هنگام بارش در آب حل می‌شوند و بارشی با خاصیت اسیدی زیاد ایجاد می‌کنند و به زمین فرو می‌ریزند؛ در این حالت می‌گوییم باران اسیدی باریده است. توجه داشته باشید که در انحلال  $CO_2$  در آب باران، باران اسیدی ایجاد نمی‌شود؛ زیرا محلول  $CO_2$  در آب خاصیت اسیدی بسیار اندکی دارد و به محیط زیست آسیب نمی‌زند.

**A ۳۸۲ ۲** فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارتهای: **عبارت (پ):** در هواکره اکسیدهای نافلزی مختلفی سبب ایجاد باران اسیدی می‌شود ولی بخش عمده اکسیدهای اسیدی  $NO_2$  و  $SO_2$  موجب ایجاد این نوع باران‌ها در مناطق صنعتی می‌شود. **عبارت (ت):** برخی کشاورزان به خصوص آن‌هایی که زمینشان در مناطقی است که باران اسیدی می‌بارد، کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. همچنین از کلسیم اکسید (آهک) برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود.

**B ۳۸۳ ۱** عبارتهای (ب) و (ث) درست هستند. مولکول‌های  $A$ ،  $B$  و  $C$  به ترتیب  $SO_2$ ،  $HNO_3$  و  $H_2SO_4$  هستند. بررسی عبارتهای: **عبارت (الف):** گاز  $A$ ،

گوگرد دی‌اکسید ( $SO_2$ ) است که در ساختار لوویس آن، اتم گوگرد (اتم مرکزی) دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است. **عبارت (ب):** گاز گوگرد دی‌اکسید ( $SO_2$ ) حاصل از فعالیت آتشفشان‌ها ( $A$ ) در هواکره مطابق معادله  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$  با گاز اکسیژن واکنش داده و گاز گوگرد تری‌اکسید ( $SO_3$ ) را تولید می‌کند. **عبارت (پ):** اسید  $B$ ، همان نیتریک اسید است که از واکنش اکسیدهای نیتروژن با اکسیژن هواکره و قطره‌های باران تشکیل شده و فرمول

مولکولی آن به صورت  $HNO_3$  است. **عبارت (ت):** اسید  $C$ ، همان سولفوریک اسید است که فرمول مولکولی آن به صورت  $H_2SO_4$  است. با توجه به ساختار لوویس این ترکیب، نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی برابر  $6/6$  است. **عبارت (ث):** در ساختار  $H_2SO_4$  شش و در ساختار  $HNO_3$  پنج پیوند کووالانسی وجود دارد.

**B ۳۸۴ ۴** همه عبارتهای درست هستند. بررسی عبارتهای: **عبارت اول:** ساختار لوویس مولکول  $HCN$  به صورت مقابل است:

**نکته** در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می‌شود (به جز اتم هیدروژن)، اتم مرکزی است و اتم‌های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می‌شوند. دقت کنید که در مولکول‌های سه‌اتمی (یا بیشتر)، اتم مرکزی به بیش از یک اتم متصل است.

**عبارت دوم:** واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد، به طوری که هر یک از فرایندهای تهیه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است. **عبارت سوم:** برخی عنصرهای فلزی و نافلزی می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. در سوختن، بخشی از انرژی شیمیایی مواد به صورت نور و گرما آزاد می‌شود. عنصرهای منیزیم ( $Mg_{12}$ ) و گوگرد ( $S_{16}$ )، دو نمونه از این عنصرها هستند. **عبارت چهارم:** نیتروژن در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن عامل ایجاد تغییر شیمیایی است، به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند. گاز نیتروژن به جو بی‌اثر مشهور است.

**B ۳۸۵ ۱** عبارتهای دوم، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارتهای: **عبارت اول:** واکنش سوختن کامل و ناقص یک ماده، افزون‌بر تفاوت در نوع فرآورده‌ها، در مقدار انرژی آزاد شده، رنگ شعله و میزان اکسیژن مصرفی نیز با هم تفاوت دارند. **عبارت دوم:** زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و گازهای  $SO_2$ ،  $CO_2$  و بخار آب و مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند. اکسید نافلزی  $SO_2$  هنگام بارش در آب باران حل می‌شود و با ایجاد سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) باران اسیدی ایجاد می‌شود. **عبارت سوم:**

کلسیم اکسید، یک اکسید فلزی است و با حل شدن در آب دریاچه، سبب قلیایی شدن آن می‌شود و میزان اسیدی بودن را کاهش و  $pH$  را افزایش می‌دهد. **عبارت چهارم:** مرجان‌ها گروهی از کیسه‌تانه‌ها هستند. این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد. **عبارت پنجم:** چگالی گاز کربن مونوکسید کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است، به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود.



**۳۸۶** **۴** فقط عبارت (ب) نادرست است. در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و ... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آن‌ها را با یک معادله نشان می‌دهند. تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. برای مثال هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

**۳۸۷** **۳** همه موارد به جز مورد اول، در یک معادله نمادی نمایش داده می‌شود. معادله نمادی، افزون‌بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آن‌ها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند. این معادله اطلاعاتی از چگونگی، ترتیب و نحوه مخلوط کردن واکنش دهنده‌ها ارائه نمی‌دهد.

معنا	نماد
تولید می‌کند یا می‌دهد.	$\longrightarrow$
واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می‌شود.	$\xrightarrow{20\text{atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود.	$\xrightarrow{1200^{\circ}\text{C}}$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.	$\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محلول آبی	(aq)

**۳۸۸** **۱** عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: نمادهای به کار رفته برای حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی و معنای برخی از آن‌ها را در جدول روبه‌رو مشاهده می‌کنید. با توجه به توضیحات داده شده در این جدول، به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: **عبارت (الف):** حالت فیزیکی مواد گازی را در معادله نمادی با نماد (g) نمایش می‌دهیم. با توجه به معادله داده شده در صورت سؤال، حالت فیزیکی همه مواد شرکت کننده در واکنش یکسان و به حالت گازی می‌باشد.

**\* توجه:** در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد. **عبارت (ب):** با توجه به دما و فشار معرفی شده در معادله واکنش، این واکنش در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  و فشار  $340\text{atm}$  انجام می‌شود.

**\* نکته:** دمای مورد نیاز برای انجام واکنش  $(\xrightarrow{\theta^{\circ}\text{C}})$  یا علامت نیاز گرما برای شروع واکنش  $(\xrightarrow{\Delta})$  ارتباطی با گرماگیر بودن واکنش ندارد و گرماگیر بودن واکنش را تنها با کمیت آنتالپی واکنش می‌توان سنجید.

**عبارت (پ):** با توجه به مطالب بیان شده، دمای مورد نیاز برای انجام واکنش، ارتباطی با گرماگیر یا گرماگیر بودن واکنش ندارد. **عبارت (ت):** برای نمایش کاتالیزگر واکنش، نماد شیمیایی آن را می‌توان روی فلش در معادله نمادی نشان داد. در این واکنش فلز پلاتین (Pt(s)) کاتالیزگر واکنش بوده و باعث می‌شود این واکنش با سرعت بیشتری انجام گیرد. **عبارت (ث):** از معادله نمادی نمی‌توان به چگونگی و ترتیب مخلوط شدن واکنش دهنده‌ها و مکانیزم واکنش پی‌برد.

**۳۸۹** **۲**

**\* نکته:** چه واکنش‌هایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؟ در دنیای واکنش‌های شیمیایی، یک قانون وجود دارد که همه بی‌چون و چرا از آن پیروی می‌کنند و آن این است که جرم مخلوط واکنش همواره عددی ثابت است. به این اصل، قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی می‌گوییم. اکنون به نکات زیر درباره آن توجه کنید: **۱-** در معادله واکنش‌های شیمیایی، مجموع شمار اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله یکسان است. **۲-** در واکنش‌های شیمیایی موازنه شده، مجموع شمار اتم‌ها در دو طرف واکنش همواره برابر است. اما دقت کنید که در هر واکنشی که شمار اتم‌ها در دو طرف معادله یکسان است، لزوماً موازنه شده نیست. **۳-** مجموع جرم واکنش دهنده‌ها با مجموع جرم فرآورده‌ها برابر است. **۴-** در برخی واکنش‌ها همچون تجزیه مواد جامد که در ظرف درپا‌ز انجام می‌گیرند، ممکن است در ظاهر احساس کنیم که جرم فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌ها است که این موضوع به خروج گازها از ظرف واکنش برمی‌گردد و این قانون نقض نشده است. **۵-** در واکنش‌های هسته‌ای، قانون پایستگی جرم برقرار نیست.

یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آن‌ها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند. طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است؛ بنابراین عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فرآورده‌ها را به وجود می‌آورند؛ بنابراین تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله واکنش یکسان است. **عبارت (ب):** طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. **عبارت (پ):** در معادله‌ای که مجموع تعداد اتم‌ها در واکنش دهنده‌ها با این مقدار در فرآورده‌ها برابر است، الزاماً از قانون پایستگی جرم پیروی نمی‌کنند. برای مثال به واکنش « $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{Al}(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}(\text{l}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ » که ترمیت نام دارد، دقت کنید. در معادله نمادی نوشته شده، تعداد اتم‌ها در سمت واکنش دهنده با این تعداد در سمت فرآورده‌ها یکسان و برابر با ۶ اتم می‌باشد، اما تعداد هر یک از اتم‌های عنصر آلومینیم و عنصر آهن در دو سمت واکنش یکسان نیست. **عبارت (ت):** در یک واکنش شیمیایی الزاماً مواد شرکت کننده، ترکیب‌های مولکولی نبوده و می‌توانند از دیگر انواع مواد باشند. همچنین توجه کنید که در یک واکنش شیمیایی الزاماً تعداد مول‌های مواد شرکت کننده در دو سمت معادله برابر نمی‌باشند، برای مثال در معادله موازنه شده واکنش  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، در واکنش دهنده‌ها یک مول ماده و در فرآورده‌ها دو مول ماده وجود دارد. **عبارت (ث):** در واکنش‌های شیمیایی، شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر تغییر می‌کند و از یک یا چند ماده (مولکولی یا یونی) یک یا چند ماده (مولکولی یا یونی) جدید ایجاد می‌شود.

**۳۹۰** **۳** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در معادله نمادی داده شده، نماد شیمیایی پلاتین اشتباه نوشته شده است. نماد شیمیایی عنصر پلاتین «Pt» بوده و «Pd» نماد شیمیایی عنصر پالادیم است. **عبارت (ب):** یک معادله نمادی، افزون‌بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آن‌ها و اطلاعاتی درباره شرایط انجام نیز ارائه کند. اما در معادله نوشتاری چنین مواردی بیان نمی‌شود. **عبارت (پ):** تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. اما توجه کنید که برخی از این تغییرات در تغییرات فیزیکی نیز ممکن است رخ بدهند، برای مثال با کاهش دمای یک محلول سیرشده، ماده حل‌شونده در ته ظرف رسوب می‌کند یا در هنگام جوش آوردن آب، بخار آب (گاز) تولید می‌شود، اما هیچ‌یک از این دو فرایند، یک تغییر شیمیایی محسوب نمی‌شوند. **عبارت (ت):** طبق قانون پایستگی جرم، در هر واکنش شیمیایی، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.

**۳۹۱** **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آن‌ها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؛ زیرا در این واکنش‌ها تنها شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر تغییر می‌کند و خود اتم‌ها از بین نمی‌روند و به وجود هم نمی‌آیند. **عبارت (ب):** طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش دهنده‌ها با مجموع جرم فرآورده‌ها برابر است. با توجه به شکل داده شده، جرم فرآورده واکنش برابر با  $247/8$  گرم است، پس مجموع جرم واکنش دهنده‌ها نیز باید برابر با همین مقدار باشند، پس می‌توان نوشت:  $247/8 - 215/8 = 32\text{g}$  جرم گوگرد  $\Rightarrow$  جرم نقره - مجموع جرم واکنش دهنده‌ها = جرم گوگرد



**عبارت (پ):** نماد  $(\rightarrow \Delta)$  نشان می‌دهد واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند و ارتباطی با مقدار گرمای مبادله شده در واکنش ندارد. برای بررسی مقدار گرمای مبادله شده در واکنش و گرماده یا گرماگیر بودن آن، باید کمیت آنتالپی واکنش را بررسی کرد. **عبارت (ت):** در یک واکنش شیمیایی، تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت واکنش باید برابر باشند. از آنجا که در سمت راست واکنش (فرآورده‌ها)  $8(3 \times 2 + 2 \times 1)$  اتم اکسیژن یافت می‌شود، پس تعداد اتم‌های اکسیژن در سمت واکنش دهنده‌ها نیز باید همین مقدار باشد. پس می‌توان نوشت:

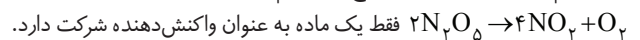
$$8 = x \times 2 \Rightarrow x = 4$$

**۱ ۳۹۲ (A)** طبق قانون پایستگی جرم، جرم کل مواد در مخلوط واکنش ثابت است، پس برای هر یک از شکل‌های (I) و (II) می‌توان نوشت:

شکل (I):  $\text{mol S} = 52/8 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} = 1/65 \text{ mol S}$  ،  $273/6 - 220/8 = 52/8 \text{ g}$  ، جرم گوگرد  $\Rightarrow$  جرم نقره - جرم فرآورده = جرم گوگرد

شکل (II):  $\text{mol O}_2 = 0/12 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} = 3/75 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2$  ،  $2/31 - 2/19 = 0/12 \text{ g}$  ، جرم اکسیژن  $\Rightarrow$  جرم آهن - جرم فرآورده = جرم اکسیژن

**۱ ۳۹۳ (A)** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نماد (aq) تنها برای محلول‌های آبی استفاده می‌شود. در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد. **عبارت (ب):** تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. **عبارت (پ):** رنگ هر یک از گونه‌های فلز نقره، عنصر گوگرد و نقره سولفید به ترتیب خاکستری، زرد و سیاه می‌باشد. **عبارت (ت):** نماد « $\Delta$ » در معادله نمادی تنها به این معنی است که واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند. اینکه یک واکنش گرماده یا گرماگیر باشد را با کمیت دیگری به نام آنتالپی می‌سنجیم. **عبارت (ث):** یک نوع ماده هم می‌تواند در شرایط مناسب طی یک واکنش شیمیایی به ماده (مواد) دیگر تبدیل شود. به‌عنوان مثال در واکنش



**۱ ۳۹۴ (B)** عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است. همچنین میل ترکیبی اکسیژن بیشتر از کربن دی‌اکسید است، زیرا اگر این گونه نبود، به دلیل وجود  $\text{CO}_2$  در هوا کره انسان‌ها و سایر موجودات زنده از بین می‌رفتند.

پس میل ترکیبی هموگلوبین خون با  $\text{CO}$  بیشتر از  $\text{CO}_2$  است. **عبارت دوم:** تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. سوختن گرد آهن یا اکسیژن، نور نارنجی رنگی پدید می‌آورد که حاکی از یک واکنش شیمیایی است. **عبارت سوم:** نماد  $\text{H}^+$  نشان می‌دهد که برای انجام واکنش از یک کاتالیزگر اسیدی استفاده می‌شود. اما توجه کنید که فرآورده آلی این واکنش، به حالت محلول در آب (aq) است. (نه مایع (l))

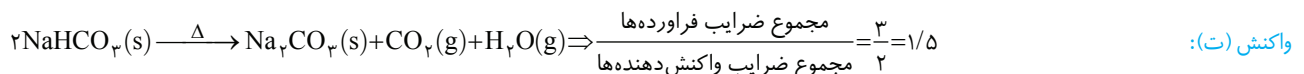
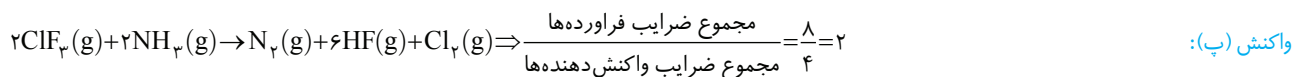
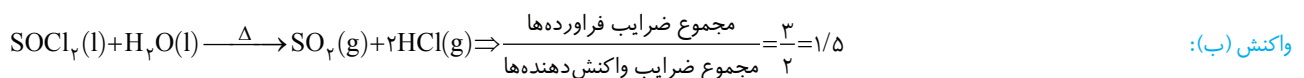
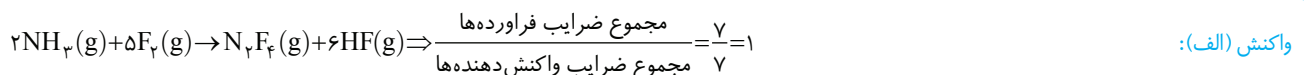
**عبارت چهارم:** طبق قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، شمار اتم‌ها در دو سمت معادله واکنش برابر است، اما لزوماً شمار مولکول‌ها برابر نیست. به عنوان مثال در معادله موازنه شده واکنش  $\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$  ، شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر است؛ اما در واکنش:  $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر نیست و هر دو واکنش از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند.

**۱ ۳۹۵ (B)** فقط عبارت دوم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژه آرگون به معنای تنبل است، زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. جو بی‌اثر شهرت گاز نیتروژن است! **عبارت دوم:** شعله حاصل از سوختن منیزیم، سفید رنگ و شعله حاصل از سوختن سدیم، زرد رنگ است. هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن به قهوه‌ای تغییر می‌کند. **عبارت سوم:** در فرایند تهیه هوای مایع، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود. سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته تا  $-200^\circ\text{C}$  کاهش می‌دهند. در این دما، مخلوط بسیار سردی از چند مایع (نیتروژن، آرگون و اکسیژن) پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. **عبارت چهارم:** در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع، با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس (نقطه انجماد آب) رطوبت هوا به صورت یخ (جامد) از آن جدا می‌شود. همچنین در دمای  $-78^\circ\text{C}$  (نقطه چگالش  $\text{CO}_2$ ) گاز کربن دی‌اکسید هوا به حالت جامد درمی‌آید. **عبارت پنجم:** در واکنش‌های شیمیایی موازنه شده، همواره تعداد اتم‌های دو سمت معادله واکنش با هم برابرند؛ اما هر معادله‌ای که تعداد اتم‌های دو سمت آن برابر باشد موازنه شده نیست. برای مثال در واکنش:



تعداد اتم‌های دو طرف معادله یکسان و برابر ۶ است؛ اما این واکنش موازنه نشده بوده و از قانون پایستگی جرم تبعیت نمی‌کند. **۴ ۳۹۶ (A)** در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فرآورده‌ها را به وجود می‌آورند. این ویژگی نشان می‌دهد که جرم مواد، پیش از واکنش برابر با جرم مواد، پس از واکنش است؛ به دیگر سخن، جرم مواد شرکت کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است. مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است، پس نسبت شمار اتم‌های عنصرهای گوناگون نسبت به هم نیز ثابت می‌ماند.

**۱ ۳۹۷ (A)** معادله موازنه شده واکنش‌های داده شده و نسبت خواسته شده به صورت زیر است:

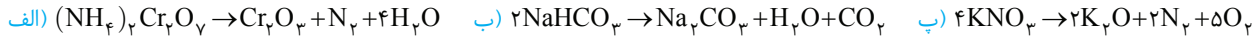


در واکنش‌های (ب) و (ت) مجموع ضریب‌های استوکیومتری فرآورده‌ها، ۱/۵ برابر مجموع ضریب‌های استوکیومتری واکنش دهنده‌ها است.



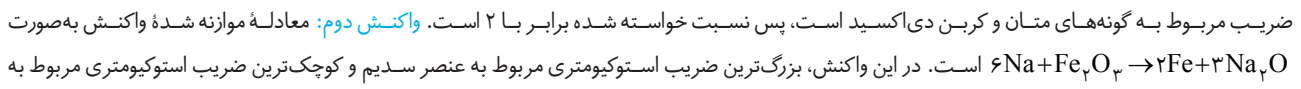
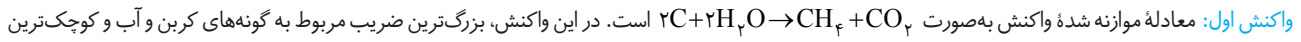


۳۹۸ B ابتدا معادله موازنه شده هر سه واکنش را نوشته و سپس به بررسی هر یک از پرسش‌های داده شده می‌پردازیم:

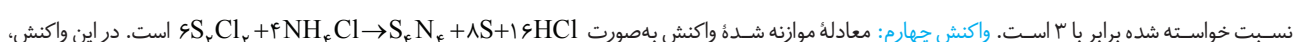


بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در معادله موازنه شده واکنش (الف)، نسبت ضریب استوکیومتری آب به نیتروژن برابر با ۴ است. پرسش (ب): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (ب) برابر با ۵ است. پرسش (پ): در واکنش (پ)، گازهای نیتروژن و اکسیژن جزء ترکیب‌های اکسیژن‌دار نیستند. مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های اکسیژن‌دار برابر با ۶ است.

۳۹۹ B فقط در واکنش سوم، این نسبت به درستی مشخص نشده است. ابتدا هر واکنش را موازنه کرده و سپس نسبت خواسته شده را در هر یک بررسی می‌کنیم:



نسبت خواسته شده برابر با ۳ است. واکنش چهارم: معادله موازنه شده واکنش به صورت



۴۰۰ A عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها یکسان و برابر با ۳ است. عبارت (ب): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، از هر سه مولکول مواد واکنش‌دهنده (یک مولکول متان و دو مولکول اکسیژن)، سه مولکول فرآورده (یک مولکول کربن دی‌اکسید و دو مولکول آب) تولید می‌شود. عبارت (پ): معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل گاز شهری به صورت



۴۰۱ B

\* توجه در معادله موازنه شده، ضرایب استوکیومتری مواد باید کوچک‌ترین اعداد صحیح ممکن باشند و نباید بتوانیم آنها را با یکدیگر ساده نماییم.

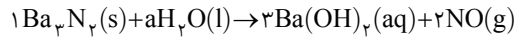
با توجه به شکل داده شده، در ابتدای واکنش ۷ مولکول A و ۴ مولکول B در طرف واکنش داریم. در حالی که پس از انجام واکنش، ۳ مولکول A، ۲ مولکول B و ۲ مولکول C داریم؛ بنابراین معادله واکنش به صورت  $4A + 2B \rightarrow 2C$  است. از آنجایی که در معادله موازنه شده واکنش می‌بایست ساده‌ترین و کوچک‌ترین ضرایب

صحیح ممکن وجود داشته باشد، پس شکل موازنه شده واکنش انجام شده به صورت  $2A + B \rightarrow C$  است.

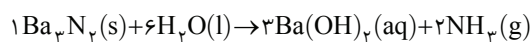
۴۰۲ B طبق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است. با توجه به معادله داده شده، اگر ضریب  $\text{Ba}_3\text{N}_2$  را برابر ۱ قرار

دهیم، شمار اتم‌های باریم در واکنش برابر با ۳ است، پس ضریب باریم هیدروکسید در فرآورده‌ها برابر با ۳ خواهد بود. با توجه به شمار اتم‌های نیتروژن در واکنش‌دهنده‌ها و ضریب ترکیب نیتروژن‌دار X در فرآورده، فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت ND می‌باشد که عنصر D می‌تواند اکسیژن یا هیدروژن باشد. اگر D، عنصر اکسیژن

باشد، معادله واکنش به صورت روبه‌رو خواهد بود:



در این حالت، با توجه به تعداد اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در سمت فرآورده‌ها، نمی‌توان واکنش را موازنه کرد، پس فرآورده X باید  $\text{NH}_3$  بوده و معادله موازنه شده



۴۰۳ B معادله موازنه شده هر یک از ترکیب‌های داده شده را نوشته و شرط داده شده در صورت سؤال را بررسی می‌کنیم:



با توجه به معادله سوختن یک مول از هر یک از ترکیب‌های داده شده، اختلاف ضریب استوکیومتری کربن دی‌اکسید و اکسیژن در سوختن  $(\text{C}_6\text{H}_8)$  برابر با ۳ است.

۴۰۴ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. معادله موازنه شده واکنش به صورت  $2\text{KBrO}_3 + 3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 3\text{N}_2 + 2\text{KBr} + 6\text{H}_2\text{O}$  است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): ضریب استوکیومتری  $\text{KBr}$  و  $\text{N}_2\text{H}_4$  به ترتیب برابر با ۲ و ۳ است، پس نسبت ضریب استوکیومتری  $\text{KBr}$  به  $\text{N}_2\text{H}_4$  برابر با  $(1/5)$  است. عبارت (ب):

مجموع ضرایب ترکیب‌های هیدروژن‌دار، یعنی  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2\text{H}_4$  در این واکنش برابر با ۹ است. عبارت (پ): مجموع ضریب استوکیومتری مواد فرآورده و واکنش‌دهنده

به ترتیب برابر با ۱۱ و ۵ است، پس نسبت خواسته شده برابر با  $2/2$  است. عبارت (ت): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، ضریب استوکیومتری آب برابر با ۶ بوده و از

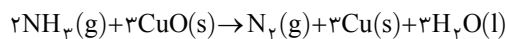
ضریب استوکیومتری سایر ترکیب‌ها بزرگ‌تر است.

۴۰۵ B طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم مواد واکنش‌دهنده با مجموع جرم مواد فرآورده برابر است. در واکنش داده شده ۲ مول x با ۳ مول y واکنش داده

و a مول w و ۵ مول z تولید می‌کند، پس خواهیم داشت:

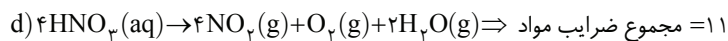
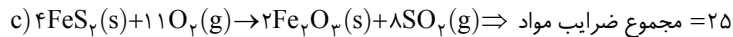
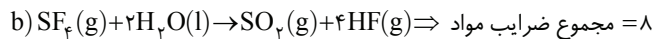
$$2 \times (x) + 3 \times (y) = a \times (w) + 5 \times (z) \Rightarrow 2(200) + 3(150) = a(75) + 5(125) \Rightarrow a = 3$$

۲ ۴۵۶ B در این واکنش گاز آمونیاک با مس (II) اکسید واکنش می‌دهد و گاز نیتروژن، فلز مس و آب تولید می‌کند. معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:



با توجه به این معادله، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها برابر ۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها برابر ۷ است. پس نسبت خواسته شده برابر  $\frac{5}{7}$  می‌باشد.

a)  $\text{P}_2\text{O}_5(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \Rightarrow$  مجموع ضرایب مواد = ۱۱ ۳ ۴۵۷ B معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



a  $\frac{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}}{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}} = \frac{11}{44} = \frac{1}{4}$

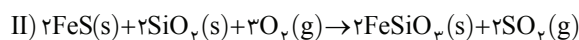
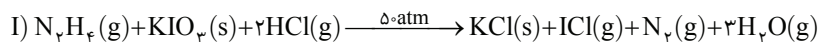
c  $\frac{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}}{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}} = \frac{25}{25} = 1$

قسمت اول:

d  $\frac{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}}{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}} = \frac{11}{11} = 1$

قسمت دوم:

ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم: (I) برای واکنش (I)، بهتر است موازنه را از عنصر اکسیژن شروع نماییم!



بررسی گزینه‌ها: **گزینه (۱):** مجموع ضرایب مواد فرآورده در واکنش (I) برابر ۶ و مجموع ضرایب واکنش دهنده‌های جامد در واکنش (II) برابر ۴ است. پس نسبت خواسته

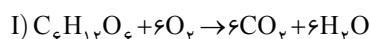
شده برابر  $\frac{6}{4} = \frac{3}{2}$  است. **گزینه (۲):** با انجام واکنش (I) در یک ظرف سربسته، تعداد مول‌های گازی موجود در ظرف، از ۳ مول به ۵ مول افزایش و در نتیجه فشار داخل

ظرف افزایش می‌یابد. نماد  $\xrightarrow{\Delta, \text{atm}}$  نشان می‌دهد که این واکنش در فشار  $5^\circ$  اتمسفر انجام می‌شود. **گزینه (۳):** یکی از فرآورده‌های واکنش (II)، گاز گوگرد دی‌اکسید

( $\text{SO}_2$ ) است. این گاز در هوا کره ابتدا به  $\text{SO}_3$  تبدیل شده و هنگام بارش در آب حل می‌شود و باران اسیدی ایجاد می‌کند. **گزینه (۴):** در واکنش (II)، مجموع ضرایب

واکنش دهنده‌ها برابر ۷ و مجموع ضرایب فرآورده‌ها برابر ۴ است، پس تفاوت آن‌ها برابر ۳ است. اما در مولکول فسفر تری‌یدید ( $\text{PI}_3$ ) مجموع شماره اتم‌ها برابر ۴ می‌باشد.

عبارت‌های اول و سوم درست هستند. ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: ۳ ۴۵۹ B



بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** مجموع ضرایب مواد واکنش دهنده در واکنش (III) برابر ۱۸ و مجموع ضرایب مواد شرکت‌کننده در واکنش (I) برابر ۱۹ است که

اختلاف آن‌ها برابر یک واحد است. **عبارت دوم:** نسبت مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها به مجموع ضرایب فرآورده‌ها در واکنش‌های (I)، (II) و (III) به ترتیب برابر

$\frac{18}{17}$ ،  $\frac{4}{29}$  و  $\frac{7}{12}$  است. در واکنش (III) این نسبت بزرگ‌تر از یک است. **عبارت سوم:** تعداد اتم‌های Cl موجود در سمت راست واکنش (III) برابر ۱۶ و مجموع

ضرایب فرآورده‌های واکنش (I) برابر ۱۲ است. ضریب پیچیده‌ترین ماده موجود در واکنش (II) یعنی  $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_3\text{O}_4$  برابر ۴ است.

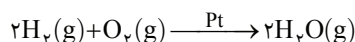
عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اغلب اکسیدهای نافلزی در واکنش با آب، اسید تولید می‌کنند و به همین دلیل ۲ ۴۱۰ B

آن‌ها را اکسیدهای اسیدی می‌نامند. کاغذ pH در محیط اسیدی ( $\text{pH} < 7$ ) سرخ رنگ است.

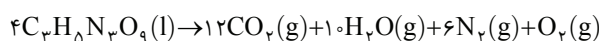
\* **توجه:** همه نافلزهای جدول تناوبی (به جز اتم هیدروژن) در دسته p جدول جای دارند. در این دسته علاوه بر نافلزها، شبه‌فلزها و فلزها نیز حضور دارند.

**عبارت (ب):** تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ همراه باشد. اما هر تغییر رنگی الزاماً به معنای انجام واکنش شیمیایی نبوده و برخی واکنش‌های فیزیکی نیز با تغییر

رنگ همراهند. **عبارت (پ):** معادله موازنه شده این واکنش به صورت مقابل است:



با توجه به این معادله، تعداد مول فرآورده ۱ واحد کمتر از مجموع تعداد مول‌های واکنش دهنده‌هاست. **عبارت (ت):** معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



در این واکنش نیتروگلیسرین مایع به فرآورده‌های گازی تبدیل می‌شود. با توجه به معادله واکنش، مجموع ضرایب مواد گازی برابر ۲۹ و ضریب ماده مایع برابر ۴ است

که نسبت آن‌ها برابر  $\frac{29}{4}$  می‌باشد.

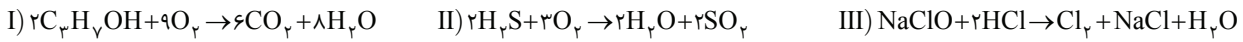


۱۴۱۱ B عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. معادله موازنه شده این واکنشها به صورت زیر است:



بررسی عبارت ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در هر دو واکنش برابر ۱۹ است. عبارت (ب): ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (I) یعنی  $\text{H}_2$  برابر ۹ و ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (II) یعنی  $\text{O}_2$  برابر ۱ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۹ می باشد. عبارت (پ): ضرایب استوکیومتری  $\text{KCl}$  و  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$  به ترتیب برابر ۳ و ۱ و ضرایب استوکیومتری  $\text{H}_2$  و  $\text{KBH}_4$  به ترتیب برابر ۹ و ۳ است. عبارت (ت): در واکنش (I)، سه ماده  $\text{KBH}_4$ ،  $\text{NH}_4\text{Cl}$  و  $\text{KCl}$  دارای ضریب ۳ و در واکنش (II)، چهار ماده  $\text{FeCrO}_4$ ،  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ،  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  و  $\text{CO}_2$  دارای ضریب ۴ هستند.

۱۴۱۲ B همه عبارت های داده شده درست هستند. ابتدا معادله واکنش های داده شده را موازنه می کنیم، سپس به بررسی عبارت های داده شده می پردازیم:



بررسی عبارت ها: عبارت (الف): ضریب استوکیومتری آب در هر یک از معادله های (I) و (III) به ترتیب برابر با ۸ و ۱ است. عبارت (ب): در معادله (I)، ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن برابر با ۹ است که از ضریب استوکیومتری سایر مواد موجود در واکنش بیشتر است. عبارت (پ): با توجه به معادله موازنه شده واکنش (II)، ضریب استوکیومتری هر یک از ترکیب های  $(\text{H}_2\text{S})$ ،  $(\text{H}_2\text{O})$  و  $(\text{SO}_2)$  برابر با ۲ است. عبارت (ت): در واکنش (III)، دو گونه  $(\text{NaClO})$  و  $(\text{H}_2\text{O})$  دارای اتم اکسیژن در ساختار خود هستند. مجموع ضریب استوکیومتری این دو ترکیب برابر با ۲ است. عبارت (ث): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده های واکنش (II) برابر با مجموع ضرایب ترکیب های شرکت کننده در واکنش (III) و برابر ۵ است. دقت کنید که  $\text{Cl}_2$  عنصر است نه ترکیب.

۱۴۱۳ B معادله موازنه شده واکنشها به صورت زیر است:



در واکنش های (۱) و (۳) پارامترهای  $y$  و  $n$  و در واکنش (۴) پارامترهای  $x$  و  $m$  برابر ۴ هستند.

۱۴۱۴ C

**نکته ترکیب**

موازنه معادله های واکنش های شیمیایی: در سؤالات کنکور و آزمون های آزمایشی ممکن است به معادله ای برخورد کنید که به روش واری یا سایر روشها به بن بست می خورد و نمی توان ادامه روند موازنه را انجام داد. این گونه واکنشها باید به روش اکسایش-کاهش یا روش جبری موازنه شود. روش اکسایش-کاهش را در فصل ۲ شیمی ۳ می آموزید. فعلاً در این بخش روش جبری را شرح می دهیم. اما بدانید که استفاده از این روش به علت تشکیل معادله های چندمجهولی، اندکی زمانبر است؛ لذا توصیه می کنیم که معادله را به روش واری حل کنید تا تعدادی از ضرایب گونهها را به دست آورید و بعد که دیگر نتوانستید با این روش ادامه دهید، از روش جبری که مراحل آن برای یک نمونه واکنش نمایش داده شده استفاده کنید:



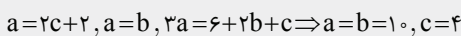
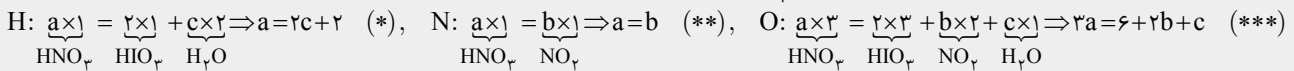
۱- فرض کنید قصد داریم معادله واکنش مقابل را موازنه کنیم:



۲- همان طور که ملاحظه می کنید از این مقدار بیشتر نمی توان پیش رفت؛ بنابراین به ترکیبات باقی مانده، ضرایب  $a$ ،  $b$  و  $c$  می دهیم:



۳- اکنون برای هر عنصر ( $\text{H}$ ،  $\text{N}$ ،  $\text{O}$ ) یک معادله می نویسیم:



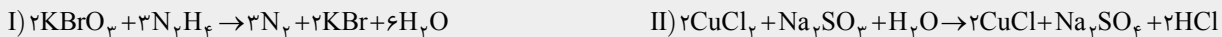
۴- با حل معادلات بالا به اعداد مقابل می رسیم:



معادله موازنه واکنش به صورت مقابل است:

دقت کنید با توجه به موازنه کامل ید در ابتدای معادله و به روش واری، در روش جبری فقط عناصر هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن را موازنه کردیم.

معادله موازنه شده واکنشها به صورت زیر است:



عبارت های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد فرآورده در واکنش (II) با مجموع ضرایب استوکیومتری مواد واکنش دهنده در واکنش (I) یکسان و برابر با ۵ است. عبارت (ب): ترکیب های مولکولی واکنش های (I) و (II) به ترتیب  $(\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2$ ،  $\text{N}_2\text{H}_4$ ) و  $(\text{HCl}$  و  $\text{H}_2\text{O})$  هستند. ساختار لوویس و شمار جفت الکترون های پیوندی این مولکولها به صورت زیر است:

(II)		(I)		شماره واکنش
HCl	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	گونه شیمیایی
H — Cl:	H — O — H	H — O — H	:N ≡ N:	ساختار لوویس
۱	۲	۲	۳	شمار جفت الکترون های پیوندی





۲ ۴۲۰ B هر درخت با قطر ۲۸-۲۲ cm به طور متوسط ۳۴/۶ کیلوگرم کربن دی اکسید را در طول یک سال مصرف می کند. پس برای محاسبه مقدار کربن دی اکسید تولید شده هنگام تولید برق مورد نیاز می توان نوشت:

$$\frac{34.6 \text{ kg CO}_2}{\text{درخت}} = 1.22 \times 10^9 \text{ kg CO}_2$$

حال مقدار کل برق مصرفی خانه های یک شهر در یک سال را محاسبه کرده و با توجه به مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک سال، مقدار کربن دی اکسید تولید شده به ازای هر کیلووات برق را به دست می آوریم:

$$1.22 \times 10^9 \text{ kg CO}_2 = 1.76 \times 10^9 \text{ kW} \times 365 = 23 \text{ kW} \times (\text{خانه } 21000) = \text{مقدار برق مصرفی خانه های شهر در یک سال}$$

$$\frac{1.22 \times 10^9 \text{ kg CO}_2}{1.76 \times 10^9 \text{ kW}} = 0.7$$

با توجه به مقدار محاسبه شده و جدول داده شده، مقدار کربن دی اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی برای نفت خام برابر با ۰/۷ است.

۳ ۴۲۱ B ابتدا مسافت طی شده در طول یک سال (۱۲ ماه) توسط خودرو با برچسب C را بدست می آوریم:

$$18000 \text{ km} = 150 \text{ km} \times 12 \text{ ماه}$$

سپس میزان کربن دی اکسید تولیدی در طول یک سال توسط هر یک از خودروهای با برچسب A و C را محاسبه می کنیم:

$$A \text{ خودرو: } 25000 \text{ km} \times \frac{12 \text{ g CO}_2}{1 \text{ km}} = 3 \times 10^6 \text{ g CO}_2 = 3000 \text{ kg CO}_2 \quad C \text{ خودرو: } 18000 \text{ km} \times \frac{150 \text{ g CO}_2}{1 \text{ km}} = 2.7 \times 10^6 \text{ g CO}_2 = 2700 \text{ kg CO}_2$$

بنابراین خودرو با برچسب A در مقایسه با خودرو با برچسب C در طول یک سال میزان CO<sub>2</sub> بیشتری تولید می کند. در نهایت شمار درخت های مورد نیاز برای مصرف

کربن دی اکسید تولید شده در مدت یک سال توسط خودرو با برچسب A را محاسبه می کنیم:

$$\text{درخت } 60 = \frac{\text{درخت}}{50 \text{ kg CO}_2} \times 3000 \text{ kg CO}_2$$

۳ ۴۲۲ B ابتدا از میانگین مصرف کربن دی اکسید توسط هر درخت و شمار درخت های کاشته شده برای پاک سازی گاز CO<sub>2</sub> تولید شده توسط این کارخانه، در طول

$$37.8 \times 10^6 \text{ kg CO}_2 = \frac{6/3 \times 10^6 \text{ L CO}_2}{\text{درخت}} \times \frac{2 \text{ g CO}_2}{1 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 37.8 \times 10^6 \text{ kg CO}_2$$

این مقدار در یک سال توسط این کارخانه تولید می شود. در نهایت مقدار برق مصرفی توسط این کارخانه را در هر یک ماه محاسبه می کنیم:

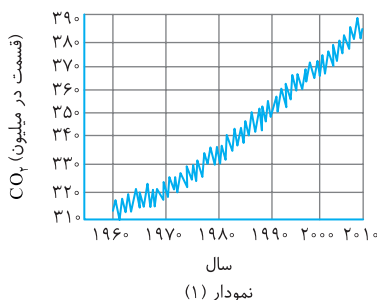
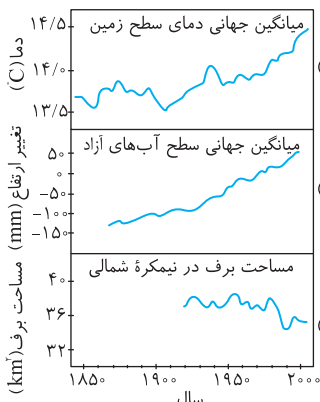
$$3.5 \times 10^6 \text{ kw/h} = \frac{37.8 \times 10^6 \text{ kg CO}_2}{\text{سال}} \times \frac{1 \text{ kw/h}}{9 \text{ kg CO}_2} \times \frac{1 \text{ سال}}{12 \text{ ماه}}$$

۳ ۴۲۳ B عبارت های دوم، چهارم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: ساختار لوویس دوترکیب CO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> به صورت  $\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{C}}=\ddot{\text{O}}$  و  $\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{S}}\ddot{\text{O}}$  است.

با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر مولکول CO<sub>2</sub>، دو پیوند دوگانه و در هر مولکول SO<sub>2</sub>، ۱ پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت دوم: در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می شود، به جز اتم هیدروژن، اتم مرکزی است و اتم های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می شوند. برای مثال در HNO<sub>3</sub> و SO<sub>3</sub> به ترتیب اتم های N و S، اتم مرکزی هستند؛ بنابراین در فرمول مولکولی، همواره اتمی که در سمت چپ نوشته می شود، اتم مرکزی نیست. عبارت سوم: به اکسیدهای فلزی، اکسید بازی و به اکسیدهای نافلزی، اکسیدهای اسیدی می گویند. در میان ترکیبات نام برده شده، MgO و Na<sub>2</sub>O اکسیدهای بازی و CO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> اکسیدهای اسیدی محسوب می شوند. عبارت چهارم: ترتیب درست رد پای کربن دی اکسید تولیدی از منابع مختلف به ازای تولید مقدار برق یکسان به صورت مقابل است: > باد > گرمای زمین > انرژی خورشید > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ

عبارت پنجم: گازهای NO و NO<sub>2</sub> جزء آلاینده هایی هستند که از آگزوز خودروها خارج می شوند. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، اتم نیتروژن در آن ها به آرایش گاز نجیب نرسیده است:

۲ ۴۲۴ A فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): دانشمندان با استفاده از بالون های هواشناسی، ماهواره ها، کشتی های اقیانوس پیما و گویچه های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می کنند. عبارت (ب): حفظ و توسعه مزارع، باغ ها و پوشش های گیاهی به کاهش رد پای کربن دی اکسید کمک می کند. به طور مثال یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم کربن دی اکسید مصرف می کند. عبارت (پ): شواهد نشان می دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش دما سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون زمین تغییر کند. عبارت (ت): آمارها نشان می دهند که سالانه میلیارد ها تن کربن دی اکسید به هوا کره وارد می شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است.



۱ ۴۲۵ A آمارها نشان می دهند که سالانه میلیارد ها تن کربن دی اکسید به هوا کره وارد می شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای مقابل تغییر مقدار میانگین کربن دی اکسید در هوا کره، میزان بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر میانگین دمای کره زمین و میانگین مساحت برف در نیم کره شمالی را نشان می دهند.



**۴۲۶ (A) ۲** عبارتهای (الف) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارتهای (الف): هر دو اکسید کربن، یعنی (CO و CO<sub>۲</sub>) در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، به همراه

سایر آلاینده‌های تولید شده، وارد هواکره می‌شوند. عبارت (ب): با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره، به دلیل افزایش اثر گلخانه‌ای، میانگین جهانی دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. با افزایش میانگین جهانی دمای سطح زمین، مساحت برف در نیمکره شمالی کاهش یافته و میانگین جهانی سطح آب‌های آزاد افزایش می‌یابد. عبارت (پ): شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. عبارت (ت): ترتیب صحیح مقایسه ردیای CO<sub>۲</sub> ایجاد شده از منابع گوناگون برای تولید برق به صورت مقابل است:

بنابراین مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده برای تولید برق از انرژی خورشیدی بیشتر از گرمای زمین و باد است. عبارت (ث): آلاینده‌های نیتروژن‌دار حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در موتور خودروها، NO و NO<sub>۲</sub> هستند که اتم نیتروژن در هیچ کدام از این دو مولکول به آرایش هشت‌تایی نرسیده است.

**۴۲۷ (C) ۲** عبارتهای اول، دوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارتهای (عبارت اول): در تترافسفر دکا اکسید (P<sub>۴</sub>O<sub>۱۰</sub>) مجموعاً ۱۴ اتم و در

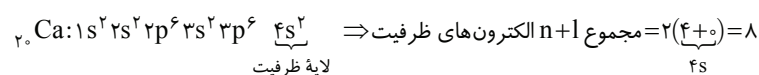
مس (I) اکسید (Cu<sub>۲</sub>O) مجموعاً ۳ اتم وجود دارد؛ بنابراین اختلاف تعداد اتم‌ها در فرمول شیمیایی در این دو ترکیب برابر با ۱۱ است.

**عبارت دوم:** ساختار لوویس مولکول CH<sub>۴</sub>O به صورت روبه‌رو است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در ساختار این مولکول ۴ جفت‌الکترون پیوندی و دو جفت‌الکترون

ناپیوندی وجود دارد. عبارت سوم: در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی گوگردار، گوگرد دی‌اکسید (SO<sub>۲</sub>) تولید می‌شود. دقت کنید که گاز SO<sub>۲</sub> جزء آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروها نیست. عبارت چهارم: بیشترین و کمترین میزان CO<sub>۲</sub> تولید شده به ازای تولید مقدار برق یکسان به ترتیب متعلق به زغال سنگ و باد است.

مقایسه CO<sub>۲</sub> تولیدی از منابع گوناگون تولید برق به صورت زیر است:

**عبارت پنجم:** در میان عناصر دوره چهارم جدول دوره‌ای، فقط عنصر کلسیم (Ca) است که مجموع n+l آن برابر ۸ است:



کلسیم اکسید (CaO)، اکسید بازی است و در اثر انحلال در آب، pH آب را افزایش می‌دهد. عبارت ششم: NO و NO<sub>۲</sub> دو ترکیب از آلاینده‌های خروجی آگروز خودروها می‌باشند. ساختار لوویس آن‌ها به صورت مقابل است. با توجه به ساختار رسم شده، اتم مرکزی در دو اکسید NO و NO<sub>۲</sub> الکترون منفرد دارد.

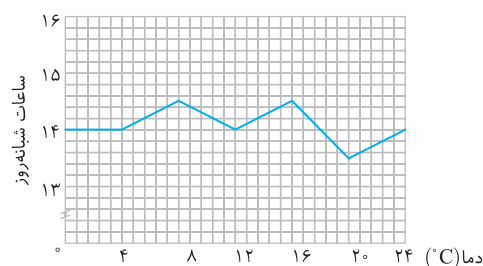
**۴۲۸ (A) ۳** همه موارد به‌جز مورد اول درست هستند. گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های

شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در چهار فصل سال به ویژه در زمستان، فرآورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و ... کشت می‌شود. گلخانه، گیاه یا میوه را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. لایه پلاستیکی باعث گرم نگه داشتن گلخانه شده و دمای درون آن را تعدیل می‌کند. تغییرات دما در یک گلخانه در مقایسه با محیط بیرون در یک روز زمستانی بسیار کم است.

**۴۲۹ (A) ۴** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی موارد: عبارتهای (الف) و (ب): نور خورشید هنگام گذر از لایه پلاستیکی یا شیشه‌ای گلخانه با

مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، خاک و گیاهان درون گلخانه گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است و در ناحیه فروسرخ قرار دارد. عبارت (پ):

پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند CO<sub>۲</sub> و H<sub>۲</sub>O و ... مانع از خروج آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم می‌کنند. با توجه به توضیح عبارت (الف)، نقش مولکول‌های CO<sub>۲</sub> و H<sub>۲</sub>O در هواکره با لایه پلاستیکی یا شیشه‌ای در گلخانه‌ها یکسان و برای جلوگیری از خروج پرتوهای فروسرخ بازتاب شده از زمین است. عبارت (ت): با توجه به نمودار روبه‌رو که تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد، دمای درون گلخانه تقریباً ثابت و بین ۱۳/۵°C تا ۱۴/۵°C است.



**۴۳۰ (A) ۴** عبارتهای (پ) و (ث) نادرست هستند. با توجه به شکل کتاب درسی، نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و

بخش عمده‌ای از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است. کره زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است. این لایه برای زمین همانند لایه پلاستیکی برای

گلخانه است و سبب گرم شدن کره زمین می‌شود، به طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کره زمین به ۱۸°C- کاهش می‌یافت. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی از گازهای موجود در هواکره مانند CO<sub>۲</sub> و H<sub>۲</sub>O مانع از خروج

آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت؛ بنابراین عبارت (پ) نادرست است.

دقت کنید که زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد و گازهای گلخانه‌ای تنها مانع خروج بخش کوچکی از این گرما

از زمین می‌شوند. بنابراین عبارت (ث) هم نادرست است.

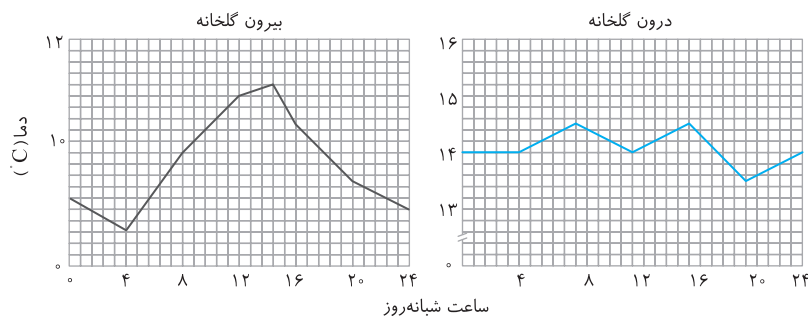


۲ ۴۳۱ B موارد سوم و پنجم را به درستی کامل می‌کند. به شکل‌های زیر توجه کنید:



با توجه به شکل‌های داده شده، ابتدا پرتوهای خورشیدی به هواکره زمین می‌رسند. بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به وسیله هواکره جذب می‌شود، بخش عمده‌ای از این پرتوها به وسیله زمین جذب می‌شود و بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده و به فضا برمی‌گردد. سپس زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل گرمای آزاد شده می‌شود. مقدار قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ گسیل شده از زمین پس از برخورد به مولکول‌های کربن دی‌اکسید بازتابش شده و به زمین برمی‌گردد.

۲ ۴۳۲ A نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده آن توسط زمین جذب می‌شود. از این رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): انرژی پرتوهای گسیل شده از زمین نسبت به پرتوهای خورشیدی، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است. گزینه (۳): زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گزینه (۴): در یک روز زمستانی، دمای درون گلخانه تقریباً ثابت بوده و مقدار تغییرات آن اندک است. اما دمای بیرون از گلخانه در ساعات ابتدایی روز به دلیل عدم تابش کافی خورشید سرد بوده و سپس تا ساعت ۱۵ با تابش خورشید افزایش یافته و مجدد با غروب خورشید کاهش می‌یابد. در دو نمودار زیر مقایسه تغییر دمای درون و بیرون یک گلخانه در یک روز زمستانی مشاهده می‌کنید.



۲ ۴۳۳ B عبارت‌های (ب) و (ث) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بخشی از پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به مولکول‌های هواکره بازتاب شده و به فضا برمی‌گردد. عبارت (ب): پرتوهای A، پرتوهای خورشید هستند که دارای طول موج کوتاه و انرژی زیاد هستند. این پرتوها پس از برخورد به زمین آن را گرم کرده و باعث تابش پرتوهای B می‌شوند. این پرتوها طول موج بلندتر و انرژی کمتری نسبت به پرتوهای A دارند. عبارت (پ): پرتوهای C که در محدوده فروسرخ قرار دارند، پرتوهای بازتاب شده از گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد. این گازها می‌توانند گونه‌های مختلفی از جمله کربن دی‌اکسید، آب و ... باشند. عبارت (ت): گاز کربن دی‌اکسید یکی از انواع گازهای گلخانه‌ای است و الزاماً در همه مولکول‌های گازهای گلخانه‌ای اتم کربن وجود ندارد. بخار آب نمونه دیگری از گازهای گلخانه‌ای است. عبارت (ث): اگر هواکره و گازهای گلخانه‌ای موجود در آن در اطراف زمین وجود نداشت، دمای سطح کره زمین به  $-18^{\circ}\text{C}$  یا  $255\text{K}$  می‌رسید.

$$T(\text{K}) = 273 + \theta(^{\circ}\text{C}) = 273 + (-18) = 255\text{K}$$

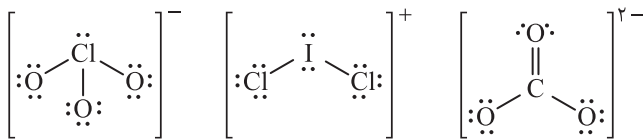
۲ ۴۳۴ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سوختن گوگرد و هیدروکربن‌ها به ترتیب منجر به تولید گاز  $\text{SO}_2$  و  $\text{CO}_2$  می‌شود. وجود این دو گاز در هواکره و واکنش آن‌ها با آب باران، باعث تولید اسیدهای  $\text{H}_2\text{SO}_4$  و  $\text{H}_2\text{CO}_3$  و در نهایت کاهش pH آب باران می‌شود. عبارت (ب): یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید می‌باشد. کربن دی‌اکسید و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره مانع از خروج پرتوهای بازتاب شده از سطح زمین شده و در نهایت با بازگشت این پرتوها، میانگین دمای کره زمین افزایش می‌یابد. عبارت (پ): مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در یک مولکول برابر مجموع کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های آن مولکول است:

$$\text{NO} \Rightarrow \text{الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها} = 5 + 6 = 11$$

$$\text{SCO} \Rightarrow \text{الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها} = 6 + 4 + 6 = 16$$

بنابراین در ساختار هر مولکول کربونیل سولفید و نیتروژن مونوکسید به ترتیب در مجموع ۱۶ و ۱۱ الکترون پیوندی و ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) اکسید و آلومینیم اکسید به ترتیب به صورت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  است و نسبت بار کاتیون به شمار اتم‌ها در هر دوی آن‌ها برابر  $\frac{3}{5}$  می‌باشد. عبارت (ث):  $\text{CO}_2$  یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که با افزایش غلظت آن در هواکره و انحلال آن در آب، کربنیک اسید ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) تولید شده و در نهایت سبب کاهش pH آب باران و اسیدی شدن آن می‌شود. ولی دقت کنید که باران اسیدی، بارانی است که در آن اسیدهای  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_2$  حل شده باشد.

۳ ۴۳۵ (C) عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست می‌باشند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): چنانچه در هنگام سوختن هیدروکربن‌هایی مانند متان، اکسیژن کافی در اختیار ماده سوختنی قرار گیرد، رنگ شعله آبی خواهد بود و ماده سوختنی به‌طور کامل می‌سوزد. اما در صورت عدم وجود اکسیژن کافی، واکنش سوختن به‌طور ناقص انجام شده و رنگ شعله آن نیز زرد خواهد بود. رنگ شعله حاصل از سوختن گوگرد و سدیم به ترتیب آبی و زرد است. عبارت (ب): معادله موازنه شده این واکنش به صورت مقابل می‌باشد:



با توجه به معادله موازنه شده، مجموع ضرایب مواد جامد (KI، KNO<sub>3</sub> و I<sub>2</sub>) برابر با ۵ است. عبارت (پ): ساختار لوویس CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> و ICl<sub>4</sub><sup>+</sup>، ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> رسم شده، ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> دارای ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی، ICl<sub>4</sub><sup>+</sup> دارای ۲ جفت الکترون پیوندی و CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> دارای ۸ جفت الکترون ناپیوندی می‌باشند. عبارت (ت): نور خورشید هنگام عبور از هواکره با مولکول‌های دیگر و ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد؛ از این رو زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی گسیل می‌کند، با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است.

۳ ۴۳۶ (A) پلاستیک‌های سبز، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.

۱ ۴۳۷ (A) فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): پلاستیک‌های سبز همانند سوخت‌های سبز، زیست تخریب‌پذیر بوده و در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند. عبارت (ب): واکنش‌های انجام شده در این فرایند به صورت زیر است:

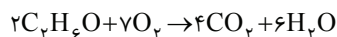


فرآورده‌های این واکنش‌ها، دو ترکیب کلسیم کربنات و منیزیم کربنات هستند. این دو ماده جامد متعلق به ترکیب‌های یونی هستند. عبارت (پ): سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند. عبارت (ت): شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جستجوی فرایندها و فرآورده‌هایی هستند که به کمک آن‌ها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد. در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردیای سنگینی روی کره زمین برجای می‌گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد.

۲ ۴۳۸ (B) موارد چهارم و پنجم جمله داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. بررسی همه موارد: مورد اول: سوخت سبز سوختی است که علاوه بر کربن و هیدروژن در ساختار خود اکسیژن نیز دارد و به همین دلیل به نسبت سوخت‌های دیگر آلاینده کمتری ایجاد می‌کند. مورد دوم: سوخت‌های سبز از جمله اتانول را می‌توان از پسماندهای گیاهی مانند نیشکر، سویا و دانه‌های روغنی تهیه کرد. مورد سوم: اتانول و روغن‌های گیاهی از جمله سوخت‌های سبز هستند. اتانول از تخمیر بی‌هوازی گلوکز، طبق واکنش مقابل تولید می‌شود:



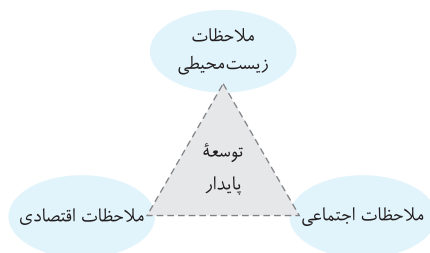
مورد چهارم: سوخت سبز به دلیل داشتن اتم اکسیژن در ساختار خود، زیست تخریب‌پذیر بوده و توسط جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شود. مورد پنجم: دقت کنید که فرآورده‌های حاصل از سوختن سوخت‌های سبز به نسبت سوخت‌های دیگر، آلاینده کمتری تولید می‌کنند اما این به آن معنا نیست که در اثر واکنش سوختن آن‌ها هیچ ماده آلاینده و مضر تولید نخواهد شد. برای مثال اتانول یکی از سوخت‌های سبز است که طبق واکنش زیر با اکسیژن می‌سوزد:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید CO<sub>2</sub> یکی از فرآورده‌های این واکنش است که مقادیر زیاد آن در هواکره، برای موجودات زنده مشکل‌زا بوده و نقش آلاینده‌گی دارد.

۱ ۴۳۹ (A) عبارتهای (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (ت): هیدروژن، فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به شکل ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند. توسعه پایدار یعنی در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود. تولید، حمل و نقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است، اما سوختن این سوخت آلاینده‌های کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌کند، به همین دلیل از دیدگاه توسعه پایدار این سوخت به صرفه است. عبارت (ث): H<sub>2</sub>O و CO<sub>2</sub> جزء فرآورده‌های واکنش سوختن سوخت‌های سبز هم می‌باشند و هر دو جزء گازهای گلخانه‌ای هستند.

۲ ۴۴۰ (A) توسعه پایدار یعنی اینکه در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود. هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه‌هایی را تحمیل می‌کند که به قیمت تمام شده، اضافه نشده است. توسعه پایدار بیان می‌کند هرگاه در مجموع، شرکت‌ها و کارخانه‌ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می‌شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می‌گردد؛ به همین دلیل برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند. قیمت تمام شده تولید پلاستیک‌های زیست تخریب‌پذیر نسبت به پلاستیک‌هایی با پایه نفتی در کارخانه بیشتر است، اما از آنجا که این پلاستیک‌ها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند، از دیدگاه توسعه پایدار تولید آن‌ها نسبت به پلاستیک‌های با پایه نفتی مناسب‌تر است.





۳ ۴۴۱ (A) عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): در میان این چهار سوخت، هیدروژن گرانترین سوخت است و کمترین آلاینده را دارد. تنها فرآورده واکنش سوختن هیدروژن، بخار آب است. عبارت (ب): تولید، حمل و نقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است. قیمت هر گرم هیدروژن ۲۸۰۰ ریال است، در حالی که قیمت هر گرم بنزین ۱۴ ریال است. عبارت (پ): آنیون مورد نظر،  $\text{CO}_3^{2-}$  است و ۲۴ الکترون ظرفیت دارد.  $2 + (3 \times 6) + (1 \times 4) = 24$  تعداد الکترونهای ظرفیت عبارت (ت): پلاستیکهای سبزی، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آنها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیکها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.

۲ ۴۴۲ (B) عبارتهای (الف)، (ب) و (ث) نادرست می‌باشند. بررسی موارد: عبارت (الف): برای مثال، گازهای  $\text{SO}_2$  و  $\text{CO}$  که جزء فرآوردههای سوختن آنها هستند، گاز گلخانه‌ای نیستند. عبارت (ب): به ازای سوختن یک گرم گاز طبیعی و یک گرم بنزین به ترتیب ۵۴ و ۴۸ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود. عبارت (پ): فرآوردههای مشترک حاصل از سوختن انواع سوخت‌های فسیلی ذکر شده در صورت سؤال،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}$  هستند. شمار پیوندهای اشتراکی در هر مولکول کربن دی‌اکسید و بخار آب به ترتیب برابر ۴ و ۲ عدد است. عبارت (ت): کم آلاینده‌ترین سوخت، گاز هیدروژن است که در اثر سوختن آن، تنها بخار آب تولید می‌شود و قیمت آن از مجموع قیمت سایر سوخت‌ها بیشتر است. عبارت (ث): مقایسه گرمای آزاد شده و قیمت سوخت‌های مختلف به صورت زیر است:

زغال سنگ > بنزین > گاز طبیعی > هیدروژن : مقایسه قیمت

۳ ۴۴۳ (A) با توجه به جدول پایین، پاسخ درست پرسش‌های (الف) و (پ) و پاسخ نادرست پرسش (ب) در گزینه (۳) آمده است.

نام سوخت	بنزین	زغال سنگ	هیدروژن	گاز طبیعی
فرآورده‌های سوختن	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): ارزان‌ترین سوخت فسیلی زغال سنگ است. با توجه به فرآورده‌های سوختن زغال سنگ ( $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{SO}_2, \text{H}_2\text{O}$ ) می‌بایست عنصرهای C، H، O و S در ساختار این ترکیب وجود داشته باشند. پرسش (ب): میزان آلاینده‌های تولیدی از سوختن زغال سنگ بیشتر از دو سوخت دیگر است. پرسش (پ): فرآورده گوگردار حاصل از سوختن زغال سنگ، گوگرد دی‌اکسید ( $\text{SO}_2$ ) است. با توجه به ساختار لوویس آن، ۳ پیوند کووالانسی در هر مولکول آن وجود دارد.

۴ ۴۴۴ (B) به جز عبارت چهارم، سایر عبارتهای درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت اول: به منظور تبدیل  $\text{CO}_2$  تولید شده در نیروگاهها و مراکز صنعتی به مواد معدنی، آن را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند:  $\text{MgO}(s) + \text{CO}_2(g) \rightarrow \text{MgCO}_3(s)$  عبارت دوم: فرمول شیمیایی آلومینیم سولفات و آمونیوم نترات به ترتیب به صورت  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  و  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  می‌باشد. در هر واحد فرمولی از  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  سه آنیون چندانمی ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) یافت می‌شود. همچنین در آمونیوم نترات سه عنصر (N, O, H) وجود دارد. عبارت سوم: اتم مرکزی  $\text{CO}_2$ ، کربن است. سبک‌ترین اکسید عنصر کربن، کربن مونوکسید ( $\text{CO}$ ) می‌باشد. در ساختار کربن مونوکسید یک پیوند سه‌گانه یافت می‌شود. ( $\text{C} \equiv \text{O}$ ): عبارت چهارم: در فرآورده‌های سوختن زغال سنگ، علاوه بر ترکیبات کربن‌دار و آب، گاز گوگرد دی‌اکسید ( $\text{SO}_2$ ) نیز تولید می‌شود. دقت کنید که گوگرد تری‌اکسید ( $\text{SO}_3$ ) جزء فرآورده‌های واکنش سوختن زغال سنگ نیست. عبارت پنجم: ساختار لوویس ترکیب  $\text{CN}_2^{2-}$  به صورت مقابل است:

با توجه به ساختار رسم شده، این ترکیب دارای ۴ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین نسبت شمار جفت الکترونهای پیوندی به ناپیوندی در آن برابر ۱ است.

۴ ۴۴۵ (B) با توجه به جدول داده شده در صورت تست، خودروی با برچسب D، حداکثر ۵۰ گرم  $\text{CO}_2$  اضافی به ازای طی مسافت یک کیلومتر آزاد می‌کند. ابتدا مقدار  $\text{CO}_2$  اضافی تولید شده در سال، توسط خودروی با برچسب D را برحسب kg محاسبه می‌کنیم:

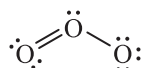
$$10000 \text{ km} \times \frac{50 \text{ g CO}_2}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 1050 \text{ kg CO}_2$$

اگر به ازای هر ۱۰۰ kg کربن دی‌اکسید اضافی، ۱۳۰ یورو مالیات اضافی در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$1050 \text{ kg CO}_2 \times \frac{130 \text{ یورو}}{100 \text{ kg CO}_2} = 1365 \text{ یورو}$$

در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. ۳ ۴۴۶ (A)

۲ ۴۴۷ (A) عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): فرمول مولکولی اوزون به صورت  $\text{O}_3$  است و در هر واحد فرمولی آن سه اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ب): از آنجا که فرمول مولکولی گاز اکسیژن و اوزون به ترتیب  $\text{O}_2$  و  $\text{O}_3$  است، پس جرم مولی اوزون ۱/۵ برابر گاز اکسیژن است. با توجه به ساختار رسم شده برای اوزون، در هر مولکول آن یک پیوند دوگانه و یک پیوند یگانه وجود دارد.



عبارت (پ): ساختار لوویس مولکول اوزون به صورت مقابل است:

با توجه به ساختار رسم شده، نسبت شمار جفت الکترونهای ناپیوندی به شمار جفت الکترونهای پیوندی برابر  $2 \left(\frac{6}{3}\right)$  است. عبارت (ت): هر دو گونه اوزون و اکسیژن در حالت مایع به رنگ آبی دیده می‌شوند.

\* توجه اکسیژن مایع کم‌رنگ‌تر از اوزون مایع است.



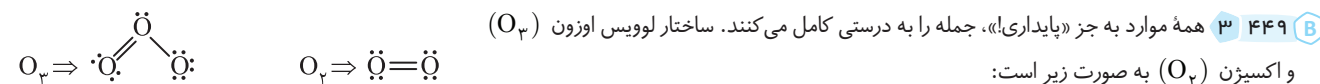
**نکته ترکیبی** مقایسه گازهای اوزون و اکسیژن:

- **شباهت‌ها:** ۱- آلوتروپ‌هایی از عنصر اکسیژن ( $O_2$ ) هستند. ۲- هر دو جزء گازهای واکنش‌پذیر محسوب می‌شوند. ۳- هر دو هم در تروپوسفر و هم در استراتوسفر قابل تولیدند. ۴- نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در هر دو گاز یکسان و برابر ۲ است.
- **تفاوت‌ها:** ۱- گاز اوزون واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به اکسیژن دارد و در صنعت برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات به کار می‌رود. ۲- اوزون در استراتوسفر نقش محافظتی و مفید و در تروپوسفر نقش آلاینده‌گی و مضر دارد، در حالی که اکسیژن در استراتوسفر برای حفظ چرخه تولید و مصرف اوزون و در تروپوسفر در تنفس موجودات زنده نقش دارد؛ لذا در هر دو لایه مفید است. ۳- مولکول‌های اوزون حالت خمیده ( $V$  شکل) داشته و قطبی‌اند؛ در حالی که مولکول‌های اکسیژن دوانمی و ناقطبی‌اند. ۴- دو ماده در حالت مایع، آبی رنگ بوده ولی اوزون مایع پررنگ‌تر از اکسیژن مایع است. ۵- اوزون در ساختار خود پیوند ضعیف یگانه ( $O-O$ ) را دارد که مولکول اکسیژن چنین پیوندی را در ساختار خود ندارد. ۶- بیشترین مقدار اوزون هواکره در لایه استراتوسفر (در منطقه‌ای به نام لایه اوزون) دیده می‌شود؛ در حالی که حداکثر مقدار اکسیژن هواکره مربوط به لایه تروپوسفر است.

موارد دوم، پنجم و هفتم درست هستند. **عبارت اول:** میزان واکنش‌پذیری اوزون از گاز اکسیژن بیشتر است و از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. **عبارت‌های دوم و سوم:** ساختار لوویس دو گونه اکسیژن و اوزون به صورت مقابل است. با توجه به ساختارهای رسم شده، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به

پیوندی برابر با  $\frac{2}{3}$  است. در هر مولکول اوزون و اکسیژن یک پیوند دوگانه وجود دارد. **عبارت چهارم:** جرم و حجم مولکول‌های اوزون بیشتر از اکسیژن است، به

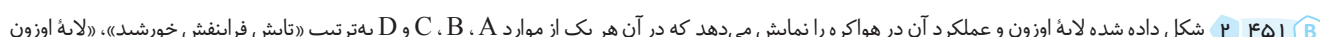
همین دلیل نقطه جوش اوزون بیشتر از اکسیژن است. **عبارت پنجم:** به دلیل خمیده بودن مولکول  $O_3$  و داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، قطبیت (گشتاور دوقطبی) مولکول‌های اوزون از اکسیژن بیشتر است. **عبارت ششم:** اوزون مایع و اکسیژن مایع هر دو آبی رنگ هستند ولی اوزون مایع پررنگ‌تر است. **عبارت هفتم:** هر چه نقطه جوش یک ماده بالاتر باشد، راحت‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. نقطه جوش اوزون از اکسیژن بالاتر است، پس  $O_3$  راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.



با توجه به ساختارهای بالا، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول اوزون بیشتر از اکسیژن است. همچنین واکنش‌پذیری و پایداری اوزون از اکسیژن به ترتیب بیشتر و کمتر است و مولکول‌های اوزون برخلاف مولکول‌های اکسیژن قطبی هستند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری دارند؛ زیرا در مولکول‌های اوزون روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود دارد. ولی مولکول‌های اکسیژن دوانمی جورهسته هستند.

**A ۲ ۴۵۰** عبارت‌های اول و دوم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

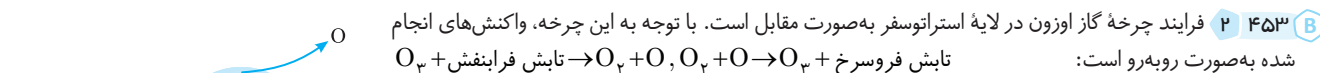
**عبارت اول:** ساختار شیمیایی هر ماده تعیین‌کننده خواص و رفتار آن می‌باشد. برای نمونه  $O_3$  و  $O_2$  خواص متفاوتی دارند که دلیل آن، تفاوت در ساختار شیمیایی آن‌هاست. **عبارت دوم:**  $CO_2$  یک اکسید اسیدی است و با افزایش مقدار  $CO_2$  در هواکره، مقداری از آن در آب دریاها و دریاچه‌ها حل می‌شود و کربنیک اسید تولید می‌کند و باعث کاهش pH آب می‌شود. معادله انحلال  $CO_2$  در آب به صورت مقابل است:



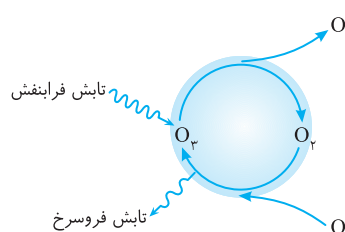
در لایه اوزون اتم اکسیژن و مولکول اکسیژن حاصل از تجزیه مولکول اوزون می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فرورسرخ آزاد می‌شود. تابش‌های فرورسرخ (D) نسبت به تابش‌های فرابنفش (A) طول موج بلندتری دارند. **عبارت (ب):** اصطلاح لایه اوزون به منطقه مشخصی از استراتوسفر گفته می‌شود که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. **عبارت (پ):** مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. **عبارت (ت):** در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پراثری فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

**B ۱ ۴۵۲** فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** به واکنش‌هایی که تنها در یک جهت پیشرفت می‌کنند و در آن‌ها فقط مواد واکنش‌دهنده

به فرآورده تبدیل می‌شوند، واکنش یک‌طرفه یا برگشت‌ناپذیر می‌گویند. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به واکنش سوختن، مصرف باتری‌های غیرقابل شارژ و ... اشاره کرد. **عبارت (ب):** به واکنش‌هایی که در هر دو جهت رفت و برگشت پیشرفت می‌کنند و مواد واکنش‌دهنده به فرآورده‌ها و مواد فرآورده به واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند تبدیل شوند، واکنش دوطرفه یا برگشت‌پذیر می‌گویند. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به واکنش چرخه اوزون در لایه استراتوسفر، شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ و ... اشاره کرد. **عبارت (پ):** شیمی‌دان‌ها، واکنش تبدیل گاز اوزون به گاز اکسیژن و شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ را واکنش‌های برگشت‌پذیر و واکنش‌های سوختن را برگشت‌ناپذیر توصیف می‌کنند. **عبارت (ت):** هر گونه تغییر حالت فیزیکی از جمله ذوب شدن، انجماد، تبخیر و ... نمونه‌ای از فرایندهای برگشت‌پذیر بوده و در هر دو جهت، امکان پیشرفت دارند، اما فرایند زنگ زدن آهن تنها در جهت رفت پیشرفت می‌کند و برگشت‌ناپذیر است. **عبارت (ث):** در واکنش‌های برگشت‌پذیر، لزوماً واکنش‌های رفت و برگشت همزمان انجام نمی‌شوند. مانند باتری موبایل که ممکن است همزمان شارژ و دشارژ شود یا مدتی شارژ شود و بعداً برای مدتی دشارژ گردد.



با توجه به واکنش‌های انجام شده، عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** تابش A، تابش فرابنفش خورشید است که به مولکول‌های اوزون در لایه استراتوسفر برخورد کرده و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. **عبارت (ب):** مولکول B، گاز اکسیژن (آلوتروپ سبک‌تر عنصر اکسیژن) است که نقطه جوش و واکنش‌پذیری کمتری نسبت به اوزون (آلوتروپ سنگین‌تر عنصر اکسیژن) دارد. **عبارت (پ):** اتم اکسیژن در لایه‌های بالایی هواکره نیز یافت می‌شود. این اتم در اثر واکنش با گاز







اکسیژن، گاز اوزون و تابش فرسوخ تولید می‌کند که در ناحیه طیف مرئی امواج الکترومغناطیس قرار ندارد. عبارت (ت): مولکول‌های اوزون در طی چرخه اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید (تابش A) به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. در اثر انجام واکنش‌های چرخه اوزون در این لایه، تابش‌های فرسوخ (تابش D) تولید می‌شود. از آنجا که تابش A در ناحیه فرابنفش و تابش D در ناحیه فرسوخ قرار دارد، پس طول موج تابش A کوتاه‌تر از تابش D است.

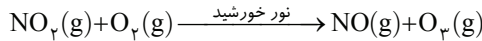
۴۵۴ ۲ در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند.



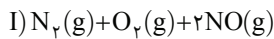
گزینه (۳): گاز نیتروژن دی‌اکسید ( $NO_2$ ) به رنگ قهوه‌ای است. در هر واحد فرمولی از آن، ۳ اتم وجود دارد. گزینه (۴): اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، از این رو این ماده، آلاینده‌ای سمی و خطرناک به شمار می‌آید، به‌طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است.

۴۵۵ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: اوزون در لایه استراتوسفر با جذب پرتوهای پرنرژی و مضر خورشیدی، نقش حفاظت‌کنندگی دارد؛ اما اوزون تروپوسفری یکی از آلاینده‌های هواکره محسوب می‌شود و سبب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. عبارت دوم: دمای جوش گاز اکسیژن و اوزون در فشار یک اتمسفر به ترتیب برابر  $-183^\circ C$  و  $-112^\circ C$  است؛ بنابراین در دمای  $-15^\circ C$ ، اکسیژن به حالت گاز و اوزون به حالت مایع یافت می‌شود. \* توجه:  $O_3$  یکی از آلوتروپ‌های اکسیژن است که به علت جرم مولی بیشتر نسبت به  $O_2$  و همچنین قطبی بودن، دمای جوش بالاتری از گاز اکسیژن دارد.

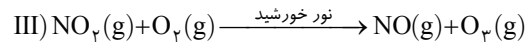
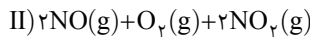
عبارت سوم: اوزون تروپوسفری طی واکنش زیر و در حضور نور خورشید تولید می‌شود:



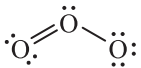
بنابراین بخش قابل توجهی از این گاز در طول روز و در حضور نور خورشید تولید می‌شود. عبارت چهارم: دقت کنید که بخش عمده گاز اوزون در لایه استراتوسفر قرار دارد، به گونه‌ای که به بخشی از لایه استراتوسفر که بیشترین مقدار اوزون در آن ناحیه یافت می‌شود، لایه اوزون می‌گویند. این در حالی است که اوزون در لایه تروپوسفر در نزدیکی سطح زمین بیشترین غلظت و تراکم را دارد.



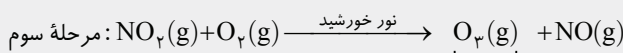
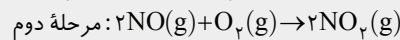
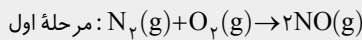
۴۵۶ ۲ معادله موازنه شده واکنش‌های تولید اوزون تروپوسفری به‌صورت روبه‌رو است:



بنابراین عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق یا درون موتور خودروها در دمای بالا این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند. برای انجام واکنش (III) نیز نور خورشید نیاز است تا انرژی کافی برای شروع واکنش تأمین شود. عبارت (ب): مجموع ضریب استوکیومتری ترکیب‌های شرکت‌کننده در واکنش‌های (II) و (III) به ترتیب برابر با ۴ و ۲ است. عبارت (پ): با توجه به واکنش (III)، ماده C همان گاز NO است که فراورده واکنش (I) نیز می‌باشد. عبارت (ت): مولکول A گاز نیتروژن است که ساختار لوویس آن به‌صورت  $N \equiv N$  می‌باشد. در این ماده نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۱/۵ است. ساختار لوویس گاز اوزون به‌صورت روبه‌رو است. در گاز اوزون، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۵/۵ است، پس نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول نیتروژن (A)، ۳ برابر مولکول اوزون است. عبارت (ث): فرمول مولکولی ترکیب  $NO_2$  است و نام درست این ترکیب «نیتروژن دی‌اکسید» است. در نام‌گذاری این ترکیب تنها از پیشوند «دی» استفاده می‌شود.



نکته ترکیب مقایسه گازهای اوزون تروپوسفری و اوزون استراتوسفری: اوزون گازی است که نقشی حیاتی در لایه استراتوسفر بر عهده دارد به طوری که با ممانعت از ورود بخش عمده پرتوهای مخرب فرابنفش خورشید به تروپوسفر، از موجودات زنده کره زمین محافظت می‌کند. این ماده در واکنش برگشت‌پذیر  $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$  از گاز اکسیژن تولید می‌شود. همه این‌ها در حالی است که در تروپوسفر با نقش زیان‌بار این گاز مواجه هستیم؛ به گونه‌ای که به علت واکنش‌پذیری بالا، نوعی ماده سمی محسوب می‌شود و وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم موجب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. اوزون در لایه تروپوسفر در واکنش‌های زیر تولید می‌شود:

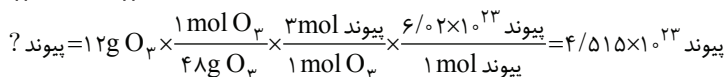


مرحله سوم اوزون تروپوسفری

۴۵۷ ۱ فقط مورد چهارم درست است. بررسی موارد: مورد اول: نیتروژن دی‌اکسید ( $NO_2$ ) تنها اکسید قهوه‌ای‌رنگ عنصر نیتروژن است. مورد دوم: مولکول‌های اوزون در لایه اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. مورد سوم: گاز اوزون به‌طور معمول در لایه تروپوسفر وجود ندارد و واکنش‌های چرخه اوزون در لایه استراتوسفر رخ می‌دهد. با تکرار پیوسته این چرخه، مقدار اوزون در این لایه تقریباً ثابت مانده و بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش جذب و تابش‌های کم‌انرژی‌تر فرسوخ به زمین گسیل می‌شود. مورد چهارم: در قسمتی از هواکره که رعد و برق ایجاد می‌شود، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند.

۴۵۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. عبارت (الف): مجموعه واکنش‌های چرخه اوزون در لایه اوزون را می‌توان به‌صورت  $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$  نمایش داد. در این چرخه ابتدا با برخورد تابش فرابنفش خورشید، از گاز اوزون، گاز اکسیژن و یک اتم اکسیژن تولید می‌شود و سپس یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن واکنش داده و تابش فرسوخ و گاز اوزون را تولید می‌کنند. عبارت (ب): معادله موازنه شده واکنش تولید NO از  $N_2$  و  $O_2$  به‌صورت  $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$  است.

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۴ است. عبارت (پ): تابش فرابنفش خورشید به مولکول‌های اوزون در لایه استراتوسفر برخورد می‌کند و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. عبارت (ت): از آنجا که گاز نیتروژن دی‌اکسید قهوه‌ای‌رنگ است، هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود. عبارت (ث): در هر مولکول اوزون، سه پیوند وجود دارد:  $\ddot{O} = \ddot{O} - \ddot{O}$ :



پس خواهیم داشت:

**۲ ۴۵۹** عبارتهای (ب)، (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** مجموعه واکنش‌های چرخه اوزون در لایه اوزون را می‌توان به صورت  $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$  نمایش داد. تابش فرابنفش خورشید به مولکول‌های اوزون در لایه استراتوسفر برخورد می‌کند و پیوند اشتراکی بین دو اتم از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. سپس یک اتم اکسیژن و گاز اکسیژن واکنش داده و تابش فرسرخ و گاز اوزون را تولید می‌کنند.

**عبارت (ب):** واکنش تولید اوزون تروپوسفری به صورت  $NO(g) + O_3(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO_2(g) + O_2(g)$  است. اکسیدی از عنصر نیتروژن که در این واکنش تولید می‌شود، گاز NO بوده که دواتمی و بی‌رنگ است. **عبارت (پ):** در هر دو لایه تروپوسفر و استراتوسفر هر دو دگرشکل (آلوتروپ) اکسیژن وجود دارد. در لایه استراتوسفر هر دو دگرشکل (آلوتروپ) اکسیژن یافت شده و در حال تبدیل شدن به یکدیگرند. در لایه تروپوسفر نیز اکسیژن حضور دائمی داشته و گاز اوزون در روزهای آلوده به صورت اوزون تروپوسفری حضور پیدا می‌کند. **عبارت (ت):** دگرشکل‌های مختلف یک ماده به دلیل ساختار متفاوتی که دارند، از لحاظ فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر تفاوت دارند. **عبارت (ث):** برای اینکه نقش حفاظتی مولکول‌های اوزون به درستی انجام شود، نیاز است واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن در هر دو جهت پیشرفت کند، در غیر این صورت این نقش به درستی انجام نشده و چرخه اوزون در لایه استراتوسفر برهم می‌خورد.

**۲ ۴۶۰** عبارتهای اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** طبق متن کتاب درسی، واکنش‌پذیری مولکول‌های اوزون از اکسیژن بیشتر است؛ به طوری که وجود مولکول‌های اوزون در تروپوسفر، به دلیل واکنش‌پذیری بالا، آلاینده به حساب می‌آید و موجب سوزش چشم‌ها و آسیب به ریه می‌شود. **عبارت دوم:** معادله واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن به صورت مقابل است:

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$? \text{ mol } O_2 = 19/2 \text{ g } O_3 \times \frac{1 \text{ mol } O_3}{48 \text{ g } O_3} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } O_3} = 0/6 \text{ mol } O_2$$

**روش دوم (تناسب):**

$$\frac{\text{جرم اوزون}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول اکسیژن}}{2 \times 48} \Rightarrow \frac{19/2}{2 \times 48} = \frac{x \text{ mol } O_2}{3} \Rightarrow x = 0/6 \text{ mol } O_2$$

**عبارتهای سوم و چهارم:** لایه اوزون طی دو مرحله واکنش زیر، پرتوهای فرابنفش خورشیدی را دریافت و پرتوهای فرسرخ را به سمت زمین گسیل می‌کند:

**مرحله اول:** جذب پرتوهای فرابنفش و مضر خورشید:

$$O_3 + O \rightarrow O_2 + O$$

**مرحله دوم:** تابش پرتوهای فرسرخ و بی‌خطر:

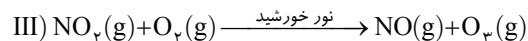
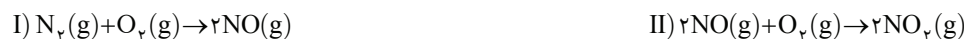
$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در اثر واکنش مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) و اتم اکسیژن ( $O$ )، مولکول اوزون ( $O_3$ ) تولید شده و مقداری انرژی به صورت تابش‌های فرسرخ آزاد می‌شود. **عبارت پنجم:** واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن یک واکنش برگشت‌پذیر است که در لایه استراتوسفر انجام می‌شود. در این فرایند به‌طور مداوم، مولکول‌های اوزون در اثر تابش‌های فرابنفش به مولکول اکسیژن و اتم اکسیژن تبدیل می‌شوند و سپس در اثر واکنش بین مولکول‌های اکسیژن و اتم اکسیژن، مجدداً اوزون تولید می‌شود.

**۲ ۴۶۱** عبارتهای اول و دوم درست می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** کلسیم اکسید یک اکسید فلزی (اکسید بازی) است که با حل شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید و در نتیجه افزایش pH آب می‌شود. **عبارت دوم:** در لایه تروپوسفر طی واکنش  $NO_2(g) + O_3(g) \rightarrow NO(g) + O_2(g)$ ، اوزون تروپوسفری تولید می‌شود. این گاز به دلیل جرم مولی بیشتر و همچنین قطبی بودن مولکول‌های آن، در مقایسه با گاز اکسیژن، دمای جوش بالاتری داشته و واکنش‌پذیری بیشتری نیز دارد. **عبارت سوم:** با کاهش دمای مخلوط هوا تا دمای  $0^\circ C$ ، رطوبت هوا ( $H_2O$ ) به صورت یخ جدا می‌شود. همچنین در دمای  $-78^\circ C$ ، گاز  $CO_2$  به حالت جامد از مخلوط جدا می‌شود. **عبارت چهارم:** گاز  $SO_2$  تأثیر بیشتری در اسیدی شدن باران نسبت به گاز  $CO_2$  دارد و منجر به تولید سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) می‌شود که اسیدی به مراتب قوی‌تر از کربنیک اسید ( $H_2CO_3$ ) است.

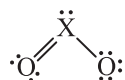
**۲ ۴۶۲** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت)، عبارت داده شده در صورت سؤال را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اگر در مولکول گوگرد دی‌اکسید به جای اتم گوگرد، اتم نیتروژن را جایگزین کنیم، مولکول نیتروژن دی‌اکسید تولید می‌شود. این مولکول یکی از واکنش‌دهنده‌های واکنش تولید اوزون تروپوسفری است. واکنش تولید اوزون تروپوسفری به صورت مقابل است:

**عبارت (ب):** اگر در مولکول کربن دی‌اکسید، به جای اتم کربن، اتم گوگرد را جایگزین کنیم، مولکول گوگرد دی‌اکسید تولید می‌شود. گوگرد دی‌اکسید ابتدا با اکسیژن واکنش داده و گوگرد تری‌اکسید تولید می‌کند. مولکول‌های گوگرد تری‌اکسید با مولکول‌های آب وارد واکنش شده و مولکول سولفوریک اسید را تولید می‌کنند که در ایجاد باران اسیدی نقش دارد. **عبارت (پ):** اگر در مولکول  $H_2O_2$  به جای اتم‌های اکسیژن، اتم‌های کربن را جایگزین کنیم، مولکول  $C_2H_2$  تولید می‌شود. ساختار لوویس این مولکول به صورت  $(H-C \equiv C-H)$  است و در آن یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. **عبارت (ت):** اگر در مولکول نیتروژن مونوکسید به جای اتم نیتروژن، اتم کربن را جایگزین کنیم، مولکول کربن مونوکسید تولید می‌شود. مولکول کربن مونوکسید در اثر سوختن ناقص گاز شهری تولید شده و شعله حاصل زرد رنگ خواهد بود. **عبارت (ث):** فرایند تولید اوزون و تروپوسفری به صورت زیر است:



بنابراین برای تولید هر مول اوزون تروپوسفری ۵/۱ مول گاز نیتروژن و ۲ مول گاز  $O_2$  مصرف می‌شود.

**۱ ۴۶۳** تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به توضیحات عبارت، ساختار لوویس این مولکول به صورت



(مجموع شماره الکترون‌های به کار رفته) - (مجموع شماره الکترون‌های ظرفیت) = q (بار گونه)

$$0 = (x + 2 \times 6) - (18) \Rightarrow x = 6$$

گونه مورد نظر، یک ماده مولکولی و بدون بار است؛ پس q = 0 است:



در لایه ظرفیت اتم X، ۶ الکترون وجود دارد؛ بنابراین این عنصر می‌تواند متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی باشد و آرایش لایه ظرفیت آن به شکل  $ns^2 np^4$  خواهد بود؛ از این رو در آخرین زیرلایه اتم X که همان  $np^4$  است، ۴ الکترون یافت می‌شود. عبارت (ب): معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:



مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها در این واکنش به ترتیب برابر ۱۹ و ۱۱ است. بنابراین تفاوت مجموع این ضرایب برابر ۸ (۱۹-۱۱) خواهد شد. عبارت (پ): زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فرسوخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل این گرمای آزاد شده می‌شوند.

عبارت (ت): واکنش تولید  $\text{O}_3$  از گاز  $\text{NO}_2$  و تولید  $\text{NO}$  از گاز  $\text{NO}_2$  به صورت مقابل است:  $\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}_3$ ,  $\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$ ؛ با توجه به معادله این دو واکنش، برای تشکیل یک مول از هر یک از ترکیب‌های  $\text{O}_3$  و  $\text{NO}_2$  به ترتیب به ۱ و ۵/۵ مول گاز اکسیژن نیاز است.

۲ ۴۶۴ (A) عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. به درسنامه رجوع کنید!

۴ ۴۶۵ (A) بررسی شکل‌ها: شکل (الف): در شکل چند نکه ماده جامد دیده می‌شوند که شکل و حجم خود را حفظ کرده‌اند و به شکل ظرفی که درون آن ریخته شده‌اند درنیاخته‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد. در این شکل اثری از فشار بر روی مواد جامد دیده نمی‌شود. به همین دلیل نمی‌توان از آن برداشت کرد که مواد جامد تراکم‌ناپذیرند. شکل (ب): در شکل یک مایع معین را در دو ظرف با شکل‌های متفاوت ریخته‌اند که در هر یک، مایع به شکل ظرف درآمده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مایعات به شکل ظرف محتوی آن‌ها درمی‌آیند. مواد مایع با اینکه شکل معینی ندارند، اما حجم مشخصی دارند و تراکم‌ناپذیرند. به همین دلیل با انتقال آن‌ها از یک ظرف به ظرفی دیگر تنها شکل آن‌ها مطابق شکل ظرفی که مایع را در آن می‌ریزیم تغییر می‌کند. اما حجم آن‌ها تغییری نمی‌کند. شکل (پ): در این شکل ابتدا شیر رابط بین دو ظرف بسته است و ظرف سمت راست دارای مقداری گاز است. پس از باز کردن شیر رابط هر دو ظرف دارای گاز هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گاز در هر دو محفظه پخش شده است. گازها برخلاف مواد جامد و مایع، حجم معینی ندارند و حجم آن‌ها برابر با حجم ظرفی است که در آن نگهداری می‌شوند، به همین دلیل وقتی مواد گازی را در ظرفی می‌ریزیم، گاز مورد نظر به سرعت در تمام ظرف پخش می‌شود.

۲ ۴۶۶ (A) در شکل (۱)، با تغییر فشار روی پیستون روان، حجم گازها تغییر می‌کند و در شکل (۲)، با تغییر دما، حجم گاز تغییر می‌کند؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر به یک نمونه گاز درون سرنگ یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود. گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به شکل داده شده، با افزایش دما، در فشار ثابت، به تدریج حجم گاز افزایش یافته و فاصله بین ذره‌های گاز در حال افزایش است. عبارت (پ): با توجه به یکسان بودن دما، سرعت حرکت مولکول‌ها در هر سه ظرف برابر است. عبارت (ت): در فشار ثابت، با افزایش دما، حجم گازها افزایش می‌یابد.

۲ ۴۶۷ (A) موارد سوم و پنجم نادرست‌اند. بررسی موارد: عبارت اول: در فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد. پس با کاهش دما (توسط نیتروژن مایع) حجم نمونه‌های گازی به شدت کاهش می‌یابد. عبارت دوم و سوم: در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این مقدار تنها در شرایط استاندارد (STP) برابر با ۲۲/۴ لیتر است. این بیان نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط آووگادرو ارائه و بعدها به قانون آووگادرو مشهور شد. عبارت چهارم: حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هر یک از این کمیت‌ها، حجم گاز تغییر می‌کند. گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. پس حجم یک نمونه گاز با فشار آن رابطه معکوس دارد. با افزایش شمار مول‌های هر گاز، حجم آن افزایش می‌یابد. از این رو حجم یک نمونه گاز با شمار مول‌های آن رابطه مستقیم دارد. عبارت پنجم: در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، حجم یکسان از گازها، شمار مولکول یکسان دارند ولی لزوماً تعداد اتم یکسانی ندارند؛ زیرا برخی گازها مانند آرگون تک‌اتمی و برخی گازها مانند کربن دی‌اکسید، سه‌اتمی هستند.

۳ ۴۶۸ (B) به جز نمودار (ت)، سایر نمودارها درست رسم شده‌اند. بررسی نمودارها: نمودار (الف): در حجم ثابت، فشار یک گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد. پس در حجم ثابت، فشار (P) با معکوس دما ( $\frac{1}{T}$ ) رابطه عکس دارد. نمودار (ب): در دما و فشار ثابت، با افزایش مقدار مول ماده گازی، حجم آن گاز افزایش می‌یابد. نمودار (پ): برای یک نمونه گاز در فشار ثابت، حجم گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد.

\* توجه دلیل اینکه در نمودار «V-T» برای یک نمونه گاز خط را تا انتها رسم نکرده و به صورت خط چین رسم می‌نمایند آن است که رسیدن به دمای صفر کلونین به صورت عملی میسر نبوده و این عدد تنها به صورت تئوری محاسبه شده است.

نمودار (ت): برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، فشار و حجم رابطه عکس دارند. اما این رابطه خطی نیست، به همین دلیل نمودار داده شده در گزینه (۴) نادرست است. نمودار تغییرات حجم برحسب فشار به صورت مقابل است. نمودار (ث): برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، حاصل ضرب فشار (P) در حجم (V) ثابت است، پس با افزایش فشار، حجم به گونه‌ای کاهش می‌یابد که حاصل  $P \times V$  ثابت بماند.

۱ ۴۶۹ (A) فشار ابتدایی بالن سمت چپ را برابر با « $P_1$ » در نظر می‌گیریم. پس از باز کردن شیر (با صرف نظر کردن از حجم لوله رابط میان دو ظرف)، حجم گاز برابر با مجموع حجم دو بالن خواهد بود؛ بنابراین برای نمونه گاز مورد نظر در دمای ثابت می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{P_2 = P_1 - 0.375} P_1 \times 1/5 = (P_1 - 0.375) \times 4 \Rightarrow P_1 = 0.6 \text{ atm}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \xrightarrow{T = \theta + 273} \frac{V_1}{\theta_1 + 273} = \frac{V_2}{\theta_2 + 273} \xrightarrow{V_2 = 2/25 V_1} \frac{V_1}{\theta_1 + 273} = \frac{2/25 V_1}{\theta_2 + 273}$$

$$\theta_2 + 273 = 2/25 (\theta_1 + 273) \Rightarrow 4\theta_2 + 1092 = 9\theta_1 + 2457 \Rightarrow 4\theta_2 - 9\theta_1 = 1365$$

۳ ۴۷۱ (A) ابتدا دمای اولیه و نهایی این گاز را برحسب کلونین به دست می‌آوریم:

$$\theta_2 = 2 \times 27 = 54^\circ \text{C} \Rightarrow T_2 = 54 + 273 = 327 \text{K}$$

$$\theta_1 = 27^\circ \text{C} \Rightarrow T_1 = 27 + 273 = 300 \text{K}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{327} \Rightarrow V_2 = 1/0.9 V_1$$

در فشار ثابت، حجم و دمای یک نمونه گاز مشخص، با یکدیگر رابطه مستقیم دارند:

$$\Delta V = V_2 - V_1 \xrightarrow{V_2 = 1/0.9 V_1} \Delta V = 1/0.9 V_1 - V_1 = -0.9 V_1$$

اکنون می‌توانیم تغییرات حجم این گاز را برحسب حجم اولیه ( $V_1$ ) به دست آوریم:

پس طی این فرایند، میزان افزایش حجم گاز، به اندازه ۰/۹ برابر حجم اولیه است.

$$n_1 = 12 \text{ g Ne} \times \frac{1 \text{ mol Ne}}{20 \text{ g Ne}} = 0.6 \text{ mol Ne}$$

۳ ۴۷۲ A ابتدا مقدار مول گاز نئون موجود در سیلندر ( $n_1$ ) را محاسبه می‌کنیم:

برای یک نمونه گازی در دما و فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \rightarrow \frac{V_2 = 1/4 V_1}{n_2} = \frac{V_1 = 1/4 V_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 0.84 \text{ mol} \Rightarrow \text{مقدار مول اکسید نیتروژن} = 0.84 - 0.6 = 0.24 \text{ mol}$$

حال با داشتن مقدار مول اکسید نیتروژن و جرم آن، جرم مولی اکسید مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی} = \frac{\text{جرم}}{\text{مقدار مول}} \Rightarrow \text{جرم مولی} = \frac{22.08 \text{ g}}{0.24 \text{ mol}} = 92 \text{ g.mol}^{-1}$$

با توجه به جرم مولی به‌دست آمده، اکسید مورد نظر  $N_2O_4$  است.

۱ ۴۷۳ B ابتدا مقدار مول اولیه گاز موجود در سیلندر را محاسبه می‌کنیم، سپس با استفاده از روابط گازها، مقدار مول گاز  $SO_3$  را محاسبه کرده و در نهایت جرم این

گاز را به‌دست می‌آوریم:

$$n_1 = 60 \text{ g } C_2F_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2F_6}{100 \text{ g } C_2F_6} = 0.6 \text{ mol } C_2F_6$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \rightarrow \frac{V_2 = 1/6 V_1}{n_2} = \frac{V_1 = 1/6 V_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 0.96 \text{ mol} \Rightarrow \text{مقدار مول } SO_3 \text{ اضافه شده} = 0.96 - 0.6 = 0.36 \text{ mol}$$

$$? \text{ g } SO_3 = 0.36 \text{ mol } SO_3 \times \frac{80 \text{ g } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 28.8 \text{ g } SO_3 \quad ? \text{ L } SO_3 = 28.8 \text{ g } SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80 \text{ g } SO_3} \times \frac{22.4 \text{ L } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 8.064 \text{ L } SO_3$$

۲۸/۸۰ × ۲۲/۴ = ? ساده کردن بدون در نظر گرفتن اعشار و صفر  $\rightarrow \frac{288 \times 224}{80} = 288 \times 28 = 8064$  (پاسخ: ۸/۰۶۴)

۱ ۴۷۴ B بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): برای یک نمونه گاز با جرم ثابت و معین، در فشار ثابت، با دو برابر شدن دما برحسب کلونین، حجم دو برابر می‌شود و چگالی

نیز که از رابطه  $\frac{V}{m}$  به دست می‌آید، نصف می‌شود. پرسش (ب): چگالی یک ماده به مقدار آن بستگی ندارد، پس برای حل مسئله نیازی به مقدار آن نیست. دانستن

جرم مولی ماده گازی و این نکته که حجم مولی گازها در شرایط STP برابر با ۲۲/۴ لیتر بر مول است. کفایت می‌کند. جرم مولی گاز  $C_2H_6$  برابر  $30 \text{ g.mol}^{-1}$  است و حجم مولی همه گازها از جمله  $C_2H_6$  در شرایط STP برابر  $22.4 \text{ L.mol}^{-1}$  است. پس خواهیم داشت:

$$\text{چگالی گاز} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \text{چگالی گاز} = \frac{30 \text{ g.mol}}{22.4 \text{ L.mol}} = 1.34 \text{ g.L}^{-1}$$

نکته ترکیبی روابط مربوط به محاسبه چگالی گازها: چگالی گازها تغییر دما و فشار محیط متغیر تغییر می‌کند. فرمول محاسبه چگالی یک گاز به صورت زیر است:

$$d(\text{چگالی}) = \frac{M(\text{جرم مولی})}{V(\text{حجم مولی گازها})}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات دما و فشار محیط روی حجم مولی و به دنبال آن چگالی گازها موثر هستند. با توجه به قانون آووگادرو، در شرایط یکسان، حجم یک مول از گازهای مختلف یکسان است؛ بنابراین نسبت چگالی دو گاز مختلف در شرایط (دما و فشار) یکسان به صورت زیر است:

$$\frac{d_1(\text{چگالی گاز ۱})}{d_2(\text{چگالی گاز ۲})} = \frac{M_1(\text{جرم مولی گاز ۱})}{M_2(\text{جرم مولی گاز ۲})}$$

به عبارت دیگر، در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز با نسبت جرم مولی‌های آن‌ها برابر است. برای مثال در شرایط یکسان فشار و دما، چگالی گازهای کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ )، دی‌نیتروژن مونو اکسید و پروپان ( $C_3H_8$ ) یکسان است؛ زیرا جرم مولی هر سه ماده گازی یکسان و برابر  $44 \text{ g.mol}^{-1}$  است.

پرسش (ب): با توجه به نکته گفته شده، در دما و فشار ثابت، نسبت چگالی دو گاز برابر با نسبت جرم مولی دو گاز است. پس می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{چگالی گاز } H_2S}{\text{چگالی گاز } Ar} = \frac{\text{جرم مولی } H_2S}{\text{جرم مولی } Ar} \Rightarrow \frac{1/7}{40} = \frac{34}{?} \Rightarrow \text{چگالی گاز } Ar = 2 \text{ g.L}^{-1}$$

۴ ۴۷۵ A برای یک نمونه گاز در دما و فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{6/3}{0.9} = \frac{V_2}{0.7} \Rightarrow V_2 = 4/9 \text{ L}$$

$$O_2 \text{ چگالی} = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{حجم } O_2} = \frac{0.7 \text{ mol } O_2 \times 32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 4/57 \text{ g.L}^{-1}$$

۱ ۴۷۶ B در چنین سؤالاتی که حجم و جرم مخلوط مورد نظر داده نشده است، بهتر است حجم مخلوط را به گونه‌ای انتخاب کنید که شمار مول‌های گازی مخلوط

مورد نظر برابر با ۱ شود. با توجه به اینکه گازها در شرایط STP هستند، حجم این مخلوط را  $22.4 \text{ L}$  در نظر گرفته و جرم این نمونه را به‌دست می‌آوریم:

$$d(\text{چگالی}) = \frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})} \Rightarrow 1/75 \text{ g.L}^{-1} = \frac{m}{22.4 \text{ L}} \Rightarrow m = 39/2 \text{ g}$$



بنابراین جرم یک نمونه ۲۲/۴ لیتری از این مخلوط که در مجموع شامل یک مول از گازهای  $N_2$  و  $C_2H_4$  است برابر ۳۹/۲g می‌باشد. از طرفی می‌دانیم که مجموع تعداد مول‌های گازی این مخلوط نیز برابر ۱ است:

$$m_{C_2H_4} + m_{N_2} = 39/2 \quad (1)$$

$$(m_{C_2H_4} \times \frac{1}{56}) + (m_{N_2} \times \frac{1}{28}) = 1 \Rightarrow \frac{m_{C_2H_4}}{56} + \frac{2m_{N_2}}{56} = 1 \Rightarrow m_{C_2H_4} + 2m_{N_2} = 56 \quad (2)$$

$$\begin{cases} m_{C_2H_4} + m_{N_2} = 39/2 \\ m_{C_2H_4} + 2m_{N_2} = 56 \end{cases} \Rightarrow m_{N_2} = 16/8g, m_{C_2H_4} = 22/4g$$

اکنون می‌توانیم از دو رابطه به دست آمده، جرم هر یک از این گازها را در این مخلوط به دست آوریم:

$$\%N_2 = \frac{N_2 \text{ جرم}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{16/8}{39/2} \times 100 = 42/86\%$$

بنابراین درصد جرمی گاز نیتروژن در این مخلوط به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

**۳ ۴۷۷ B قسمت اول:** ابتدا دمای اولیه و نهایی گاز مورد نظر را به کلون تبدیل می‌کنیم:

$$\theta_1 = -3^\circ C \Rightarrow T_1 = -3 + 273 = 270K$$

$$\theta_2 = 27^\circ C \Rightarrow T_2 = 27 + 273 = 300K$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{18L}{270} = \frac{V_2}{300} \Rightarrow V_2 = 20L$$

در فشار ثابت، حجم یک گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین:

**قسمت دوم:** در دمای ثابت، فشار یک گاز با حجم آن رابطه عکس دارد؛ پس خواهیم داشت:  $P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 1atm \times 20L = 1/6atm \times V_2 \Rightarrow V_2 = 12/5L$

**\* توجه:** دقت کنید که در قسمت دوم سؤال، باید حجم گاز پس از تغییرات دمایی، یعنی ۲۰L را در نظر بگیرید و چنانچه حجم اولیه، یعنی ۱۸L را در رابطه قرار می‌دادید، به پاسخ صحیح این مسئله نمی‌رسیدید!

**۲ ۴۷۸ B**

**نکته ترکیب:** یک فرمول برای همه گازها در هر شرایطی: تاکنون روابط میان پارامترهای مختلف مؤثر بر رفتار فیزیکی گازها را فرا گرفتید که هر کدام توسط یک یا چند دانشمند کشف شده بودند. ایراد این روابط این بود که در شرایط خاص برقرار بودند و همه‌جا نمی‌توانستیم از یکی از این فرمول‌ها استفاده کنیم. از ترکیب تمامی این روابط، رابطه زیر به دست می‌آید که برای تمامی گازها و در هر شرایطی برقرار است:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

فرمول بالا در مسائلی که در آن‌ها بیش از یک عامل به طور هم‌زمان تغییر می‌کند، بسیار مناسب است. برای مثال دمای نمونه‌ای از گاز آرگون شامل ۰/۳۵ مول با فشار ۸/۱ اتمسفر و حجم ۲۸ لیتر برحسب کلون ۳/۶ برابر دمای نمونه‌ای از گاز هلیم شامل ۰/۸ مول گاز با فشار ۳/۲ اتمسفر و حجم ۴۵ لیتر است؛ زیرا:

$$\frac{P_A V_A}{n_A T_A} = \frac{P_B V_B}{n_B T_B} \Rightarrow \frac{8/1 \times 28}{0/35 \times T_A} = \frac{3/2 \times 45}{0/8 \times T_B} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = 3/6$$

برای یک نمونه گازی می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{P_2 = 1/6 P_1} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{1/6 P_1 \times V_2}{0/8 T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{2} \Rightarrow \text{میزان تغییرات حجم} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = \frac{2 - V_1}{V_1} \times 100 = -50\%$$

با توجه به مقدار تغییرات، حجم نمونه گازی ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

**۳ ۴۷۹ B** ابتدا مقدار مول گاز متانول ( $CH_3OH$ ) را محاسبه می‌کنیم:  $1 \text{ mol } CH_3OH = 6/4 \text{ g } CH_3OH \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{32 \text{ g } CH_3OH} = 0/2 \text{ mol } CH_3OH$

حال مقدار مول نهایی متانول را محاسبه کرده و سپس تغییرات مول این گاز را به دست آورده و به این صورت جرم گازی را که باید خارج کنیم محاسبه می‌کنیم. برای هر

نمونه گازی می‌توان نوشت:  $\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{2 \times 2/4}{0/2 \times 300} = \frac{1/2 \times 4}{n_2 \times 400} \Rightarrow n_2 = 0/15 \text{ mol}$ ، مقدار مول متانول خارج شده  $= 0/2 - 0/15 = 0/05 \text{ mol}$

? g  $CH_3OH$  (خارج شده)  $= 0/05 \text{ mol } CH_3OH \times \frac{32 \text{ g } CH_3OH}{1 \text{ mol } CH_3OH} = 1/6 \text{ g } CH_3OH$

**۳ ۴۸۰ B** ابتدا مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه کرده و سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط استاندارد (STP)، حجم نمونه گازی را محاسبه می‌کنیم:

? L  $CO_2 = 16/5 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{22/4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 8/4 \text{ L } CO_2$

جفت الکترون ناپیوندی  $= 9/03 \times 10^{23} = \frac{\text{جفت الکترون ناپیوندی}}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{6/02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol } CO_2} = 16/5 \text{ g } CO_2 \times \text{شمار جفت الکترون ناپیوندی}$

**+ توضیح محاسبات**

$$\frac{16/5 \times 4 \times 6/02 \times 10^{23}}{44} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{16/5 \times 4 \times 6/02 \times 10^{23}}{11} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{16/5 \times 6 \times 10^{23}}{11} = 1/5 \times 6 \times 10^{23} = 9 \times 10^{23}$$

پاسخ به عدد  $9/03 \times 10^{23}$  نزدیک است.



C ۴۸۱ ۲ موارد (الف)، (ب) و (ت) جای خالی عبارت داده شده در صورت سؤال را به درستی تکمیل می کنند. بررسی موارد:

مورد (ب):

$$? \text{ mol C} = \frac{3}{2} \text{ L CS}_2 \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{22.4 \text{ L CS}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CS}_2} = \frac{1}{2} \text{ mol C} \quad ? \text{ g CS}_2 = 1.12 \text{ L CS}_2 \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{22.4 \text{ L CS}_2} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 3.8 \text{ g CS}_2$$

مورد (الف):

$$? \text{ atom S} = \frac{2}{8} \text{ L CS}_2 \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{22.4 \text{ L CS}_2} \times \frac{2 \text{ mol S}}{1 \text{ mol CS}_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom S}}{1 \text{ mol S}} = 1.05 \times 10^{23} \text{ atom S}$$

مورد (ب):

موارد (ت) و (ث): با توجه به ساختار لوویس مولکول کربن دی سولفید (CS<sub>2</sub>)، در هر مولکول این گونه، ۴ جفت الکترون ناپیوندی و ۸ الکترون پیوندی وجود دارد:

$$\text{:S:} = \text{C} = \text{:S:}$$

$$\text{جفت الکترون ناپیوندی} = \frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ mol CS}_2} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{22.4 \text{ L CS}_2} \times 22.4 \text{ L} = 4 \text{ mol}$$

$$\text{الکترون پیوندی} = \frac{8 \text{ mol}}{1 \text{ mol CS}_2} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{22.4 \text{ L CS}_2} \times 22.4 \text{ L} = 8 \text{ mol}$$

C ۴۸۲ ۳ فقط در مورد (ب)، دو مورد ذکر شده با هم برابر نیستند. هر یک از مقادیر داده شده را محاسبه می کنیم. بررسی موارد:

$$? \text{ L Ar} = 25 \text{ g Ar} \times \frac{1 \text{ mol Ar}}{40 \text{ g Ar}} \times \frac{22.4 \text{ L Ar}}{1 \text{ mol Ar}} = 14 \text{ L Ar}, \quad ? \text{ L SO}_2 = 40 \text{ g SO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2} \times \frac{22.4 \text{ L SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 14 \text{ L SO}_2$$

مورد (الف):

$$? \text{ molecule O}_2 = 560 \text{ mL O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22400 \text{ mL O}_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 1.5 \times 10^{22} \text{ molecule O}_2$$

مورد (ب):

$$? \text{ atom} = 140 \text{ mL N}_2\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_3}{22400 \text{ mL N}_2\text{O}_3} \times \frac{5 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_3} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1.88 \times 10^{22} \text{ atom}$$

$$? \text{ atom} = 3.36 \text{ L N}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4}{22.4 \text{ L N}_2\text{H}_4} \times \frac{6 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol N}_2\text{H}_4} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 5.418 \times 10^{23} \text{ atom}$$

مورد (پ):

$$? \text{ atom} = 6.72 \text{ L N}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}}{22.4 \text{ L N}_2\text{O}} \times \frac{3 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 5.418 \times 10^{23} \text{ atom}$$

مورد (ت): در این گزینه، با توجه به اینکه حجم گازها در دما و فشار ثابت برابر است، پس مقدار مول دو گاز نیز برابر است. از آنجایی که جرم مولی دو گاز نیز یکسان و برابر با ۴۴ g.mol<sup>-1</sup> است، پس بدون انجام محاسبه نیز می توان گفت جرم این دو نمونه گاز برابر است.

$$? \text{ g C}_3\text{H}_8 = 2 \text{ L C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{22.4 \text{ L C}_3\text{H}_8} \times \frac{44 \text{ g C}_3\text{H}_8}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} = 3.93 \text{ g C}_3\text{H}_8, \quad ? \text{ g CO}_2 = 2 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22.4 \text{ L CO}_2} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 3.93 \text{ g CO}_2$$

B ۴۸۳ ۲ قسمت اول:

\* توجه در دما و فشار ثابت، نسبت حجمی و نسبت مولی دو گاز با هم برابر است.

$$? \text{ mL هوا} = 3.6 \text{ mol O}_2 \times \frac{100 \text{ mol هوا}}{20 \text{ mol O}_2} \times \frac{22400 \text{ mL هوا}}{1 \text{ mol هوا}} = 403200 \text{ mL هوا}$$

$$\text{حجم هوا در هر ساعت} = \frac{403200 \text{ mL}}{720} = 560 \text{ mL}$$

حال تعداد تنفس در هر ساعت را محاسبه کرده و با استفاده از حجم هوای به دست آمده، حجم هوای وارد شده به ریه فرد را در هر بار تنفس محاسبه می کنیم:

$$\text{تنفس} = 720 \times \frac{12 \text{ دقیقه}}{60 \text{ دقیقه}} \times \frac{1 \text{ ساعت}}{1 \text{ دقیقه}} = 144 \text{ تنفس}$$

قسمت دوم: با توجه به متن تست و محاسبات انجام شده در قسمت اول، خواهیم داشت:

$$? \text{ kg O}_2 = 1 \text{ سال} \times \frac{365 \text{ روز}}{1 \text{ سال}} \times \frac{24 \text{ ساعت}}{1 \text{ روز}} \times \frac{3}{6} \text{ mol O}_2 \times \frac{4 \text{ mol O}_2}{20 \text{ mol O}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{1 \text{ kg O}_2}{10^3 \text{ g O}_2} = 20.2 \text{ kg O}_2$$

C ۴۸۴ ۱ همه عبارت ها درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: عنصر نیتروژن در دما و فشار اتاق به صورت گازهای دواتمی N<sub>2</sub> وجود دارد؛ بنابراین:

روش دوم (کسر تبدیل):

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} = \frac{0.14}{28} \times \frac{\text{L N}_2}{20} \Rightarrow x = 0.1 \text{ LN}_2 \quad ? \text{ L N}_2 = 0.14 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{20 \text{ L N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 0.1 \text{ L N}_2$$

عبارت دوم: در دمای ثابت، حجم یک نمونه گاز با فشار آن رابطه عکس دارد:

بنابراین طی این فرایند، فشار این گاز ۴ atm (۵-۱) تغییر کرده است. عبارت سوم: طبق قانون آووگادرو، در فشار و دمای ثابت، حجم گازها با تعداد مول آنها رابطه

مستقیم دارد. (n ∝ V) عبارت چهارم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g.mol}^{-1} = 22.4 \frac{\text{L}}{\text{mol}} \times \frac{9 \text{ g gas}}{1 \text{ L gas}} = 20.16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} = \frac{0.9}{22.4} = \frac{1}{22.4} \Rightarrow \text{جرم مولی} = 20.16 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش دوم (کسر تبدیل):



۱۴۸۵ B فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گازها دارای شکل و حجم معینی نیستند و به شکل و حجم ظرفی که در آن هستند، درمی‌آیند. عبارت (ب): دمای °C و فشار ۱ atm همان شرایط استاندارد است. با توجه به این موضوع می‌توان نوشت:

$$? \text{ mL CH}_4 = 8 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{22400 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 11200 \text{ mL CH}_4$$

عبارت (پ): در شرایط استاندارد (STP)، یک لیتر از گازهای مختلف دارای مقدار مول یکسان گاز هستند، اما تعداد اتم‌ها ممکن است متفاوت باشد، زیرا هر مولکول در واحد فرمولی خود دارای تعداد اتم متفاوتی است. برای نمونه یک مول کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) دارای ۳ مول اتم بوده در حالی که هر مول گاز نیتروژن (N<sub>2</sub>) دارای ۲ مول اتم است. عبارت (ت): در دما و فشار یکسان، مقدار مول‌های برابر از دو نمونه گازی حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. از آنجا که شمار مولکول‌های هر گاز با مقدار مول‌های آن رابطه مستقیم دارد، پس تعداد مولکول‌های برابر از گازهای مختلف، در دما و فشار یکسان، حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. عبارت (ث): جرم مولی گازهای CH<sub>4</sub> و SO<sub>3</sub> به ترتیب برابر ۱۶ و ۸۰ گرم بر مول است، پس در شرایط یکسان دما و فشار چگالی گاز SO<sub>3</sub> باید ۵ برابر چگالی CH<sub>4</sub> باشد؛ بنابراین شرط برابر بودن چگالی این دو گاز این است که حجم نمونه CH<sub>4</sub>، ۱/۵ برابر حجم نمونه SO<sub>3</sub> و فشار CH<sub>4</sub>، ۵ برابر فشار SO<sub>3</sub> باشد.

۱۴۸۶ B عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مبنای ما برای مقایسه دما در گازها، دما در مقیاس کلوین است؛ بنابراین تنها در صورتی m برابر شدن دما سبب m برابر شدن حجم گاز می‌شود که این تغییرات در مقیاس کلوین رخ دهد. عبارت (ب): در فشار ثابت ۱ atm برای یک مول گاز رابطه میان حجم (L) و دما (°C) به صورت خطی بوده که عرض از مبدأ آن برابر با ۲۲/۴ لیتر است، زیرا در دمای (°C) و فشار ۱ atm، حجم مولی گازها برابر با ۲۲/۴ لیتر بر مول است. همچنین طول از مبدأ این نمودار باید برابر با ۲۷۳°C - باشد، زیرا کمترین دمای ممکن برای مواد برابر با صفر کلوین (۲۷۳°C -) بوده و در این دما حجم گازها برابر با صفر لیتر خواهد بود. عبارت (پ): در دمای ثابت برای یک نمونه گاز می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{P_2 = 1/6 P_1} P_1 V_1 = 1/6 P_1 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 6 \times V_1 = 6 \times 22.4 \text{ L} = 134.4 \text{ L}$$

$$\text{درصد تغییر} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = \frac{134.4 - 22.4}{22.4} \times 100 = 500\%$$

عبارت (ت):  
 $? \text{ g O}_2 = 50/4 \text{ L O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ L O}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 18 \text{ g O}_2$

۱۴۸۷ B پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینه (۴) آمده است. بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): چگالی یک گاز به جرم و حجم گاز بستگی دارد. از آنجا که جرم گاز ثابت بوده و حجم آن نیز ثابت است، پس طی فرایند چگالی گاز تغییر نمی‌کند. پرسش (ب): ابتدا با استفاده از حجم گاز، مقدار مول آن را محاسبه کرده و سپس با استفاده از جرم داده شده جرم مولی و در نهایت تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در هر واحد فرمولی از این گاز را می‌یابیم:

$$? \text{ mol گاز} = 50/6 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{22/4 \text{ L گاز}} = 0.25 \text{ mol گاز}$$

$$\text{جرم مولی} = \frac{27 \text{ g}}{0.25 \text{ mol}} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow (2 \times 14) + (x \times 16) = 108 \Rightarrow x = 5$$

پرسش (پ): از آنجا که یک سوم (حدود ۳۳٪) گاز داخل مخزن را خالی کرده‌ایم و در دما و فشار ثابت، حجم یک گاز با مقدار آن رابطه مستقیم دارد، پس انتظار داریم، حجم گاز نیز حدود ۳۳٪ کاهش یابد.

۱۴۸۸ C قسمت اول: در ظرف مورد نظر ۵ ذره وجود دارد که هر کدام معادل ۱/۵ مول است؛ بنابراین تعداد مول اولیه گاز هلیوم موجود در این ظرف برابر ۵/۵ mol (۱/۵) است. با توجه به قانون آووگادرو، در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با تعداد مول‌های آن رابطه مستقیم دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{V_1}{5} = \frac{V_2}{0.5} \Rightarrow V_2 = 9 \text{ L}$$

قسمت دوم: می‌دانیم که در شرایط STP، حجم هر مول از یک نمونه گاز برابر با ۲۲/۴ L است؛ بنابراین ابتدا حجم این گاز در شرایط STP را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ L gas} = (0.5 + 0.2) \text{ mol gas} \times \frac{22/4 \text{ L}}{1 \text{ mol gas}} = 15.8 \text{ L}$$

بنابراین با تغییر شرایط به حالت STP، حجم این گاز از ۹/۸ L به ۱۵/۶۸ L تغییر می‌کند. همچنین می‌دانیم که حجم هر ظرف استوانه‌ای شکل، از حاصل ضرب مساحت سطح مقطع آن در ارتفاع به دست می‌آید:

$$V_1 = 9/8 \text{ L} = 980 \text{ cm}^3, \quad V_2 = 15/68 \text{ L} = 15680 \text{ cm}^3$$

$$980 = 100 \times h_1 \Rightarrow h_1 = 9.8 \text{ cm}, \quad 15680 = 100 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 156.8 \text{ cm}$$

بنابراین تغییرات ارتفاع پیستون طی این فرایند برابر ۵۸/۸ cm (۹۸-۱۵۶/۸) است.

$$A = 8 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 0.5 N_A \text{ atom}$$

۱۴۸۹ C روش اول (کسر تبدیل):

$$C = 22 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{3 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1.5 N_A \text{ atom}$$

$$\frac{\text{جرم O}_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتم‌های O}_2}{n \times N_A} \Rightarrow \frac{8}{32} = \frac{\text{شمار اتم‌های O}_2}{2 \times N_A} \Rightarrow \text{شمار اتم‌های O}_2 = 0.5 N_A$$

روش دوم (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CO}_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتم‌های CO}_2}{n \times N_A} \Rightarrow \frac{22}{44} = \frac{\text{شمار اتم‌های CO}_2}{3 \times N_A} \Rightarrow \text{شمار اتم‌های CO}_2 = 1.5 N_A$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در حجم و دمای برابر، هر چه شمار مول‌های یک گاز بیشتر باشد، تعداد برخوردهای ذرات آن با جداره ظرف بیشتر و در نتیجه فشار حاصل از آن بیشتر است:

$$A \text{ تعداد مول} = ۸g O_2 \times \frac{۱ \text{ mol } O_2}{۳۲g O_2} = ۰/۲۵ \text{ mol } O_2 \quad B \text{ تعداد مول} = ۱۶g CH_4 \times \frac{۱ \text{ mol } CH_4}{۱۶g CH_4} = ۱ \text{ mol } CH_4$$

$$C \text{ تعداد مول} = ۲۲g CO_2 \times \frac{۱ \text{ mol } CO_2}{۴۴g CO_2} = ۰/۵ \text{ mol } CO_2 \quad D \text{ تعداد مول} = ۳g He \times \frac{۱ \text{ mol } He}{۴g He} = ۰/۷۵ \text{ mol } He$$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به طرف‌های B و A است. گزینه (۲): با توجه به دما و حجم برابر دو ظرف، چنانچه تعداد مول‌های دو گاز با یکدیگر برابر باشد، فشار آن‌ها نیز با یکدیگر برابر خواهد بود؛ همان‌طور که در بررسی گزینه (۱) توضیح دادیم، تعداد مول‌های ظرف B نیز برابر ۱ است؛ حال باید ببینیم با اضافه کردن ۲۴ گرم  $O_2$  به ظرف A، تعداد مول گاز در آن به ۱ مول می‌رسد یا خیر.

$$A \text{ تعداد مول گاز در آن به } ۱ \text{ مول می‌رسد یا خیر. } ۲۴g O_2 \times \frac{۱ \text{ mol } O_2}{۳۲g O_2} = ۰/۷۵ \text{ mol } O_2 = (۲۴ \times ۰/۷۵) \text{ g } O_2 = ۱۸g O_2$$

بنابراین فشار این دو ظرف با یکدیگر برابر است. گزینه (۳): نسبت فشار دو گاز در دما و حجم ثابت، برابر نسبت تعداد مول‌های آن دو گاز است. با توجه به بررسی گزینه (۱)، تعداد مول‌های گازی دو ظرف C و D به ترتیب برابر ۰/۵ و ۰/۷۵ مول است؛ پس نسبت فشار گازها در دو ظرف برابر است با:

$$\frac{P_D}{P_C} = \frac{n_D}{n_C} \Rightarrow \frac{P_D}{P_C} = \frac{۰/۷۵}{۰/۵} \Rightarrow P_D = ۱/۵ P_C \quad \text{نسبت تغییر فشار} = \frac{P_D - P_C}{P_C} \times ۱۰۰ = \frac{۱/۵ P_C - P_C}{P_C} \times ۱۰۰ = -۵۰\%$$

در چنین سؤالاتی که نسبت درصد فشار دو گاز با یکدیگر مقایسه می‌شود، می‌توانیم فشار یکی از گازها را برابر ۱۰۰ در نظر گرفته و فشار گاز دیگر را نسبت به آن به‌دست آوریم:

$$P_D = ۱/۵ P_C \xrightarrow{P_C = ۱۰۰} P_D = ۱۵۰$$

بنابراین فشار گاز D به میزان ۵۰٪ بیشتر از گاز C می‌باشد.

C ۴۹۰ ۳ فشار یک گاز با تعداد مول و دمای آن رابطه مستقیم و با حجم آن رابطه عکس دارد:

$$P \propto \frac{nT}{V}$$

بنابراین هر چه نسبت  $\frac{nT}{V}$  در گازی بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بیشتر خواهد بود. بررسی گزینه‌ها:

گزینه (۱):  $\theta = ۰^\circ C \Rightarrow T = ۰ + ۲۷۳ = ۲۷۳K, n = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2} = \frac{۰/۳۲g}{۳۲g \cdot \text{mol}^{-1}} = ۰/۰۱ \text{ mol}, V = ۵/۶L \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{۰/۰۱ \times ۲۷۳}{۵/۶} = ۰/۴۸۷۵$

گزینه (۲):  $\theta = ۰^\circ C \Rightarrow T = ۰ + ۲۷۳ = ۲۷۳K, n = \frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی } SO_2} = \frac{۰/۳۲g}{۶۴g \cdot \text{mol}^{-1}} = ۰/۰۰۵ \text{ mol}, V = ۵/۶L \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{۰/۰۰۵ \times ۲۷۳}{۵/۶} = ۰/۲۴۳۷۵$

گزینه (۳):  $\theta = ۲۵^\circ C \Rightarrow T = ۲۵ + ۲۷۳ = ۲۹۸K, n = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2} = \frac{۰/۶۴g}{۳۲g \cdot \text{mol}^{-1}} = ۰/۰۲ \text{ mol}, V = ۱۱/۲L \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{۰/۰۲ \times ۲۹۸}{۱۱/۲} = ۰/۵۳۲$

گزینه (۴):  $\theta = ۲۵^\circ C \Rightarrow T = ۲۵ + ۲۷۳ = ۲۹۸K, n = \frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی } SO_2} = \frac{۰/۶۴g}{۶۴g \cdot \text{mol}^{-1}} = ۰/۰۱ \text{ mol}, V = ۱۱/۲L \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{۰/۰۱ \times ۲۹۸}{۱۱/۲} = ۰/۲۶۶$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به طرف‌های ۳ و ۲ است.

B ۴۹۱ ۴ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $FeCl_3$  یک ترکیب یونی با کاتیون‌های  $Fe^{3+}$  و آنیون‌های  $Cl^-$  است، اما دقت کنید که  $PCl_3$  یک ترکیب مولکولی است که از به اشتراک گذاشتن الکترون بین اتم‌های فسفر و کلر به وجود آمده است و در ساختار آن آنیون و کاتیون وجود ندارد.

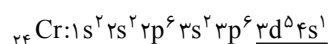
عبارت (ب): چگالی هر گاز را می‌توان از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی آن به‌دست آورد:  $d = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{۲۸g \cdot \text{mol}^{-1}}{۲۲/۴L \cdot \text{mol}^{-1}} = ۱/۲۵g \cdot L^{-1}$  چگالی  $N_2 = ۲۸g \cdot \text{mol}^{-1}$

عبارت (ب): سوخت سبب، سوختی است که در ساختار خود افزون‌بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به‌دست می‌آید. دقت کنید که در اثر سوختن این سوخت‌ها نیز همانند سوخت‌های فسیلی، گازهای گلخانه‌ای مانند  $CO_2$  و بخار آب تولید می‌شوند.

عبارت (ت): در دما و فشار ثابت، نسبت حجم دو نمونه گاز با نسبت تعداد مول‌های آن دو برابر است:

$$\frac{V_{O_2}}{V_{He}} = \frac{n_{O_2}}{n_{He}} = ۲ \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } O_2}{\text{جرم مولی } He} = ۲ \Rightarrow \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم } He} = \frac{۲ \times \text{جرم مولی } O_2}{\text{جرم مولی } He} = \frac{۲ \times ۳۲}{۴} = ۱۶$$

C ۴۹۲ ۲ موارد سوم و چهارم جمله را به درستی کامل می‌کند. بررسی موارد: مورد اول: تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی در  $N_2O_4$  برابر ۷ است. تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت در اتم کروم (Cr) برابر ۶ است.



$NO_2^+$	CO	$N_2O_4$	گونه شیمیایی
$[\text{:}\ddot{O}=\text{N}=\ddot{O}\text{:}]^+$	$\text{:C}\equiv\text{O}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \diagdown \\ \text{N} \\ \diagup \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \text{N} \\ \diagdown \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \diagup \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \end{array}$	ساختار لوویس

مورد دوم: تعداد یون‌های اکسید در هر واحد فرمولی از ماده اصلی بوکسیت ( $Al_2O_3$ ) برابر با ۳ است. تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در اکسید سمی کربن (CO) برابر ۲ است. مورد سوم: ساختار لوویس گونه‌های داده شده در سؤال به‌صورت زیر است:



تعداد پیوندهای کووالانسی دوگانه در گونه  $\text{NO}_2^+$  با تعداد کاتیون‌ها در هر واحد فرمولی آهن (III) سولفید ( $\text{Fe}_2\text{S}_3$ ) یکسان و برابر با ۲ است. **مورد چهارم:** تعداد اتم‌های هیدروژن در ۱۳/۵ گرم یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) و ۱۱/۲ لیتر گاز اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) در شرایط STP به صورت زیر است:

$$? \text{ atom H} = 13.5 \text{ g NH}_4^+ \times \frac{1 \text{ mol NH}_4^+}{18 \text{ g NH}_4^+} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol NH}_4^+} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3 N_A \text{ atom H}$$

$$? \text{ atom H} = 11.2 \text{ L C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{22.4 \text{ L C}_2\text{H}_6} \times \frac{6 \text{ mol H}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3 N_A \text{ atom H}$$

بنابراین تعداد اتم‌های هیدروژن در دو نمونه با یکدیگر برابر نیست.

**۱۴۹۳ (C)** فقط در مورد (پ)، شمار اتم‌های کلر، ۱/۲ برابر شمار اتم‌های اکسیژن موجود در ۵۰ گرم سیلیس است. فرمول شیمیایی سیلیس به صورت  $\text{SiO}_2$  است.

$$? \text{ atom O} = 50 \text{ g SiO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol SiO}_2} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = \frac{5}{3} N_A \text{ atom O}$$

پس شمار اتم‌های اکسیژن در ۵۰ گرم سیلیس برابر است با:

با توجه به شمار اتم‌های اکسیژن، شمار اتم‌های کلر باید برابر با  $(\frac{5}{3} N_A \times 1/2) 2 N_A$  باشد. حال به بررسی موارد می‌پردازیم:

$$? \text{ atom Cl} = 56 \text{ L SO}_2\text{Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_2\text{Cl}_2}{22.4 \text{ L SO}_2\text{Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol SO}_2\text{Cl}_2} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 5 N_A \text{ atom Cl}$$

**مورد (الف):**

$$? \text{ atom Cl} = 75 \text{ L Cl}_2\text{O} \times \frac{2/9 \text{ g Cl}_2\text{O}}{1 \text{ L Cl}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2\text{O}}{87 \text{ g Cl}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol Cl}_2\text{O}} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 5 N_A \text{ atom Cl}$$

**مورد (ب):**

$$\frac{75 \times 2/9 \times 2}{87} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و صفر}} \frac{75 \times 29 \times 2}{87} \times 10^{-1} = \frac{150}{3} \times 10^{-1} = 5$$

**توضیح محاسبات**

**مورد (پ):** در این گزینه ابتدا حجم مولی گازها در شرایط داده شده را محاسبه می‌کنیم، سپس شمار اتم‌های کلر را در نمونه گاز به دست می‌آوریم. برای یک نمونه گازی می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_{n,1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n,2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22.4}{273} = \frac{3/2 \times V_{n,2}}{351} \Rightarrow V_{n,2} = 9 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$? \text{ atom Cl} = 6 \text{ L POCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol POCl}_3}{9 \text{ L POCl}_3} \times \frac{3 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol POCl}_3} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 2 N_A \text{ atom Cl}$$

$$? \text{ atom Cl} = 45 \text{ L NOCl} \times \frac{2/62 \text{ g NOCl}}{1 \text{ L NOCl}} \times \frac{1 \text{ mol NOCl}}{65.5 \text{ g NOCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol NOCl}} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 1/8 N_A \text{ atom Cl}$$

**مورد (ت):**

با توجه به شمار اتم‌های کلر در گزینه‌های مختلف، تعداد اتم‌های کلر در گزینه (۲)، ۱/۲ برابر شمار اتم‌های اکسیژن در نمونه سیلیس موجود در صورت سؤال است.

**توضیح محاسبات**

$$\frac{45 \times 2/62 N_A}{65.5} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{به جای اعداد ۶۵/۵ و ۲/۶۲ قرار گیرد اعداد ۶۶ و ۲/۶۶}} \frac{45 \times 2/64 N_A}{66} \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{اعداد ۶۶ و ۲/۶۶}} \frac{45 \times 2 \times 10^{-2} N_A}{6} = \frac{45 \times 2 \times 10^{-2} N_A}{6} = 1/8 N_A$$

**۱۴۹۴ (C)** موارد اول و پنجم درست هستند. ابتدا مقدار مول و حجم هر یک از بالن‌ها را در شرایط استاندارد محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol Ne} = 6 \text{ g Ne} \times \frac{1 \text{ mol Ne}}{20 \text{ g Ne}} = 0.3 \text{ mol Ne} \quad ? \text{ L Ne} = 0.3 \text{ mol Ne} \times \frac{22.4 \text{ L Ne}}{1 \text{ mol Ne}} = 6.72 \text{ L Ne}$$

**بالن (۱):**

$$? \text{ mol SO}_3 = 20 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} = 0.25 \text{ mol SO}_3 \quad ? \text{ L SO}_3 = 0.25 \text{ mol SO}_3 \times \frac{22.4 \text{ L SO}_3}{1 \text{ mol SO}_3} = 5.6 \text{ L SO}_3$$

**بالن (۲):**

$$? \text{ mol CH}_4 = 12 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 0.75 \text{ mol CH}_4 \quad ? \text{ L CH}_4 = 0.75 \text{ mol CH}_4 \times \frac{22.4 \text{ L CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 16.8 \text{ L CH}_4$$

**بالن (۳):**

**بررسی موارد:** **مورد اول:** با توجه به مقادیر محاسبه شده، مجموع حجم بالن‌های (۱) و (۳) در شرایط استاندارد برابر با ۲۳/۵۲ لیتر است. **مورد دوم:** در دما و فشار

یکسان، نسبت حجم دو گاز با نسبت مقدار مول‌هایشان برابر است. از آنجا که نسبت مقدار مول گاز در بالن (۲) به مقدار مول گاز در بالن (۱) برابر با  $\frac{5}{6}$  است، پس

نسبت حجم این دو بالن نیز برابر با  $\frac{5}{6}$  خواهد بود. **مورد سوم:**

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ mol O} (\text{NO}_2 \text{ در}) &= 115 \text{ g NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{46 \text{ g NO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol NO}_2} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = 5 N_A \text{ atom O} \\ ? \text{ mol H} (\text{CH}_4 \text{ در}) &= 12 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3 N_A \text{ atom H} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های اکسیژن}}{\text{شمار اتم‌های هیدروژن}} = \frac{5 N_A}{3} = \frac{5}{3}$$

**مورد چهارم:** در دما و فشار یکسان، نسبت چگالی دو گاز برابر با نسبت جرم مولی آن‌ها است؛ بنابراین خواهیم داشت:  $\frac{CH_4}{SO_2} = \frac{CH_4}{SO_2} = \frac{16}{80} = \frac{1}{5}$  چگالی گاز  $CH_4$   $\frac{1}{5}$  جرم مولی گاز  $SO_2$  چگالی گاز  $SO_2$

**مورد پنجم:** در صورت یکسان بودن حجم ظرف‌ها و دمای گازها، هر چه مقدار مول یک گاز بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بالاتر خواهد بود. پس مقایسه فشار گاز موجود در سه بالن به صورت: «بالن (۳) < بالن (۲) < بالن (۱)» است.

**۳۴۹۵ C** جرم این مخلوط را  $100g$  در نظر می‌گیریم؛ بنابراین  $60g$  از این مخلوط را گازهای دواتمی  $N_2$  و  $O_2$  و  $40g$  از آن را  $Ar$  تشکیل داده است. دمای جوش سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن به ترتیب برابر  $-186$ ،  $-196$  و  $-183$  درجه سلسیوس است؛ بنابراین با سرد کردن این مخلوط تا دمای جوش اکسیژن، اکسیژن به صورت مایع خارج شده و گازهای نیتروژن و آرگون باقی می‌مانند. چنانچه جرم اکسیژن را  $x$  در نظر بگیریم، درصد جرمی آرگون در مخلوط جدید برابر خواهد بود با:

$$Ar \text{ جرمی} = \frac{\text{جرم آرگون}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{40g}{(100-x)g} \times 100 = 66.6\% = x = 40g$$

بنابراین جرم اکسیژن موجود در این مخلوط برابر  $40g$  و جرم نیتروژن نیز برابر  $20g$  خواهد بود:

$$O_2 \text{ جرم} = \frac{40g O_2}{100g} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 7.525 \times 10^{22} \text{ molecule } O_2$$

**۳۴۹۶ C** حجم سیلندر استوانه‌ای از حاصل ضرب سطح مقطع آن‌ها در ارتفاع به دست می‌آید. با توجه به ثابت بودن سطح مقطع پیستون، حجم این پیستون با ارتفاع آن رابطه مستقیم دارد:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{h_2}{h_1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1}$$

همچنین می‌دانیم که در فشار و دمای ثابت، حجم مخلوطی از گازها با تعداد مول‌های آن‌ها رابطه مستقیم دارد:

$$\frac{m_2}{m_1} = 9 \Rightarrow \begin{cases} m_2 = m_{He} + m_{Ar} \\ m_1 = m_{He} \end{cases} \Rightarrow \frac{m_{He} + m_{Ar}}{m_{He}} = 9 \Rightarrow m_{Ar} = 8m_{He}$$

همچنین با توجه به صورت سؤال، داریم:

$$n_2 = \frac{m_{He}}{4} + \frac{m_{Ar}}{40} \xrightarrow{m_{Ar} = 8m_{He}} n_2 = \frac{m_{He}}{4} + \frac{m_{He}}{5} = \frac{9}{20} m_{He}, n_1 = \frac{m_{He}}{4}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \Rightarrow \frac{\frac{9m_{He}}{20}}{\frac{m_{He}}{4}} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \Rightarrow \frac{9}{5} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \Rightarrow 9h_1 = 5h_1 + 4\lambda \Rightarrow h_1 = 10 \text{ cm}$$

در نهایت خواهیم داشت:

**۳۴۹۷ C** ابتدا می‌بایست تعداد مول‌های  $SO_2$  و  $SO_3$  را به دست آورده و سپس از طریق آن فشار مخلوط گازی را به دست آوریم. جرم هر یک از گازهای  $SO_2$  و  $SO_3$  را به ترتیب برابر  $x$  و  $y$  در نظر می‌گیریم:

$$SO_2 \text{ جرم} + SO_3 \text{ جرم} = 256g \Rightarrow x + y = 256 \quad (I)$$

اکنون جرم اکسیژن در هر کدام از این گازها را به دست می‌آوریم:  $SO_2$  جرم اکسیژن  $x g SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64g SO_2} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } SO_2} \times \frac{16g O}{1 \text{ mol } O} = 0.5x g O$

$$SO_3 \text{ جرم اکسیژن} = y g SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80g SO_3} \times \frac{3 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } SO_3} \times \frac{16g O}{1 \text{ mol } O} = 0.6y g O$$

بنابراین مجموع جرم اکسیژن در این مخلوط برابر  $(0.5x + 0.6y)$  است. با توجه به درصد جرمی اکسیژن در این مخلوط خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{\text{جرم کل اکسیژن موجود در مخلوط}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{0.5x + 0.6y}{256} \times 100 = 56/25 \Rightarrow 0.5x + 0.6y = 144 \quad (II)$$

اکنون به کمک معادله‌های (I) و (II)،  $x$  و  $y$  را محاسبه می‌کنیم:

اکنون تعداد مول‌های  $SO_2$  و  $SO_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$SO_2 \text{ تعداد مول} = 96g SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64g SO_2} = 1.5 \text{ mol } SO_2 \quad SO_3 \text{ تعداد مول} = 160g SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80g SO_3} = 2 \text{ mol } SO_3$$

بنابراین در مجموع  $3/5$  مول گاز در این ظرف وجود دارد؛ پس فشار این مخلوط گازی برابر است با:  $3/5 \text{ mol gas} \times \frac{3 \text{ atm}}{1 \text{ mol gas}} = 1.8 \text{ atm}$

**۱۴۹۸ A** واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد، به طوری که هر یک از فرایندهای تهیه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است.





★ نکته به منظور سرعت بخشیدن به حل مسائل استوکیومتری، می‌توانید از روش تناسب استفاده کنید. در این روش، ابتدا معادله واکنش را نوشته و موازنه کنید. سپس با توجه به داده‌های مطرح شده در صورت سؤال، به کمک دو عدد از کسرهای زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول (خواسته مسئله) را به دست آورید.

$$\frac{\text{چگالی (g.L}^{-1}\text{) گاز (غیر STP)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{\text{جرم مولی (L.mol}^{-1}\text{)} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{جرم}} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{مول}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{N_A \times \text{ضریب}}$$



برای حل این سؤال می‌توان از دو روش استفاده کرد:

**روش اول (کسر تبدیل):** در این روش ابتدا جرم هر یک از گازهای تولید شده را محاسبه کرده و با یکدیگر جمع می‌کنیم تا مقدار گاز تولید شده به دست آید:

$$? \text{ g O}_2 = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 24 \text{ g O}_2$$

$$? \text{ g N}_2 = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{28 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 8/4 \text{ g N}_2$$

گاز  $24 + 8/4 = 32/4 \text{ g}$  مجموع جرم گاز تولید شده

$$\text{روش دوم (تناسب): } \frac{\text{جرم مولی O}_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم مولی N}_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{60/6}{101 \times 4} = \frac{x \text{ g O}_2}{32 \times 5} = \frac{y \text{ g N}_2}{28 \times 2} \Rightarrow x = 24 \text{ g O}_2, y = 8/4 \text{ g N}_2$$

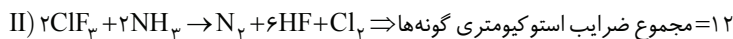
مجموع جرم گازهای تولید شده برابر  $32/4 \text{ g}$  (۲۴+۸/۴) است.

**روش ابتکاری:** در این روش با استفاده از قانون پایستگی جرم به حل مسئله می‌پردازیم. با توجه به اینکه همه مواد واکنش دهنده به مواد فراورده تبدیل می‌شوند، پس اگر مقدار جرم ماده جامد فراورده را از مقدار جرم ماده اولیه کم کنیم، جرم فراورده‌های گازی به دست می‌آید:

$$? \text{ g K}_2\text{O} = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{2 \text{ mol K}_2\text{O}}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{94 \text{ g K}_2\text{O}}{1 \text{ mol K}_2\text{O}} = 28/2 \text{ g K}_2\text{O}$$

مجموع جرم گاز تولید شده  $60/6 - 28/2 = 32/4 \text{ g}$

۱ ۵۰۰ B معادله موازنه شده این دو واکنش به صورت زیر است:



$27 - 12 = 15$  اختلاف مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها

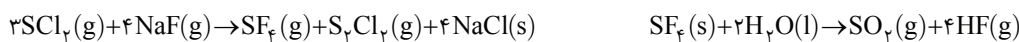
$$? \text{ g ClF}_3 = 4/48 \text{ L NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{22/4 \text{ L NH}_3} \times \frac{2 \text{ mol ClF}_3}{2 \text{ mol NH}_3} \times \frac{92/5 \text{ g ClF}_3}{1 \text{ mol ClF}_3} = 18/5 \text{ g ClF}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{لیتر NH}_3 \text{ مصرفی}}{22/4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NH}_3 \text{ مصرفی}}{22/4 \times 2} = \frac{x}{2 \times 92/5} \Rightarrow x = 18/5 \text{ g ClF}_3$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۵۰۱ B معادله موازنه شده دو واکنش به صورت زیر می‌باشد:



روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: محاسبه جرم سدیم فلوئورید (NaF) مصرفی:

$$? \text{ g NaF} = 50 \text{ L HF} \times \frac{1 \text{ g HF}}{1 \text{ L HF}} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{20 \text{ g HF}} \times \frac{1 \text{ mol SF}_6}{4 \text{ mol HF}} \times \frac{4 \text{ mol NaF}}{1 \text{ mol SF}_6} \times \frac{42 \text{ g NaF}}{1 \text{ mol NaF}} = 84 \text{ g NaF}$$

$$? \text{ g SO}_2 = 50 \text{ L HF} \times \frac{1 \text{ g HF}}{1 \text{ L HF}} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{20 \text{ g HF}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{4 \text{ mol HF}} \times \frac{64 \text{ g SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 32 \text{ g SO}_2$$

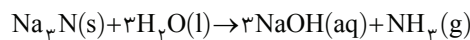
قسمت دوم: محاسبه جرم گوگرد دی‌اکسید (SO<sub>۲</sub>) تولیدی:

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری SF<sub>۶</sub> در هر دو معادله یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت:



$$\frac{\text{چگالی} \times \text{حجم HF تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaF مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم SO}_2 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{50 \times 0/8}{4 \times 20} = \frac{x \text{ g NaF}}{4 \times 42} = \frac{y \text{ g SO}_2}{1 \times 64} \Rightarrow x = 84 \text{ g NaF}, y = 32 \text{ g SO}_2$$

۴ ۵۰۲ B فرمول شیمیایی سدیم نیتريد به صورت  $\text{Na}_3\text{N}$  بوده و در هر واحد فرمولی از آن، چهار یون وجود دارد. معادله واکنش این ترکیب با آب به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:  $? L \text{NH}_3 = 3/6 \times 12 \times 10^{24} \text{ion} \times \frac{1 \text{mol ion}}{6.02 \times 10^{23} \text{ion}} \times \frac{1 \text{mol Na}_3\text{N}}{4 \text{mol ion}} \times \frac{1 \text{mol NH}_3}{1 \text{mol Na}_3\text{N}} \times \frac{22/4 L \text{NH}_3}{1 \text{mol NH}_3} = 33/6 L \text{NH}_3$

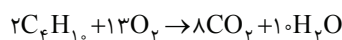
قسمت دوم:  $? g \text{NaOH} = 3/6 \times 12 \times 10^{24} \text{ion} \times \frac{1 \text{mol ion}}{6.02 \times 10^{23} \text{ion}} \times \frac{1 \text{mol Na}_3\text{N}}{4 \text{mol ion}} \times \frac{3 \text{mol NaOH}}{1 \text{mol Na}_3\text{N}} \times \frac{40 g \text{NaOH}}{1 \text{mol NaOH}} = 180 g \text{NaOH}$

روش دوم (تناسب): محاسبه مقدار مول  $\text{Na}_3\text{N}$  از شمار یونها:  $\frac{\text{شمار یونها در ترکیب}}{\text{تعداد یونها در فرمول}} = \frac{\text{مول Na}_3\text{N}}{1} \Rightarrow \frac{3/6 \times 12 \times 10^{24}}{4 \times 6.02 \times 10^{23}} = x \Rightarrow x = 1/5 \text{mol Na}_3\text{N}$

محاسبه حجم  $\text{NH}_3$  و جرم  $\text{NaOH}$  تولیدی:

$$\frac{\text{مول Na}_3\text{N مصرفی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر NH}_3 \text{ تولیدی}}{22/4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaOH تولیدی}}{40 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/5}{1} = \frac{V L \text{NH}_3}{1 \times 22/4} = \frac{y g \text{NH}_3}{3 \times 40} \Rightarrow V = 33/6 L \text{NH}_3, y = 180 g \text{NaOH}$$

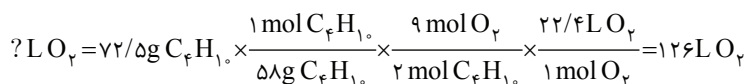
۱ ۵۰۳ B ابتدا حجم  $\text{O}_2$  لازم برای سوختن کامل و سوختن ناقص  $72/5$  گرم بوتان را محاسبه می کنیم. معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل بوتان به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):  $? L \text{O}_2 = 72/5 g \text{C}_4\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{mol C}_4\text{H}_{10}}{58 g \text{C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{13 \text{mol O}_2}{2 \text{mol C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{22/4 L \text{O}_2}{1 \text{mol O}_2} = 182 L \text{O}_2$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم C}_4\text{H}_{10}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم O}_2}{2 \times 58} \Rightarrow \frac{72/5}{2 \times 58} = \frac{V}{22/4 \times 13} \Rightarrow V = 182 L \text{O}_2$

معادله موازنه شده واکنش سوختن ناقص بوتان به صورت مقابل است:



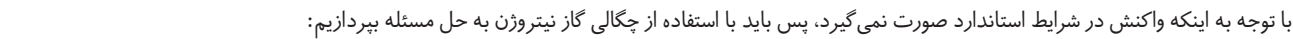
روش اول (کسر تبدیل):  $? L \text{O}_2 = 72/5 g \text{C}_4\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{mol C}_4\text{H}_{10}}{58 g \text{C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{9 \text{mol O}_2}{2 \text{mol C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{22/4 L \text{O}_2}{1 \text{mol O}_2} = 126 L \text{O}_2$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم C}_4\text{H}_{10}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم O}_2}{2 \times 58} \Rightarrow \frac{72/5}{2 \times 58} = \frac{V}{22/4 \times 9} \Rightarrow V = 126 L \text{O}_2$

سپس اختلاف حجم گاز  $\text{O}_2$  مصرفی را به دست می آوریم:  $182 - 126 = 56 L \text{O}_2$  اختلاف حجم گاز اکسیژن مصرفی

روش دیگر: با توجه به معادله های واکنش سوختن کامل و ناقص دو مول  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ، به ترتیب ۱۳ و ۹ مول اکسیژن مصرف می شود که اختلاف مقدار مول  $\text{O}_2$  مصرفی برابر ۴ مول می باشد؛ بنابراین:

۳ ۵۰۴ B قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه راست:



با توجه به اینکه واکنش در شرایط استاندارد صورت نمی گیرد، پس باید با استفاده از چگالی گاز نیتروژن به حل مسئله بپردازیم:  $? L \text{N}_2 = 39 g \text{NaN}_3 \times \frac{1 \text{mol NaN}_3}{65 g \text{NaN}_3} \times \frac{3 \text{mol N}_2}{2 \text{mol NaN}_3} \times \frac{28 g \text{N}_2}{1 \text{mol N}_2} \times \frac{1 L \text{N}_2}{1/12 g \text{N}_2} = 22/5 L \text{N}_2$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم NaN}_3 \text{ تجزیه شده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر گاز N}_2 \text{ تولیدی}}{2 \times 65} \Rightarrow \frac{39}{2 \times 65} = \frac{x \times 1/12}{3 \times 28} \Rightarrow x = 22/5 L \text{N}_2$

قسمت دوم: ابتدا باید حجم مولی گاز نیتروژن را به دست آوریم:

$$\frac{\text{جرم مولی N}_2}{\text{چگالی N}_2} = \frac{28}{1/12} = \frac{28}{V} \Rightarrow V = 28 L \quad \frac{P_1 V_1 = P_2 V_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{1/12 \times 28}{T} \Rightarrow T = 341/25 K$$

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = 341/25 - 273 = 68/25^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = \frac{273 \times 1/12 \times 28}{22/4} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{273 \times 1/12 \times 28}{22/4} = \frac{273 \times 28}{22} = \frac{273 \times 5}{4} \xrightarrow{\text{به جای عدد 273 قرار گیرد}} \frac{273 \times 5}{4} = 68 \times 5 = 340$$

$\theta(^{\circ}\text{C}) = 340 - 273 = 67^{\circ}\text{C}$  پاسخ نزدیک به  $67^{\circ}\text{C}$  است. (پاسخ:  $68/25$ )



۲ ۵۰۵ B معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه‌رو است:

با توجه به معادله موازنه شده واکنش می‌توان نوشت:

$$? \text{ g CO}_2 = \frac{6}{3} \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1/65 \text{ g CO}_2$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{6/3 \times 44}{84 \times 2} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و}} \frac{63 \times 44}{84 \times 2} \times 10^{-1} = \frac{3 \times 44}{4 \times 2} \times 10^{-1} = 1/65$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری گازهای کربن دی‌اکسید و بخار آب در معادله موازنه شده واکنش برابر است، پس مقدار مول و حجم این دو گاز با یکدیگر برابر خواهد بود، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{CO}_2 \text{ حجم گاز} = 0/45 \text{ L} \quad \text{جرم} = \frac{1/65 \text{ g}}{0/45 \text{ L}} \Rightarrow \text{چگالی} = 3/67 \text{ g.L}^{-1}$$



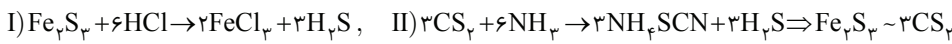
روش اول (کسر تبدیل): با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها، ابتدا میزان هیدروژن سولفید ( $\text{H}_2\text{S}$ ) تولید شده در واکنش (I) را می‌یابیم:

$$? \text{ mol H}_2\text{S} = 41/6 \text{ g Fe}_2\text{S}_3 \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{S}_3}{208 \text{ g Fe}_2\text{S}_3} \times \frac{3 \text{ mol H}_2\text{S}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{S}_3} = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S}$$

حال جرم کربن دی‌سولفید ( $\text{CS}_2$ ) مورد نیاز برای تولید این مقدار هیدروژن سولفید ( $\text{H}_2\text{S}$ ) در واکنش (II) را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CS}_2 = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 45/6 \text{ g CS}_2$$

روش دوم (تناسب): با ضرب کردن معادله (II) در عدد (۳)، ضریب  $\text{H}_2\text{S}$  را در هر دو معادله یکسان می‌کنیم:



$$\frac{\text{جرم Fe}_2\text{S}_3 \text{ در واکنش (I)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم CS}_2 \text{ در واکنش (II)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{41/6}{1 \times 208} = \frac{x \text{ g CS}_2}{3 \times 76} \Rightarrow x = 45/6 \text{ g CS}_2$$

بنابراین خواهیم داشت:

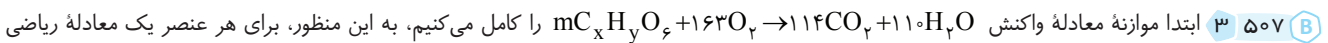
برای محاسبه چگالی  $\text{NH}_3$ ، ابتدا باید جرم  $\text{NH}_3$  مصرف شده در واکنش (II) را به دست آوریم.

$$? \text{ g NH}_3 = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S} \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 20/4 \text{ g NH}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم NH}_3 \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{x}{1 \times 17 \times 2} \Rightarrow \frac{20/4}{17 \times 2} = \frac{x}{34} \Rightarrow x = 20/4 \text{ g NH}_3, \quad \text{چگالی NH}_3 = \frac{\text{جرم NH}_3}{\text{حجم NH}_3} = \frac{20/4}{13/6} = 1/55 \text{ g.L}^{-1}$$

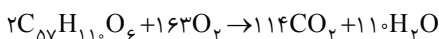
روش دوم (تناسب):



تشکیل داده و مقادیر  $x$ ،  $y$  و  $z$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{موازنه C: } mx = (114 \times 1) \xrightarrow{m=2} 2x = 114 \Rightarrow x = 57$$

$$\text{موازنه H: } my = (110 \times 2) \xrightarrow{m=2} 2y = 220 \Rightarrow y = 110$$



بنابراین معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

حال با استفاده از جرم  $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z$ ، حجم گاز اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) مصرف شده و مقدار مول  $\text{CO}_2$  تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

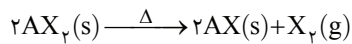
$$? \text{ L O}_2 = 89 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z} \times \frac{163 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 203/75 \text{ L O}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol CO}_2 = 89 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z} \times \frac{114 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z} = 5/7 \text{ mol CO}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_z}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز O}_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول CO}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{89}{2 \times 890} = \frac{x \text{ L O}_2}{163 \times 22.4} = \frac{y \text{ mol CO}_2}{114} \Rightarrow x = 203/75 \text{ L O}_2, y = 5/7 \text{ mol CO}_2$$



۲ ۵۰۸ B

برای حل تست، کافی است میان  $AX_p$  و  $AX$  یک رابطه استوکیومتری بنویسیم: (جرم مولی  $A$  و  $X$  را به ترتیب  $a$  و  $x$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم).

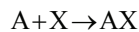
$$1/12g AX_p \times \frac{1 \text{ mol } AX_p}{(a+2x)g AX_p} \times \frac{2 \text{ mol } AX}{2 \text{ mol } AX_p} \times \frac{(a+x)g AX}{1 \text{ mol } AX} = 0.72g AX \Rightarrow \frac{a+x}{a+2x} = \frac{0.72}{1/12} \Rightarrow \frac{a+x}{a+2x} = 9$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Rightarrow 14a + 14x = 9a + 18x \Rightarrow 4x = 5a \Rightarrow \frac{x}{a} = \frac{5}{4} = 1.25$$

روش دوم (تناسب):

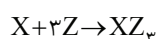
$$\frac{\text{جرم } AX_p \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی } AX_p \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } AX \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی } AX \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/12}{(a+2x) \times 2} = \frac{0.72}{2(a+x)} \Rightarrow \frac{14}{a+2x} = \frac{9}{a+x} \Rightarrow 14a + 14x = 9a + 18x \Rightarrow 4x = 5a \Rightarrow \frac{x}{a} = \frac{5}{4} = 1.25$$



۲ ۵۰۹ B محاسبه جرم مولی عنصر  $X$ : معادله موازنه شده واکنش عنصرهای  $A$  و  $X$  به صورت مقابل است:

$$16g A \times \frac{1 \text{ mol } A}{128g A} \times \frac{1 \text{ mol } X}{1 \text{ mol } A} \times \frac{m g X}{1 \text{ mol } X} = 7g X \Rightarrow m = 56g \cdot \text{mol}^{-1}$$

جرم مولی عنصر  $X$  را  $m$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:



محاسبه جرم مولی عنصر  $Z$ : معادله موازنه شده واکنش عنصرهای  $X$  و  $Z$  به صورت مقابل است:

$$2/18g X \times \frac{1 \text{ mol } X}{56g X} \times \frac{3 \text{ mol } Z}{1 \text{ mol } X} \times \frac{n g Z}{1 \text{ mol } Z} = 12g Z \Rightarrow n = 80g \cdot \text{mol}^{-1}$$

جرم مولی عنصر  $Z$  را  $n$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را به دست می‌آوریم:

اکنون نسبت جرم مولی عنصر  $X$  به عنصر  $Z$  و جرم مولی  $XZ_3$  را محاسبه می‌کنیم:  $XZ_3$  جرم مولی  $= 56 + 3(80) = 296g \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\frac{\text{جرم مولی } X}{\text{جرم مولی } Z} = \frac{56}{80} = 0.7$

۳ ۵۱۰ B حجم مخلوط گازهای  $N_2$  و  $H_2$  برابر ۲۸ لیتر است. از آنجا که ۷۵٪ از این گازها با یکدیگر وارد واکنش می‌شوند، پس حجم گازهای  $N_2$  و  $H_2$  مصرفی را

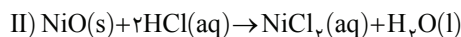
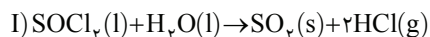
برابر  $21L \times \frac{75}{100} = 15.75L$  در نظر می‌گیریم. از طرفی می‌دانیم که نسبت حجم مصرفی گازها در یک واکنش شیمیایی موازنه شده، متناسب با تعداد مول مصرفی آن‌ها و در

نتیجه ضرایب استوکیومتری آن‌هاست؛ بنابراین از ۲۱ لیتر مخلوط گازی،  $5/25$  لیتر  $N_2$  و  $15/75$  لیتر  $H_2$  است. اکنون از حجم  $N_2$  به مقدار مول  $NH_3$  تولیدی می‌رسیم:

$$5/25L N_2 \times \frac{d g N_2}{1L N_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28g N_2} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2} = 0.3 \text{ mol } NH_3 \Rightarrow d = \frac{28 \times 0.3}{5/25 \times 2} = 0.8$$

(چگالی گاز  $N_2$  را  $d g \cdot L^{-1}$  در نظر بگیرید.)

۱ ۵۱۱ C معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \text{ atm} \times 22/4L}{273K} = \frac{2 \text{ atm} \times V_2}{325/6K} \Rightarrow V_2 = 13/36L$$

ابتدا حجم مولی گازها در شرایط انجام واکنش را به دست می‌آوریم:

شرایط STP

$$? L SO_2 = 35/7g SOCl_2 \times \frac{1 \text{ mol } SOCl_2}{119g SOCl_2} \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{1 \text{ mol } SOCl_2} \times \frac{13/36L SO_2}{1 \text{ mol } SO_2} = 4L SO_2$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

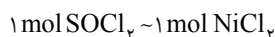
$$\frac{\text{جرم } SOCl_2}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } SO_2}{\text{ضریب } \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{35/7}{119 \times 1} = \frac{x L SO_2}{13/36 \times 1} \Rightarrow x = 4L SO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{13/36 \times 35/7}{119} = ? \xrightarrow{\text{به جای } 13/36 \times 35/7 \text{ و } 119 \text{ اعداد } 120 \text{ و } 13/36 \text{ قرار گیرد.}} \frac{13 \times 35}{120} = \frac{13 \times 3}{10} = \frac{39}{10} = 3.9$$

+ توضیح محاسبات: پاسخ به  $3.9$  نزدیک است. (پاسخ: ۴)

قسمت دوم: با توجه به ضریب یکسان  $HCl$  در هر دو واکنش، می‌توانیم به‌طور مستقیم از جرم مصرفی  $SOCl_2$  در واکنش اول، به جرم تولیدی  $NiCl_2$  در واکنش دوم برسیم:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? g NiCl_2 = 35/7g SOCl_2 \times \frac{1 \text{ mol } SOCl_2}{119g SOCl_2} \times \frac{1 \text{ mol } NiCl_2}{1 \text{ mol } SOCl_2} \times \frac{129g NiCl_2}{1 \text{ mol } NiCl_2} = 38/7g NiCl_2$$

$$\frac{\text{جرم } SOCl_2}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } NiCl_2}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{35/7}{119 \times 1} = \frac{x g NiCl_2}{129 \times 1} \Rightarrow x = 38/7g NiCl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{35/7 \times 129}{119} = ? \xrightarrow{\text{به جای } 129 \times 35/7 \text{ و } 119 \text{ اعداد } 120 \text{ و } 130 \text{ قرار گیرد.}} \frac{36 \times 130}{120} = \frac{390}{10} = 39$$

+ توضیح محاسبات: پاسخ به  $39$  نزدیک است. (پاسخ:  $38/7$ )



★ نکته: آب تولید شده در واکنش سوختن در حالت طبیعی به صورت گازی در نظر گرفته می‌شود، اما اگر در صورت سؤال شرایط استاندارد (STP) ذکر شود، حالت فیزیکی آب را مایع یا جامد در نظر می‌گیریم.

معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



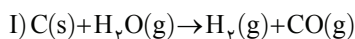
با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها می‌توان نوشت:

$$? \text{ g C} = 14/56 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 15/6 \text{ g C}$$

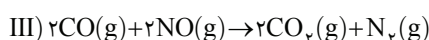
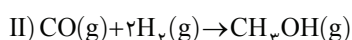
$$? \text{ g O}_2 = 14/56 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 41/6 \text{ g O}_2$$

$$\Rightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ و } \text{O}_2 \text{ جرم مجموع} = 23/4 + 41/6 = 65 \text{ g}$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 14/56 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 23/4 \text{ g H}_2\text{O}$$



معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت روبه‌رو است: ۱ ۵۱۳ B



با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها و شرط داده شده در سؤال، جرم فرآورده کربن‌دار در هر یک از واکنش‌های (II) و (III) را محاسبه می‌کنیم و در نهایت اختلاف

جرم آن‌ها را می‌یابیم:

$$? \text{ g CO} = 5/76 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{1 \text{ mol C}} = 5/48 \text{ mol CO}$$

به جای جرم کربن مونوکسید از مقدار مول آن برای سادگی محاسبات استفاده می‌کنیم:

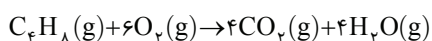
$$? \text{ g CH}_3\text{OH} = 5/48 \text{ mol CO} \times \frac{75}{100} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CO}} \times \frac{32 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} = 11/52 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$? \text{ g CO}_2 = 5/48 \text{ mol CO} \times \frac{25}{100} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol CO}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 5/28 \text{ g CO}_2, \quad \text{اختلاف جرم فرآورده کربن‌دار} = 11/52 - 5/28 = 6/24 \text{ g}$$

$$? \text{ mol C}_4\text{H}_8 = 11/2 \text{ g C}_4\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8}{56 \text{ g C}_4\text{H}_8} = 5/48 \text{ mol C}_4\text{H}_8$$

۳ ۵۱۴ C ابتدا تعداد مول‌های گاز بوتن (ظرف II) را محاسبه می‌کنیم:

سپس به بررسی عبارت هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم: گزینه (۱): در دو ظرف در بسته یکسان، با دمای برابر، هر چه تعداد مول گازی بیشتر باشد، فشار در آن ظرف بیشتر خواهد بود؛ بنابراین تعداد مول گازی و فشار گاز در ظرف (I) بیشتر از ظرف (II) است. گزینه (۲): معادله واکنش سوختن کامل بوتن به صورت مقابل است:



بنابراین برای سوزاندن کامل ۵/۲ مول گاز بوتن به ۱۵/۲ مول  $\text{O}_2(\text{g})$  نیاز است؛ در حالی که در ظرف (I)، ۲۴/۵ مول  $\text{O}_2$  وجود دارد. گزینه (۳): شمار اتم‌های گازی در دو ظرف را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} \text{(II) ظرف: } 5/2 \text{ mol C}_4\text{H}_8 \times \frac{12 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} &= 2/4 N_A \text{ atom} \\ \text{(I) ظرف: } 24/5 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} &= 5/48 N_A \text{ atom} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های گازی در ظرف (II)}}{\text{شمار اتم‌های گازی در ظرف (I)}} = \frac{2/4}{5/48} = 5$$

گزینه (۴): همان‌طور که می‌دانید، در دما و فشار یکسان، حجم مول‌های یکسانی از گازها یکسان است؛ بنابراین در بررسی عبارت گزینه (۴) کافی است که ببینیم مجموع مول گازها در ظرف‌های (I) و (II) با مقدار مول CO برابر است یا خیر! در ظرف‌های (I) و (II) به ترتیب ۲۴/۵ و ۵/۲ مول گاز وجود دارد که مجموع مول گازی

در این دو ظرف برابر ۴۴/۵ (۲۴/۵ + ۵/۲) است. اکنون مقدار مول CO را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L CO} = 12/32 \text{ g CO} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{28 \text{ g CO}} = 5/44 \text{ mol CO}$$

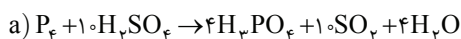
از آنجا که مول CO نیز برابر ۴۴/۵ است، پس مجموع حجم گازهای موجود در ظرف‌های (I) و (II) برابر حجم ۱۲/۳۲ گرم CO است.

۲ ۵۱۵ C عبارتهای (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. ابتدا معادله‌های هر یک از این سه واکنش را موازنه می‌کنیم. برای موازنه واکنش (a)، ابتدا به  $\text{P}_4$

ضریب یک و به  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ضریب ۴ می‌دهیم و سپس برای دیگر گونه‌ها، ضرایب x, y, z قرار می‌دهیم:



$$\text{H} \text{ شمار اتم‌های H} \Rightarrow 2x = 12 + 2z, \text{ S شمار اتم‌های S} \Rightarrow x = y, \text{ O شمار اتم‌های O} \Rightarrow 4x = 16 + 2y + z \Rightarrow \begin{cases} 2x = 12 + 2z \\ 2x = 16 + z \end{cases} \Rightarrow z = 4, \quad x = 10, \quad y = 10$$

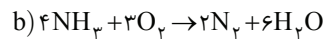


بنابراین معادله موازنه شده واکنش (a) به صورت مقابل خواهد بود:



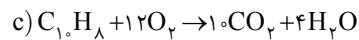
برای موازنه واکنش (b)، ابتدا به  $N_2$  و  $NH_3$  به ترتیب ضرایب ۱ و ۲ می‌دهیم. سپس ضرایب  $H_2O$  و  $O_2$  به ترتیب ۳ و  $\frac{3}{2}$  خواهد شد. در نهایت برای حذف

ضریب کسری  $O_2$ ، کل ضرایب را در ۲ ضرب می‌کنیم:

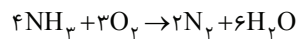


برای موازنه واکنش (c)، ابتدا به  $C_10H_8$  ضریب یک داده و سپس  $CO_2$  و  $H_2O$  به ترتیب ضرایب ۱۰ و ۴ می‌گیرند. در نهایت برای موازنه شمار اتم‌های اکسیژن

در دو سمت واکنش، ضریب  $O_2$  برابر ۱۲ خواهد بود:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری در واکنش (a) برابر  $29(1+1+4+1+4)$  می‌باشد. عبارت (ب): ضرایب  $H_2O$  در معادله‌های a و b و c به ترتیب برابر ۴، ۶ و ۴ می‌باشد و مجموع آن‌ها برابر ۱۴ است. همچنین ضریب  $N_2$  در معادله b برابر ۲ است. عبارت (پ): معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



روش اول: (کسر تبدیل):

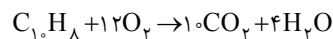
$$? \text{ mol } N_2 = \frac{3}{4} \text{ g } NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 \text{ g } NH_3} \times \frac{2 \text{ mol } N_2}{1 \text{ mol } NH_3} = 0.4 \text{ mol } N_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{NH_3 \text{ جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{N_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/4}{17 \times 1} = \frac{x \text{ mol } N_2}{2} \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol } N_2$$

عبارت (ت): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله b برابر ۱۵ و در معادله c برابر ۲۷ است؛ بنابراین مجموع ضرایب مواد در این دو واکنش برابر  $42(15+27)$  است.

عبارت (ث): معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:



روش اول: (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } C_{10}H_8 = \frac{2}{8} \text{ mol } C_{10}H_8 \times \frac{(10+4) \text{ mol فرآورده}}{1 \text{ mol } C_{10}H_8} = 2/8 \text{ mol فرآورده}$$

روش دوم (تناسب):

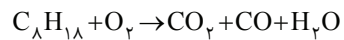
$$\frac{C_{10}H_8 \text{ جرم}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول فرآورده‌ها}}{\text{مجموع ضریب فرآورده‌ها}} \Rightarrow \frac{2/8}{1} = \frac{x \text{ mol فرآورده}}{(10+4)} \Rightarrow x = 2/8 \text{ mol فرآورده}$$

C ۵۱۶ ۴ در واکنش سوختن هیدروکربن‌ها به صورت کامل، ناقص و یا نیمه کامل، تمامی اتم‌های کربن موجود در ساختار هیدروکربن، به فرآورده‌های کربن‌دار  $CO_2$

یا  $CO$  تبدیل می‌شوند؛ بنابراین برای موازنه چنین واکنش‌هایی، می‌توانید از این نکته که مجموع ضرایب  $CO_2$  و  $CO$  باید برابر شمار اتم‌های کربن هیدروکربن

باشد، استفاده کنید. واکنش ذکر شده در صورت تست، سوختن نیمه کامل اوکتان است. می‌دانیم که در سوختن نیمه کامل هیدروکربن‌ها، افزون‌بر کربن دی‌اکسید و

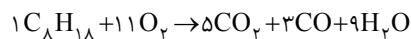
بخار آب، کربن مونوکسید نیز تولید می‌شود؛ بنابراین واکنش کلی سوختن ناقص اوکتان به صورت مقابل خواهد بود:



از آنجایی که تمام اتم‌های کربن در اوکتان، به فرآورده‌های  $CO_2$  و  $CO$  تبدیل می‌شوند و با توجه به این نکته که میزان مول تولیدی هر ماده در معادله موازنه شده،

متناسب با ضریب استوکیومتری آن است، براساس اطلاعات صورت تست، می‌توانیم نتیجه بگیریم که از سوختن هر مول اوکتان که حاوی ۸ اتم کربن است، ۳ اتم

کربن آن به کربن مونوکسید و ۵ اتم کربن آن به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود؛ پس خواهیم داشت:



با توجه به معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب فرآورده‌ها، برابر ۱۷ است.

قسمت دوم: به ازای مصرف هر ۱۱ مول اکسیژن، ۵ مول کربن دی‌اکسید که  $220g(5 \times 44)$  جرم دارد و ۳ مول کربن مونوکسید که  $84g(3 \times 28)$  جرم دارد، تولید

می‌شود؛ بنابراین اختلاف جرم  $CO_2$  و  $CO$  تولیدی به ازای مصرف ۱۱ مول اکسیژن، برابر  $136g(220g - 84g)$  خواهد بود؛ پس خواهیم داشت:

(اختلاف جرم  $CO_2$  و  $CO$ )  $\sim 136g$   $11 \text{ mol } O_2$

روش اول (کسر تبدیل):

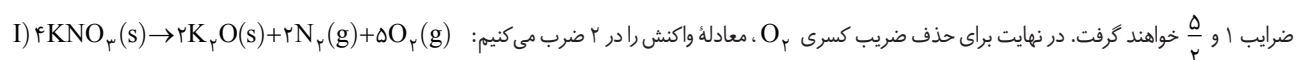
$$? \text{ g (اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO) = \frac{136 \text{ g (اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)}{11 \text{ mol } O_2} \times 27 \text{ mol } O_2 = 334 \text{ g (اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)$$

روش دوم (تناسب):

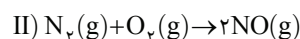
$$\frac{O_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO}{\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO} \Rightarrow \frac{27}{11} = \frac{x \text{ g (اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)}{136} \Rightarrow x = 334 \text{ g (اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)$$

B ۵۱۷ ۱ ابتدا معادله این دو واکنش را موازنه می‌کنیم. برای موازنه واکنش اول، ابتدا به  $K_2O$  و  $KNO_3$  به ترتیب ضرایب ۱ و ۲ می‌دهیم. در ادامه  $N_2$  و  $O_2$  به ترتیب

ضرایب ۱ و  $\frac{5}{2}$  خواهند گرفت. در نهایت برای حذف ضریب کسری  $O_2$ ، معادله واکنش را در ۲ ضرب می‌کنیم:



معادله موازنه شده واکنش دوم نیز به صورت مقابل خواهد بود:



قسمت اول: با توجه به معادله موازنه شده (I)، به ازای مصرف ۴ مول  $KNO_3(404g)$ ، ۲ مول فرآورده جامد  $K_2O(2 \times 94 = 188g)$  و ۷ مول فرآورده گازی ( $2N_2, 5O_2$ )

تولید می‌شود؛ بنابراین به ازای هر ۷ مول فرآورده گازی، اختلاف جرم  $KNO_3$  مصرفی و  $K_2O$  تولیدی برابر  $216g(404 - 188)$  خواهد بود؛ پس خواهیم داشت:

گاز  $7/84L = \frac{22/4L \text{ گاز}}{1 \text{ mol گاز}} \times \frac{7 \text{ mol گاز}}{216g \text{ اختلاف جرم}} = 7/84L$  اختلاف جرم  $10/8g = 10/8g$  گازهای تولید شده L?

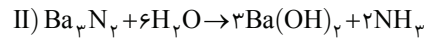
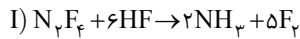


$$\frac{10/8 \times 7 \times 22/4}{216} = ? \xrightarrow{\text{به جای اعداد } 216, 10/8 \text{ و } 22/4 \text{ قرار گیرد.}} \frac{11 \times 7 \times 22/4}{216} = \frac{7 \times 22/4}{216} \xrightarrow{\text{ضرب بکنانی}} 7 \times 1/12 \rightarrow 7(1/12 + 0/2) = 7/7 + 0/14 = 7/84$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار گاز  $N_2$  تولید شده در واکنش اول را به دست می آوریم:  $\frac{2 \text{ mol } N_2}{\text{اختلاف جرم } 216 \text{ g}} = \frac{0/1 \text{ mol } N_2}{\text{اختلاف جرم } 10/8 \text{ g}}$  مقدار گاز  $N_2$  تولید شده؟

این مقدار  $N_2$  در واکنش دوم مصرف می شود:  $\frac{2 \text{ mol } NO}{1 \text{ mol } N_2} = \frac{0/1 \text{ mol } NO}{\text{مقدار گاز } NO \text{ تولید شده در واکنش دوم?}}$

۴ ۵۱۸ B قسمت اول: معادله موازنه شده واکنشها به صورت زیر است:



حال با توجه به معادله موازنه شده واکنشها مقدار هر یک از مواد واکنش دهنده در مخلوط اولیه را محاسبه کرده و در نهایت درصد باریم نیتريد ( $Ba_3N_2$ ) در مخلوط اولیه را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g } N_2F_4 = 152 \text{ g } F_2 \times \frac{1 \text{ mol } F_2}{38 \text{ g } F_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2F_4}{5 \text{ mol } F_2} \times \frac{104 \text{ g } N_2F_4}{1 \text{ mol } N_2F_4} = 82/2 \text{ g } N_2F_4$$

$$? \text{ g } Ba_3N_2 = 513 \text{ g } Ba(OH)_2 \times \frac{1 \text{ mol } Ba(OH)_2}{171 \text{ g } Ba(OH)_2} \times \frac{1 \text{ mol } Ba_3N_2}{3 \text{ mol } Ba(OH)_2} \times \frac{439 \text{ g } Ba_3N_2}{1 \text{ mol } Ba_3N_2} = 439 \text{ g } Ba_3N_2$$

$$\text{Ba}_3\text{N}_2 \text{ جرمی} = \frac{439}{83/2 + 439} \times 100 = 78.4\%$$

قسمت دوم: ابتدا مول  $NH_3$  تولید شده در هر دو واکنش را به دست می آوریم:  $? \text{ mol } NH_3 = 152 \text{ g } F_2 \times \frac{1 \text{ mol } F_2}{38 \text{ g } F_2} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{5 \text{ mol } F_2} = 1/6 \text{ mol } NH_3$

$$? \text{ mol } NH_3 = 513 \text{ g } Ba(OH)_2 \times \frac{1 \text{ mol } Ba(OH)_2}{171 \text{ g } Ba(OH)_2} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } Ba(OH)_2} = 2 \text{ mol } NH_3$$

$$\text{مقدار اختلاف جرم} = (2 - 1/6) \text{ mol } NH_3 \times \frac{17 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 6/8 \text{ g } NH_3$$

۱ ۵۱۹ C با توجه به معادله واکنش و مقادیر داده شده در صورت سؤال، ابتدا جرم مولی میانگین فلز را محاسبه می کنیم:

$$2/25 \text{ mol } X = 468/9 \text{ g } XSO_4 \times \frac{1 \text{ mol } XSO_4}{(x+96) \text{ g } XSO_4} \times \frac{1 \text{ mol } X}{1 \text{ mol } XSO_4} \Rightarrow x = 112/4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

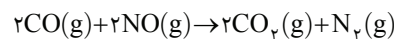
فراوانی ایزوتوپ سبکتر را F و ایزوتوپ سنگینتر را (100-F) در نظر می گیریم. با توجه به جرم اتمی ایزوتوپهای دو عنصر می توان نوشت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 112/4 = \frac{112 \times F + 114 \times (100 - F)}{100} \Rightarrow F = 80$$

با توجه به فراوانی ایزوتوپ سبکتر، فراوانی ایزوتوپ سنگینتر برابر با 20 درصد خواهد بود؛ بنابراین نسبت فراوانی ایزوتوپ سبکتر به فراوانی ایزوتوپ سنگینتر برابر با  $(\frac{80}{100})^4$  است.

۲ ۵۲۰ C معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:

گونه	CO	NO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
مقدار اولیه	2a	2a	0	0
مقدار تغییرات	-2a	-2a	+2a	+a

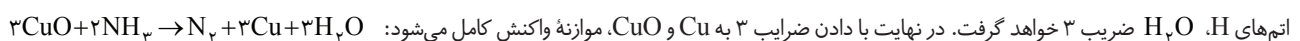


با توجه به داده مسئله فرض می کنیم، 2a مول گاز نیتروژن مونوکسید (NO) مصرف شده باشد، پس با توجه به معادله موازنه شده واکنش، a مول گاز نیتروژن تولید شده است؛ بنابراین می توان نوشت:

$$2a \text{ mol } NO \times \frac{30 \text{ g } NO}{1 \text{ mol } NO} + a \text{ mol } N_2 \times \frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 35/2 \text{ g} \Rightarrow a = 0/4$$

$$CO_2 \text{ مقدار مول} = 2a = 0/8 \Rightarrow ? \text{ L } CO_2 = 0/8 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{1 \text{ L } CO_2}{1/76 \text{ g } CO_2} = 20 \text{ L } CO_2$$

۱ ۵۲۱ C همه عبارت های داده شده درست هستند. برای موازنه واکنش داده شده، ابتدا به  $N_2$  و  $NH_3$  به ترتیب ضرایب ۱ و ۲ می دهیم. سپس برای موازنه شمار



بررسی عبارت ها: عبارت (الف): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۱۲ است. عبارت (ب):

$$? \text{ L } NH_3 = 48 \text{ g } CuO \times \frac{1 \text{ mol } CuO}{80 \text{ g } CuO} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } CuO} \times \frac{22/4 \text{ L } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 8/96 \text{ L } NH_3$$

روش اول: (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم NH}_3}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{48}{80 \times 3} = \frac{\text{حجم NH}_3}{22/4 \times 2} \Rightarrow \text{حجم NH}_3 = 8/96L$$

روش دوم (تناسب):

$$? g \text{ Cu} = 48g \text{ CuO} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{80g \text{ CuO}} \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{3 \text{ mol CuO}} \times \frac{64g \text{ Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 38/4g \text{ Cu}$$

عبارت (پ): روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم Cu}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{48}{80 \times 3} = \frac{\text{جرم Cu}}{64 \times 3} \Rightarrow \text{جرم Cu} = 38/4g$$

روش دوم (تناسب):

$$? N_2 \text{ مقدار} = 48g \text{ CuO} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{80g \text{ CuO}} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{3 \text{ mol CuO}} = 0/2 \text{ mol N}_2$$

عبارت (ت): روش اول (کسر تبدیل):

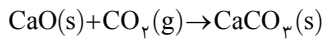
$$\frac{\text{جرم CuO}}{\text{جرم مولی}} = \frac{N_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{48}{80 \times 3} = \frac{N_2 \text{ مول}}{1} \Rightarrow N_2 \text{ مول} = 0/2$$

روش دوم (تناسب):

۳ ۵۲۲ B ابتدا تعداد مول CO<sub>۲</sub> تولید شده در طول یک سال را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol CO}_2 = 5000 \times \frac{8000 \text{ km}}{1 \text{ km}} \times \frac{220g \text{ CO}_2}{44g \text{ CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{220g \text{ CO}_2} = 2 \times 10^8 \text{ mol CO}_2$$

بنابراین سالانه 2 × 10<sup>۸</sup> مول CO<sub>۲</sub> توسط خودروها وارد هوای این شهر می شود. اکنون محاسبه می کنیم که چه مقدار از این CO<sub>۲</sub> تولید شده مطابق واکنش زیر به کلسیم کربنات تبدیل شده و پاک سازی می شود:



$$? \text{ mol CO}_2 = 8000 \times 10^6 g \text{ CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100g \text{ CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 8 \times 10^7 \text{ mol}$$

روش اول: (کسر تبدیل):

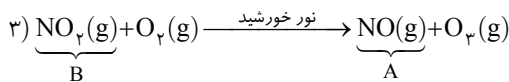
$$\frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول CO}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{8000 \times 10^6}{100 \times 1} = \frac{\text{مول CO}_2}{1} \Rightarrow \text{مول CO}_2 = 8 \times 10^7 \text{ mol}$$

روش دوم (تناسب):

بنابراین 8 × 10<sup>۷</sup> مول از کربن دی اکسید تولیدی، توسط کلسیم اکسید پاک سازی می شود. اکنون محاسبه می کنیم که برای پاک سازی CO<sub>۲</sub> باقی مانده، به چند درخت نیاز داریم:

$$? \text{ درخت} = 2 \times 10^8 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ درخت}}{1250 \text{ mol CO}_2} = 96 \times 10^3$$

۱ ۵۲۳ B عبارت های (ب) و (پ) درست هستند. معادله کامل شده واکنش های (۱)، (۲) و (۳) به صورت زیر می باشد:



بررسی عبارت ها: عبارت (الف): A و B به ترتیب گازهای NO و NO<sub>۲</sub> هستند. از بین این دو گاز تنها گاز NO<sub>۲</sub> به رنگ قهوه ای دیده می شود. عبارت (ب): گاز N<sub>۲</sub> واکنش پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی دهد و تنها هنگام رعد و برق و یا در دماهای بالا در درون موتور خودروها با یکدیگر واکنش می دهند. عبارت (پ): با توجه به معادله های موازنه شده، محاسبه می کنیم برای تولید ۲ مول O<sub>۳</sub>، به چند مول گاز اکسیژن نیاز داریم. برای تولید ۲ مول O<sub>۳</sub> در واکنش سوم، به ۲ مول اکسیژن و ۲ مول NO<sub>۲</sub> نیاز داریم. برای تولید ۲ مول NO<sub>۲</sub> در واکنش دوم نیز به یک مول O<sub>۲</sub> و ۲ مول NO نیاز داریم. همچنین برای تولید ۲ مول NO در واکنش اول، یک مول اکسیژن مورد نیاز است؛ بنابراین در مجموع در طی این سه واکنش برای تولید ۲ مول O<sub>۳</sub> به ۴ مول (۲+۱+۱) اکسیژن نیازمندیم. عبارت (ت): از بین گازهای موجود در این سه واکنش، NO<sub>۲</sub> قهوه ای رنگ است. ضریب استوکیومتری NO<sub>۲</sub> در واکنش های تولید و مصرف آن به ترتیب برابر ۲ و ۱ می باشد.

$$mC_xH_xN_yO_z - 12CO_2 \Rightarrow 3m = 12 \Rightarrow m = 4$$

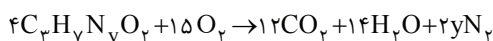
۲ ۵۲۴ C ابتدا باید معادله واکنش را موازنه کنیم. گام اول: موازنه کربن:

$$4C_xH_xN_yO_z + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 7zH_2O \Rightarrow 4x + 3 = 12 + 7z \Rightarrow z = 2$$

گام دوم: موازنه اکسیژن:

$$4C_xH_xN_yO_z - 14H_2O \Rightarrow 4x = 28 \Rightarrow x = 7$$

گام سوم: موازنه هیدروژن:



اکنون معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه رو در آمده است:

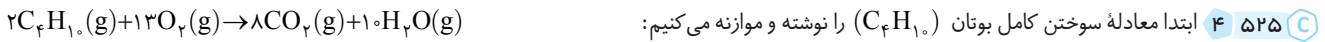
$$\frac{8/9g C_7H_7N_yO_2}{(75+14y)g C_7H_7N_yO_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_7\text{N}_y\text{O}_2}{(75+14y)g C_7H_7N_yO_2} \times \frac{2y \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol C}_7H_7N_yO_2} \times \frac{22/4L N_2}{1 \text{ mol N}_2} = 1/12L N_2 \Rightarrow y = 1$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم ترکیب آلی}}{\text{ضریب}} = \frac{N_2 \text{ حجم}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{8/9}{22/4 \times 2y} = \frac{1/12}{(75+14y) \times 4} \Rightarrow y = 1$$

روش دوم (تناسب):

پس در ساختار هر مولکول از این ترکیب آلی یک اتم نیتروژن وجود دارد.



ابتدا مقدار مول فراورده‌های حاصل از سوختن را می‌یابیم. با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای سوختن ۲ مول C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>، ۱۸ مول فراورده گازی (۱۰ مول H<sub>2</sub>O و ۸ مول CO<sub>2</sub>) تولید می‌شود، پس می‌توان نوشت:

$$\text{فراورده گازی} = 13/5 \text{ mol} = \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{18 \text{ mol}}{2 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \times 87 \text{ g C}_4\text{H}_{10} = 187 \text{ g}$$

با توجه به مقدار مول به دست آمده، می‌توان حجم مولی گازها در شرایط مورد نظر را یافته و سپس با استفاده از روابط گازها، فشار سامانه در شرایط واکنش را محاسبه کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{P_2 \times 25/6}{390} \Rightarrow P_2 = 1/25 \text{ atm}$$

$$\frac{\text{لیتر O}_2}{\text{لیتر H}_2\text{O و CO}_2} = \frac{\text{مجموع لیتر H}_2\text{O و CO}_2}{x \text{ L O}_2} \Rightarrow \frac{345/6 \text{ L CO}_2 \text{ و H}_2\text{O}}{18} = \frac{x \text{ L O}_2}{13} \Rightarrow x = 249/6 \text{ L O}_2$$

توضیح محاسبات

پاسخ به ۲۴۰ نزدیک است. (پاسخ: ۲۴۹/۶)

کوچک کردن:  $13 \times 345/6 = 13 \times 57.5 = 747.5$

بزرگ کردن:  $13 \times 20 = 260$

ضرب با تخمین:  $13 \times 19 = 247$

به جای ۳۴۵/۶ عدد ۳۴۲ قرار گیرد



ضریب استوکیومتری دو گاز CO<sub>2</sub> و O<sub>2</sub> تولید شده در این دو واکنش به ترتیب برابر ۱ و ۳ می‌باشد؛ بنابراین از هر ۴ لیتر گاز تولید شده در این فرایند، ۱ لیتر مربوط

به CO<sub>2</sub> و ۳ لیتر مربوط به O<sub>2</sub> می‌باشد:  $1 \text{ L CO}_2 = 12/55 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ L CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 3/14 \text{ L CO}_2$ ,  $3 \text{ L O}_2 = 12/55 \text{ L گاز} \times \frac{3 \text{ L O}_2}{4 \text{ L گاز}} = 9/41 \text{ L O}_2$

اکنون با توجه به حجم گازهای تولید شده در این دو واکنش، جرم جامدهای باقی مانده یعنی Na<sub>2</sub>O و KCl را محاسبه می‌کنیم:

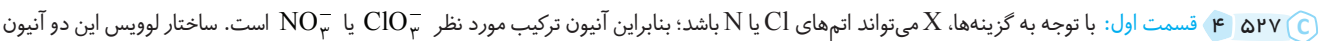
روش اول: (کسر تبدیل):  $g \text{ KCl} = 9/41 \text{ L O}_2 \times \frac{1/2 \text{ g O}_2}{1 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol KCl}}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{74/5 \text{ g KCl}}{1 \text{ mol KCl}} = 17/5 \text{ g KCl}$

$g \text{ Na}_2\text{O} = 3/14 \text{ L CO}_2 \times \frac{1/65 \text{ g CO}_2}{1 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{62 \text{ g Na}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} = 7/3 \text{ g Na}_2\text{O}$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم KCl}}{\text{حجم O}_2 \times \text{چگالی O}_2} = \frac{\text{جرم KCl}}{32 \times 3} \Rightarrow \frac{17/5 \text{ g KCl}}{9/41 \times 1/2} = \frac{\text{جرم KCl}}{74/5 \times 2}$

$\frac{\text{جرم Na}_2\text{O}}{\text{حجم CO}_2 \times \text{چگالی CO}_2} = \frac{\text{جرم Na}_2\text{O}}{44 \times 1} \Rightarrow \frac{7/3 \text{ g Na}_2\text{O}}{3/14 \times 1/65} = \frac{\text{جرم Na}_2\text{O}}{1 \times 62}$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر ۲/۴ (۱۷/۵ / ۷/۳) است.



به صورت زیر است:



اکنون به کمک جرم ترکیب و تعداد الکترون‌های ناپیوندی در آن، نوع آنیون را تعیین می‌کنیم: (M و n به ترتیب جرم مولی Ca(XO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> و تعداد الکترون‌های ناپیوندی XO<sub>3</sub><sup>-</sup> است.)

ناپیوندی e<sup>-</sup>  $\times 10^{23} = 6/0 \times 2 \times 10^{23} \times \frac{n \text{ mol e}^- \text{ ناپیوندی}}{1 \text{ mol XO}_3^-} \times \frac{2 \text{ mol XO}_3^-}{1 \text{ mol Ca(XO}_3)_n} \times \frac{1 \text{ mol Ca(XO}_3)_n}{M \text{ g Ca(XO}_3)_n} \times 4/1 \text{ g Ca(XO}_3)_n = \text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}$

$\Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{4}{41}$

$\Rightarrow \text{ناپیوندی } e^- \times 10^{23} = 4/816 \times 10^{23} \Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{4}{41}$

جرم مولی  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  و  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$  به ترتیب برابر ۱۶۴ و ۲۰۷ گرم بر مول و تعداد الکترونهای ناپیوندی  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{ClO}_3^-$  به ترتیب برابر ۱۶ و ۲۰ است. حال باید

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{16}{164} = \frac{4}{41} \quad \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{20}{207} \quad \text{است.} \quad \frac{4}{41} \quad \text{برای کدام مورد برابر} \quad \frac{4}{41}$$

قسمت دوم: ابتدا تعداد مول یونهای موجود در ۴/۱ g از  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{یون} = \frac{4}{1} \text{ g Ca}(\text{NO}_3)_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca}(\text{NO}_3)_2}{164 \text{ g Ca}(\text{NO}_3)_2} \times \frac{3 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol Ca}(\text{NO}_3)_2} = \frac{3}{40} \text{ mol}$$

فرمول شیمیایی کروم (II) اکسید به صورت  $\text{CrO}$  می‌باشد. اکنون محاسبه می‌کنیم در چند گرم از این ترکیب،  $\frac{3}{40}$  مول یون وجود دارد:

$$\text{? g CrO} = \frac{3}{40} \text{ mol یون} \times \frac{1 \text{ mol CrO}}{2 \text{ mol یون}} \times \frac{68 \text{ g CrO}}{1 \text{ mol CrO}} = 2/55 \text{ g CrO}$$

۳ ۵۲۸ C قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل و ناقص متان به صورت زیر است:



در مجموع  $2/55 \text{ mol}$  گاز متان در این دو واکنش مصرف شده است. فرض می‌کنیم که  $x$  مول از آن در واکنش سوختن کامل و  $y$  مول آن در سوختن ناقص مصرف شده است:

$$\text{مقدار کل } \text{CH}_4 \text{ مصرفی} = x + y = 2/55 \text{ mol}$$

$$\text{جرم } \text{O}_2 \text{ مصرفی در سوختن کامل} = x \text{ mol CH}_4 \times \frac{2 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 64x \text{ g O}_2$$

$$\text{جرم } \text{O}_2 \text{ مصرفی در سوختن ناقص} = y \text{ mol CH}_4 \times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol CH}_4} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 48y \text{ g O}_2$$

$$64x + 48y = 128, \quad x + y = 2/55 \Rightarrow x = 0/55 \text{ mol}, \quad y = 2 \text{ mol}$$

بنابراین  $0/55 \text{ mol}$  از متان در سوختن کامل و ۲ مول از آن در سوختن ناقص مصرف شده است:

$$\text{درصد جرمی } \text{CH}_4 \text{ مصرفی در واکنش سوختن کامل} = \frac{\text{جرم متان در سوختن کامل}}{\text{جرم متان در سوختن ناقص}} \times 100 = \frac{0/55 \times 16}{2(16) + 0/55(16)} \times 100 = 7/20$$

قسمت دوم: ابتدا حجم مولی گاز  $\text{N}_2$  را در شرایط انجام واکنش به کمک چگالی آن به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی NO} = \frac{\text{جرم مولی NO}}{\text{حجم مولی NO}} \Rightarrow 0/4 = \frac{30}{\text{حجم مولی NO}} = 75 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

از آنجا که در شرایط یکسان، حجم مولی گازها با هم برابر است؛ پس در این شرایط، حجم مولی  $\text{CO}$  نیز برابر  $75 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  است:

روش دوم (تناسب):

روش اول: (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول CH}_4}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم CO}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{2}{2} = \frac{\text{حجم CO}}{75 \times 2} \Rightarrow \text{حجم CO} = 150 \text{ L} \quad ? \text{ L CO} = 2 \text{ mol CH}_4 \times \frac{2 \text{ mol CO}}{2 \text{ mol CH}_4} \times \frac{75 \text{ L}}{1 \text{ mol CO}} = 150 \text{ L CO}$$

۴ ۵۲۹ C به جز عبارت دوم، سایر عبارتها نادرست هستند. معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل این دو ترکیب به صورت زیر است:



در بررسی عبارت‌ها، مقدار  $\text{CO}_2$  تولیدی در هر واکنش را برابر  $x \text{ mol}$  در نظر می‌گیریم. بررسی عبارت‌ها:

$$\text{عبارت اول: } ? \text{ g C}_2\text{H}_6 = x \text{ mol CO}_2 \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{4 \text{ mol CO}_2} \times \frac{30 \text{ g C}_2\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = 15x \text{ g C}_2\text{H}_6$$

$$\text{عبارت دوم: } ? \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} = x \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 23x \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

بنابراین جرم اتانول مصرف شده بیشتر از جرم اتان است.

$$\text{عبارت دوم: } x \text{ mol CO}_2 \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol CO}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 27x \text{ g H}_2\text{O}$$

$$x \text{ mol CO}_2 \times \frac{3 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 27x \text{ g H}_2\text{O}$$

بنابراین جرم  $\text{H}_2\text{O}$  تولید شده در این دو واکنش با یکدیگر برابر است.





عبارت سوم:

$$x \text{ mol CO}_2 \times \frac{7 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol CO}_2} = \frac{7}{4} x \text{ mol O}_2 = 1/75x$$

$$x \text{ mol CO}_2 \times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol CO}_2} = \frac{3}{2} x \text{ mol O}_2 = 1/5x$$

بنابراین مقدار اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن اتان، بیشتر از سوختن اتانول است. **عبارت چهارم:** با توجه به معادله موازنه شده واکنش، ضریب استوکیومتری  $\text{CO}_2$  در واکنش سوختن اتان و اتانول به ترتیب برابر ۴ و ۲ است.

۳ ۵۳۰ (A) همه عبارت‌ها به جز (الف) درست هستند. بررسی عبارت (الف): فراوان‌ترین جزء سازنده هواکره گاز نیتروژن است. گاز نیتروژن در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است، اما در مقایسه با گازهای نجیب واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

۱ ۵۳۱ (A) فقط عبارت (ب) درست است. گاز نشان داده شده در شکل صورت سؤال، گاز هیدروژن است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** مولکول هیدروژن یک مولکول ناطقی است که جرم و حجم کمی دارد، به همین دلیل نقطه جوش آن بسیار پایین بوده و دمای جوش کمی دارد. **عبارت (ب):** واکنش نشان داده شده، مربوط به واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن است. این واکنش در حضور کاتالیزگر یا جرقه بسیار سریع و شدید انجام شده و آب تولید می‌کند. **عبارت (پ):** واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در دما و فشار مناسب و در حضور کاتالیزگر، به‌طور کامل انجام نشده و همه واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده تبدیل نخواهد شد. **عبارت (ت):** در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.

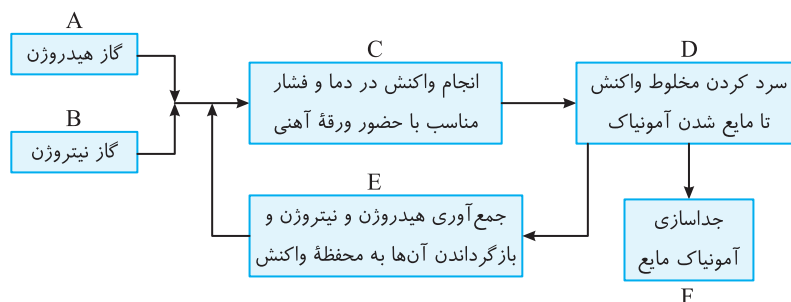
۴ ۵۳۲ (A) نقطه جوش گاز آمونیاک برابر  $33^\circ\text{C}$  ( $240\text{K}$ ) است، پس با سرد کردن مخلوط و رساندن آن به دمایی کمتر از نقطه جوش این گاز می‌توانیم آن را به‌صورت مایع استخراج کنیم؛ بنابراین گاز آمونیاک در دمای  $33^\circ\text{C}$  ( $240\text{K}$ ) به‌صورت گازی خواهد بود. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه‌های (۱) و (۳):** هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقه آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود، با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همه واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش همانند فرایند شارژ، باتری‌های قابل شارژ، برگشت‌پذیر است. **گزینه (۲):** یکی از مشکلاتی که هابر برای تولید آمونیاک با آن روبه‌رو بود این بود که واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

۲ ۵۳۳ (B) عبارت‌های سوم و چهارم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** هابر به‌طور کلی با دو چالش عمده روبه‌رو بود:

**چالش اول:** واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد. (بزرگ‌ترین چالش) **چالش دوم:** جدا کردن فرآورده واکنش (آمونیاک) از مخلوط واکنش

**عبارت دوم:** در میان مولکول‌های آمونیاک بر خلاف مولکول‌های نیتروژن و هیدروژن، علاوه بر نیروهای واندروالسی، پیوند هیدروژنی نیز وجود دارد؛ از این‌رو آمونیاک نسبت به دو گاز دیگر نقطه جوش بالاتری دارد. نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به‌ترتیب برابر  $34^\circ\text{C}$ ،  $196^\circ\text{C}$  و  $253^\circ\text{C}$  است. **عبارت سوم:** از آنجایی که این فرایند به‌صورت تعادلی انجام می‌شود؛ بنابراین در مخلوط واکنش علاوه بر آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن نیز وجود دارد که ابتدا آمونیاک از مخلوط واکنش جدا می‌شود و سپس نیتروژن و هیدروژن را برای واکنش مجدد به محفظه واکنش باز می‌گرداند. **عبارت چهارم:** هابر با بررسی نقطه جوش مواد شرکت‌کننده در تعادل، راه حلی برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. در واقع اگر مخلوط واکنش را تا کمی بیشتر از  $34^\circ\text{C}$  سرد کنیم، آمونیاک به‌صورت مایع از مخلوط جدا شده و نیتروژن و هیدروژن همچنان به‌صورت گاز باقی می‌مانند.

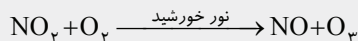
۲ ۵۳۴ (B) عبارت‌های اول و سوم درست هستند. شمای کلی فرایند تولید صنعتی آمونیاک از گازهای  $\text{N}_2$  و  $\text{H}_2$  به صورت زیر است. بررسی عبارت‌ها:



**عبارت اول:** در بخش C در اثر انجام واکنش شیمیایی بین هیدروژن و نیتروژن، گاز آمونیاک تولید می‌شود، اما در بخش D با کاهش دما تا نقطه میعان آمونیاک، آن را به‌صورت مایع از مخلوط واکنش جدا می‌کنند؛ بنابراین فرایندی فیزیکی است و تغییری در ساختار شیمیایی مواد ایجاد نمی‌کند. **عبارت دوم:** در بخش F آمونیاکی که در اثر کاهش دما در مرحله D، مایع شده است، از مخلوط واکنش جدا می‌شود. **عبارت سوم:** با توجه به برگشت‌پذیر بودن واکنش تولید آمونیاک، در مخلوط واکنش علاوه بر گاز آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن نیز وجود دارد که در بخش E جمع‌آوری شده و مجدداً به ظرف واکنش باز می‌گردد و مانع از هدر رفتن مواد اولیه می‌شود. **عبارت چهارم:** واکنش‌دهنده‌های این فرایند  $\text{N}_2$  و  $\text{H}_2$  هستند که از میان آن‌ها  $\text{N}_2$  با جرم مولی  $28\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ، سنگین‌تر است. ساختار لوویس  $\text{N}_2$  و فرآورده این واکنش، یعنی  $\text{NH}_3$  به‌صورت مقابل است:



**نکته ترکیبی** ۱- نیتروژن: پنجمین عنصر فراوان سیاره مشتری است. ۲- عنصری با عدد اتمی ۷ از گروه ۱۵ و دوره دوم جدول دوره‌ای است. ۳- آرایش الکترونی آن به صورت  $1s^2 2s^2 2p^3$  است. ۴- این عنصر در ترکیب با فلزها یون پایدار نیتريد ( $N^{3-}$ ) است. ۵- یکی از عناصری است که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دواتمی ( $N_2$ ) یافت می‌شود. ۶- این عنصر به صورت  $N_2$  در هواکره یافت می‌شود. همچنین این عنصر به صورت یون  $N_3^+$  نیز در لایه‌های بالایی هواکره یافت می‌شود. ۷- به منظور ممانعت از فساد مواد غذایی و طولانی شدن تاریخ مصرف آن‌ها، از گاز  $N_2$  برای پر کردن بسته‌های مواد غذایی استفاده می‌شود. ۸- از گاز نیتروژن همچنین در پر کردن تایر خودروها، نگهداری نمونه‌های بیولوژیک و صنعت سرماسازی کاربرد دارد. ۹- عنصر نیتروژن توسط جانداران ذره‌بینی برای مصرف گیاهان تثبیت می‌شود. ۱۰- نیتروژن فراوان‌ترین گاز موجود در هواکره است که حدود ۷۹٪ حجم آن را تشکیل می‌دهد. ۱۱- نیتروژن نخستین گازی است که از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود. ۱۲- اکسیدهای آن در تشکیل باران‌های اسیدی نقش دارند. همچنین در میان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودرو نیز یافت می‌شوند. ۱۳- گاز نیتروژن به علت وجود پیوند سه گانه در ساختار آن ( $N \equiv N$ )، واکنش‌پذیری کمی دارد؛ به طوری که به جو بی‌اثر شهرت دارد. ۱۴- گاز نیتروژن در هنگام رعد و برق به علت دمای بالا و در موتور خودروها در دمای بالای  $1000^\circ C$ ، با اکسیژن واکنش می‌دهد و نیتروژن مونوکسید تولید می‌کند. ۱۵- گاز  $NO$  تولید شده از واکنش نیتروژن با  $O_2$  بسیار واکنش‌پذیر است و با اکسیژن هوا وارد واکنش شده و گاز  $NO_2$  را تولید می‌کند.  $NO_2$  گازی به رنگ قهوه‌ای است؛ به طوری که وجود آن در هوای آلوده شهرها باعث می‌شود تا هوای شهر به رنگ قهوه‌ای روشن درآید. این گاز در حضور نور خورشید با گاز  $O_3$  واکنش داده و موجب تولید اوزون تروپوسفری و واکنش زیر می‌شود:

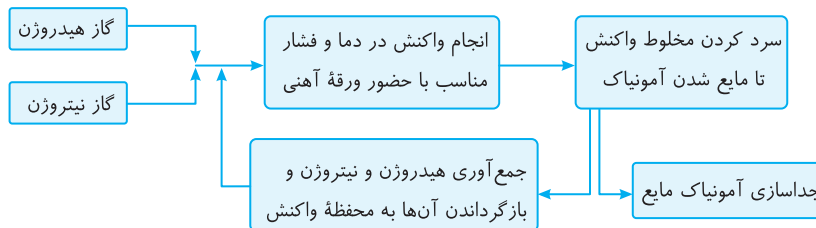


۱۶- این گاز با  $H_2$  در دما و فشار اتاق حتی با ایجاد جرقه و در حضور کاتالیزگر واکنش نمی‌دهد.

**B ۱ ۵۳۵** عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): کاتالیزگر فرایند هابر، یک ورقه آهنی است. این فلز عنصری از دسته d جدول تناوبی بوده و آرایش الکترونی آن به صورت مقابل است، پس تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت آن برابر با ۸ است.



عبارت (ب): از آنجا که فرایند تولید گاز آمونیاک به صورت برگشت‌پذیر است، پس در ظرف واکنش هر سه ترکیب شرکت کننده در واکنش وجود دارد. عبارت (پ): نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. با توجه به این شکل، هیدروژن و نیتروژن را که واکنش نداده‌اند مجدد به ظرف واکنش منتقل می‌کنند.



ماده	$N_2$	$H_2$	$NH_3$
نقطه جوش ( $^\circ C$ )	-۱۹۶	-۲۵۳	-۳۳

عبارت (ت): برای جدا کردن گاز آمونیاک، کافی است دمای مخلوط واکنش را به دمایی پایین‌تر از نقطه جوش گاز آمونیاک برسانیم. از آنجا که آمونیاک مولکولی قطبی است، پس نقطه جوش آن بیشتر از گاز هیدروژن خواهد بود. نقطه جوش این سه گونه به صورت روبه‌رو است.

**B ۴ ۵۳۶** عبارتهای (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): هر چند گاز نیتروژن واکنش‌پذیری ناچیزی دارد، اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می‌کنند که آمونیاک یکی از مهم‌ترین آن‌هاست. عبارت (ب): واکنش تهیه آمونیاک به روش هابر در دما و فشار اتاق قابل انجام نیست. عبارت (پ): هابر برای تولید آمونیاک با دو چالش عمده روبه‌رو بود. اول آن که این واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد و دوم چگونگی جدا کردن فرآورده واکنش (آمونیاک) از مخلوط واکنش بود. عبارت (ت): از آنجا که نقطه جوش گاز نیتروژن نسبت به گاز هیدروژن بیشتر و نسبت به گاز آمونیاک کمتر است، پس گاز نیتروژن نسبت به گاز هیدروژن راحت‌تر و نسبت به گاز آمونیاک سخت‌تر به مایع تبدیل می‌شود. عبارت (ث): کاتالیزگر مورد استفاده در فرایند هابر، همان آهن است. آهن فراوان‌ترین عنصر موجود در سیاره زمین است.

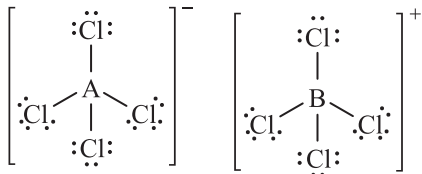
**B ۱ ۵۳۷** فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): با توجه به نقطه جوش سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک، در دمای  $75K$  ( $-198^\circ C$ ) و فشار  $1 atm$ ، تنها مولکول هیدروژن در حالت گازی قرار دارد. عبارت (ب): از آنجا که در مخلوط، گاز نیتروژنی که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا استفاده می‌شود، مقدار کمتری اکسیژن وجود دارد، به همین دلیل استفاده از این مخلوط باعث کاهش خوردگی و زنگ‌زدگی تایر خودرو می‌شود. عبارت (پ): کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود. عبارت (ت): ساختار لوویس گاز نیتروژن به صورت  $(N \equiv N)$  است. در این ساختار ۳ جفت الکترون پیوندی و ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی برابر  $1/5$  است. عبارت (ث): واکنش انجام شده در فرایند هابر همانند واکنش‌های انجام شده در لایه اوزون برگشت‌پذیر است.

**B ۳ ۵۳۸** همان گاز  $O_2$  است که آلوتروپ آن یعنی اوزون ( $O_3$ ) خاصیت گندزدایی داشته و برای از بین بردن جانداران ذره‌بینی از آن استفاده می‌شود. b: همان گاز آرگون است که از تقطیر جزء-جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد در پتروشیمی شیراز تهیه می‌شود. c: همان گاز  $N_2$  است که در واکنش با هیدروژن تولید آمونیاک می‌کند. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): هر سه گاز ناپیوسته هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. گزینه (۲): گاز c همان  $N_2$  است که از آن در صنعت سرماسازی و برای انجماد مواد غذایی استفاده می‌شود. دقت کنید که برای خنک‌سازی قطعات الکترونیکی دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI از گاز هلیوم استفاده می‌شود. گزینه (۳): گاز b همان آرگون است که یک گاز نجیب بوده و تمایلی به انجام واکنش شیمیایی ندارد. گاز c نیز همان  $N_2$  است که در مقایسه با اکسیژن واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و در دمای اتاق با هیدروژن واکنش نمی‌دهد. گاز a (اکسیژن) برخلاف b و c می‌تواند در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، با هیدروژن ترکیب شده و آب تولید کند. گزینه (۴): دمای جوش سه گاز a ( $O_2$ )، b (Ar) و c ( $N_2$ ) به ترتیب برابر  $-183^\circ C$ ،  $-186^\circ C$  و  $-196^\circ C$  درجه سلسیوس است؛ بنابراین ترتیب خروج آن‌ها از هوای مایع به صورت c، b و a خواهد بود.



عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در انتهای لایهٔ دوم هواکره (استراتوسفر) دمای هوا به  $7^{\circ}\text{C}$  می‌رسد.

در این دما و فشار یک اتمسفر، آب به صورت مایع خواهد بود. عبارت (ب): ساختار لوویس دو گونهٔ  $(\text{BCl}_4^-)$  و  $(\text{AlCl}_4^-)$  به صورت زیر است:

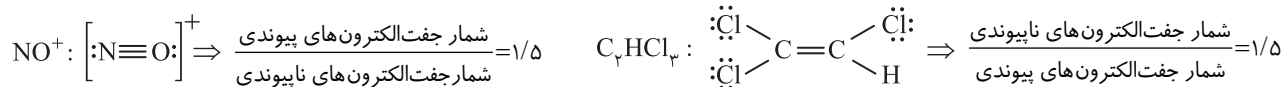


با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، شمار الکترون‌های ظرفیت عنصرهای A و B را به دست می‌آوریم:

$$\text{عنصر A: } -1 = (a + 4 \times 7) - (1 \times 2) \Rightarrow a = 3$$

$$\text{عنصر B: } +1 = (b + 4 \times 7) - (1 \times 2) \Rightarrow b = 5$$

با توجه به شمار الکترون‌های ظرفیت، عنصرهای A و B به ترتیب متعلق به گروه‌های ۱۳ و ۱۵ جدول تناوبی هستند. عبارت (پ): زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده حاصل از پرتوهای خورشیدی را به صورت تابش فرسوخ از دست می‌دهد. پرتوهای فرسوخ دارای طول موجی بیش از ۷۰۰ نانومتر هستند. عبارت (ت): بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن برای تولید آمونیاک بود، زیرا این واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد. عبارت (ث): ساختار لوویس هر دو گونه را رسم می‌کنیم:



## شیمی ۱: فصل سوم

## پاسخ تشریحی

۱ ۵۴۰ (A) فقط عبارت (پ) درست است.

۳ ۵۴۱ (A) عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت نادرست: برآوردها نشان می‌دهند که  $5 \times 10^{16}$  تن از انواع نمک‌ها در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره نیز وارد آب کره می‌شوند. از آنجا که جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شوند.

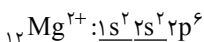
۴ ۵۴۲ (A) فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره وارد آب کره شده و همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج می‌شوند، پس جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است. عبارت (پ): اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد. عبارت (ت): بیشتر آب‌های روی زمین شور است و نمی‌توان از آن‌ها در کشاورزی، مصارف خانگی و صنعت استفاده کرد؛ از این رو تهیهٔ آب شیرین و آشامیدنی، همچنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه‌ها یکی از چالش‌های اساسی در سطح جهان است. عبارت (ث): بخش زیادی از منابع غیر اقیانوسی آب (حدود ۷۷٪) را کوه‌های یخ تشکیل می‌دهند. کوه‌های یخ جزء منابع در دسترس بشر برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی نیست.

۲ ۵۴۳ (A) کرهٔ زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است. در شکل صورت سؤال A، B، C و D به ترتیب ارتباط میان «هواکره و آب کره»، «هواکره و زیست کره»، «هواکره و سنگ کره» و «سنگ کره و آب کره» را نشان می‌دهد. درون این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود. جانداران آبی سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید را وارد هواکره و مقدار بسیار زیاد از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. همچنین لاشهٔ جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب کره، هواکره یا سنگ کره می‌شوند.

۱ ۵۴۴ (B) فراوانی برخی یون‌های موجود در آب دریاها را در جدول زیر مشاهده می‌کنید:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{Br}^-$
میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

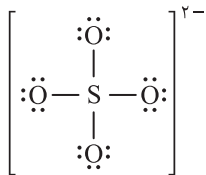
بررسی موارد: مورد اول: فراوان‌ترین یون موجود در آب دریاها، یون کلرید است. عنصر کلر در گروه ۱۷ و دورهٔ سوم جدول تناوبی قرار دارد. مورد دوم: فراوان‌ترین آنیون موجود در آب دریاها، یون کلرید است. این یون دارای آرایش الکترونی هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون است. مورد سوم: فراوان‌ترین آنیون چندانی موجود در آب دریاها، یون سولفات  $(\text{SO}_4^{2-})$  است. در هر واحد فرمولی از این یون، چهار اتم اکسیژن وجود دارد. مورد چهارم: فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریاها، یون سدیم است. این عنصر در گروه اول و دورهٔ سوم جدول تناوبی قرار دارد. مورد پنجم: فراوان‌ترین کاتیون ۲ بار مثبت، یون منیزیم  $(\text{Mg}^{2+})$  است. در آرایش الکترونی این یون ۴ الکترون از زیرلایهٔ s  $(l=0)$  وجود دارد.



۱ ۵۴۵ (B) فراوانی برخی یون‌های موجود در آب دریاها به صورت زیر است:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{Br}^-$
میلی‌گرم در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

با توجه به این جدول، عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در میان هشت یون فراوان حل‌شده در آب دریاها، ۶ یون تک‌اتمی وجود دارد که همهٔ آن‌ها متعلق به گروه‌های ۱، ۲ و ۱۷ جدول تناوبی هستند. عبارت (ب): با توجه به جدول بالا، فراوان‌ترین آنیون و کاتیون حل‌شده در آب دریاها به ترتیب  $\text{Cl}^-$  و  $\text{Na}^+$  هستند.



\* **توجه** فراوانترین ترکیب حل شده در آب دریاها، نمک طعام (سدیم کلرید) است.

**عبارت (پ):** فراوانترین یون چنداتی حل شده در آب دریاها، یون سولفات است که ساختار لوویس آن به صورت مقابل است. با توجه به این ساختار، همه پیوندها در یون سولفات، یگانه هستند. **عبارت (ت):** دومین کاتیون فراوان حل شده در آب دریاها، یون منیزیم است. این عنصر متعلق به گروه دوم و دوره سوم جدول تناوبی است.

**B ۵۴۶ ۳** مجموع درصد فراوانی آبهای زیرزمینی، نهرها، جویها و آب شیرین و آب شور دریاچهها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا برابر با ۰/۶۵٪ است. **بررسی سایر گزینهها:** **گزینه (۱):** حدود ۹۷/۲ درصد از آب کره را اقیانوسها و ۲/۸ درصد باقی مانده را منابع غیراقیانوسی تشکیل می دهند. **گزینه (۲):** حدود ۷۷ درصد از منابع غیراقیانوسی را کوههای یخ و ۲۳ درصد باقی مانده را آبهای زیرزمینی، نهرها و جویها، آب شیرین و آب شور دریاچهها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا تشکیل می دهند. **گزینه (۴):** مقایسه درصد فراوانی آب موجود در منابع غیراقیانوسی به صورت زیر است:

آب شیرین و آب شور دریاچهها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا > نهرها و جویها > آبهای زیرزمینی > کوههای یخ

**A ۵۴۷ ۳** همه موارد به جز عبارت (ت) درست هستند. **بررسی عبارت (ت):** جرم کل آبهای روی کره زمین در حدود  $1/5 \times 10^{18}$  تن برآورد می شود. برآوردها نشان می دهند که  $5 \times 10^{16}$  تن نمک در آب اقیانوسها و دریاها وجود دارد؛ بنابراین جرم کل آبهای روی کره زمین حدوداً ۳۰ برابر جرم نمکهای حل شده در آب اقیانوسها و دریاها است.

**B ۵۴۸ ۳** به جز عبارت (پ)، سایر عبارتها درست هستند. **بررسی عبارت ها:** **عبارت (الف):** آب اقیانوسها و دریاها مخلوطی همگن (محلول) از انواع نمکها در آب بوده و اغلب شورمرزه است. **عبارت (ب):** غلظت یون کلرید در آب دریا از سایر یونها بیشتر است. در جدول زیر غلظت یونهای فراوان در آب دریا آورده شده است.

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
ناماد یون	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>
میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

**عبارت (پ):** آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است؛ زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می شوند. **عبارت (ت):** همه منابع اقیانوسی آب های زمین (حدود ۹۷/۲٪) و بخشی از منابع غیراقیانوسی آن (آب شور دریاچهها) شور بوده و در کشاورزی کاربرد ندارند.

**C ۵۴۹ ۴** عبارتهای دوم و چهارم نادرست هستند. جدول زیر، غلظت ۸ یون فراوان در آب دریا را نشان می دهد:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
ناماد یون	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>
میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

**بررسی عبارت ها:** **عبارت اول:** کاتیونهای Na<sup>+</sup> و K<sup>+</sup> دو کاتیون از گروه اول جدول تناوبی هستند. دومین کاتیون فراوان گروه اول، K<sup>+</sup> است. از طرفی فراوانترین آنیون در آب دریا، Cl<sup>-</sup> است. این دو یون هر دو به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون (Ar<sub>18</sub>) رسیده اند.



**عبارت دوم:** از میان یونهای بالا، دو یون Na<sup>+</sup> و Mg<sup>2+</sup> هر دو به آرایش الکترونی گاز نئون رسیده اند. می دانیم فراوانی و در نتیجه غلظت Na<sup>+</sup> از Mg<sup>2+</sup> بیشتر است.

**عبارت سوم:** در میان این یونها، Na<sup>+</sup> و K<sup>+</sup> از گروه ۱، یونهای Mg<sup>2+</sup> و Ca<sup>2+</sup> از گروه ۲ و یونهای Cl<sup>-</sup> و Br<sup>-</sup> از گروه ۱۷ جدول دوره ای هستند.

**عبارت چهارم:** این یونها به طور کلی از ۹ عنصر: «Br<sub>35</sub>، Ca<sub>20</sub>، K<sub>19</sub>، Cl<sub>17</sub>، S<sub>16</sub>، Mg<sub>12</sub>، Na<sub>11</sub>، O<sub>8</sub> و C<sub>6</sub>» تشکیل شده اند.

**A ۵۵۰ ۳** اغلب چشمهها، قناتها و رودخانهها، آب زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است، اما این آبها خالص نبوده و دارای مواد حل شده در خود هستند.

**A ۵۵۱ ۴** همه عبارتها نادرست هستند. آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده که حاوی مقدار کمی از یونهای گوناگون است. برخی از این یونها به طور طبیعی در آب حل شده و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کم و مناسب یون فلوئورید می افزایند، زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندانها می شود. مقدار و نوع یونهای موجود در آبهای شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد. یونهای موجود در آبهای آشامیدنی و شیرین برخی تک اتمی و برخی چند اتمی هستند.

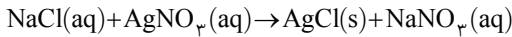
**B ۵۵۲ ۱** فقط به کمک محلولهای مورد اول می توان یونهای Cl<sup>-</sup>، Ca<sup>2+</sup> و Ba<sup>2+</sup> را شناسایی نمود. برای شناسایی یک یون در یک محلول باید محلولی به آن اضافه کنیم که با یون مورد نظر تشکیل رسوب بدهد. یون کلرید با یون نقره تولید رسوب سفید رنگ نقره کلرید می کند، پس محلولهایی مانند نقره نیترات که در آنها کاتیون نقره وجود دارد، مناسب هستند. یون کلسیم با یون فسفات تولید رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات می کند، پس محلولهایی مانند پتاسیم فسفات که دارای آنیون فسفات هستند، برای شناسایی یون کلسیم استفاده می شود. یون باریوم نیز با یون سولفات تولید رسوب سفید رنگ باریوم سولفات می کند، پس محلولهایی مانند سدیم سولفات که دارای آنیون سولفات هستند، برای شناسایی یون باریوم استفاده می شود. دقت کنید که نمکهای ارائه شده در مورد پنجم، خودشان در آب نامحلول هستند و در محلول آنها به قدر کافی یون وجود ندارد که بتوان با محلول آنها، حضور یونهای کلرید، کلسیم و باریوم را تشخیص داد.

\* **نکته** ترکیبهایی که دارای شرایط زیر باشند حتماً در آب محلول هستند:

۱- تمام ترکیبهای فلزهای قلیایی (گروه ۱ جدول دوره ای) -۲ تمام ترکیبهای آمونیوم دار (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) -۳ تمام ترکیبهای نیترات دار (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

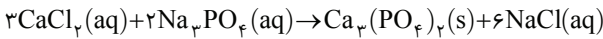


۲ ۵۵۳ B فقط عبارت (ب) درست است. شکل داده شده در صورت سؤال، واکنش میان محلول‌های سدیم کلرید و نقره نیترات را نمایش می‌دهد:



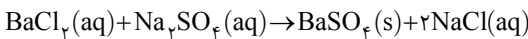
در شکل داده شده گونه‌های A، B، C و D به ترتیب یون کلرید، یون سدیم، یون نیترات و نقره کلرید هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه کاتیون نقره به صورت رسوب نقره کلرید از محلول خارج می‌شود، پس برای شناسایی یون نقره می‌توان از یون‌های کلرید استفاده کرد. عبارت (ب): گونه‌های A و B به ترتیب یون کلرید و یون سدیم هستند که به ترتیب به آرایش گاز نجیب آرگون و نئون رسیده‌اند. عبارت (ت): ساختار لوویس یون (یون نیترات) به صورت روبه‌رو است. در این ساختار اتم مرکزی (اتم نیتروژن) فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است.

۱ ۵۵۴ B معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:



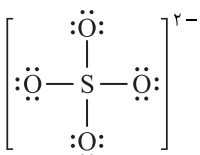
بنابراین عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از این واکنش برای شناسایی یون کلسیم استفاده می‌شود. کلسیم در ساختار آهک که فرمول شیمیایی آن (CaO) است نیز وجود دارد. عبارت (ب): در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌ها به ترتیب برابر با ۷ و ۵ است، پس نسبت مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها به مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها برابر با ۱/۴ است. عبارت (پ): رنگ رسوب کلسیم فسفات (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) تشکیل شده در این واکنش همانند رنگ رسوب باریت سفید است. عبارت (ت): در این واکنش یون‌های کلسیم به صورت رسوب کلسیم فسفات از محلول خارج می‌شوند، پس غلظت آن‌ها کاهش می‌یابد، اما یون‌های کلرید به صورت محلول باقی مانده و غلظت آن ثابت می‌ماند.

۳ ۵۵۵ B عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. معادله موازنه شده واکنش به صورت



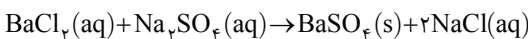
است. در شکل داده شده در صورت سؤال، شکل‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب گونه‌های Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq)، NaCl(aq)، BaSO<sub>4</sub>(s) و BaCl<sub>2</sub>(aq) هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون باریت به صورت رسوب سفید رنگ باریت سولفات از محلول واکنش جدا می‌شود؛ بنابراین از این واکنش می‌توان برای شناسایی یون باریت استفاده نمود. عبارت (ب): از واکنش محلول‌های (۱) و (۴)، رسوب (۳) و محلول (۲) تولید می‌شود. با توجه به معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در این واکنش برابر با ۵ است. عبارت (پ): رنگ باریت سولفات و نقره کلرید یکسان و سفید است. در هر دوی این گونه‌ها نسبت شمار آنتیون به کاتیون یکسان و برابر با یک است. عبارت (ت): محلول حاصل از این واکنش، محلول سدیم کلرید است. این محلول در واکنش با محلول نقره نیترات رسوب سفید رنگ نقره کلرید را تولید می‌کند:  $\text{NaCl(aq)} + \text{AgNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl(s)} + \text{NaNO}_3(\text{aq})$  عبارت (ث): یون چنداتیمی شرکت کننده در این واکنش، یون سولفات است. ساختار لوویس یون سولفات به صورت روبه‌رو است. در این یون نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی برابر با ۳ است.

۳ ۵۵۶ C بررسی عبارت داده شده: فراوان‌ترین یون چنداتیمی موجود در آب دریا، یون سولفات (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) با ساختار لوویس مقابل



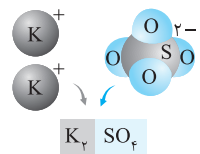
است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار لوویس این یون، ۱۲ جفت‌الکترون ناپیوندی و چهار جفت (۸ عدد) الکترون پیوندی وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر ۱/۵ (یا ۱/۲) است. عبارت‌های اول، سوم و چهارم، همانند عبارت داده شده نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: معادله واکنش به صورت مقابل است:



طی واکنش رسوب باریت سولفات (BaSO<sub>4</sub>) تولید می‌شود که سفید رنگ است. عبارت دوم: آب دریاها و اقیانوس‌ها محلول‌هایی (مخلوط همگن) از آب و یون‌ها و مولکول‌های مختلف می‌باشد. با توجه به اینکه آب، این مواد را در خود حل کرده است؛ پس آب نقش حلال و سایر این مواد حل نقش شونده دارند. عبارت سوم: زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های مختلف آن با هم برهم کنش شیمیایی و فیزیکی دارند. عبارت چهارم: در آب دریا، فراوان‌ترین آنتیون، Cl<sup>-</sup> و فراوان‌ترین کاتیون، Na<sup>+</sup> است.

۲ ۵۵۷ A عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: برخی از یون‌ها مانند Na<sup>+</sup>، Cl<sup>-</sup>، Ca<sup>2+</sup> و F<sup>-</sup> تک‌اتیمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) و یون سولفات (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را



که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده‌اند، یون‌های چنداتیمی می‌نامند. در یون‌های چنداتیمی، بار الکتریکی به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق به کل یون است. برای مثال پتاسیم سولفات، ترکیبی یونی است که هر واحد فرمولی آن شامل دو یون تک‌اتیمی پتاسیم (K<sup>+</sup>) و یک یون چنداتیمی سولفات (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) است. عناصر تشکیل دهنده برخی یون‌های چنداتیمی، فلزی یا شبه‌فلزی هستند. برای نمونه در SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>، Si شبه‌فلزی است. در MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> و CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>، اتم‌های Mn و Cr فلزی هستند و در یون Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> نیز اصلاً اتم نافلزی وجود ندارد.

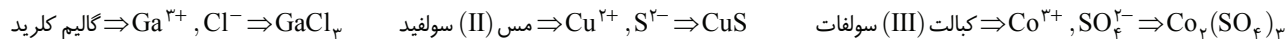
۴ ۵۵۸ B یون فسفات بار (-۳) دارد و با توجه به اینکه در یک ترکیب یونی مجموع بار کاتیون با مجموع بار آنتیون برابر است، پس بار کاتیون پایدار X در ترکیب X<sub>۳</sub>(PO<sub>۴</sub>)<sub>۲</sub> برابر (+۲) می‌باشد. یون‌های سولفید و نیتريد به ترتیب S<sup>2-</sup> و N<sup>3-</sup> هستند و در ترکیب با کاتیون X<sup>2+</sup> ترکیب‌های XS و X<sub>۳</sub>N<sub>۲</sub> را تشکیل می‌دهند.



عناصر گروه دوم جدول دوره‌ای، مانند Mg<sub>۱۲</sub> و Ca<sub>۲۰</sub> و ... کاتیون‌های پایدار با بار (+۲) تشکیل می‌دهند.



**B ۵۵۹ ۱** در این تست، فرمول شیمیایی سه ترکیب به درستی آورده شده است. فرمول شیمیایی درست سایر ترکیب‌ها به صورت زیر است:



**\* توجه** فرمول شیمیایی یون سیانید که به صورت  $\text{CN}^-$  است در کتاب درسی وجود ندارد ولی با توجه به فرمول هیدروژن سیانید که به صورت  $\text{HCN}$  است، می‌توان نتیجه گرفت که فرمول یون سیانید به صورت  $\text{CN}^-$  می‌باشد.

**B ۵۶۰ ۱** در هر واحد از آمونیوم سولفید و آهن (II) فسفات، مجموعاً ۸ پیوند اشتراکی وجود دارد. برای محاسبه تعداد پیوند کووالانسی در یک واحد فرمولی، باید تعداد پیوند کووالانسی هر یون را در تعداد آن یون در هر واحد فرمولی ضرب کرد.

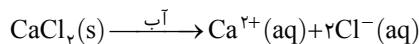
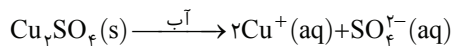
نام ترکیب یونی	آمونیوم سولفید	آلمومینیم نیترات	آهن (II) فسفات	روی کربنات	کلسیم سولفات	آمونیوم هیدروکسید
فرمول شیمیایی	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{ZnCO}_3$	$\text{CaSO}_4$	$\text{NH}_4\text{OH}$
ساختار لوویس یون چنداتمی						
تعداد یون چنداتمی در یک واحد فرمولی	۲	۳	۲	۱	۱	۲
تعداد پیوند کووالانسی در هر واحد فرمولی	۸	۱۲	۸	۴	۴	۵

نسبت شمارکاتیون‌ها به آنیون‌ها	فرمول شیمیایی	ترکیب یونی
$\frac{3}{2} = 1/5$	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	باریم فسفات
$\frac{2}{1} = 2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	آمونیوم سولفات
$\frac{1}{3} = 0/33$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	آهن (III) نیترات

**C ۵۶۱ ۴** عبارت های دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

توجه به اینکه بار یون فسفات  $(3-)$  است  $(\text{PO}_4^{3-})$ ، نام ترکیب  $\text{Cr}_3(\text{PO}_4)_2$ ، کروم (II) فسفات است.  $\text{PO}_4^{3-}$ : آنیون،  $\text{Cr}^{2+}$ : کاتیون  $\Rightarrow \text{Cr}_3(\text{PO}_4)_2$  فرمول شیمیایی باریم نیتريت به صورت  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  است. در این عبارت به اشتباه فرمول شیمیایی باریم نیتريت  $(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2)$  نمایش داده شده است. عبارت دوم: فرمول شیمیایی و نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها برای سه ترکیب به صورت مقابل است.

**عبارت سوم:** جدول زیر، مجموع شمار اتم‌ها و شمار عنصرهای به کار رفته در ترکیب‌های ذکر شده را نشان می‌دهد: با توجه به جدول، مقایسه داده شده درست است. عبارت چهارم: معادله انحلال دو ترکیب در آب به صورت زیر است:



در اثر انحلال یک مول از هر کدام از دو ترکیب یونی مقدار یکسانی یون ایجاد می‌شود.

شمار اتم‌ها	شمار اتم‌ها	شمار اتم‌ها	فرمول شیمیایی	ترکیب یونی
۱۴	۴	۱۴	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	آمونیوم کربنات
۹	۳	۹	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	آمونیوم نیترات
۷	۳	۷	$\text{Li}_2\text{SO}_4$	لیتیم سولفات

**B ۵۶۲ ۴** نماد شیمیایی فلز مورد نظر را X در نظر می‌گیریم؛ با توجه به دو ظرفیتی بودن کاتیون این فلز، فرمول فسفات آن به صورت  $\text{X}_3(\text{PO}_4)_2$  خواهد بود.

برای حل این مسئله، جرم مولی عنصر X را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم و مقدار آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{X}_3^{2+} \text{PO}_4^{3-} \Rightarrow \text{X}_3(\text{PO}_4)_2$$

$$\text{روش اول (کسر تبدیل): } 13/1 \text{ g X}_3(\text{PO}_4)_2 \Rightarrow M = 24 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی فلز X برابر ۲۴ گرم بر مول است، پس این عنصر منیزیم (Mg) می‌باشد.

$$\frac{\text{جرم مولی } \text{X}_3(\text{PO}_4)_2}{\text{جرم مولی } \text{X}_3(\text{PO}_4)_2} = \frac{\text{مول X}}{3} \Rightarrow \frac{13/1 \text{ g}}{3M+190} = \frac{0/15 \text{ mol}}{3} \Rightarrow M = 24 \text{ g.mol}^{-1}$$

**روش دوم (تناسب):**

جرم مولی فلز X برابر ۲۴ گرم بر مول است، پس این عنصر منیزیم (Mg) می‌باشد.

**B ۵۶۳ ۳** قسمت اول: محاسبه نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در  $\text{ScPO}_4$  و  $\text{MgSO}_4$  به صورت زیر است:

$$\text{ScPO}_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } \text{PO}_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون } \text{Sc}^{3+}} = \frac{31+4(16)}{45} = \frac{95}{45} \approx 2/11$$

$$\text{MgSO}_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } \text{SO}_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون } \text{Mg}^{2+}} = \frac{32+4(16)}{24} = \frac{96}{24} = 4$$

نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در  $\text{MgSO}_4$  بیشتر است.

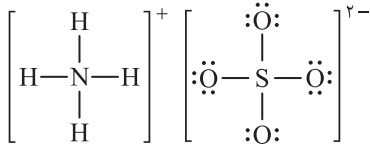


قسمت دوم: محاسبه نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در  $\text{AlPO}_4$  و  $\text{CaSO}_4$  به شکل زیر است:

$$\text{AlPO}_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } \text{PO}_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون } \text{Al}^{3+}} = \frac{31+4(16)}{27} = \frac{95}{27} \approx 3/5$$

$$\text{CaSO}_4 \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی آنیون } \text{SO}_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون } \text{Ca}^{2+}} = \frac{32+4(16)}{40} = \frac{96}{40} = 2/4$$

نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در  $\text{AlPO}_4$  تقریباً برابر ۳/۵ است.



۱۴ ۵۶۴ B فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  بوده و ساختار لوویس یون‌های سازنده آن به

صورت روبه‌رو است؛ بنابراین همه عبارت‌های بیان شده درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گیاهان برای رشد مناسب، افزون‌بر  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به عنصرهایی مانند N، P، S و... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به ساختار لوویس رسم شده، تعداد

پیوندهای کووالانسی در هر یک از ساختارهای کاتیون و آنیون یکسان و برابر با ۴ است. عبارت (پ): در اثر انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، دو یون آمونیوم و یک یون سولفات تولید می‌شود. عبارت (ت): با توجه به ساختار لوویس رسم شده، مجموع شمار جفت الکترون‌های پیوندی با مجموع شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی یکسان و برابر با ۱۲ است.

عبارت (ث): در هر واحد فرمولی آمونیوم سولفات با فرمول  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، ۸ اتم هیدروژن و در هر واحد فرمولی روی فسفات با فرمول  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ، ۸ اتم اکسیژن وجود دارد.

۱ ۵۶۵ B

نکته ترکیب: مدل فضاپرکن یون‌های چنداتی: در سطح کتاب درسی، ۳ نوع یون چنداتی برحسب شمار اتم‌های سازنده آن‌ها وجود دارد که در ادامه مدل فضاپرکن



آن‌ها را بررسی می‌کنیم: ۱- دوامتی: برای این مورد فقط یون هیدروکسید ( $\text{OH}^-$ ) را می‌شناسیم که مدل فضاپرکن آن به صورت روبه‌رو است:

۲- چهارامتی: مدل فضاپرکن یون‌های چهارامتی همچون کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) و نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) به صورت روبه‌رو است:

۳- پنج‌امتی: اکثر یون‌های چنداتی معرفی شده در کتاب درسی، مانند سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ )، فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}$ )، آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) و... از این دسته هستند و مدل فضاپرکن آن‌ها مشابه گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) است.

مدل فضاپرکن یون‌ها در برخی جزئیات مانند نسبت اندازه اتم‌ها و رنگ‌های آن‌ها متفاوت‌اند.

مدل فضاپرکن داده شده، نمایی از یک ترکیب یونی با دو یون تک‌امتی و یک یون چنداتی که در هر واحد فرمولی خود، دارای ۴ اتم است را نشان می‌دهد؛ بنابراین فقط ترکیب سدیم کربنات ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) دارای شرایط بیان شده است. بررسی سایر ترکیب‌ها:

- آمونیوم سولفید: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  است؛ بنابراین دارای دو یون چنداتی و یک یون تک‌امتی است.
- منیزیم فسفات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  است؛ بنابراین دارای دو یون چنداتی و سه یون تک‌امتی است.
- لیتیم نیترات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $\text{LiNO}_3$  است؛ بنابراین دارای یک یون چنداتی و یک یون تک‌امتی است.
- پتاسیم سولفات: فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $\text{K}_2\text{SO}_4$  است؛ بنابراین دارای یک یون چنداتی و دو یون تک‌امتی است، اما توجه کنید که یون سولفات دارای ۵ اتم در ساختار خود بوده و مدل فضاپرکن آن با شکل نشان داده شده متفاوت است.

۲ ۵۶۶ C شمار یون‌های حاصل از انحلال هر ترکیب در آب را محاسبه می‌کنیم. بررسی گزینه‌ها: (۱): فرمول شیمیایی آهن (III) دیدید به صورت  $\text{FeI}_3$  است.

پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۴ مول یون تولید می‌شود:

$$\text{یون } 2.2 \times 10^{23} = \frac{4 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol FeI}_3} \times \frac{6 \times 10^{23}}{1 \text{ mol FeI}_3} \times \frac{1}{3} = \text{یون } 8 \times 10^{22} \text{ mol FeI}_3 \text{ } \frac{1}{3} = \text{یون } ?$$

گزینه (۲): فرمول شیمیایی روی فسفات به صورت  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۵ مول یون تولید می‌شود:

$$\text{یون } 1.1 \times 10^{23} = \frac{5 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol Zn}_3(\text{PO}_4)_2} \times \frac{6 \times 10^{23}}{1 \text{ mol Zn}_3(\text{PO}_4)_2} \times \frac{1}{3} = \text{یون } 1.1 \times 10^{23} \text{ mol Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \text{ } \frac{1}{3} = \text{یون } ?$$

گزینه (۳): فرمول شیمیایی لیتیم کربنات به صورت  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۳ مول یون تولید می‌شود:

$$\text{یون } 4 \times 10^{22} = \frac{3 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol Li}_2\text{CO}_3} \times \frac{6 \times 10^{23}}{1 \text{ mol Li}_2\text{CO}_3} \times \frac{1}{5} = \text{یون } 4 \times 10^{22} \text{ mol Li}_2\text{CO}_3 \text{ } \frac{1}{5} = \text{یون } ?$$

گزینه (۴): فرمول شیمیایی منیزیم سولفات به صورت  $\text{MgSO}_4$  است. پس، از انحلال هر مول از این ترکیب در آب، ۲ مول یون تولید می‌شود:

$$\text{یون } 5 \times 10^{22} = \frac{2 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol MgSO}_4} \times \frac{6 \times 10^{23}}{1 \text{ mol MgSO}_4} \times \frac{1}{4} = \text{یون } 5 \times 10^{22} \text{ mol MgSO}_4 \text{ } \frac{1}{4} = \text{یون } ?$$

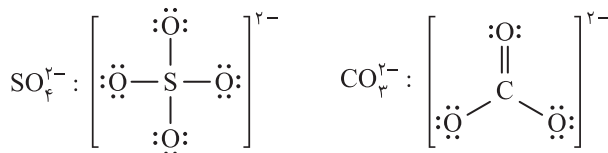
۳ ۵۶۷ B فرمول شیمیایی باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب به صورت  $\text{BaSO}_4$  و  $\text{Cu}_2\text{CO}_3$  است؛ بنابراین موارد (ب) و (ت) جزء شباهت‌های دو ترکیب

داده شده است. بررسی موارد: مورد (الف): آنیون ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب  $\text{SO}_4^{2-}$  و  $\text{CO}_3^{2-}$  است. با توجه به فرمول شیمیایی این دو

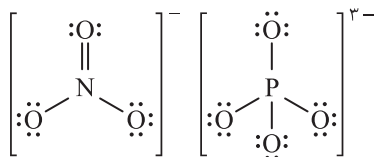


ترکیب، مدل فضاپرکن آن‌ها نمی‌تواند یکسان باشد. مدل فضاپرکن این دو آنیون به صورت روبه‌رو است. مورد (ب): شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول از یک ترکیب یونی برابر با «حاصل ضرب تعداد کاتیون در بار آن» یا «حاصل ضرب تعداد آنیون ضرب در بار آن» است، پس مقدار مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول از هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات یکسان و برابر با ۲ مول است. مورد (پ): نسبت شمار آنیون به کاتیون در هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات به ترتیب

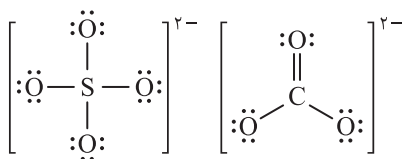
برابر با ۱ و  $\frac{1}{4}$  است. مورد (ت): نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها در هر یک از ترکیب‌های باریم سولفات و مس (I) کربنات یکسان و برابر با ۲ است.



**B ۵۶۸ ۲** مقایسه‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی مقایسه‌ها: مقایسه (الف): فرمول شیمیایی کلسیم کربنات و آهن (III) سولفات به ترتیب به صورت  $\text{CaCO}_3$  و  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  است. ساختار لوویس آنیون این دو ترکیب به صورت مقابل است.



با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، تعداد پیوند کووالانسی در هر واحد فرمولی از آهن (III) سولفات برابر ۱۲ و تعداد پیوندهای کووالانسی در هر واحد فرمولی از کلسیم کربنات برابر ۴ است. مقایسه (ب): ساختار لوویس یون‌های فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) و نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) به صورت روبه‌رو است. با توجه به ساختار لوویس این دو یون، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در هر آنیون از ترکیب‌های منیزیم فسفات و مس (II) نیترات به ترتیب برابر با ۱۲ و ۸ است. مقایسه (پ): فرمول شیمیایی مس (I) نیتريد و آمونیوم سولفید به ترتیب به صورت  $\text{Cu}_3\text{N}$  و  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  است؛ بنابراین در اثر انحلال یک مول از هر یک از نمک‌های مس (I) نیتريد و آمونیوم سولفید در آب به ترتیب ۴ و ۳ مول یون ایجاد می‌شود. مقایسه (ت): فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های آلومینیم کربنات و کروم (II) فسفات به صورت  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$  و  $\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_3$  است، پس تعداد اتم‌های نافلز در ترکیب آلومینیم کربنات بیشتر از کروم (II) فسفات است.



**B ۵۶۹ ۱** عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول شیمیایی مس (II) فسفات به صورت  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  است، پس در اثر انحلال هر مول از این ترکیب، ۵ مول یون تولید می‌شود. عبارت (ب): ساختار لوویس یون‌های سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) و کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) به صورت روبه‌رو است. با توجه به این ساختارها، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به جفت‌الکترون‌های پیوندی در یون سولفات و یون کربنات به ترتیب برابر با ۳ و ۲ است. عبارت (پ): فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات و آمونیوم کلرید به ترتیب به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  و  $\text{NH}_4\text{Cl}$  است؛ بنابراین تعداد اتم‌ها در هر واحد فرمولی از ترکیب آمونیوم سولفات، ۲/۵ برابر آمونیوم کلرید است. عبارت (ت): در ساختار هر دو ترکیب کلسیم نیترات ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) و سدیم هیدروکسید ( $\text{NaOH}$ )، به دلیل وجود یون‌های چنداتی، هم پیوند کووالانسی و هم پیوند یونی یافت می‌شود. عبارت (ث): ترکیب سدیم آزد از دو یون  $\text{Na}^+$  و  $\text{N}_3^-$  تشکیل شده است، بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب کلسیم آزد به صورت  $\text{Ca}(\text{N}_3)_2$  است.

**C ۵۷۰ ۱** بررسی ویژگی ترکیب‌ها در هر ردیف جدول: بررسی ردیف‌های ۱ و ۳: فرمول شیمیایی مس (II) نیترات و مس (II) سولفات به ترتیب به صورت  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  و  $\text{CuSO}_4$  بوده و نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  و  $\text{CuSO}_4$  به ترتیب برابر ۲ و ۱ است. رنگ شعله هر دو ترکیب به دلیل وجود یون‌های مس، سبز رنگ است. در هر دو ترکیب، کاتیون  $\text{Cu}^{2+}$  ۴ است. مس در گروه ۱۱ جدول دوره‌ای قرار دارد و شمار الکترون‌ها در کاتیون آن، یعنی  $\text{Cu}^{2+}$  برابر ۶ است.  ${}_{29}\text{Cu}^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$

بررسی ردیف‌های ۲ و ۴: فرمول شیمیایی لیتیم سولفات و لیتیم نیترات به ترتیب  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  و  $\text{LiNO}_3$  بوده و نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  و  $\text{LiNO}_3$  به ترتیب برابر ۱ و ۱ است. رنگ شعله هر دو ترکیب، به دلیل وجود یون  $\text{Li}^+$ ، سرخ رنگ است. در هر دو ترکیب، کاتیون لیتیم است. لیتیم در گروه ۱ جدول تناوبی قرار دارد و شمار الکترون‌ها در کاتیون آن، یعنی  $\text{Li}^+$  برابر ۲ است.  ${}_{3}\text{Li} : 1s^2$

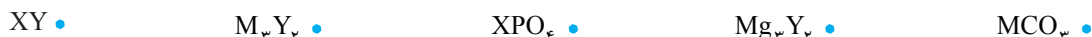
**B ۵۷۱ ۲** عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: ترکیب یونی حاصل از یون‌های سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) و آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ )، آمونیوم سولفات  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  است. گیاهان برای رشد مناسب، افزون‌بر  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به عنصرهایی مانند N، P، S و ... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن (N) و گوگرد (S) را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. عبارت دوم: کمتر از ۳ درصد (حدود ۲/۸٪) منابع آبی کره زمین را منابع غیر اقیانوسی تشکیل می‌دهند. عبارت سوم: فراوان‌ترین کاتیون‌های آب دریا  ${}_{11}\text{Na}^+$ ،  ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ،  ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$  و  ${}_{19}\text{K}^+$  هستند. یون‌های  ${}_{11}\text{Na}^+$  و  ${}_{19}\text{K}^+$  در گروه ۱ و یون‌های  ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$  و  ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$  در گروه ۲ جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت چهارم: اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آبی زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است. در آب آشامیدنی، یون‌های کلرید، منیزیم، آهن (II)، هیدروکسید، نیترات، سدیم و کلسیم یافت می‌شوند؛ بنابراین آب این منابع خالص نیست و حاوی مقادیر متفاوتی از این حل‌شونده‌ها می‌باشد. عبارت پنجم: گیاهان و جانوران جزئی از زیست‌کره هستند و لذا ورود مواد حاصل از تجزیه بقایای آن‌ها به سفره‌های آب‌های زیرزمینی، نشان‌دهنده ارتباط زیست‌کره با آب کره است.

**C ۵۷۲ ۲** فرمول‌های اول، چهارم و پنجم به درستی نوشته شده‌اند. نسبت تعداد کاتیون به آنیون در یک ترکیب یونی برابر با نسبت قدرمطلق بار آنیون به بار کاتیون است:

$$\text{M}, \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{2}{\text{بار کاتیون}} = 1 \Rightarrow \text{M}^{2+} \quad \text{X}, \text{CO}_3^{2-} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{2}{3} = \frac{2}{3} \Rightarrow \text{X}^{3+}$$

باید توجه داشت که برای یون Y و آهن نسبت تعداد آنیون به کاتیون داده شده است.  $\text{Fe}^{2+}, \text{Y} \Rightarrow \frac{\text{تعداد آنیون}}{\text{بار آنیون}} = \frac{2}{\text{بار کاتیون}} = \frac{2}{2} \Rightarrow \text{Y}^{3-}$

باید دقت کرد که در صورت در نظر گرفتن یون  $\text{Fe}^{3+}$  با توجه به نسبت داده شده، یون  $\text{Y}^{4/5-}$  به دست می‌آید که نادرست است پس یون آهن فقط می‌تواند  $\text{Fe}^{2+}$  باشد. با در نظر گرفتن بار یون‌های به‌دست آمده، فرمول شیمیایی درست ترکیبات یونی داده شده به صورت زیر است:





آرایش الکترونی  $Na^+$  و  $Cl^-$  به صورت زیر است:



**عبارت (پ):** درصد جرمی اجزای حل‌شونده در آب دریای مرده برابر ۲۷ است. در واقع در هر ۱۰۰ گرم آب دریا، ۲۷ گرم حل‌شونده وجود دارد. **عبارت (ت):** محلول‌ها مخلوط‌های همگنی از دو یا چند ماده هستند که می‌توانند به حالت‌های جامد (مانند آلیاژها)، مایع (مانند محلول آب نمک) و گاز (مانند هوا) باشند.

**B ۵۸۱ ۳** به‌جز عبارت (ت)، سایر عبارات‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است؛ زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیه آب خالص است. فرایندی که تقطیر و فرآورده آن آب مقطر نام دارد. **عبارت (ب):**  $BaCl_2$  یک ترکیب یونی محلول در آب است که از یون‌های باریم ( $Ba^{2+}$ ) و کلرید ( $Cl^-$ ) تشکیل می‌شود. برای شناسایی  $Cl^-$  در محلول آن از یون  $Ag^+$  (در نقره نیترات) و برای شناسایی  $Ba^{2+}$  از یون  $SO_4^{2-}$  (در سدیم سولفات) استفاده می‌شود. **عبارت (پ):** جدول زیر تعداد اتم‌ها و عنصرها در ترکیب‌های گفته شده را نشان می‌دهد. نسبت تعداد اتم‌ها به عنصرها در آمونیوم سولفات برابر  $\frac{15}{4}$  و نسبت تعداد عنصرها به اتم‌ها در لیتیم فسفات برابر  $\frac{3}{8}$  است؛ پس نسبت خواسته شده برابر ۱۰ است. **عبارت (ت):** دو شرط برای حلال بودن این است که اولاً حل‌شونده را در خود حل کند و ثانیاً شمار مول‌های (نه جرم!) بیشتری نسبت به حل‌شونده داشته باشد.

ترکیب یونی	فرمول شیمیایی	شمار اتم‌ها	شمار عنصرها
آمونیوم سولفات	$(NH_4)_2SO_4$	۱۵	۴
لیتیم فسفات	$Li_3PO_4$	۸	۳

سولفات برابر  $\frac{15}{4}$  و نسبت تعداد عنصرها به اتم‌ها در لیتیم فسفات برابر  $\frac{3}{8}$  است؛ پس نسبت خواسته شده برابر ۱۰ است. **عبارت (ت):** دو شرط برای حلال بودن این است که اولاً حل‌شونده را در خود حل کند و ثانیاً شمار مول‌های (نه جرم!) بیشتری نسبت به حل‌شونده داشته باشد.

**C ۱ ۵۸۲**

**نکته ترکیب** تعیین حلال در محلول‌ها: محلول‌ها مخلوط‌های همگنی هستند که از یک حلال و یک یا چند حل‌شونده تشکیل می‌شوند. با توجه به اینکه فقط یک جزء از محلول می‌تواند حلال باشد، باید برای تعیین آن قاعده‌ای وجود داشته باشد؛ لذا داریم: ۱- در محلول حاصل از دو یا چند ماده که هم‌فاز نیستند، مانند یک مایع و چند جامد یا یک مایع و چند گاز، همواره مایع را حلال در نظر می‌گیریم. علت این امر آن است که مایعات می‌توانند هر سه حالت جامد، مایع و گاز را در خود حل کنند، در حالی که جامدها یا گازها نمی‌توانند موادی غیر از مواد هم‌حالت خود را در خود حل نمایند. ۲- اگر محلول مورد مطالعه از دو یا چند ماده با حالت‌های یکسان تشکیل شده بود مانند محلول آب و اتانول یا هوا و یا یک آلیاژ، حلال ماده‌ای است که شمار مول‌های بیشتری دارد. مثلاً در هوا گاز نیتروژن نقش حلال دارد؛ زیرا درصد مولی بیشتری نسبت به دیگر گازها دارد.

فقط در محلول سوم، آب حلال است. هر محلول از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است؛ بنابراین در هر یک از گزینه‌ها باید مقدار مول هر یک از اجزای مخلوط را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم: **محلول اول:**

$$? \text{ mol } H_2O = 10 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 0.56 \text{ mol } H_2O$$

$$? \text{ mol } CH_3OH = 20 \text{ g } CH_3OH \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{32 \text{ g } CH_3OH} = 0.625 \text{ mol } CH_3OH$$

$$? \text{ mol } H_2O = 54 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 3 \text{ mol } H_2O$$

پس در این محلول، متانول حلال است. **محلول دوم:**

$$? \text{ mol } C_2H_5OH = 200 \text{ mL } C_2H_5OH \times \frac{0.78 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ mL } C_2H_5OH} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} = 3.26 \text{ mol } C_2H_5OH$$

$$? \text{ mol } H_2O = 45 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 2.5 \text{ mol } H_2O$$

پس در این محلول، اتانول حلال است. **محلول سوم:**

$$? \text{ mol } C_2H_6O_2 = 99/2 \text{ mL } C_2H_6O_2 \times \frac{1.25 \text{ g } C_2H_6O_2}{1 \text{ mL } C_2H_6O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6O_2}{62 \text{ g } C_2H_6O_2} = 2 \text{ mol } C_2H_6O_2$$

با توجه به مقدار مول‌های محاسبه شده، در این محلول، آب حلال است. **محلول چهارم:**

$$? \text{ mol } H_2O = 30 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 1.67 \text{ mol } H_2O$$

$$? \text{ mol } C_3H_8O = 100 \text{ g } C_3H_8O \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8O}{58 \text{ g } C_3H_8O} = 1.72 \text{ mol } C_3H_8O$$

بنابراین در این محلول، استون ( $C_3H_8O$ ) حلال است.

**A ۱ ۵۸۳** فقط عبارت (ب) نادرست است. برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام قسمت در میلیون (ppm) استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل‌شونده وجود دارد. قسمت در میلیون (ppm) از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

چند گرم حل‌شونده وجود دارد. قسمت در میلیون (ppm) از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

**\* توجه** در محلول‌های بسیار رقیق می‌توان از جرم حل‌شونده در برابر جرم حلال صرف‌نظر کرد و رابطه ppm را به صورت  $\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 10^6$  نوشت.

توجه کنید در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

**بررسی عبارت (پ):** مس (II) سولفات در آب محلول بوده و در اثر انحلال این ترکیب در آب، محلولی به رنگ آبی به دست می‌آید.





۳ ۵۸۴ B پرسش (الف): با توجه به جرم حل‌شونده (یون منیزیم) و جرم محلول (آب رودخانه) خواهیم داشت:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{1\text{g}}{2.5\text{kg} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}} \times 10^6 = 400$$

پرسش (ب): ابتدا از غلظت یون پتاسیم، جرم آن را محاسبه کرده و سپس با استفاده از جرم مولی، مقدار مول این یون را محاسبه می‌کنیم: **روش اول:**

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 780 = \frac{x\text{g}}{40\text{kg} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}} \times 10^6 \Rightarrow x = 31.2\text{g K}^+ \quad ? \text{mol K}^+ = 31.2\text{g K}^+ \times \frac{1\text{mol K}^+}{39\text{g K}^+} = 0.8\text{mol K}^+$$

\* **توجه:** در مسائل استوکیومتری می‌توان از کسرهای تبدیل  $(\frac{10^6}{\text{ppm}})$  و  $(\frac{\text{ppm}}{10^6})$  برای حل مسائل استفاده کرد.

**روش دوم:**  $? \text{mol K}^+ = 40\text{kg محلول} \times \frac{1000\text{g محلول}}{1\text{kg محلول}} \times \frac{780\text{g K}^+}{10^6\text{g محلول}} \times \frac{1\text{mol K}^+}{39\text{g K}^+} = 0.8\text{mol K}^+$

۴ ۵۸۵ B **قسمت اول:** فرمول شیمیایی سدیم فسفید به صورت  $\text{Na}_3\text{P}$  است، در هر مول از این ترکیب، ۴ مول یون ( $3\text{Na}^+$  و  $1\text{P}^{3-}$ ) وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

**روش اول (کسر تبدیل):**  $\text{یون} = 1/204 \times 10^{23} = \frac{6/02 \times 10^{23}}{1\text{mol یون}} \times \frac{4\text{mol یون}}{1\text{mol Na}_3\text{P}} \times \frac{1\text{mol Na}_3\text{P}}{100\text{g Na}_3\text{P}} \times 5\text{g Na}_3\text{P}$  یون‌ها؟

**روش دوم (تناسب):**  $\frac{\text{جرم Na}_3\text{P}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد یون}}{4 \times N_A} \Rightarrow \frac{5\text{g}}{1 \times 10^2} = \frac{x}{4 \times 6/02 \times 10^{23}}$  یون  $x = 1/204 \times 10^{23}$

**قسمت دوم:** ابتدا جرم یون سدیم موجود در این محلول را به یکی از روش‌های زیر به دست می‌آوریم:

**روش اول (کسر تبدیل):**  $? \text{g Na}^+ = 5\text{g Na}_3\text{P} \times \frac{1\text{mol Na}_3\text{P}}{100\text{g Na}_3\text{P}} \times \frac{3\text{mol Na}^+}{1\text{mol Na}_3\text{P}} \times \frac{23\text{g Na}^+}{1\text{mol Na}^+} = 3/45\text{g Na}^+$

**روش دوم (تناسب):**  $\frac{\text{جرم Na}_3\text{P}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم Na}^+}{3 \times 23} \Rightarrow \frac{5\text{g}}{1 \times 10^2} = \frac{x\text{g Na}^+}{3 \times 23} \Rightarrow x = 3/45\text{g Na}^+$

حال می‌توانیم غلظت ppm یون سدیم را در محلول به دست آوریم:  $\text{محلول } 5 \times 10^3 \text{g} = \frac{\text{محلول } 1\text{g}}{\text{محلول } 1\text{mL}} \times \frac{\text{محلول } 10^3\text{mL}}{\text{محلول } 5\text{L}} = \text{جرم محلول}$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{3/45 \times 10^3 \text{mg}}{5\text{L}} = 690\text{ppm}$$

۳ ۵۸۶ B **قسمت اول: روش اول:** ابتدا جرم یون برمید مورد نظر را محاسبه کرده و سپس با استفاده از غلظت یون برمید، حجم آب آشامیدنی را محاسبه می‌کنیم:

$? \text{g Br}^- = 8/4 \times 10^{20} \text{ Br}^- \times \frac{1\text{mol Br}^-}{6 \times 10^{23} \text{ Br}^-} \times \frac{80\text{g Br}^-}{1\text{mol Br}^-} = 0/112\text{g Br}^-$   $\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 700 = \frac{0/112\text{g}}{x\text{g}} \times 10^6 \Rightarrow x = 160\text{g محلول}$

از آنجایی که چگالی محلول تقریباً برابر با  $1\text{g.mL}^{-1}$  است، پس حجم محلول نیز برابر با ۱۶۰ میلی‌لیتر است.

**روش دوم (کسر تبدیل):**  $? \text{mL محلول} = 8/4 \times 10^{20} \text{ Br}^- \times \frac{1\text{mol Br}^-}{6 \times 10^{23} \text{ Br}^-} \times \frac{80\text{g Br}^-}{1\text{mol Br}^-} \times \frac{10^6\text{g محلول}}{700\text{g Br}^-} \times \frac{1\text{mL محلول}}{1\text{g محلول}} = 160\text{mL محلول}$

**قسمت دوم:** هر ppm معادل  $\frac{\text{میلی گرم های حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$  است، بنابراین:  $700 = \frac{\text{میلی گرم های } \text{Br}^-}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow V = 0/0025\text{L} = 2/5\text{mL}$

۲ ۵۸۷ B **روش اول:** فرمول شیمیایی آمونیوم کربنات به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  است، بنابراین با توجه به غلظت یون کربنات خواهیم داشت:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 24 = \frac{\text{جرم } \text{CO}_3^{2-}}{45\text{kg} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم } \text{CO}_3^{2-} = 1/08\text{g}$$

$$? \text{mol NH}_4^+ = 1/08\text{g CO}_3^{2-} \times \frac{1\text{mol CO}_3^{2-}}{60\text{g CO}_3^{2-}} \times \frac{2\text{mol NH}_4^+}{1\text{mol CO}_3^{2-}} = 0/36\text{mol NH}_4^+$$

**روش دوم (کسر تبدیل):**  $? \text{mol NH}_4^+ = 45\text{kg محلول} \times \frac{1000\text{g محلول}}{1\text{kg محلول}} \times \frac{24\text{g CO}_3^{2-}}{10^6\text{g محلول}} \times \frac{1\text{mol CO}_3^{2-}}{60\text{g CO}_3^{2-}} \times \frac{2\text{mol NH}_4^+}{1\text{mol CO}_3^{2-}} = 0/36\text{mol NH}_4^+$

$45 \times 1000 \times 24 \times 2 = ?$  ساده کردن، بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار  $\rightarrow 45 \times 24 \times 2 = 45 \times 4 \times 2 = 360$

+ **توضیح محاسبات:** پاسخ از جنس ۳۶۰ است (پاسخ: ۰/۳۶)

ابتدا جرم یون هیدروکسید موجود در محلول اولیه را محاسبه کرده و سپس غلظت ppm آن را در محلول نهایی به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 600 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{8/4 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 5/04 \text{ g KOH}$$

$$? \text{ g OH}^- = 5/04 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{17 \text{ g OH}^-}{1 \text{ mol OH}^-} = 1/53 \text{ g OH}^- , \text{ppm} = \frac{1/53 \text{ g}}{(8/6 + 8/4) \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}} \times 10^6 = 90 \text{ ppm OH}^-$$

ابتدا جرم یون های نیترات را در دو محلول به دست می آوریم:

$$? \text{ g NO}_3^- = 0/001 \text{ mol Mg(NO}_3)_2 \times \frac{2 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Mg(NO}_3)_2} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 0/124 \text{ g NO}_3^- \quad : (\text{Mg(NO}_3)_2)$$

محلول آلومینیم نیترات  $(\text{Al(NO}_3)_3)$ :

$$? \text{ g NO}_3^- = 500 \text{ g محلول} \times \frac{426 \text{ g Al(NO}_3)_3}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Al(NO}_3)_3}{213 \text{ g Al(NO}_3)_3} \times \frac{3 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Al(NO}_3)_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 0/186 \text{ g NO}_3^-$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{(0/124 + 0/186)}{100 + 500} \times 10^6 = 517 \text{ ppm} \quad \text{در نهایت می توان غلظت ppm یون های نیترات را در محلول نهایی، محاسبه کرد:}$$

ابتدا مقدار  $\text{Na}^+$  در هر محلول را محاسبه کرده و سپس غلظت ppm آن را در محلول نهایی محاسبه می کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 97/5 = \frac{\text{جرم NaCl}}{225 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم NaCl} = \frac{351}{16000} \text{ g} , 10^3 = \frac{\text{جرم NaBr}}{125 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم NaBr} = \frac{206}{16000} \text{ g}$$

$$? \text{ g Na}^+ = \left( \frac{351}{16000} \text{ g NaCl} \times \frac{23 \text{ g Na}^+}{58/5 \text{ g NaCl}} \right) + \left( \frac{206}{16000} \text{ g NaBr} \times \frac{23 \text{ g Na}^+}{103 \text{ g NaBr}} \right) = \frac{23}{2000} \text{ g Na}^+$$

$$\text{ppm} = \frac{\frac{23}{2000} \text{ g}}{(225 + 125) \text{ g}} \times 10^6 = 33 \text{ ppm Na}^+$$

محاسبه غلظت ppm محلول نهایی:

غلظت ppm یون  $\text{Mg}^{2+}$  در آب دریا برابر 1350 ppm است. این بدان معناست که در 10<sup>6</sup> گرم از آب این 1350 گرم  $\text{Mg}^{2+}$  وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ ton آب} = 1 \text{ ماه} \times \frac{30 \text{ روز}}{1 \text{ ماه}} \times \frac{270 \text{ kg Mg}}{1 \text{ روز}} \times \frac{1000 \text{ g Mg}}{1 \text{ kg Mg}} \times \frac{10^6 \text{ g آب}}{1350 \text{ g Mg}} \times \frac{1 \text{ ton آب}}{10^6 \text{ g آب}} \times \frac{100}{1000} = 7500 \text{ ton آب}$$

بازده کارگاه

۱ ۵۹۲ B

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم یا لیتر محلول}}$$

\* توجه در محلول های بسیار رقیق آبی، غلظت ppm از رابطه روبه رو به دست می آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 2/5 = \frac{x \text{ mg}}{9/6 \text{ L}} \Rightarrow x = 24 \text{ mg S}^{2-}$$

با توجه به نکته بیان شده خواهیم داشت:

$$\text{جرم S}^{2-} = \text{جرم CaS} + (17 \text{ mg (NH}_4)_2\text{S} \times \frac{1 \text{ g (NH}_4)_2\text{S}}{1000 \text{ mg (NH}_4)_2\text{S}} \times \frac{32 \text{ g S}^{2-}}{68 \text{ g (NH}_4)_2\text{S}} \times \frac{1000 \text{ mg S}^{2-}}{1 \text{ g S}^{2-}})$$

$$\text{جرم S}^{2-} \text{ موجود در CaS} = 24 - 8 = 16 \text{ mg S}^{2-}$$

$$\text{جرم CaS} = 16 \times 10^{-3} \text{ g S}^{2-} \times \frac{1 \text{ mol S}^{2-}}{32 \text{ g S}^{2-}} \times \frac{1 \text{ mol CaS}}{1 \text{ mol S}^{2-}} \times \frac{72 \text{ g CaS}}{1 \text{ mol CaS}} \times \frac{1000 \text{ mg CaS}}{1 \text{ g CaS}} = 36 \text{ mg CaS}$$

از آنجایی که به هر محلول تنها آب اضافه می کنیم، پس جرم  $\text{Cu}^{2+}$  از محلول (1) تا محلول (5) ثابت می ماند، پس مقدار  $\text{Cu}^{2+}$  در محلول (5) نیز برابر با

$$? \text{ g Cu}^{2+} = 6 \times 10^{-4} \text{ mol CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{64 \text{ g Cu}^{2+}}{1 \text{ mol Cu}^{2+}} = \frac{24}{625} \text{ g Cu}^{2+} \quad \text{6} \times 10^{-4} \text{ مول است.}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 1/6 = \frac{24}{625} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 2400 \text{ g} = 24 \text{ kg}$$

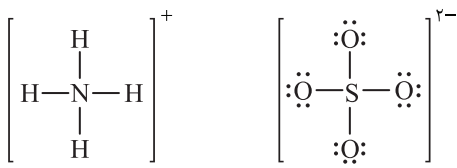
جرم اولیه محلول 8 کیلوگرم بوده و جرم نهایی آن 24 kg است. با فرض اینکه در هر مرحله x کیلوگرم آب به محلول اضافه کرده ایم، خواهیم داشت:

$$8 + 4x = 24 \Rightarrow x = 4 \text{ kg} \Rightarrow ? \text{ L H}_2\text{O} = 4 \text{ kg H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{O}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} = 4 \text{ L H}_2\text{O}$$



۳ ۵۹۴ B به جز عبارت چهارم، سایر عبارتها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: نسبت کاتیون به آنیون در منیزیم کربنات ( $MgCO_3$ ) برابر ۱ و در

آلومینیم نیترات ( $Al(NO_3)_3$ ) برابر  $\frac{1}{3}$  است. عبارت دوم: ساختار لوویس یون‌های آمونیوم ( $NH_4^+$ ) و سولفات ( $SO_4^{2-}$ ) به صورت زیر است. با توجه به این



ساختارها، قسمت اول عبارت، درست است؛ اما دقت کنید در یون آمونیوم اتم‌های هیدروژن به آرایش دوتایی هلیوم رسیده‌اند نه هشت‌تایی! عبارت سوم: در هر  $100$  گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود  $27$  گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد نه فقط سدیم کلرید! عبارت چهارم: از رابطه غلظت ppm داریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{0.5 \times 10^{-3} \text{ g } F^-}{250 \text{ g}} \times 10^6 = 0.2$$

۲ ۵۹۵ B اگر تعداد یون‌های حاصل از انحلال هر واحد فرمولی از ترکیب یونی را  $n$  و جرم مولی ترکیب یونی را  $M$  گرم بر مول در نظر بگیریم، می‌توانیم نسبت جرم مولی به تعداد یون حاصل را به دست آوریم و با گزینه‌ها بررسی کنیم:

$$\frac{M}{n} = 25 \Rightarrow \frac{M}{n} = \frac{4 \times 10^{22} \text{ یون}}{6 \times 10^{23} \text{ یون}} \times \frac{n \text{ mol یون}}{1 \text{ mol نمک}} \times \frac{1 \text{ mol نمک}}{1 \text{ mol نمک}} \times \frac{1 \text{ g نمک}}{1 \text{ kg محلول}} \times \frac{75 \text{ mg نمک}}{25 \text{ kg محلول}} = 25$$

با توجه به گزینه‌ها، تنها نسبت  $M$  به  $n$  در ترکیب گزینه (۲) برابر  $25$  ( $\frac{10^5}{4}$ ) است.

۱ ۵۹۶ C معادله موازنه شده هر یک از واکنش‌ها:  $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$  مرحله ۳،  $2SO_3 + O_2 \rightarrow 2SO_3$  مرحله ۲،  $S + O_2 \rightarrow SO_2$  مرحله ۱

\* توجه در مسائلی که بیش از یک واکنش داریم، برای راحتی می‌توان از هم‌ارزی دو ماده استفاده کرد. به این صورت که از یک ماده در واکنش اول چند مول فراورده در واکنش سوم تولید می‌شود. برای مثال در این سؤال از هر مول  $S$  در واکنش اول، یک مول  $H_2SO_4$  تولید می‌شود، پس  $1$  مول  $S$  هم‌ارز با  $1$  مول  $H_2SO_4$  است:  $1 \text{ mol } S \sim 1 \text{ mol } H_2SO_4$

قسمت اول: روش اول: ابتدا مقدار گوگرد مورد نیاز برای تولید  $313/6$  گرم سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم } H_2SO_4}{\text{جرم مولی } H_2SO_4} = \frac{\text{جرم } S}{\text{جرم مولی } S} \Rightarrow \frac{313/6}{1 \times 98} = \frac{x}{1 \times 32} \Rightarrow x = 102/4 \text{ g } S$$

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 80 = \frac{102/4}{\text{جرم سوخت}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم سوخت} = 1/28 \times 10^6 \text{ g} = 1/28 \text{ ton}$$

$$\text{روش دوم: سوخت } 1/28 \text{ ton} = \frac{\text{سوخت } 10^6 \text{ g}}{10^6 \text{ g سوخت}} \times \frac{1 \text{ ton سوخت}}{10^6 \text{ g سوخت}} \times \frac{32 \text{ g } S}{1 \text{ mol } S} \times \frac{1 \text{ mol } S}{1 \text{ mol } H_2SO_4} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98 \text{ g } H_2SO_4} = 313/6 \text{ g } H_2SO_4 = \text{سوخت } 1/28 \text{ ton}$$

قسمت دوم: با توجه به معادله‌های داده شده، به ازای مصرف یک مول  $O_2$  در واکنش مرحله (۱) و مصرف  $5/1$  مول  $O_2$  در واکنش مرحله (۲)، یک مول  $H_2SO_4$  تولید شده است. بنابراین به ازای مصرف  $1/5$  مول  $O_2$ ،  $1$  مول  $H_2SO_4$  تولید می‌شود.

$$? \text{ L } O_2 = 313/6 \text{ g } H_2SO_4 \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98 \text{ g } H_2SO_4} \times \frac{1/5 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } H_2SO_4} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 107/52 \text{ L } O_2$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{313/6 \times 1/5 \times 22.4}{98} = ? \quad \text{تخمین زدن و ساده کردن به جای } 313/6 \text{ و } 98 \text{ اعداد } 310 \text{ و } 96 \text{ قرار دهیم.} \quad \frac{310 \times 1/5 \times 22.4}{96} = \frac{15 \times 22.4}{32} = 112 \quad (\text{پاسخ: } 107/52)$$

۲ ۵۹۷ C مقدار  $a$ ،  $b$  و  $c$  را محاسبه می‌کنیم:

$$634/4 \text{ C}_6\text{H}_5\text{COOH} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{COOH}}{122 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{COOH}} = 5/2 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{COOH} \quad :a$$

$$\frac{PV_n}{T} = \frac{PV_n}{T} \Rightarrow \frac{1 \times 22.4/4}{273} = \frac{2 \times V_n}{409/5} \Rightarrow V_n = 16/8 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ? \text{ mol HCl} = 103/04 \text{ L HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{16/8 \text{ L HCl}} = 6/13 \text{ mol} \quad :b$$

$$(d) \text{ چگالی} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow 1/28 = \frac{32}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \text{حجم مولی} = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ? \text{ mol NH}_3 = 50 \text{ L NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{25 \text{ L NH}_3} = 2 \text{ mol NH}_3 \quad :c$$

$$\text{جرم محلول} = 1/2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 160 \text{ mL} = 192 \text{ g محلول} \quad ppm \text{ OH}^- = \frac{\text{جرم OH}^-}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 24 \times 10^3 = \frac{\text{جرم OH}^-}{1920} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم OH}^- = 65/28 \text{ g} \quad :d$$

$$? \text{ mol Na}^+ = 65/28 \text{ g OH}^- \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{17 \text{ g OH}^-} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{1 \text{ mol H}^-} = 3/84 \text{ mol Na}^+$$

۱ ۵۹۸ C ابتدا جرم آهن موجود در آب دریاچه را محاسبه می‌کنیم و سپس به جرم مولی آهن می‌رسیم و به کمک جرم مولی آهن، فراوانی ایزوتوپ  $^{54}\text{Fe}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم یون آهن}}{\text{جرم آب دریاچه}} \times 10^6 \Rightarrow 69/75 = \frac{\text{جرم یون آهن}}{40 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow 2/79 \text{ g}$$

با توجه به اینکه تعداد مول آهن (II) برمید ( $\text{FeBr}_2$ ) در آب این دریاچه برابر با ۰/۵ است، پس تعداد مول  $\text{Fe}^{2+}$  هم برابر با ۰/۵ مول می‌شود. جرم مولی آهن

$$\text{جرم آهن} = \frac{\text{جرم آهن}}{\text{تعداد مول آهن}} \Rightarrow \text{جرم مولی آهن} = \frac{2/79 \text{ g}}{0/5} \Rightarrow 55/8 \text{ g.mol}^{-1}$$

برابر است با:

میزان فراوانی ایزوتوپ  $^{54}\text{Fe}$  را برابر با  $x$  در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه جرم مولی آهن با جرم اتمی میانگین آن برابر است، داریم:

$$55/8 = \frac{54(x) + 56(100-x)}{100} \Rightarrow x = 7/10$$

۳ ۵۹۹ C ابتدا جرم یون  $\text{CO}_3^{2-}$  موجود در مخزن a را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم } \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{\text{جرم } \text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 26/5 = \frac{\text{جرم } \text{Na}_2\text{CO}_3}{150 \text{ mL} \times 1/5 \text{ g.mL}^{-1}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم } \text{Na}_2\text{CO}_3 = (26/5 \times 15 \times 1/5) \text{ g}$$

$$? \text{ g } \text{CO}_3^{2-} = 26/5 \times 15 \times 1/5 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3}{106 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CO}_3^{2-}}{1 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{60 \text{ g } \text{CO}_3^{2-}}{1 \text{ mol } \text{CO}_3^{2-}} = 337/5 \text{ g } \text{CO}_3^{2-}$$

سپس به کمک رابطه ppm، جرم محلول مخزن a را پس از تبخیر آب به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm } \text{CO}_3^{2-} = \frac{\text{g } \text{CO}_3^{2-}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 22/5 \times 10^4 = \frac{337/5}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 1500 \text{ g}$$

پس طی این فرایند  $750 \text{ g}$  ( $[1500 \text{ mL} \times 1/5 \text{ g.mL}^{-1}] - 1500$ ) از مخزن a تبخیر شده است که ۸۰٪ آن یعنی  $600 \text{ g}$  ( $750 \times \frac{80}{100}$ ) آن وارد مخزن b شده است. اکنون

غلظت ppm یون سدیم در در محلول مخزن b محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm } \text{NaOH} = \frac{\text{جرم } \text{NaOH}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{\text{جرم } \text{NaOH}}{500 \text{ mL} \times 1/68 \text{ g.mL}^{-1}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم } \text{NaOH} = (1/6 \times 5 \times 50) \text{ g}$$

$$? \text{ g } \text{Na}^+ = 1/6 \times 5 \times 50 \text{ g } \text{NaOH} \times \frac{1 \text{ mol } \text{NaOH}}{40 \text{ g } \text{NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Na}^+}{1 \text{ mol } \text{NaOH}} \times \frac{23 \text{ g } \text{Na}^+}{1 \text{ mol } \text{Na}^+} = 23 \text{ g } \text{Na}^+$$

$$\text{ppm } \text{Na}^+ = \frac{\text{جرم } \text{Na}^+}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{23}{800+600} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm } \text{Na}^+ = \frac{23}{14} \times 10^5$$

۳ ۶۰۰ A عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (ب): فرمول محاسبه درصد جرمی و ppm به صورت مقابل است:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6, \text{ درصد جرمی (w/w)} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

در نتیجه رابطه ( $\text{ppm} = \text{درصد جرمی} \times 10^4$ ) بین درصد جرمی و غلظت ppm یک حل شونده در یک محلول برقرار است. عبارت (ت): با توجه به جرم حل شونده و

حلال، می‌توان از جرم حل شونده موجود در محلول صرف نظر کرد.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{19000 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}}{1 \text{ kg} \text{ محلول} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg} \text{ محلول}}} \times 100 = 1/9$$

۱ ۶۰۱ A ابتدا جرم آب موجود در محلول اول و جرم گلوکز موجود در محلول دوم را محاسبه کرده و سپس این دو مقدار را از هم کم می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{آب } x = 67/5 \text{ g} \Rightarrow 54 = \frac{x}{125} \times 100 \Rightarrow x = 67/5 \text{ g} \\ \text{گلوکز } y = 45 \text{ g} \Rightarrow 15 = \frac{y}{300} \times 100 \Rightarrow y = 45 \text{ g} \end{array} \right.$$

اختلاف خواسته شده  $= 67/5 - 45 = 22/5$

۳ ۶۰۲ B ابتدا جرم سدیم نیترات موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم. با خروج سدیم نیترات به عنوان رسوب، جرم محلول نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین با فرض اینکه  $x$

گرم سدیم نیترات رسوب کرده است، خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{a}{200} \times 100 \Rightarrow a = 80 \text{ g } \text{NaNO}_3 \Rightarrow 33/3 = \frac{80-x}{200-x} \times 100 \Rightarrow x = 20 \text{ (NaNO}_3\text{) رسوب}$$



۲ ۶۰۳ B ابتدا جرم شکر مصرفی در یک روز را محاسبه می‌کنیم: شکر  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$  شکر  $12 \text{ g}$  نوشابه  $320 \text{ g}$  قوطی  $10^5$  = جرم شکر در یک روز  
شکر  $10^3 \text{ g}$  نوشابه  $10^6 \text{ g}$  قوطی  $1$

سپس جرم آب مصرفی در یک روز را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم آب مصرفی} = 3840 \text{ kg} - \left[ 10^5 \times \frac{320 \text{ g}}{1000} + 10^3 \times \frac{1 \text{ kg}}{1000} \right] = 28160 \text{ kg}$$

با توجه به اینکه چگالی آب برابر  $1 \text{ g mL}^{-1}$  است، می‌توان نتیجه گرفت که حجم آب مصرفی برابر  $28160$  لیتر یا  $28/16$  متر مکعب بوده است.

۲ ۶۰۴ B قسمت اول: با توجه به درصد جرمی محلول، در هر صد گرم محلول،  $28$  گرم پتاسیم هیدروکسید و  $72$  گرم آب وجود دارد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{نسبت خواسته شده} = \frac{\text{mol KOH}}{\text{mol H}_2\text{O}} = \frac{28 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}}}{72 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}}} = 0/125$$

$$? \text{ K}^+ = 300 \text{ g محلول} \times \frac{28 \text{ g KOH}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol K}^+}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ ion K}^+}{1 \text{ mol ion K}^+} = 9/03 \times 10^{23} \text{ ion K}^+$$

قسمت دوم:

۴ ۶۰۵ B پرسش (الف): جرم منیزیم سولفات حل شده را  $x$  در نظر می‌گیریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{x}{(90+x)} \times 100 \Rightarrow x = 60 \text{ g MgSO}_4, ? \text{ mol MgSO}_4 = 60 \text{ g MgSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{120 \text{ g MgSO}_4} = 0/5 \text{ mol MgSO}_4$$

پرسش (ب): برای حل این سؤال ابتدا جرم محلول را محاسبه کرده و سپس با استفاده از حجم آن، چگالی محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 18 = \frac{0/6 \text{ mol NaHCO}_3 \times \frac{84 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

$$\text{جرم محلول} = 280 \text{ g} \Rightarrow \text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{280 \text{ g}}{200 \text{ mL}} = 1/4 \text{ g mL}^{-1}$$

۳ ۶۰۶ B جرم اولیه روی کلرید حل شده در محلول را  $x$  در نظر می‌گیریم، با توجه به داده‌های مسئله خواهیم داشت:

$$\text{جرم محلول} = 45 + 135 = 180 \text{ g} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x}{180} \times 100 \Rightarrow x = 36 \text{ g ZnCl}_2$$

از آنجا که جرم نمک حل شده با افزودن آب، تغییر نمی‌کند، می‌توان نوشت:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{36}{45} \times 100 = 80\%$$

۲ ۶۰۷ B

★ نکته اگر  $m_1$  گرم محلول  $a_1$  درصد جرمی یک نمک را با  $m_2$  گرم محلول  $a_2$  درصد جرمی همین نمک مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول حاصل به صورت زیر است:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{m_1 + m_2}$$

$$40 = \frac{(400 \times 28) + (m \times 59/2)}{400 + m} \Rightarrow m = 250 \text{ g}$$

با توجه به نکته بالا خواهیم داشت:

۱ ۶۰۸ B قسمت اول: ابتدا با استفاده از شمار یون‌های نیترات، جرم آمونیوم نیترات و یون آمونیوم را محاسبه می‌کنیم، سپس با استفاده از جرم آب، درصد جرمی یون

آمونیوم را در محلول به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g NH}_4\text{NO}_3 = 9/03 \times 10^{22} \text{ NO}_3^- \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{6/02 \times 10^{23} \text{ NO}_3^-} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{1 \text{ mol NO}_3^-} \times \frac{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} = 12 \text{ g NH}_4\text{NO}_3$$

$$? \text{ g NH}_4^+ = 12 \text{ g NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{18 \text{ g NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4^+} = 2/7 \text{ g NH}_4^+$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{2/7}{(12+42)} \times 100 = 5\%$$

قسمت دوم: در قسمت اول سؤال، جرم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  را محاسبه کرده بودیم. در نتیجه:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم NH}_4\text{NO}_3}{\text{جرم آب} + \text{جرم NH}_4\text{NO}_3} \times 10^6 = \frac{12}{12+42} \times 10^6 = 222222 \text{ ppm}$$



$$? \text{ ton آب} = 700 \text{ m}^3 \text{ آب} \times \frac{1000 \text{ L آب}}{1 \text{ m}^3 \text{ آب}} \times \frac{1 \text{ kg آب}}{1 \text{ L آب}} = 7 \times 10^5 \text{ kg آب}$$

ابتدا جرم آب استخر را به دست می‌آوریم: **۱ ۶۰۹ B**

اکنون از رابطه ppm، جرم  $\text{Cl}_2$  موجود در آب استخر را که معادل مقدار  $\text{Cl}_2$  موجود در محلول ضد عفونی کننده است محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم آب استخر}} = \frac{x \text{ mg Cl}_2}{7 \times 10^5 \text{ kg}} \Rightarrow 1 = \frac{x}{7 \times 10^5} \Rightarrow x = 7 \times 10^5 \text{ mg Cl}_2 = 700 \text{ g Cl}_2$$

در آخر، به کمک درصد جرمی  $\text{Cl}_2$  در محلول ضد عفونی کننده، حجم محلول مورد نیاز را به دست می‌آوریم:

$$100 \text{ g} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 100 = \frac{700}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 700 \text{ g}$$

\* توجه با توجه به چگالی آب استخر، پس از افزودن محلول کلر، جرم آن از 700 تن به 700/1 تن می‌رسد که به علت کوچکی عدد، از آن صرف نظر کردیم.

**۲ ۶۱۰ B**

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{x}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 0.14 = \frac{x}{7/4} \times 100 \Rightarrow x = 0.1036 \text{ g Li}_2\text{CO}_3$$

$$? \text{ g Li}^+ = 0.1036 \text{ g Li}_2\text{CO}_3 \times \frac{1 \text{ mol Li}_2\text{CO}_3}{74 \text{ g Li}_2\text{CO}_3} \times \frac{2 \text{ mol Li}^+}{1 \text{ mol Li}_2\text{CO}_3} \times \frac{7 \text{ g Li}^+}{1 \text{ mol Li}^+} = 1.96 \times 10^{-3} \text{ g Li}^+$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 490 = \frac{1.96 \times 10^{-3}}{y} \times 10^6 \Rightarrow y = 4 \text{ g محلول} = 7/4 \text{ g} = 3/4 \text{ g}$$

ابتدا درصد جرمی  $\text{CaBr}_2$  را در محلول اولیه محاسبه می‌کنیم. برای این منظور فرض می‌کنیم 100 گرم از محلول را در اختیار داریم: **۱ ۶۱۱ B**

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 8000 = \frac{x(\text{g})}{100} \times 10^6 \Rightarrow x = 0.8 \text{ g Br}^-$$

اکنون می‌توان جرم کلسیم برمید موجود در این محلول را به دست آورد:

$$? \text{ g CaBr}_2 = 0.8 \text{ g Br}^- \times \frac{1 \text{ mol Br}^-}{80 \text{ g Br}^-} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{2 \text{ mol Br}^-} \times \frac{200 \text{ g CaBr}_2}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 1 \text{ g CaBr}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم Br}^-}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم CaBr}_2}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0.8}{2 \times 80} = \frac{y}{200} \Rightarrow y = 1 \text{ g CaBr}_2$$

روش دوم (تناسب):

پس در 100 گرم از این محلول، 1 گرم  $\text{CaBr}_2$  حل شده است و درصد جرمی  $\text{CaBr}_2$  در این محلول برابر 1٪ می‌باشد. اکنون برای محاسبه جرم محلول اولیه می‌توان

از رابطه مقابل استفاده کرد:  $\text{درصد جرمی محلول (۲)} \times \text{جرم محلول (۲)} + \text{درصد جرمی محلول (۱)} \times \text{جرم محلول (۱)} = \text{درصد جرمی محلول نهایی} \times (\text{جرم محلول (۱)} + \text{جرم محلول (۲)})$

$$\Rightarrow 2 = \frac{(m \times 1) + (160 \times 4)}{m + 160} \Rightarrow 2m + 320 = m + 640 \Rightarrow m = 320 \text{ g}$$

ابتدا جرم یون کلرید را در محلول اولیه به دست می‌آوریم: **۲ ۶۱۲ B**

$$? \text{ g Cl}^- = 400 \text{ mL محلول} \times \frac{1/2 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{36/5 \text{ g HCl}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36/5 \text{ g HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{35/5 \text{ g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} = 170/4 \text{ g Cl}^-$$

ضمن افزودن آب مقطر به این محلول، جرم یون‌های کلرید ثابت می‌ماند و فقط جرم محلول افزایش می‌یابد. اگر جرم آب مقطر افزوده شده را m در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 53/25 \times 10^3 = \frac{170/4}{(400 \text{ mL} \times \frac{1/2 \text{ g}}{1 \text{ mL}}) + m} \times 10^6 \Rightarrow m + 480 = 3200 \Rightarrow m = 2720 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$? \text{ s} = 2720 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ s}}{10 \text{ mL H}_2\text{O}} = 272 \text{ s}$$

اکنون می‌توان زمان سپری شده را محاسبه کرد:

**۳ ۶۱۳ B** عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در یک محلول، غلظت ppm یک حل شونده،  $10^4$  برابر درصد جرمی

$$\text{ppm} = 10^4 \times \text{درصد جرمی} \Rightarrow 10^4 \times 0.1 = 1000$$

آن است؛ بنابراین:

عبارت دوم: سرم فیزیولوژی محلول رقیق سدیم کلرید در آب است. عبارت سوم: نسبت شمار اتم‌های سازنده آمونیوم کربنات  $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$  به آلومینیم سولفات

$$\left. \begin{aligned} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3: \text{شماره اتم‌های سازنده} &= 2 \times 5 + 4 = 14 \\ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3: \text{شماره اتم‌های سازنده} &= 2 + 3 \times 5 = 17 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{نسبت خواسته شده} = \frac{14}{17} = 0.8$$

$(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$  به تقریب برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 27 = \frac{x \text{ kg حل شونده}}{1/2 \times 10^3 \text{ kg}} \times 100 \Rightarrow x = 324 \text{ kg حل شونده}$$

عبارت چهارم: با استفاده از رابطه درصد جرمی داریم:



۳ ۶۱۴ C قسمت اول: روش اول: ابتدا با استفاده از چگالی، جرم محلول را محاسبه کرده و سپس به کمک درصد جرمی محلول، جرم HI حل شده را می‌یابیم. نهایت با استفاده از حجم مولی گازها در شرایط STP، حجم گاز HI حل شده در محلول را به دست می‌آوریم:  $\text{محلول } 80\text{g} \Rightarrow x = \frac{x}{50\text{mL}} \Rightarrow 1/6 = \frac{x}{\text{حجم چگالی}}$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{y}{80} \times 100 \Rightarrow y = 64\text{g HI} \quad ? L \text{ HI} = 64\text{g HI} \times \frac{1 \text{ mol HI}}{128\text{g HI}} \times \frac{22.4 \text{ L HI}}{1 \text{ mol HI}} = 11.2 \text{ L HI}$$

$$? L \text{ HI(g)} = 50\text{mL محلول} \times \frac{1/6 \text{g محلول}}{1 \text{mL محلول}} \times \frac{80\text{g HI}}{100\text{g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol HI}}{128\text{g HI}} \times \frac{22.4 \text{ L HI}}{1 \text{ mol HI}} = 11.2 \text{ L HI}$$

روش دوم:

قسمت دوم: معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HI} \rightarrow \text{CaI}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  است. با توجه به اینکه جرم HI موجود در محلول را در پاسخ قسمت اول مسئله محاسبه کردیم، راه حل قسمت دوم را ادامه می‌دهیم.

$$? \text{g Ca(OH)}_2 = 64\text{g HI} \times \frac{1 \text{ mol HI}}{128\text{g HI}} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{2 \text{ mol HI}} \times \frac{74\text{g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 18.5\text{g Ca(OH)}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{HI گرم}}{\text{جرم مولی ضرب}} = \frac{\text{Ca(OH)}_2 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی ضرب}} \Rightarrow \frac{64}{128 \times 2} = \frac{x \text{ g Ca(OH)}_2}{74 \times 1} \Rightarrow x = 18.5\text{g Ca(OH)}_2$$

روش دوم (تناسب):

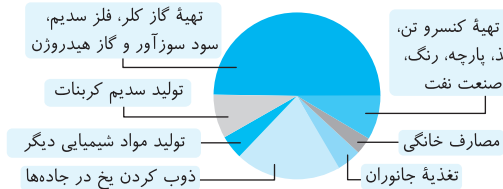
۴ ۶۱۵ C

$$\text{MgCl}_2 \text{ در محلول } \text{g Cl}^- = 190\text{mL محلول MgCl}_2 \times \frac{1/5\text{g محلول}}{1 \text{mL محلول}} \times \frac{40\text{g MgCl}_2}{100\text{g}} \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95\text{g MgCl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{35.5\text{g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} = 27.4 \times 35.5 / 5\text{g Cl}^-$$

$$\text{FeCl}_3 \text{ در محلول } \text{g Cl}^- = 325\text{mL محلول FeCl}_3 \times \frac{1/5\text{g محلول}}{1 \text{mL محلول}} \times \frac{4 \times 10^4 \text{ g FeCl}_3}{162/5\text{g FeCl}_3} \times \frac{3 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol FeCl}_3} \times \frac{35.5\text{g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} = 0.36 \times 35.5 / 5\text{g Cl}^-$$

$$a_{\text{Cl}^-} = \frac{\text{MgCl}_2 \text{ محلول } \text{g Cl}^- + \text{FeCl}_3 \text{ محلول } \text{g Cl}^-}{\text{MgCl}_2 \text{ محلول } \text{g} + \text{FeCl}_3 \text{ محلول } \text{g} + \text{g H}_2\text{O}} \times 100 \Rightarrow a_{\text{Cl}^-} = \frac{27.4 \times 35.5 / 5 + 0.36 \times 35.5 / 5}{285 + 487 / 5 + 227 / 5} \times 100 = \frac{27.76 \times 35.5 / 5}{1000} \times 100 = 7.9 / 8$$

۳ ۶۱۶ A مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی و شیمیایی از آن جدا کرد. برای نمونه سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود. درحالی‌که منیزیم کلرید موجود در آب دریا را به روش‌های شیمیایی جداسازی و استخراج می‌کنند.



۱ ۶۱۷ A میزان مصرف نمک طعام (سدیم کلرید) برای کاربردهای متفاوت به صورت نمودار مقابل است. با توجه به نمودار، مقدار مصرفی سدیم کلرید برای ذوب کردن یخ در جاده‌ها بیشتر از مقدار مصرفی آن برای تولید سدیم کربنات است.

۴ ۶۱۸ A فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون‌های کلرید و سدیم به ترتیب اولین و دومین یون فراوان آب دریا هستند. به منظور تولید فلز منیزیم، جریان برق را از منیزیم کلرید مذاب (نه محلول آن!) عبور می‌دهند. عبارت (ب): سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید طی فرایند تبلور (نوعی فرایند فیزیکی) از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود. برای استخراج و جداسازی Mg، در مرحله نخست منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول  $\text{Mg(OH)}_2$  رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند.  $\text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg(l)} + \text{Cl}_2(\text{g})$

عبارت (پ): کمترین سهم کاربرد NaCl در مصارف خانگی است. در فرایند استخراج منیزیم از آب دریا، نخست نمک نامحلول  $\text{Mg(OH)}_2$  و سپس نمک محلول در آب  $\text{MgCl}_2$  تولید می‌شود. عبارت (ت): یکی از کاربردهای NaCl، تهیه مواد شیمیایی گوناگون مانند گاز کلر، فلز سدیم، سود سوزآور و گاز هیدروژن است. از سدیم کلرید (نه منیزیم کلرید!) برای ذوب کردن یخ جاده‌ها استفاده می‌شود.

۳ ۶۱۹ B برای تهیه همه مواد به جز مورد چهارم، از نمک طعام (NaCl) استفاده می‌شود. بررسی موارد: مورد اول: فلزی از دوره سوم جدول تناوبی که رنگ شعله آن زرد است، همان فلز سدیم است که از برق‌کافت سدیم کلرید مذاب حاصل می‌شود. مورد دوم: کلر از گروه هالوژن‌ها، در حالت مذاب به صورت مولکول‌های دواتمی است که اتم‌های آن به آرایش گاز نجیب آرگون ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ) رسیده‌اند. این گاز از برق‌کافت سدیم کلرید مذاب حاصل می‌شود. مورد سوم: سود سوزآور همان سدیم هیدروکسید است که با استفاده از سدیم کلرید می‌توان آن را تهیه کرد. مورد چهارم: در فرایند هابر دو واکنش دهنده ( $\text{H}_2$  و  $\text{N}_2$ ) شرکت می‌کنند. واکنش دهنده با نقطه جوش بالاتر، همان گاز نیتروژن است که آن را از تقطیر جزء به جزء هوای مایع به دست می‌آورند. مورد پنجم: فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریا، یون  $\text{Na}^+$  است. برای تهیه سدیم کربنات ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )، از سدیم کلرید استفاده می‌شود.

شمار اتم‌ها	شمار عنصرها	شمار اتم‌ها	فرمول شیمیایی	ترکیب یونی
$\frac{14}{4} = 3.5$	۴	۱۴	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	آمونیم کربنات
$\frac{17}{3} = 5.66$	۳	۱۷	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	آهن (III) سولفات

۳ ۶۲۰ B بررسی عبارت داده شده: تهیه فلز سدیم، از سدیم کلرید استخراج شده از آب دریا و تهیه منیزیم از آب دریا هر دو فرایندهای شیمیایی هستند. عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) همانند عبارت داده شده نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): برای شناسایی یون‌های باریم و کلسیم، به ترتیب از محلول حاوی یون سولفات مانند سدیم سولفات و محلول حاوی یون فسفات مانند سدیم فسفات استفاده می‌کنند. عبارت (ب): در جدول مقابل، نسبت شمار اتم‌ها و عنصرهای دو ترکیب آمده است. این دو نسبت با یکدیگر برابر نیستند. عبارت (پ): حلال جزئی از محلول است که اولاً حل شونده را در خود حل کرده و ثانیاً شمار مول‌های بیشتری نسبت به حل شونده دارد.

- ۳ ۶۲۱ A همه موارد به جز عبارت سوم به مطلبی درست اشاره دارند. سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می شود.
- ۲ ۶۲۲ B عبارت های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): دستگاه اندازه گیری قند خون (گلوکومتر) میلی گرم گلوکز را در هر دسی لیتر (۱۰۰ mL) از خون نشان می دهد. عبارت (ث): ابتدا به کمک رابطه غلظت مولی، مقدار مول KI را محاسبه کرده و سپس جرم آن را به دست می آوریم:

$$? \text{ g KI} = 0.05 \text{ mol KI} \times \frac{166 \text{ g KI}}{1 \text{ mol KI}} = 8.3 \text{ g KI}$$

$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{0.05}{0.25} = \frac{n}{V} \Rightarrow n = 0.05 \text{ mol KI}$$

- ۳ ۶۲۳ B بررسی (الف): ابتدا مقدار مول  $\text{Na}_3\text{P}$  حل شده را محاسبه کرده و سپس به کمک غلظت مولی محلول، حجم آن را به دست می آوریم:
- روش اول:  $\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{0.07}{V} = \frac{0.07}{0.14 \text{ L}} \Rightarrow V = 0.14 \text{ L} = 140 \text{ mL}$

روش دوم (کسر تبدیل):  $140 \text{ mL محلول} = 1000 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{P}}{100 \text{ g Na}_3\text{P}} \times 7 \text{ g Na}_3\text{P} = 140 \text{ mL محلول}$

- بررسی (ب): در شکل نشان داده شده، ۱۰ ذره داریم. ابتدا تعداد مول های درون محلول را محاسبه کرده و سپس مقدار خواسته شده را محاسبه می کنیم:
- $$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{0.3}{1} = \frac{n}{0.5} \Rightarrow n = 0.15 \text{ mol}$$

- ۴ ۶۲۴ B  $? \text{ mL O}_2 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2 \times \frac{22400 \text{ mL O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 67.2 \text{ mL O}_2$
- $$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{3 \times 10^{-3}}{2.5} = \frac{n}{V} \Rightarrow n = 3 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2$$

$$? \text{ g O}_2 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2 \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 96 \times 10^{-3} \text{ g O}_2$$

$$\text{O}_2 \text{ غلظت (g.L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{جرم O}_2}{\text{حجم محلول}} = \frac{96 \times 10^{-3}}{2.5} = 38.4 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$$

- ۱ ۶۲۵ B

**نکته ترکیبی** رابطه میان درصد جرمی و غلظت مولار: برای محاسبه غلظت مولی از درصد جرمی یک محلول، می توان از فرمول تستی زیر استفاده نمود:

$$\text{چگالی محلول} \times \text{درصد جرمی} = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{جرم مولی}}$$

در این رابطه، چگالی محلول باید برحسب  $\text{g.mL}^{-1}$  باشد. اگر در مسئله ای خواستید غلظت ppm را به مولاریته تبدیل نمایید، ابتدا آن را به کمک رابطه زیر به درصد جرمی تبدیل کرده و سپس در رابطه بالا قرار دهید.

**قسمت اول:** برای محاسبه غلظت مولی ترکیبی با درصد جرمی  $a$  و جرم مولی  $M$  در محلولی با چگالی  $d$  از رابطه  $C = \frac{100ad}{M}$  می توان استفاده کرد. فرمول شیمیایی سدیم کلرید،  $\text{NaCl}$  است و پس از انحلال یک مول از آن در آب، یک مول یون سدیم و یک مول یون کلرید تولید می شود و در نتیجه غلظت مولی سدیم کلرید برابر غلظت مولی یون سدیم و همین طور یون کلرید در آن محلول است. پس خواهیم داشت:

$$\frac{100ad}{M} = 7/5 \Rightarrow \frac{100 \times a \times 1/15}{23} = 7/5 \Rightarrow a = 7/15$$

**قسمت دوم:**  $M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow 35 \times 7/5 = 1/25 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 210 \text{ mL} \Rightarrow$  حجم آب اضافه شده =  $210 - 35 = 175 \text{ mL}$

- ۴ ۶۲۶ C نمایشگر گلوکومتر، میلی گرم های گلوکز را در هر دسی لیتر خون نشان می دهد؛ بنابراین داریم:
- $$? \frac{\text{mg}}{\text{dL}} \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 7 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \times \frac{1 \text{ L}}{10 \text{ dL}} \times \frac{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{100 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 12/6 \frac{\text{mg}}{\text{dL}}$$

بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): غلظت استیک اسید در سرکه خوراکی برابر ۵ درصد و غلظت نیتریک اسید تولید شده در صنعت برابر ۷۰ درصد است؛ بنابراین غلظت محلول نیتریک اسید  $14 \left(\frac{70}{5}\right)$  برابر غلظت استیک در اسید سرکه است. گزینه (۲): در حل مسائل مربوط به رقیق کردن یک محلول توسط حلال از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$M(\text{رقیق}) \times V(\text{رقیق}) = M(\text{غلیظ}) \times V(\text{غلیظ}) \Rightarrow V(\text{رقیق}) = 729 \text{ mL}$$

گزینه (۳): ابتدا حجم محلول را به دست می آوریم:

$$d(\text{چگالی}) = \frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})} \Rightarrow 1/9 = \frac{114}{V} \Rightarrow V = 60 \text{ mL} = 0.06 \text{ L}$$

سپس غلظت مولی محلول را محاسبه می کنیم:

$$\frac{n(\text{مول})}{V(\text{حجم})} = M \Rightarrow M = \frac{2/7}{0.06} = 4/5 \text{ mol.L}^{-1}$$

- ۲ ۶۲۷ B جرم مولی فلز  $M$  را  $a$  گرم بر مول در نظر گرفته و با توجه به داده های مسئله می توان نوشت:

$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{2}{9} = \frac{n}{0.75} \Rightarrow n = \frac{1}{6} \text{ mol CO}_3^{2-}$$

$$\frac{n(\text{CO}_3^{2-})}{1} = \frac{n(\text{M}_2\text{CO}_3)}{2} \Rightarrow n(\text{M}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{6} \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{22}{M} \Rightarrow M = 132 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M = (2 \times a) + (1 \times 12) + (3 \times 16) = 132 \Rightarrow a = 36 \text{ g.mol}^{-1}$$



۱ ۶۲۸ B قسمت اول: فرمول شیمیایی آهن (III) سولفات به صورت  $Fe_3(SO_4)_3$  است. پس به ازای هر سه مول یون سولفات، دو مول یون آهن داریم. با استفاده

از جرم یون سولفات، شمار مول‌های  $Fe^{3+}$  را محاسبه می‌کنیم و سپس غلظت مولی  $Fe^{3+}$  را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } Fe^{3+} = 36 \text{ g } SO_4^{2-} \times \frac{1 \text{ mol } SO_4^{2-}}{96 \text{ g } SO_4^{2-}} \times \frac{2 \text{ mol } Fe^{3+}}{3 \text{ mol } SO_4^{2-}} = 0.25 \text{ mol } Fe^{3+}, \quad \text{مول حل شونده} = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow C = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.3125 \text{ L}} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

قسمت دوم: تعداد مول یون سولفات را در هر دو محلول به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول اول: } 36 \text{ g } SO_4^{2-} \times \frac{1 \text{ mol } SO_4^{2-}}{96 \text{ g } SO_4^{2-}} = 0.375 \text{ mol } SO_4^{2-}$$

$$\text{محلول دوم: } 187/5 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1/2 \text{ mol } (NH_4)_2SO_4}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol } SO_4^{2-}}{1 \text{ mol } (NH_4)_2SO_4} = 0.225 \text{ mol } SO_4^{2-}$$

$$SO_4^{2-} \text{ غلظت نهایی} = \frac{0.375 + 0.225}{0.1875 + 0.3125} = 1/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{جرمی} = \text{ppm} \times 10^{-6} = 35000 \times 10^{-6} = 7.3/5$$

۱ ۶۲۹ B ابتدا در غلظت ppm محلول، درصد جرمی آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{سپس به کمک رابطهٔ مقابل، جرم مولی حل شونده را محاسبه می‌کنیم:}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \text{ ad}}{M} \Rightarrow 0.6 = \frac{10 \times 3/5 \times 2/0.4}{M} \Rightarrow M = 119 \text{ g.mol}^{-1}$$

بنابراین ترکیب مورد نظر پتاسیم برمید (KBr) است.

۴ ۶۳۰ B قسمت اول: در شکل ۱۰ ذره وجود دارد. هر ذره را معادل  $n'$  مول در نظر می‌گیریم و  $n'$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{n(\text{مول})}{V(\text{حجم})} \Rightarrow 0.5 = \frac{10 \cdot n'}{20 \times 10^{-3} \text{ L}} = 10 \cdot n' = 0.01 \Rightarrow n' = 10^{-3} \text{ mol}$$

قسمت دوم: جرم مولی حل شونده را  $M$  در نظر می‌گیریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$20 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol}}{M(\text{g})} = 10 \times 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow 10^{-2} = \frac{0.4}{M} \Rightarrow M = 40 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش دوم (تستی): با استفاده از رابطهٔ زیر به راحتی می‌توان جرم مولی حل شونده را محاسبه کرد:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 0.5 = \frac{10 \times 2 \times 1}{M} \Rightarrow M = 40 \text{ g.mol}^{-1}$$

۲ ۶۳۱ B

$$\text{غلظت مولی محلول غلیظ} = \frac{10 \text{ ad}}{M} = \frac{10 \times 23/5 \times 1/92}{188} = 2/4 \text{ mol.L}^{-1}, \quad C_{\text{غلیظ}} V_{\text{غلیظ}} = C_{\text{رقیق}} V_{\text{رقیق}} \Rightarrow 2/4 \times V_{\text{غلیظ}} = 1/95 \times 800 \Rightarrow V_{\text{غلیظ}} = 650 \text{ mL}$$

$$\text{حجم آب} = V_{\text{رقیق}} - V_{\text{غلیظ}} = 800 - 650 = 150 \text{ mL}$$

برای تهیهٔ چنین محلولی باید ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول رقیق و ۶۵۰ میلی‌لیتر آب خالص استفاده کرد.

۱ ۶۳۲ B در محلول‌های بسیار رقیق آبی که چگالی آن‌ها برابر با  $1 \text{ g.mL}^{-1}$  است، غلظت ppm از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$? \text{ mg } NO_3^- = 400 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{2/5 \times 10^{-3} \text{ mol } Cr(NO_3)_3}{1 \text{ L}} \times \frac{3 \text{ mol } NO_3^-}{1 \text{ mol } Cr(NO_3)_3} \times \frac{62 \text{ g } NO_3^-}{1 \text{ mol } NO_3^-} \times \frac{1000 \text{ mg } NO_3^-}{1 \text{ g } NO_3^-} = 186 \text{ mg } NO_3^-$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 600 = \frac{186}{x} \Rightarrow x = 0.31 \text{ L} = 310 \text{ mL} \quad \text{حجم آب تبخیر شده} = 400 - 310 = 90 \text{ mL}$$

۴ ۶۳۳ B ابتدا حجم و مقدار مول حل شونده در هر محلول را جداگانه حساب می‌کنیم:

$$\text{محلول اول: } 4000 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mL}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 4 \text{ L}, \quad ? \text{ mol } NaOH = 4000 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} = 100 \text{ mol } NaOH$$

$$\text{محلول دوم: } 1000 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mL}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1 \text{ L}, \quad ? \text{ mol } NaOH = 1000 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} = 25 \text{ mol } NaOH$$

سپس غلظت مولی NaOH در محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع حجم مخلوط} = 4 + 1 = 5 \text{ L}$$

$$\text{مجموع مول NaOH} = 100 + 25 = 125 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.125 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.025 \text{ mol.L}^{-1}$$

C ۳ ۶۳۴ عبارتهای دوم، سوم و چهارم درست است. بررسی عبارتهای: عبارت اول: ابتدا غلظت مولی محلول (۴) و محلول (۳) را به کمک رابطه مول حل شونده = غلظت مولی « محاسبه می‌کنیم و سپس نسبت آن‌ها را به دست می‌آوریم: »  
لیتر محلول

$$\frac{\text{غلظت مولی محلول (۴)}}{\text{غلظت مولی محلول (۳)}} = \frac{۳}{۲/۵} = ۱/۲ \Rightarrow \frac{\text{غلظت مولی محلول (۴)}}{۲۵ \times ۱۰^{-۳}} = ۳ \text{ mol.L}^{-۱}, \text{ غلظت مولی محلول (۳)} = \frac{۵ \times ۰/۰۲۵}{۵۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۲/۵ \text{ mol.L}^{-۱}$$

عبارت دوم: با اضافه کردن محلول‌های (۱) و (۳) به یکدیگر، حجم دو برابر شده (از ۵۰ mL به ۱۰۰ mL) و چون حل‌شونده‌ها متفاوت هستند، غلظت هر دو نصف می‌شود.  
عبارت سوم: اگر جرم مولی حل‌شونده موجود در محلول‌های (۱) و (۲) را به ترتیب  $M_1$  و  $M_2$  در نظر بگیریم، برای دو محلول خواهیم داشت:

$$(۱) \quad ۹ \times ۰/۰۲۵ \times M_1 = \text{جرم حلال} + \text{جرم حل‌شونده} = \text{جرم محلول (۱)}$$

$$(۲) \quad ۱۲ \times ۰/۰۲۵ \times M_2 = \text{جرم حلال} + \text{جرم حل‌شونده} = \text{جرم محلول (۲)}$$

از آنجا که حجم حلال در هر دو محلول یکسان است، پس جرم حلال هم برابر می‌باشد؛ بنابراین جرم حل‌شونده موجود در محلول‌ها نیز یکسان است.

$$(۱) \quad \frac{M_2}{M_1} = ۰/۷۵ \Rightarrow ۹ \times ۰/۰۲۵ \times M_1 = ۱۲ \times ۰/۰۲۵ \times M_2 \Rightarrow \text{جرم حل‌شونده محلول (۲)} = \text{جرم حل‌شونده محلول (۱)}$$

عبارت چهارم: جرم مولی حل‌شونده موجود در محلول‌های (۲) و (۵) را به ترتیب  $M_2$  و  $M_5$  در نظر می‌گیریم و غلظت ppm هر محلول را به دست می‌آوریم:

$$(۲) \quad \text{غلظت ppm محلول (۲)} = \frac{۱۲ \times ۰/۰۲۵ \times M_2}{۵۰} \times ۱۰^۶ = ۶ \times ۱۰^۳ M_2 \quad (۵) \quad \text{غلظت ppm محلول (۵)} = \frac{۸ \times ۰/۰۲۵ \times M_5}{۲۵} \times ۱۰^۶ = ۸ \times ۱۰^۳ M_5$$

اگر جرم مولی حل‌شونده محلول (۵)،  $۰/۷۵$  برابر جرم مولی حل‌شونده محلول (۲) باشد، غلظت ppm هر دو محلول برابر خواهد بود.

$$(۵) \quad \text{غلظت ppm محلول (۵)} = ۸ \times ۱۰^۳ M_5 \xrightarrow{M_5 = ۰/۷۵ M_2} ۸ \times ۱۰^۳ \times ۰/۷۵ M_2 = ۶ \times ۱۰^۳ M_2$$

غلظت ppm محلول (۵) با غلظت ppm محلول (۲) برابر شد.

B ۱ ۶۳۵ ابتدا حجم محلول اولیه را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم محلول اولیه} = ۷۵ \text{ g} \times \frac{۱ \text{ mL}}{۱/۲۵ \text{ g}} = ۶۰ \text{ mL} \quad \text{مول حل‌شونده محلول اولیه} = ۶۰ \text{ mL} \times \frac{۸ \text{ mol NaOH}}{۱۰۰۰ \text{ mL}} = ۰/۴ \text{ mol NaOH}$$

با اضافه کردن محلول، غلظت اولیه ۲ مولار کاهش می‌یابد. (یعنی از ۸ مولار به ۶ مولار می‌رسد).

$$\frac{\text{مجموع مول‌های حل‌شونده}}{\text{مجموع حجم‌های محلول}} = ۶ = \frac{(۴/۸+x) \text{ mol}}{(۰/۶+۰/۴) \text{ L}} \Rightarrow x = ۱/۲ \text{ mol}$$

اکنون از رابطه زیر، درصد جرمی محلول را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow \frac{۱/۲ \text{ mol}}{۰/۴ \text{ L}} = ۳ \text{ mol.L}^{-۱} \quad M = \frac{\text{جگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۳ = \frac{۱۰ \times a \times ۱/۲}{۴۰} \Rightarrow a = ۱/۱۰$$

B ۳ ۶۳۶ ابتدا جرم حل‌شونده نهایی را از طریق فرمول مقابل به دست می‌آوریم:  $m(\text{گرم نهایی}) = m_1 \times \frac{a_1}{۱۰۰} + m_2 \times \frac{a_2}{۱۰۰} = ۳۰۰ \times \frac{۶}{۱۰۰} + ۲۰۰ \times \frac{۳۵}{۱۰۰} = ۱۸۰ + ۷۰ = ۲۵۰ \text{ g}$

حالا طبق رابطه چگالی، حجم محلول را به دست می‌آوریم:  $\frac{m}{V} = ۱/۲۵ = \frac{۲۵۰}{V} \Rightarrow V = ۴۰۰ \text{ mL}$

در گام آخر فرمول مولاریته را نوشته و طبق آن جرم مولی حل‌شونده (نمک X) را به دست می‌آوریم:

$$M(\text{مولاریته}) = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \frac{۲۵۰}{۰/۴ \text{ L}} = ۸/۳۷۵ = \frac{۲۵۰}{۰/۴ \text{ L}} \Rightarrow ۷۴/۵ \Rightarrow \text{KCl}$$

B ۱ ۶۳۷ ابتدا معادله موازنه شده واکنش را نوشته و سپس به کمک داده‌های مسئله جرم  $N_2O_5$  اولیه را محاسبه می‌کنیم:



روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ g } N_2O_5 = ۱/۳ \text{ mol HNO}_3 \times \frac{۱ \text{ mol } N_2O_5}{۲ \text{ mol HNO}_3} \times \frac{۱۰۸ \text{ g } N_2O_5}{۱ \text{ mol } N_2O_5} = ۷۰/۲ \text{ g } N_2O_5$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{مول } HNO_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } N_2O_5}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۱/۳}{۲} = \frac{x}{۱۰۸ \times ۱} \Rightarrow x = ۷۰/۲ \text{ g } N_2O_5$





۲ ۶۳۸ **C** فرمول درصد جرمی محلول‌ها به صورت مقابل است:  $w/w = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow w/w_2 - w/w_1 = 15$

با توجه به فرض سؤال داریم: فرض سؤال را با توجه به کسر دوم تعریف درصد جرمی بسط می‌دهیم. (جرم آب اولیه = m):

$$\frac{15}{\frac{m}{2} + 15} \times 100 - \frac{15}{m + 15} \times 100 = 15 \Rightarrow \frac{100}{\frac{m}{2} + 15} - \frac{100}{m + 15} = 15 \Rightarrow \frac{200}{m + 30} = \frac{m + 15}{m + 15} \Rightarrow (m + 30)(m + 15) = 200(m + 15)$$

$$\Rightarrow m^2 + 145m + 3450 = 200m + 3000 \Rightarrow m^2 - 55m + 450 = 0 \Rightarrow (m - 10)(m - 45) = 0 \Rightarrow m = 10 \text{ یا } 45$$

با توجه به فرض سؤال، جرم حلال (آب) از جرم حل‌شونده بیشتر است. بنابراین مقدار  $m = 10$  برای جرم آب قابل قبول نیست.

$$d(\text{چگالی}) = \frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})} \Rightarrow 1/25 = \frac{15 + 45}{V} \Rightarrow V = 48 \text{ mL} = 48 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$M = \frac{n}{V(\text{محلول})} \Rightarrow M_A = \frac{15}{48 \times 10^{-3}} \approx 4/16 \text{ mol.L}^{-1}$$

در نهایت غلظت مولی نمک A را می‌توان محاسبه کرد:

۳ ۶۳۹ **C** تعداد مول منیزیم سولفات را برابر x و تعداد مول منیزیم نیترات را برابر y در نظر می‌گیریم.



$$M = \frac{\text{مقدار مول یون منیزیم}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 0/5 = \frac{x + y}{0/11} \Rightarrow x + y = 0/55 \quad \text{(I)}$$

تعداد مول یون منیزیم در این مخلوط، برابر است با:

$$? \text{ g MgSO}_4 = x \text{ mol MgSO}_4 \times \frac{120 \text{ g MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4} = 120x \text{ g MgSO}_4$$

$$? \text{ g Mg(NO}_3)_2 = y \text{ mol Mg(NO}_3)_2 \times \frac{148 \text{ g Mg(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Mg(NO}_3)_2} = 148y \text{ g Mg(NO}_3)_2$$

$$? \text{ g SO}_4^{2-} = x \text{ mol MgSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol MgSO}_4} \times \frac{96 \text{ g SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} = 96x \text{ g SO}_4^{2-}$$

$$\text{جرم یون سولفات} = \frac{\text{جرم یون سولفات}}{\text{جرم منیزیم نیترات} + \text{جرم منیزیم سولفات}} \times 100 \Rightarrow 6 = \frac{96x}{120x + 148y} \times 100 \Rightarrow 10x = y \quad \text{(II)}$$

$$x + y = 0/55, 10x = y \Rightarrow x = 0/05, y = 0/5$$

با توجه به روابط (I) و (II) داریم:

$$\text{جرم مخلوط برابر است با: } = (0/05 \text{ mol MgSO}_4 \times \frac{120 \text{ g MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4}) + (0/5 \text{ mol Mg(NO}_3)_2 \times \frac{148 \text{ g Mg(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Mg(NO}_3)_2})$$

$$= 0/6 \text{ g MgSO}_4 + 7/4 \text{ g Mg(NO}_3)_2 = 8 \text{ g}$$

۲ ۶۴۰ **A** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل‌شونده را که در دمای معین، در ۱۰۰ گرم حلال حل می‌شود، انحلال‌پذیری آن ماده می‌نامند. در

این عبارت، واژه «بیشترین» نشان‌دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی‌تواند حل‌شونده بیشتری را در خود حل کند. شیمی‌دان‌ها مواد حل‌شونده جامد را بر اساس

انحلال‌پذیری در آب و در دمای اتاق به صورت مقابل دسته‌بندی می‌کنند: انحلال‌پذیری  $\rightarrow$  مواد محلول  $\rightarrow$  مواد کم‌محلول  $\rightarrow$  مواد نامحلول

۱ ۶۴۱ **B**

**نکته ترکیبی** • مواد کم‌محلول در آب: انحلال‌پذیری این مواد بین ۰/۱ تا ۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است. در سطح کتاب درسی، کلسیم سولفات ( $\text{CaSO}_4$ )

و الکل‌های دارای ۶ تا ۸ اتم کربن جزء مواد کم محلول محسوب می‌شوند.

• مواد نامحلول در آب: انحلال‌پذیری این دسته از مواد، کمتر از ۰/۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است.

فرمول شیمیایی	نام	فرمول شیمیایی	نام
$\text{Mg(OH)}_2$	منیزیم هیدروکسید	$\text{AgCl}$	نقره کلرید
$(\text{C}_x\text{H}_y\text{COO})_2\text{Ca}$	نمک‌های کلسیم اسید چرب	$\text{BaSO}_4$	باریم سولفات
$(\text{C}_x\text{H}_y\text{COO})_2\text{Mg}$	نمک‌های منیزیم اسید چرب	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	کلسیم فسفات
$\text{C}_x\text{H}_y$	هیدروکربن‌ها	$\text{Fe(OH)}_2$	آهن (II) هیدروکسید
$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$	الکل‌های دارای ۹ اتم کربن و بیشتر	$\text{Fe(OH)}_3$	آهن (III) هیدروکسید

موارد اول و ششم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. شکر، سدیم نیترات و سدیم کلرید جزء ترکیب‌های محلول در آب، کلسیم سولفات جزء ترکیب‌های کم‌محلول در آب، کلسیم فسفات، نقره کلرید و باریم سولفات جزء ترکیب‌های نامحلول در آب هستند؛ بنابراین موارد اول و ششم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کند.

\* **توجه** استون و اتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و نمی‌توان محلول سیر شده این ترکیب‌ها را در آب تهیه کرد.

C ۶۴۲ ۲ اگر جرم ماده اضافه شده برابر با ۵/۳۵ گرم باشد و ۵/۳۳۵ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۱۵ گرم از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال پذیری

$$\frac{\text{نمک } x \text{ g}}{\text{آب } ۱۰۰ \text{ g}} = \frac{\text{نمک } ۰/۱۵ \text{ g}}{\text{آب } ۱۲/۵ \text{ g}} \Rightarrow x = ۰/۱۲$$

این ترکیب برابر است با:

بنابراین این نمک، کم محلول است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): اگر جرم ماده اضافه شده برابر با ۶ گرم باشد و ۵/۹۹۶ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۰۴ گرم

$$\frac{\text{نمک } x \text{ g}}{\text{آب } ۱۰۰ \text{ g}} = \frac{\text{نمک } ۰/۰۴ \text{ g}}{\text{آب } ۱۲/۵ \text{ g}} \Rightarrow x = ۰/۰۳۲$$

از این ترکیب در آب حل شده است، پس انحلال پذیری این ترکیب برابر است با:

بنابراین این نمک، کم محلول است. گزینه (۳): اگر جرم ماده اضافه شده برابر با ۸/۵ گرم باشد و ۸/۳۸ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۱۲ گرم از این ترکیب در آب حل

$$\frac{\text{نمک } x \text{ g}}{\text{آب } ۱۰۰ \text{ g}} = \frac{\text{نمک } ۰/۱۲ \text{ g}}{\text{آب } ۱۲/۵ \text{ g}} \Rightarrow x = ۰/۹۶$$

شده است، پس انحلال پذیری این ترکیب برابر است با:

بنابراین این نمک، کم محلول است. گزینه (۴): اگر جرم ماده اضافه شده برابر با ۳/۲ گرم باشد و ۳/۱۸ گرم از آن رسوب کند، پس ۰/۰۲ گرم از این ترکیب در آب حل

$$\frac{\text{نمک } x \text{ g}}{\text{آب } ۱۰۰ \text{ g}} = \frac{\text{نمک } ۰/۰۲ \text{ g}}{\text{آب } ۱۲/۵ \text{ g}} \Rightarrow x = ۰/۱۶$$

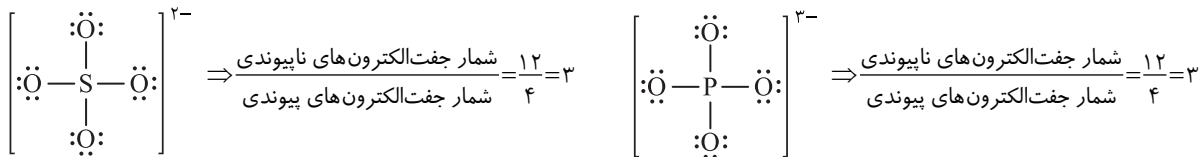
شده است، پس انحلال پذیری این ترکیب برابر است با:

بنابراین این نمک، کم محلول است.

B ۶۴۳ ۳ به جز عبارت سوم، سایر عبارات را درباره آمونیوم سولفات  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر

$\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به عنصرهایی مانند S، P، N و ... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار

می‌دهد. عبارت دوم: آنیون سازنده آمونیوم سولفات همان یون سولفات با فرمول  $\text{SO}_4^{2-}$  است. ساختار لوویس یون‌های سولفات و فسفات  $(\text{PO}_4^{3-})$  به صورت زیر است:



عبارت سوم: فرآورده‌های واکنش گفته شده آمونیوم کلرید و کلسیم سولفات هستند که اولی محلول در آب و دومی کم محلول است. انحلال پذیری کلسیم سولفات در دمای اتاق بین ۰/۱ تا ۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم آب است. عبارت چهارم: با توجه به قیمت برابر، هر چه درصد جرمی نیتروژن در یک کود بیشتر باشد، مقدار بیشتری از این عنصر در آن کود یافت می‌شود؛ بنابراین برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه مناسب‌تر است:

$$\%N = \frac{\text{جرم اتم های N در هر مول}}{\text{جرم مولی}} \times ۱۰۰ = \frac{2 \times ۱۴}{(2 \times ۱۴) + (۸ \times ۱) + (۱ \times ۳۲) + (۴ \times ۱۶)} \times ۱۰۰ = \frac{۲۸}{۱۳۲} \times ۱۰۰ \approx ۲۱\%$$

$$\%N = \frac{\text{جرم اتم های N در هر مول}}{\text{جرم مولی}} \times ۱۰۰ = \frac{۱ \times ۱۴}{(۱ \times ۳۹) + (۱ \times ۱۴) + (۳ \times ۱۶)} \times ۱۰۰ = \frac{۱۴}{۱۰۱} \times ۱۰۰ \approx ۱۴\%$$

بنابراین آمونیوم سولفات کود به صرفه تری برای تهیه نیتروژن مورد نیاز گیاه است.

B ۶۴۴ ۱ فقط عبارت (ت) نادرست است. آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون بر زمینه ژن شناختی

می‌تواند به دلیل تغذیه نامناسب، کم تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات و نیز اختلالات هورمونی ایجاد شود.

اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند. مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال پذیری آن‌ها کمتر است.

به همین دلیل این نمک‌ها در جریان تولید و دفع ادرار در بدن افراد سالم رسوب نمی‌کند، اما در افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، مقدار این نمک‌ها در ادرار از انحلال پذیری آن‌ها بیشتر است، به همین دلیل این نمک‌ها رسوب کرده و به تدریج تبدیل به سنگ کلیه می‌شوند.

B ۶۴۵ ۱ انحلال پذیری  $\text{NaNO}_3$  در دمای  $20^\circ\text{C}$  برابر ۹۰ گرم است. بدین معنا که در این دما حداکثر ۹۰ گرم از این ترکیب در ۱۰۰ گرم آب حل شده و ۱۹۰

$$\text{نمک } ۱۰۸ \text{ g} = \frac{۹۰ \text{ g نمک}}{۱۹۰ \text{ g محلول}} \times \text{محلول } ۲۲۸ \text{ g NaNO}_3 \text{ ?}$$

گرم محلول سیر شده تشکیل می‌شود. قسمت اول:

$$\text{قسمت دوم: } \frac{۱۰۰ \text{ g آب}}{۱۹۰ \text{ g محلول}} \times \frac{۱ \text{ mol H}_2\text{O}}{۱۸ \text{ g H}_2\text{O}} \approx \frac{۶}{۷} \text{ mol H}_2\text{O} \text{ ?}$$

$$\frac{۲۲۸ \times ۹۰}{۱۹۰} = ? \rightarrow \text{تخمین زدن و ساده سازی به جای ۲۰۰ می‌گیرد} \rightarrow \frac{۲۴۰ \times ۹۰}{۲۰۰} = 1/2 \times ۹۰ = ۱۰۸$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{۲۲۸ \times ۱۰۰}{۱۹۰ \times ۱۸} = ? \rightarrow \text{تخمین زدن و ساده سازی به جای ۲۰۰ می‌گیرد} \rightarrow \frac{۲۴۰ \times ۱۰۰}{۲۰۰ \times ۱۸} = \frac{1/2 \times ۱۰۰}{۱۸} = \frac{۱۲۰}{۱۸} = \frac{۲۰}{۳} = ۶/۷$$

B ۶۴۶ ۱ به حداکثر مقدار ماده حل شده از یک ترکیب در ۱۰۰ گرم حلال در دمای معین، انحلال پذیری آن ترکیب گفته می‌شود.

$$\frac{۳۶ \text{ g NaCl}}{۱۰۰ \text{ g حلال}} = \frac{x \text{ g NaCl}}{۱۲۵ \text{ g حلال}} \Rightarrow x = ۴۵ \Rightarrow \text{جرم محلول} = ۴۵ + ۱۲۵ = ۱۷۰ \text{ g}$$

$\text{جرم NaCl} = ۵۰ - ۴۵ = ۵ \text{ g NaCl}$  ته ظرف



$$\frac{15g Li_2SO_4}{115g \text{ محلول}} = \frac{x g Li_2SO_4}{253g \text{ محلول}} \Rightarrow x = 33g Li_2SO_4$$

$$? Li^+ = 33g Li_2SO_4 \times \frac{1 \text{ mol } Li_2SO_4}{110g Li_2SO_4} \times \frac{2 \text{ mol } Li^+}{1 \text{ mol } Li_2SO_4} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ ion } Li^+}{1 \text{ mol } Li^+} = 3.6 \times 10^{23} \text{ ion } Li^+$$

۲ ۶۴۸ B در هر مولکول شکر با فرمول  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، تعداد ۴۵ اتم وجود دارد. ابتدا مقدار  $m$  را که برابر با مقدار شکر حل نشده است به دست می آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? g C_{12}H_{22}O_{11} = 5/418 \times 10^{24} \text{ atom} \times \frac{1 \text{ mol atom}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}} \times \frac{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}}{45 \text{ mol atom}} \times \frac{342g C_{12}H_{22}O_{11}}{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}} = 68/4g C_{12}H_{22}O_{11}$$

$$\frac{C_{12}H_{22}O_{11} \text{ جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتمها}}{N_A \times \text{تعداد اتمها در هر مولکول}} \Rightarrow \frac{m}{6.02 \times 10^{23} \times 45} = \frac{5/418 \times 10^{24}}{342} \Rightarrow m = 68/4g C_{12}H_{22}O_{11}$$

روش دوم (تناسب):

با توجه به مقدار  $m$  می توان گفت که  $615g (68/4 - 68/4)$  شکر در آب حل شده است. با توجه به اینکه در  $100g$  آب، حداکثر  $205g$  شکر حل می شود و

$$? g \text{ محلول} = 615g \text{ حل شونده} \times \frac{305g \text{ محلول}}{205g \text{ حل شونده}} = 915g \text{ محلول}$$

۳۰۵ گرم محلول سیر شده حاصل می شود، خواهیم داشت:

+ توضیح محاسبات

$$\frac{5/418 \times 10^{24} \times 342}{6.02 \times 10^{23} \times 45} = ?? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده سازی به جای ۵/۴۱۸ و ۶/۰۲ و اعداد ۵/۴ و ۶/۰۲ می گیرد}} \frac{5/4 \times 10^{24} \times 342}{6 \times 10^{23} \times 45} = \frac{9 \times 342}{5} = \frac{342}{5} \xrightarrow{\text{صورت و مخرج در ۲ ضرب شود}} \frac{342 \times 2}{10} = \frac{684}{10} = 68/4$$

$$\text{حلال} = 110g = 170/6 - 60/6 = 110g \text{ حلال} = 60/6g KNO_3 \Rightarrow \frac{101g KNO_3}{1 \text{ mol } KNO_3} \times \frac{60/6 \text{ mol } KNO_3}{60/6} = 60/6g KNO_3$$

جرم حل شونده

۴ ۶۴۹ B

$$\frac{70g KNO_3}{100g \text{ حلال}} = \frac{x g KNO_3}{110g \text{ حلال}} \Rightarrow x = 77g KNO_3$$

از آنجایی که جرم پتاسیم نیترات ( $KNO_3$ ) حل شده در محلول ( $60/6g$ ) از حداکثر جرم قابل حل در  $110g$  حلال ( $77g$ ) کمتر است، پس محلول سیر نشده است و برای تبدیل آن به محلول سیر شده به  $16/4g (77 - 60/6)$  پتاسیم نیترات نیاز است.

۴ ۶۵۰ B پرسش (الف): ابتدا جرم نمک  $A$  حل شده را محاسبه کرده و انحلال پذیری آن را در  $100g$  آب به دست می آوریم:

$$? g A = 15 \text{ mol } A \times \frac{85g A}{1 \text{ mol } A} = 1275g A, \quad \frac{1275g A}{150g H_2O} = \frac{x g A}{100g H_2O} \Rightarrow x = 85g A \text{ نمک}$$

$$\frac{30g \text{ نمک}}{240g \text{ حلال}} = \frac{x g \text{ نمک}}{100g \text{ حلال}} \Rightarrow x = 12/5g$$

پرسش (ب):

پرسش (پ): در محلول های بسیار رقیق می توان از جرم حل شونده در مقابل جرم حلال صرف نظر کرد.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 6 \times 10^{-3} g \text{ جرم حل شونده} = 6 \times 10^{-3} \times 100g$$

۳ ۶۵۱ B عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): انحلال پذیری شکر،  $205g$  گرم حل شونده در هر  $100g$  آب است، پس مقدار  $102/5g$

گرم شکر در هر  $50g$  آب حل می شود؛ بنابراین با حل کردن  $100g$  شکر در  $50g$  آب یک محلول سیر نشده به دست می آید. عبارت (ب): مقدار انحلال پذیری سدیم کلرید،  $36g$  گرم حل شونده در هر  $100g$  آب است، پس مقدار  $7/2g$  سدیم کلرید در هر  $20g$  آب حل می شود؛ بنابراین در اثر انحلال  $8g$  سدیم کلرید در  $20g$  آب،  $8/10g$  از آن به صورت حل نشده باقی می ماند. عبارت (پ): انحلال پذیری سدیم نیترات،  $92g$  گرم حل شونده در هر  $100g$  آب است، پس مقدار  $138g$  سدیم نیترات در هر  $150g$  گرم آب حل می شود؛ بنابراین برای سیر شدن محلولی که از حل شدن  $119g$  سدیم نیترات در  $150g$  آب تشکیل شده است، نیاز به  $19g$  سدیم نیترات است. عبارت (ت): انحلال پذیری نقره کلرید،  $2/1 \times 10^{-4}g$  گرم حل شونده در هر  $100g$  آب است، پس غلظت ppm این نمک در محلول سیر شده آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm}(\text{AgCl}) = \frac{2/1 \times 10^{-4}}{100} \times 10^6 = 2/1$$

\* توجه برای سادگی محاسبات، به دلیل جرم کم حل شونده در مقایسه با جرم حلال، در این محاسبه از مقدار آن در برابر جرم حلال صرف نظر شد.

۲ ۶۵۲ C عبارتهای اول و سوم درست هستند. با توجه به اینکه انحلال پذیری سدیم کلرید در این شرایط برابر  $36g$  در  $100g$  آب است، پس در یک کیلوگرم آب که  $1000g$

گرم جرم دارد،  $360g$  سدیم کلرید حل می شود؛ بنابراین اگر  $416g$  سدیم کلرید را در یک کیلوگرم آب بریزیم، مقداری از این نمک رسوب می کند. پس برای دستیابی به یک مخلوط همگن، یا باید مقداری آب به محلول اضافه کنیم و یا مقداری از نمک را خارج کنیم؛ بنابراین عبارتهای دوم و چهارم بدون انجام محاسبات نادرست هستند.

بررسی عبارت اول: محاسبه می‌کنیم که در صورت اضافه کردن ۱۵/۵٪ مقدار حلال اولیه به محلول، در محلول حاصل در ۱۰۰ گرم حلال چند گرم سدیم کلرید وجود دارد:

$$\text{آب} = 100 \times \frac{15/5}{100} = 155 \text{g}$$

$$36 \text{g} = \frac{416 \text{g} \text{ نمک}}{(1000+155) \text{g} \text{ آب}} \times 100 \text{g} \text{ آب} = 100 \text{g} \text{ نمک به ازای } 100 \text{g} \text{ آب در محلول جدید}$$

$$56 \text{g} = 416 \times \frac{13/5}{100} = \text{مقدار نمک خارج شده}$$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشده همگن ایجاد می‌شود. بررسی عبارت سوم:

$$\text{نمک } 36 \text{g} = \frac{(416-56) \text{g} \text{ نمک}}{1000 \text{g} \text{ آب}} \times 100 \text{g} \text{ آب} = 100 \text{g} \text{ نمک به ازای } 100 \text{g} \text{ آب در محلول جدید}$$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشده همگن ایجاد می‌شود.

**۶۵۳ B ۴ قسمت اول:** محلولی از این نمک را در نظر بگیرید که حاوی ۴ مول آب و ۰/۶ مول منیزیم کربنات است. ابتدا جرم آب و جرم منیزیم کربنات را محاسبه کرده و سپس به کمک آن انحلال‌پذیری این نمک را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g MgCO}_3 = 0/6 \text{ mol CO}_3^{2-} \times \frac{1 \text{ mol MgCO}_3}{1 \text{ mol CO}_3^{2-}} \times \frac{84 \text{ g MgCO}_3}{1 \text{ mol MgCO}_3} = 50/4 \text{ g MgCO}_3$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 4 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 72 \text{ g H}_2\text{O} \quad \frac{50/4 \text{ g MgCO}_3}{72 \text{ g H}_2\text{O}} = \frac{x \text{ g MgCO}_3}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \Rightarrow x = 70 \text{ g MgCO}_3$$

$$\text{جرم محلول MgCO}_3 = \text{جرم آب} + \text{جرم MgCO}_3 = 50/4 + 72 = 122/4 \text{g}$$

**قسمت دوم:** ابتدا باید جرم یون منیزیم و جرم محلول را به دست آوریم:

$$? \text{ g Mg}^{2+} = 0/6 \text{ mol CO}_3^{2-} \times \frac{1 \text{ mol MgCO}_3}{1 \text{ mol CO}_3^{2-}} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{1 \text{ mol MgCO}_3} \times \frac{24 \text{ g Mg}^{2+}}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} = 14/4 \text{ g Mg}^{2+}$$

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم یون Mg}^{2+}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{14/4}{122/4} \times 10^6 \approx 117000 \text{ ppm}$$

**۶۵۴ B ۴**

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 36 = \frac{x}{200} \times 100 \Rightarrow x = 72 \text{ g CaCl}_2$$

$$\text{جرم محلول سیرشده} = 200 - 72 = 128 \text{g} \Rightarrow \frac{72 \text{ g CaCl}_2}{128 \text{ g H}_2\text{O}} = \frac{y \text{ g CaCl}_2}{128 \text{ g H}_2\text{O}} \Rightarrow y = 96 \text{g} \Rightarrow \text{مقدار نمک لازم} = 96 - 72 = 24 \text{g CaCl}_2$$

**۶۵۵ B ۱** فرض می‌کنیم ۳ گرم سدیم هیدروکسید و ۵ گرم آب را با هم مخلوط کرده‌ایم:  $\frac{3}{3+5} \times 100 = 37/5\%$  در ۱۰۰ گرم محلول ۳۷/۵٪ از NaOH، مقدار ۳۷/۵ گرم NaOH و ۶۲/۵ گرم آب وجود دارد. اکنون محاسبه می‌کنیم که در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر چند گرم NaOH حل می‌شود:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 37/5 \times 1/6}{40} = 15 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون برای محاسبه غلظت مولار از فرمول تستی مقابل استفاده می‌کنیم:

**قسمت دوم:** نخست انحلال‌پذیری را در دمای گفته شده به دست می‌آوریم. در ۱۰۰ گرم محلول ۳۷/۵٪ از NaOH، مقدار ۳۷/۵ گرم NaOH و ۶۲/۵ گرم آب وجود دارد. اکنون محاسبه می‌کنیم که در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر چند گرم NaOH حل می‌شود:

$$\text{NaOH} = 100 \text{g} \text{ آب} \times \frac{37/5 \text{g NaOH}}{62/5 \text{g آب}} = 60 \text{g NaOH}$$

$$\frac{\text{انحلال پذیری}}{\text{درصد جرمی}} = \frac{60}{37/5} = 1/6$$

در نهایت نسبت انحلال‌پذیری به درصد جرمی را محاسبه می‌کنیم:

**۶۵۶ B ۲** ابتدا جرم منیزیم سولفات را با استفاده از درصد جرمی یون‌های سولفات به دست می‌آوریم. سپس با توجه به میزان انحلال‌پذیری می‌توان مشخص کرد که چند گرم دیگر منیزیم سولفات در این محلول حل می‌شود:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم SO}_4^{2-}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 10 = \frac{\text{جرم SO}_4^{2-}}{500} \times 100 \Rightarrow \text{جرم SO}_4^{2-} = 50 \text{g}$$

$$\text{جرم MgSO}_4 = 50 \text{g SO}_4^{2-} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{96 \text{ g SO}_4^{2-}} \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} \times \frac{120 \text{ g MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4} = 62/5 \text{g MgSO}_4$$

$$\text{جرم MgSO}_4 = 437/5 \text{g} \times \frac{35 \text{g}}{100 \text{g آب}} = 153/125 \text{g MgSO}_4$$

جرم MgSO<sub>۴</sub> اضافی که می‌توان در این محلول حل کرد برابر ۹۰/۶۲۵ (۱۵۳/۱۲۵ - ۶۲/۵) است.



۲ ۶۵۷ B ابتدا شمار یون‌های برمید موجود در هر محلول را جداگانه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{mol Br}^- = 90 \text{ g محلول} \times \frac{150 \text{ g CaBr}_2}{(100+150) \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 0.54 \text{ mol Br}^-$$

محلول کلسیم برمید:

$$\text{mol Br}^- = 120 \text{ mL محلول} \times \frac{1/5 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{43/5 \text{ g LiBr}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol LiBr}}{87 \text{ g LiBr}} \times \frac{1 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol LiBr}} = 0.9 \text{ mol Br}^-$$

محلول لیتیم برمید:

پس مولاریته نهایی یون برمید را در محلول محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی نهایی} = \frac{\text{مجموع مول‌های حل‌شونده}}{\text{مجموع حجم محلول‌ها}} = \frac{(0.54 + 0.9) \text{ mol}}{\left[ \underbrace{(90 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mL}}{1.5 \text{ g}})}_{\text{حجم محلول اول}} + \underbrace{120 \text{ mL}}_{\text{حجم محلول دوم}} \right] \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} = \frac{1.44 \text{ mol}}{180 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} = \frac{1.44 \text{ mol}}{0.18 \text{ L}} = 8 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲ ۶۵۸ A عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف): نمودار انحلال پذیری نمک‌های مختلف متفاوت بوده و می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. عبارت (پ): انحلال‌پذیری نمک‌ها می‌تواند با افزایش دما، افزایش یافته، ثابت بماند یا کاهش یابد. عبارت (ث): فرمول مولکولی شکر به صورت  $C_{12}H_{22}O_{11}$  است. سرد شدن چای بعد از انحلال شکر در آن نشان دهنده گرماگیر بودن انحلال شکر در آب است.

۳ ۶۵۹ A همه عبارتهای (ب) جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): با توجه به نمودار داده شده، ترتیب انحلال‌پذیری نمک‌های موجود در نمودار در دمای  $0^\circ\text{C}$  به صورت مقابل است:

پتاسیم نیترات > پتاسیم کلرید > سدیم کلرید > لیتیم سولفات > سدیم نیترات  
عبارت دوم: انحلال‌پذیری نمک پتاسیم نیترات در دمای  $55^\circ\text{C}$  تقریباً برابر با  $100$  گرم نمک در هر  $100$  گرم آب است، پس جرم حلال (آب) و حل‌شونده (پتاسیم نیترات) در این محلول یکسان و برابر با  $100$  گرم است. عبارت سوم: هر چه قدر مطلق شیب نمودار انحلال‌پذیری یک ماده بیشتر باشد، تأثیر دما بر انحلال‌پذیری آن ماده بیشتر است. با توجه به این تعریف، میزان تأثیر دما بر انحلال‌پذیری نمک پتاسیم نیترات نسبت به سایر نمک‌های داده شده در نمودار بیشتر است. عبارت چهارم: انحلال‌پذیری دو نمک، هنگامی که نمودار آن‌ها یکدیگر را قطع کنند با هم برابر می‌شود. در نمودار داده شده، منحنی انحلال‌پذیری نمک سدیم کلرید و نمک لیتیم سولفات، حدوداً در دمای  $12^\circ\text{C}$  یکدیگر را قطع می‌کنند.

۱ ۶۶۰ B فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارتهای (الف): شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل‌شونده را که در دمای معین، در  $100$  گرم حلال حل می‌شود، انحلال‌پذیری آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژه «بیشترین» نشان‌دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی‌تواند حل‌شونده بیشتری را در خود حل کند. عبارت (ب): شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک لیتیم سولفات نسبت به دما نزولی است، پس با افزایش دما انحلال‌پذیری این نمک کاهش یافته و در دماهای پایین‌تر، میزان انحلال‌پذیری این نمک در آب بیشتر خواهد بود. عبارت (پ): نمودار انحلال‌پذیری هر سه ماده پتاسیم کلرید، پتاسیم نیترات و سدیم نیترات به صورت صعودی هستند، اما نمودار انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات برخلاف دو نمک دیگر به صورت غیرخطی است. عبارت (ت): شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک سدیم کلرید نسبت به دما تقریباً صفر بوده و با تغییر دما انحلال‌پذیری این نمک تغییر چندانی نمی‌کند. عبارت (ث): در دمای اتاق  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ، محلول در آب،  $\text{CaSO}_4$ ، کم‌محلول در آب و  $\text{BaSO}_4$  نامحلول در آب است.

۳ ۶۶۱ B از آنجا که تغییر حجم نداریم، پس حجم هر چهار محلول یکسان بوده و هر کدام که جرم بیشتری داشته باشد، طبق رابطه  $d = \frac{m}{V}$ ، چگالی بیشتری نیز خواهد داشت.

با توجه به نمودار داده شده ترتیب انحلال‌پذیری نمک‌های داده شده در دمای  $30^\circ\text{C}$  در صورت سؤال به صورت  $\text{KClO}_3 < \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 < \text{KNO}_3 < \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  است؛ بنابراین ترتیب چگالی محلول درون ظرف‌ها به صورت  $D < C < A < B$  است.

۱ ۶۶۲ B انحلال‌پذیری  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  در دمای  $100^\circ\text{C}$  برابر  $20$  گرم در  $100$  گرم آب است. ابتدا، مقدار مول یون لیتیم موجود در  $20$  گرم لیتیم سولفات را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol Li}^+ = 20 \text{ g Li}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4}{110 \text{ g Li}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol Li}^+}{1 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4} = \frac{4}{11} \text{ mol Li}^+$$

جرم محلول برابر مجموع جرم حلال و حل‌شونده است:

$$? \text{ L محلول} = 120 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL}}{1.1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = \frac{12}{11} \text{ L محلول}$$

با استفاده از جرم محلول و چگالی آن حجم محلول را بر حسب لیتر محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})} = \frac{\frac{4}{11} \text{ mol Na}^+}{\frac{12}{11} \text{ L محلول}} = 3/33 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون می‌توانیم غلظت مولار یون لیتیم را محاسبه کنیم:

۳ ۶۶۳ B بخش اول: ابتدا با توجه به درصد جرمی  $\text{KClO}_3$  در محلول، انحلال‌پذیری آن را محاسبه کرده و سپس با توجه به مقدار آن و نمودار داده شده، دما را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x}{100+x} \times 100 \Rightarrow x = 25 \text{ g}$$

با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری  $\text{KClO}_3$  در دمای  $63^\circ\text{C}$  تقریباً برابر با  $25$  گرم است. بخش دوم: با توجه به نمودار داده شده، انحلال‌پذیری نمک  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

در دمای  $14^\circ\text{C}$  برابر با  $50$  گرم است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{50}{50+100} \times 100 \Rightarrow 33.3\%$$



**۲ ۶۶۴ B** انحلال پذیری یک ماده، بیشترین مقدار از یک ماده بر حسب گرم است که در دمای معین در ۱۰۰g آب حل می‌شود. طبق تعریف، ابتدا انحلال پذیری  $KNO_3$  را در دماهای  $a^\circ C$  و  $b^\circ C$  به دست آوریم:

$$a^\circ C \text{ در دمای } = \frac{S_{KNO_3}}{100 + S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow 37/5 = \frac{S_{KNO_3}}{100 + S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow S_{KNO_3} = 60g \text{ } KNO_3$$

$$b^\circ C \text{ در دمای } = \frac{S_{KNO_3}}{100 + S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow 16/7 = \frac{S_{KNO_3}}{100 + S_{KNO_3}} \times 100 \Rightarrow S_{KNO_3} = 20g \text{ } KNO_3$$

با توجه به نمودار در دمای  $40^\circ C$  (دمای  $a^\circ C$ ) انحلال پذیری  $KNO_3$  برابر با ۶۰ گرم و در دمای  $10^\circ C$  (دمای  $b^\circ C$ ) برابر ۲۰ گرم است. تفاوت  $a$  و  $b$  برابر  $30^\circ C$  (۴۰-۱۰) می‌باشد.

**۱ ۶۶۵ C** از حل شدن هر مول لیتیم سولفات ( $Li_2SO_4$ ) در آب، سه مول یون تولید می‌شود ( $Li_2SO_4(s) \rightarrow 2Li^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ ) پس غلظت یون‌ها در محلول ۲ مولار این ماده برابر ۶ مولار است. از حل شدن هر مول  $NaCl$  در آب، دو مول یون طبق معادله  $NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$  تولید می‌شود. پس اگر غلظت این ماده در آب ۳ مولار باشد، غلظت یون‌ها برابر ۶ مولار خواهد بود. اکنون جرم سدیم کلرید حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۳ مولار سدیم کلرید را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{3 \text{ mol } NaCl}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{58.5 \text{ g } NaCl}{1 \text{ mol } NaCl} = 17.55 \text{ g } NaCl$$

اگر فرض کنیم ۱ لیتر محلول ۲ مولار لیتیم سولفات داریم، مقدار لیتیم سولفات موجود در این محلول برابر است با ۲ مول. برای پیدا کردن مقدار انحلال پذیری لیتیم سولفات، باید مقدار حل شده از آن در محلول به ازای ۱۰۰ گرم آب را محاسبه کنیم. جرم لیتیم سولفات حل شده در ۱ لیتر محلول و جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$2 \text{ mol } Li_2SO_4 \times \frac{110 \text{ g } Li_2SO_4}{1 \text{ mol } Li_2SO_4} = 220 \text{ g } Li_2SO_4$$

جرم لیتیم سولفات حل شده در محلول:

$$\text{محاسبه جرم محلول: } \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{x \text{ g محلول}}{1000 \text{ mL}} \Rightarrow 1/12 = \frac{x}{1000} \Rightarrow x = 112 \text{ g محلول}$$

اکنون جرم آب موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:  $900 = x + 220 \Rightarrow x = 900 \text{ g}$  آب پس در ۹۰۰ گرم آب، ۲۲۰ گرم لیتیم سولفات حل شده است. مقدار لیتیم سولفات حل شده در محلول به ازای ۱۰۰ گرم آب را محاسبه می‌کنیم:

$$100 \text{ g آب} \times \frac{220 \text{ g سولفات}}{900 \text{ g آب}} = 24.44 \text{ g } Li_2SO_4$$

با توجه به نمودار، در دمای حدود  $70^\circ C$ ، انحلال پذیری  $Li_2SO_4$  برابر این عدد است.

**۴ ۶۶۶ B**

**نکته** برای حل سوالات محاسبه جرم رسوب در انحلال پذیری می‌بایست ابتدا مقدار جرم رسوب به ازای ۱۰۰ گرم حلال را محاسبه کرد و سپس به کمک تناسب جرم رسوب را به ازای محلول داده شده به دست آورد. محاسبات بیان شده به صورت تناسب زیر خلاصه می‌شود:

$$\frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}} = \frac{\text{انحلال پذیری در دمای نهایی} - \text{انحلال پذیری در دمای اولیه}}{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}}$$

$$\frac{70-50}{170} = \frac{x}{612} \Rightarrow x = 72 \text{ g رسوب}$$

ابتدا با توجه به نکته بالا می‌نویسیم:

سپس با توجه به اینکه انحلال پذیری  $Pb(NO_3)_2$  در دمای  $14^\circ C$  برابر ۵۰ گرم است، حداقل مقدار آب لازم با دمای  $14^\circ C$  برای حل کردن ۷۲ گرم  $Pb(NO_3)_2$  را به دست می‌آوریم.

$$72 \text{ g آب} = 72 \text{ g } Pb(NO_3)_2 \times \frac{100 \text{ g آب}}{50 \text{ g } Pb(NO_3)_2} = 144 \text{ g آب}$$

محلول ۱۶۰g نمک + ۶۰g آب = ۱۰۰g جرم محلول سیر شده

**۱ ۶۶۷ B**

جرم محلول اولیه برابر با ۱۶۰g (۱۰۰+۶۰) است و ۱۰٪ آن برابر ۱۶ گرم است. بنابراین جرم حل‌شونده موجود در محلول سیر شده در دمای  $18^\circ C$  برابر با ۴۴g (۶۰-۱۶) در ۱۰۰ گرم آب است.

**۲ ۶۶۸ B قسمت اول:** در دمای  $50^\circ C$ ، ۸۰ گرم A در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود و ۱۸۰ گرم محلول سیر شده تولید می‌کند: در نتیجه داریم:

$$\text{محلول } 72 \text{ g} = 40 \text{ g } H_2O \times \frac{180 \text{ g محلول}}{100 \text{ g } H_2O}$$

**\* توجه** حواستان باشد که کل ۶۰ گرم ماده A افزوده شده به ۴۰ گرم آب، در آن حل نمی‌شود.



**قسمت دوم:** در بخش دوم، سؤال می‌گوید که مجموعه را از صافی عبور می‌دهیم؛ بنابراین رسوبی که ایجاد شده بود از آن جدا می‌شود. ابتدا انحلال پذیری A در دمای ۲۰°C را با استفاده از درصد جرمی محلول سیرشده آن در این دما را به دست می‌آوریم. برای این کار فرض می‌کنیم ۱۰۰ گرم حلال (آب) داریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال} + \text{جرم حل شونده}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{m}{m+100} \times 100 \Rightarrow 20m + 2000 = 100m \Rightarrow m = \frac{2000}{80} = 25g$$

بنابراین انحلال پذیری A در دمای ۲۰°C برابر ۲۵ گرم است. اکنون از رابطه زیر برای محاسبه جرم رسوب ایجاد شده در اثر کاهش دمای محلول از ۵۰°C به ۲۰°C استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}} = \frac{\text{انحلال پذیری در دمای نهایی} - \text{انحلال پذیری در دمای اولیه}}{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}}$$

در این مسئله انحلال پذیری در دمای اولیه (۵۰°C) و نهایی (۲۰°C) به ترتیب برابر ۸۰g و ۲۵g است. از طرفی جرم محلول اولیه برابر ۷۲ گرم بوده و به این ترتیب

$$\frac{80-25}{100+80} = \frac{x}{72} \Rightarrow \frac{55}{180} = \frac{x}{72} \Rightarrow x = 22g$$

می‌توانیم جرم رسوب حاصل را به دست آوریم:

$$\frac{72 \times 55}{180} = ? \xrightarrow{\text{ساده سازی}} \frac{72 \times 55}{180} = \frac{4 \times 55}{10} = 4 \times 5.5 = 22g$$

**توضیح محاسبات**

**B ۶۶۹ ۱** مطابق متن تست، با حل کردن ۴۸ گرم پتاسیم نیترات در ۸۰ گرم آب در دمای ۴۸°C یک محلول سیر نشده ایجاد می‌شود. حال اگر دمای محلول را به طور پیوسته کاهش

دهیم، محلول تا تبدیل شدن به یک محلول سیر شده، رسوبی نمی‌دهد؛ بنابراین حداکثر مقداری که می‌توان دما را کاهش داد رساندن دما از ۴۸°C به دمای سیر شدن محلول است.

**قسمت اول:** ابتدا برای به دست آوردن انحلال پذیری KNO<sub>3</sub> در دمای ثانویه، مشخص می‌کنیم ۴۸ گرم KNO<sub>3</sub> در ۸۰ گرم آب، معادل چند گرم نمک در ۱۰۰ گرم آب است:

$$? g KNO_3 = 100g H_2O \times \frac{48g KNO_3}{80g H_2O} = 60g KNO_3$$

پس انحلال پذیری KNO<sub>3</sub> در دمای ثانویه برابر ۶۰ گرم است. مطابق نمودار، در دمای حدود ۴۰°C، انحلال پذیری KNO<sub>3</sub> برابر ۶۰ گرم است و در این دما یک

محلول سیر شده داریم؛ بنابراین دمای محلول را حداکثر ۸°C (۴۰-۴۸) می‌توان کاهش داد تا رسوبی ایجاد نشود. **قسمت دوم:** ابتدا مشخص می‌کنیم انحلال پذیری KNO<sub>3</sub>

در دمای ۱۲°C چند گرم است. با توجه به نمودار، انحلال پذیری این ماده در دمای ۱۲°C برابر ۲۰ گرم است. اکنون از رابطه زیر داریم:

$$\frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}} = \frac{\text{انحلال پذیری در دمای نهایی} - \text{انحلال پذیری در دمای اولیه}}{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}}$$

دقت کنید این رابطه مربوط به محلول‌های سیر شده است؛ بنابراین دمای اولیه را در اینجا همان ۴۰°C در نظر می‌گیریم:

$$\frac{60-20}{100+60} = \frac{x}{80+48} \Rightarrow \frac{40}{160} = \frac{x}{128} \Rightarrow x = 32g KNO_3$$

**B ۶۷۰ ۴** فرض می‌کنیم که وقتی دمای این محلول را از ۵۰°C به ۴۰°C کاهش می‌دهیم، x گرم پتاسیم نیترات رسوب می‌کند؛ بنابراین در دمای ۴۰°C داریم:

$$\text{جرم رسوب KNO}_3 \text{ در دمای } 50^\circ C - \text{جرم رسوب KNO}_3 \text{ در دمای } 40^\circ C = \frac{162-x}{360-x} \times 100 \Rightarrow 37/5 = \frac{162-x}{360-x} \times 100 \Rightarrow \frac{3}{8} = \frac{162-x}{360-x}$$

$$\Rightarrow 3(360-x) = 8(162-x) \Rightarrow 1080-3x = 1296-8x \Rightarrow 5x = 216 \Rightarrow x = 43.2g KNO_3$$

**قسمت دوم:** حال مقدار KNO<sub>3</sub> رسوب کرده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol KNO}_3 = 43.2g KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101g KNO_3} = 0.43 \text{ mol KNO}_3$$

**قسمت اول:** در ادامه، جرم KNO<sub>3</sub> باقی مانده در محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار KNO}_3 \text{ رسوب کرده} - \text{مقدار اولیه KNO}_3 = \text{مقدار KNO}_3 \text{ باقی مانده در محلول}$$

**C ۶۷۱ ۳** نمودارهای (۱)، (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب مربوط به انحلال پذیری نمک‌های KNO<sub>3</sub>، KCl، NaCl و Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):**

هر چه شیب نمودار «انحلال پذیری - دما» کمتر باشد، وابستگی انحلال پذیری نمک به دما کمتر است. **عبارت (ب):** در نمودار «انحلال پذیری - دما»، نقاط روی منحنی، زیر منحنی

و بالای منحنی به ترتیب نشان دهنده یک محلول سیر شده، سیر نشده و فراسیر شده در آن دما است. **عبارت (پ):** انحلال پذیری پتاسیم نیترات در آب در دماهای ۴۰°C و ۲۰°C

به ترتیب برابر ۶۰ گرم و ۳۰ گرم (به تقریب) در ۱۰۰ گرم آب است و اگر ۱۶۰g محلول سیر شده (۱۰۰g آب و ۶۰g حل شونده) در دمای ۴۰°C را تا دمای ۲۰°C سرد کنیم،

۳۰ گرم رسوب تشکیل خواهد شد. بنابراین داریم: (KNO<sub>3</sub>) رسوب ۱۵g = رسوب ۳۰g / ۱۶۰g محلول = ۸۰g محلول = رسوب تشکیل شده در اثر سرد کردن ۸۰ گرم محلول

$$\frac{|S_1 - S_2|}{100 + S_1} = \frac{\text{جرم رسوب}}{\text{جرم محلول}} \Rightarrow \frac{60-30}{100+60} = \frac{x}{80} \Rightarrow x = \frac{80 \times 30}{160} = 15g$$

از تناسب مقابل نیز می‌توان به جرم رسوب را محاسبه کرد:

**عبارت (ت):** محل برخورد نمودار انحلال پذیری با محور انحلال پذیری همان عرض از مبدأ در معادله انحلال پذیری است.

C ۶۷۲ ۱ ابتدا باید مقدار حل‌شونده و حلال موجود در محلول سیرشده در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  را بیابیم.

$$25\text{g} = \text{جرم حلال} \Rightarrow \text{حل شونده } 10\text{g} = \frac{\text{حل شونده } 40\text{g}}{\text{محلول } 140\text{g}} \times \text{محلول } 35\text{g} = \text{حل شونده } 10\text{g} \text{ ?}$$

بعد از حرارت دادن محلول ۲ اتفاق همزمان رخ می‌دهد: ۱- حجم و جرم محلول کاهش می‌یابد. ۲- انحلال‌پذیری کم می‌شود و جرم حل‌شونده محلول در آب نیز کاهش می‌یابد. مقدار حلال و حل‌شونده را در محلول نهایی تعیین می‌کنیم:

$$20\text{g} = \text{جرم حلال} \Rightarrow \text{حل شونده } 3\text{g} = \frac{\text{حل شونده } 15\text{g}}{\text{محلول } 115\text{g}} \times \text{محلول } 23\text{g} = \text{حل شونده } 3\text{g} \text{ ?}$$

درصد حلال تبخیر شده:  $\frac{|20-25|}{25} \times 100 = 20\%$  درصد حل‌شونده رسوب کرده:  $\frac{|10-3|}{10} \times 100 = 70\%$

C ۶۷۳ ۲ با توجه به چگالی محلول، جرم محلول سیرشده در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  برابر  $300\text{g}$  ( $200\text{mL} \times 1.5\text{g.mL}^{-1}$ ) است که ضمن افزوده شدن  $3700\text{g}$  گرم آب مقطر به آن، جرمش به  $4000\text{g}$  گرم می‌رسد. ابتدا جرم یون‌های  $X^{-}$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 225 \times 10^2 = \frac{m}{4000} \times 10^6 \Rightarrow m = 90\text{g } X^{-}$$

معادله انحلال  $AX_p$  در آب به صورت مقابل است.

$$AX_p(s) \xrightarrow{\text{آب}} A^{2+}(aq) + 2X^{-}(aq)$$

با استفاده از آن می‌توان جرم  $AX_p$  حل شده را به دست آورد:

$$90\text{g } AX_p = 90\text{g } X^{-} \times \frac{1\text{mol } X^{-}}{30\text{g } X^{-}} \times \frac{1\text{mol } AX_p}{2\text{mol } X^{-}} \times \frac{100\text{g } AX_p}{1\text{mol } AX_p} = 150\text{g } AX_p$$

بنابراین در  $300\text{g}$  گرم محلول سیرشده در دمای  $90^{\circ}\text{C}$ ،  $150\text{g}$   $AX_p$  و  $150\text{g}$  آب وجود دارد؛ در نتیجه انحلال‌پذیری این ماده در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  در  $100\text{g}$  آب برابر است با:

$$90\text{g } AX_p = 100\text{g } H_2O \times \frac{150\text{g } AX_p}{150\text{g } H_2O} = 100\text{g } AX_p$$

اکنون به سراغ انحلال‌پذیری  $AX_p$  در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  می‌رویم. برای این کار نخست جرم  $X^{-}$  حل شده در محلول رقیق شدهٔ دوم را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 18 \times 10^3 = \frac{m'}{200\text{mL} \times \frac{1.5\text{g}}{1\text{mL}} + 1700\text{g}} \times 10^6 \Rightarrow m' = 36\text{g } X^{-}$$

مجدداً از معادله انحلال  $AX_p$  در آب، جرم  $AX_p$  حل شده را محاسبه می‌کنیم:

$$90\text{g } AX_p = 36\text{g } X^{-} \times \frac{1\text{mol } X^{-}}{30\text{g } X^{-}} \times \frac{1\text{mol } AX_p}{2\text{mol } X^{-}} \times \frac{100\text{g } AX_p}{1\text{mol } AX_p} = 60\text{g } AX_p$$

بنابراین در  $300\text{g}$  گرم محلول سیرشدهٔ  $AX_p$  در دمای  $30^{\circ}\text{C}$ ،  $60\text{g}$   $AX_p$  و  $240\text{g}$  آب وجود دارد؛ در نتیجه انحلال‌پذیری این ماده در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  در آب برابر  $25\text{g}$  در  $100\text{g}$  آب است:

$$90\text{g } AX_p = 100\text{g } H_2O \times \frac{60\text{g } AX_p}{240\text{g } H_2O} = 25\text{g } AX_p$$

حال که انحلال‌پذیری این ماده در دو دمای  $30^{\circ}\text{C}$  و  $90^{\circ}\text{C}$  به دست آمد، از رابطهٔ زیر داریم:

$$\frac{\text{انحلال‌پذیری در دمای نهایی} - \text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}}{\text{جرم محلول مرجع در دمای اولیه}} = \frac{\text{مقدار رسوب}}{\text{جرم محلول داده شده}} \Rightarrow \frac{|100-25|}{100+100} = \frac{m}{250} \Rightarrow m = 93/75\text{g}$$

A ۶۷۴ ۱ چون نمودار خطی است، پس معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک در آب به صورت  $(S=a\theta+b)$  است و با توجه به داده‌های صورت سؤال می‌توان نوشت:

$$S(35^{\circ}\text{C}) = a \times 35 + b = 68, S(48^{\circ}\text{C}) = a \times 48 + b = 83/6 \Rightarrow a = 1/2, b = 26$$

B ۶۷۵ ۱ با توجه به معادلهٔ انحلال‌پذیری داده شده که به صورت  $S = +0/35\theta + 26$  است، می‌توان دریافت که انحلال‌پذیری ماده مورد نظر به صورت خطی بوده

که شیب مثبت دارد و عرض از مبدأ آن  $26$  است. یعنی انحلال‌پذیری آن در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  برابر  $26\text{g}$  می‌باشد. با توجه به نمودار صورت تست، عرض از مبدأ نمودار

انحلال‌پذیری برای  $KCl$  برابر  $26$  و عرض از مبدأ نمودار انحلال‌پذیری  $NaCl$  برابر  $34$  است. در ادامه انحلال‌پذیری  $KCl$  در دمای  $76^{\circ}\text{C}$  را به کمک رابطهٔ

$$S = +0/35\theta + 26 \xrightarrow{\theta=76^{\circ}\text{C}} S = +0/35(76) + 26 = 52/6\text{g}$$

انحلال‌پذیری به دست می‌آوریم:

با توجه به نمودار، مقدار انحلال‌پذیری  $KCl$  در دمای  $76^{\circ}\text{C}$  برابر با  $50\text{g}$  است؛ بنابراین اختلاف میزان انحلال‌پذیری  $KCl$  در دمای  $76^{\circ}\text{C}$  به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری و از روی نمودار برابر  $2/6(52-50)$  است.



۴ ۶۷۶ B قسمت اول: ابتدا با توجه به انحلال پذیری نمک A و معادله آن، دمای محلول A را می یابیم:

$$\frac{\Delta / \Delta g A}{20g \text{ آب}} = \frac{x}{100g \text{ آب}} \Rightarrow x = 27 / \Delta g A \text{ (انحلال پذیری نمک A)}$$

$$S_A = -0 / 14\theta + 38 \Rightarrow 27 / 5 = -0 / 14\theta + 38 \Rightarrow \theta = 75^\circ C$$

سپس انحلال پذیری نمک B را در دمای  $75^\circ C$  محاسبه می کنیم:

$$S_B = 0 / 36\theta + 40 \xrightarrow{\theta = 75^\circ C} S_B = 0 / 36 \times 75 + 40 \Rightarrow S_B = 67g$$

اکنون مقدار نمک B که در دمای  $75^\circ C$  در  $30^\circ$  گرم آب حل می شود را به دست می آوریم:

$$\frac{67g B}{100g \text{ آب}} = \frac{y}{30g \text{ آب}} \Rightarrow y = 20 / 1g B$$

قسمت دوم: باید معادله انحلال پذیری ترکیب A را از ترکیب B کم کنیم:

$$S_B - S_A = (0 / 36\theta + 40) - (-0 / 14\theta + 38) = 0 / 5\theta + 2 \xrightarrow{S_B - S_A = 6} 0 / 5\theta + 2 = 6 \Rightarrow \theta = 8^\circ C$$

۲ ۶۷۷ B ابتدا معادله انحلال پذیری KCl را محاسبه کرده و سپس مقدار انحلال پذیری این نمک را در دماهای  $45^\circ C$  و  $90^\circ C$  به دست می آوریم. در نهایت به

کمک مقادیر به دست آمده، جرم رسوب خواسته شده را محاسبه می کنیم: محاسبه b (عرض از مبدأ):

$$S = a\theta + b \xrightarrow{\theta = 0^\circ C} 27 = a \times 0 + b \Rightarrow b = 27$$

محاسبه a (شیب):

$$S = a\theta + b \xrightarrow{\theta = 20^\circ C} 33 = a \times 20 + 27 \Rightarrow a = 0 / 3$$

معادله انحلال پتاسیم کلرید:

هنگام سرد کردن m گرم محلولی از دمای  $\theta_1$  با انحلال پذیری  $S_1$  به دمای  $\theta_2$  با انحلال پذیری  $S_2$  می توان جرم رسوب تولید شده در طی فرایند را از رابطه روبه رو محاسبه کرد:

$$\frac{S_1 - S_2}{100 + S_1} = \frac{\text{جرم رسوب}}{m} \Rightarrow \frac{54 - 40 / 5}{100 + 54} = \frac{x}{308} \Rightarrow x = 27g KCl$$

۱ ۶۷۸ B برای به دست آوردن معادله انحلال پذیری این نمک، ابتدا باید انحلال پذیری آن در دماهای  $75^\circ C$  و  $0^\circ C$  را به دست آوریم. انحلال پذیری در دمای  $75^\circ C$ :

در  $75^\circ C$  محلول سیرشده آن در دمای  $75^\circ C$ ،  $25^\circ$  گرم نمک و  $50^\circ$  گرم آب وجود دارد؛ پس: نمک  $50g = 25g \times \frac{25g \text{ نمک}}{50g \text{ آب}}$  انحلال پذیری نمک در دمای  $75^\circ C$

انحلال پذیری در دمای  $0^\circ C$ : در  $50^\circ$  گرم محلول سیرشده نمک در دمای  $0^\circ C$ ،  $13 / 5^\circ$  گرم نمک و  $36 / 5^\circ$  گرم آب وجود دارد؛ پس:

$$\text{نمک } 37g \approx 13 / 5g \times \frac{13 / 5g \text{ نمک}}{36 / 5g \text{ آب}} \text{ انحلال پذیری در دمای } 0^\circ C$$

اکنون ضریب  $\theta$  را که همان شیب معادله انحلال پذیری است به دست می آوریم:

$$a = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{50 - 37}{75 - 0} = 0 / 17$$

۱ ۶۷۹ B قسمت اول: ابتدا به کمک معادله انحلال پذیری داده شده، انحلال پذیری این ترکیب در دمای  $30^\circ C$  را به دست می آوریم:

$$S = 0 / 8\theta + 72 \xrightarrow{\theta = 30^\circ C} S = (0 / 8 \times 30) + 72 = 96g$$

بنابراین در دمای  $30^\circ C$ ، در هر  $100g$  آب،  $96g$  از این ترکیب حل می شود؛ حال محاسبه می کنیم که در این دما، حداکثر چند گرم از این ترکیب در  $250g$  آب حل می شود:

$$\text{ترکیب } 240g = 250g \text{ آب} \times \frac{96g \text{ ترکیب}}{100g \text{ آب}}$$

در نتیجه  $84g$  ( $240 - 240$ ) از این ترکیب رسوب خواهد کرد.

قسمت دوم: برای آن که در اثر حل کردن  $84g$  از این نمک در  $100g$  آب، محلولی سیرنشده به دست آید، باید دمایی را به دست آوریم که در آن انحلال پذیری این

ترکیب بیشتر از  $84g$  باشد؛ بنابراین:

$$S(0^\circ C) > 84g \Rightarrow 0 / 8\theta + 72 > 84 \Rightarrow 0 / 8\theta > 12 \Rightarrow \theta > 15^\circ C$$

بنابراین در دماهای بیشتر از  $15^\circ$  درجه سلسیوس، محلول این نمک سیرنشده خواهد بود.

۱ ۶۸۰ C قسمت اول: با توجه به درصد جرمی محلول های سیرشده داده شده، انحلال پذیری منیزیم سولفات در دماهای  $5^\circ C$  و  $19^\circ C$  را محاسبه کرده و سپس به

کمک این دو مقدار، معادله انحلال پذیری این نمک را به دست می آوریم:

محاسبه انحلال پذیری منیزیم سولفات در دماهای  $5^\circ C$  و  $19^\circ C$ :

$$\frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \begin{cases} 5^\circ C : 20 = \frac{S(5^\circ C)}{100 + S(5^\circ C)} \times 100 \Rightarrow S(5^\circ C) = 25g \\ 19^\circ C : 37 / 5 = \frac{S(19^\circ C)}{100 + S(19^\circ C)} \times 100 \Rightarrow S(19^\circ C) = 60g \end{cases}$$

به دست آوردن معادله انحلال پذیری منیزیم سولفات در آب:

$$S = a\theta + b \Rightarrow 5^\circ C \text{ در دمای } 25 = a \times 5 + b, 19^\circ C \text{ در دمای } 60 = a \times 19 + b \Rightarrow a = 2 / 5, b = 12 / 5$$

معادله انحلال پذیری منیزیم سولفات:

$$S(0^\circ C) = 2 / 5 \times 0 + 12 / 5 = 12 / 5g$$

اکنون انحلال پذیری این نمک را در دمای  $0^\circ C$  به دست می آوریم:

قسمت دوم: ابتدا باید محاسبه کنیم که به ازای چند گرم منیزیم سولفات در ۱۰۰ گرم آب، درصد جرمی آن در محلول سیر شده به ۱۶/۶۷٪ می‌رسد:

$$\frac{\text{جرم } \text{MgSO}_4}{\text{جرم آب} + \text{MgSO}_4} \times 100 \Rightarrow \text{جرم } \text{MgSO}_4 = 20 \text{ g} \quad S = 2/5\theta + 12/5 \xrightarrow{S=20 \text{ g}} 20 = 2/5\theta + 12/5 \Rightarrow \theta = 3^\circ \text{C}$$

B ۶۸۱ ۳ با توجه به داده‌های جدول، معادله انحلال پذیری را به دست می‌آوریم:

$$S = m\theta + S_0 \Rightarrow m = \frac{\Delta S}{\Delta \theta} = \frac{33 - 34/5}{20 - 10} = \frac{-1/5}{10} = -0/15 \quad \theta = 2^\circ \text{C} \rightarrow S = -0/15 \times 20 + S_0 = 33 \Rightarrow S_0 - 3 = 33 \Rightarrow S_0 = 36 \text{ g} \Rightarrow S = -0/15\theta + 36$$

شیب منفی ( $m < 0$ ) است؛ بنابراین نمودار انحلال پذیری بر حسب دما برای لیتیم سولفات به صورت نزولی است. سپس انحلال پذیری در دمای  $4^\circ \text{C}$  را محاسبه کرده، و اجزای محلول را مشخص می‌کنیم:

$$\xrightarrow{\theta = 4^\circ \text{C}} S = -0/15 \times 4 + 36 = 30 \text{ g} \quad \text{جرم } \text{Li}_2\text{SO}_4 = 65 \times \frac{30}{100 + 30} = 15 \text{ g} \quad \text{جرم آب} = 65 - 15 = 50 \text{ g} \text{ (حلال)}$$

با فرض سؤال و افزودن  $12/5 \text{ g}$  آب ( $d = 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )، انحلال پذیری جدید را محاسبه می‌کنیم:

$$S = \frac{15 \text{ g } \text{Li}_2\text{SO}_4}{(50 + 12/5) \text{ g } \text{H}_2\text{O}} \times 100 = 24 \Rightarrow -0/15\theta + 36 = 24 \Rightarrow -0/15\theta = 12 \Rightarrow \theta = 8^\circ \text{C}$$

$$S = -0/20\theta + 35 \xrightarrow{\theta = 6^\circ \text{C}} S(6^\circ \text{C}) = -0/2(6) + 35 = 23 \frac{\text{g}}{100 \text{ g } \text{H}_2\text{O}} \quad \text{موارد دوم و سوم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول:}$$

$$S(5^\circ \text{C}) = -0/2(5) + 35 = 25 \frac{\text{g}}{100 \text{ g } \text{H}_2\text{O}} \quad \text{مورد دوم: ابتدا انحلال پذیری نمک را در دمای } 5^\circ \text{C} \text{ محاسبه می‌کنیم:}$$

سپس در صورتی که جرم آب  $100$  گرم باشد، درصد جرمی محلول سیر شده نمک را به دست می‌آوریم:  $\frac{25}{100 + 25} \times 100 = 20\%$  = درصد جرمی نمک.

مورد سوم: با توجه به اینکه شیب در معادله انحلال پذیری  $S = -0/20\theta + 35$ ، منفی است، پس روند تغییر انحلال پذیری نمک مورد نظر با دما، همانند لیتیم سولفات ( $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ) است و با افزایش دما، انحلال پذیری نمک در آب کاهش می‌یابد. مورد چهارم: با توجه به منفی بودن شیب نمودار انحلال پذیری نمک، با کاهش دمای محلول، انحلال پذیری نمک افزایش می‌یابد و نه تنها نمک رسوب نمی‌کند، بلکه این محلول می‌تواند میزان بیشتری از نمک را در خود حل کند.

C ۶۸۳ ۱ قسمت اول: ابتدا جرم  $\text{NaNO}_3$  حل شده در هر محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } \text{NaNO}_3 = 2 \text{ L محلول} \times \frac{2/5 \text{ mol } \text{NaNO}_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{85 \text{ g } \text{NaNO}_3}{1 \text{ mol } \text{NaNO}_3} = 425 \text{ g } \text{NaNO}_3 \quad \text{در محلول اول:}$$

$$? \text{ g } \text{NaNO}_3 = 1000 \text{ g محلول} \times \frac{55000 \text{ g } \text{NaNO}_3}{10^6 \text{ g محلول}} = 55 \text{ g } \text{NaNO}_3 \quad \text{در محلول دوم:}$$

سپس جرم حل‌شونده و حلال را در محلول نهایی به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم محلول} = (2 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1/3 \text{ g}}{1 \text{ mL}} + 1000 \text{ g}) = 2600 \text{ g} + 1000 \text{ g} = 3600 \text{ g}$$

$$\text{جرم } \text{NaNO}_3 = 425 \text{ g} + 55 \text{ g} = 480 \text{ g} \quad \text{حال درصد جرمی } \text{NaNO}_3 \text{ در محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:}$$

$$\text{درصد جرمی } \text{NaNO}_3 = \frac{480 \text{ g}}{3600 \text{ g}} \times 100 = 13/33\%$$

قسمت دوم: به کمک معادله انحلال پذیری و تغییرات آن، جرم رسوب حاصل را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} S_{30^\circ \text{C}} &= 0/8 \times 30 + 72 = 96 \\ S_{10^\circ \text{C}} &= 0/8 \times 10 + 72 = 80 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta S = 16 \text{ g} \quad \text{رسوب} = 480 \text{ g } \text{NaNO}_3 \times \frac{16 \text{ g رسوب}}{96 \text{ g } \text{NaNO}_3} = 80 \text{ g رسوب}$$

$$\frac{480 \times 16}{96} = ? \quad \text{تخمین زدن و ساده‌سازی} \quad \xrightarrow{\text{به جای } 480 \text{ و } 96 \text{ اعداد } 500 \text{ و } 100 \text{ قرار گیرد.}} \quad \frac{500 \times 16}{100} = 5 \times 16 = 80$$

+ توضیح محاسبات

C ۶۸۴ ۳ موارد اول، سوم، چهارم و پنجم درست است. بررسی موارد: مورد اول: برای پیدا کردن نقطه برخورد، دو معادله را مساوی هم قرار می‌دهیم:

$$S_A = S_B \Rightarrow 0/8\theta + 72 = 0/4\theta + 17 \Rightarrow 0/4\theta = -55 \times \quad S_A = S_C \Rightarrow 0/8\theta + 72 = -0/16\theta + 45 \Rightarrow 0/96\theta = -27 \times$$

پس در بازه دمایی صفر تا  $10^\circ \text{C}$ ، در هیچ دمایی انحلال پذیری ماده A با انحلال پذیری دو ماده B و C برابر نخواهد شد. مورد دوم: هر چه قدر مطلق شیب نمودار کمتر باشد، دما تأثیر کمتری بر انحلال پذیری ماده دارد. در میان این ۴ نمودار، کمترین قدر مطلق شیب نمودار متعلق به نمودار D است. مورد سوم:

$$S_C = S_D \Rightarrow -0/16\theta + 45 = 0/1\theta + 33 \Rightarrow 12 = 0/26\theta \Rightarrow \theta = 46^\circ \text{C}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ماده A: } S &= 0/8\theta + 72 \xrightarrow{\theta = 3^\circ \text{C}} S_A = 0/8(3) + 72 = 96 \text{ g} \\ \text{ماده D: } S &= 0/1\theta + 33 \xrightarrow{\theta = 7^\circ \text{C}} S_D = 0/1(7) + 33 = 40 \text{ g} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{96}{40} = 2/4 \quad \text{مورد چهارم:}$$

$$S_B = 0/4\theta + 17 \xrightarrow{\theta = 55^\circ \text{C}} S_B = 0/4(55) + 17 = 39 \text{ g} \quad \text{مورد پنجم: درصد جرمی} = \frac{39}{139} \times 100 = 28\%$$





۲ ۶۸۵ B ابتدا به کمک معادله «انحلال پذیری - دما»، انحلال پذیری نمک A را در آب در دماهای °C و °C ۴۰ به دست می آوریم:

$$S_A = \frac{0}{97} \theta + 35 \Rightarrow \theta = 0^\circ C \Rightarrow S_A = 35g, \theta = 40^\circ C \Rightarrow S_A = \frac{0}{97} \times (40) + 35 = 73/8g$$

بنابراین انحلال پذیری نمک B در دماهای °C و °C ۴۰ به ترتیب برابر ۳۵g و ۳۰g است، اکنون معادله «انحلال پذیری - دما» را برای ماده B به دست می آوریم:

$$a = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{30 - 35}{40 - 0} = -\frac{1}{8}, \quad S - S_1 = a(\theta - \theta_1) \Rightarrow S - 35 = -\frac{1}{8}(\theta - 0) \Rightarrow S = -\frac{1}{8}\theta + 35$$

اکنون انحلال پذیری نمک های A و B را در دمای °C ۵۰ به دست می آوریم:

$$S_A(\theta = 50^\circ C) = \frac{0}{97} \times 50 + 35 = 83/5g$$

$$S_B(\theta = 50^\circ C) = -\frac{1}{8} \times 50 + 35 = 28/75g$$

برای محاسبه نسبت غلظت مولار محلول ها، ۱۰۰ گرم از هر محلول را در نظر می گیریم و با توجه به یکسان بودن حجم محلول های سیر شده A و B، نسبت غلظت مولار آن ها برابر نسبت مقدار مول آن ها است:

$$\left. \begin{array}{l} \text{مول A در محلول سیر شده آن} = 83/5g \text{ A} \times \frac{1 \text{ mol A}}{33 \cdot g \text{ A}} = 0/253 \text{ mol A} \\ \text{مول B در محلول سیر شده آن} = 28/75g \text{ B} \times \frac{1 \text{ mol B}}{11 \cdot g \text{ B}} = 0/261 \text{ mol B} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\text{غلظت B در محلول آن}}{\text{غلظت A در محلول آن}} = \frac{\text{مقدار مول B}}{\text{مقدار مول A}} = \frac{0/261}{0/253} = 1/03$$

۲ ۶۸۶ B ابتدا واکنش را موازنه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): اگر شمار مول های HCl مصرف شده را محاسبه کنیم و بر حجم محلول HCl تقسیم کنیم، مولاریته آن به راحتی به دست می آید:

$$? \text{ mol HCl} = 33/6L \text{ CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4L \text{ CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol CO}_2} = 3 \text{ mol HCl}, \quad \text{مولاریته} = \frac{\text{شمار مول ها}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{مولاریته} = \frac{3}{2/5} = 1/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{33/6}{1 \times 22/4} = \frac{2/5 \times x}{2} \Rightarrow x = 1/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

۳ ۶۸۷ B ابتدا معادله واکنش را موازنه می کنیم:

اگر تعداد یون های کلرید موجود در ۶۰۰ میلی لیتر محلول HCl را به دست آوریم، به سادگی می توان محاسبه کرد که در چند میلی لیتر محلول HCl،  $1/50 \times 10^{22}$  یون کلرید وجود دارد.

$$? \text{ ion Cl}^- = 4/5g \text{ Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27g \text{ Al}} \times \frac{6 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{6/0 \times 2 \times 10^{23} \text{ ion Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} = 3/0 \times 1 \times 10^{23} \text{ ion Cl}^-$$

$$1/50 \times 10^{22} \text{ ion Cl}^- \times \frac{600 \text{ mL اسید}}{3/0 \times 1 \times 10^{23} \text{ ion Cl}^-} = 3 \cdot \text{mL اسید} \quad ? L \text{ H}_2 = 4/5g \text{ Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27g \text{ Al}} \times \frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{22/4L \text{ H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 5/6L \text{ H}_2$$

$$\frac{4/5 \times 3 \times 22/4}{27 \times 2} = ? \xrightarrow{\text{ساده سازی}} \frac{4/5 \times 3 \times 22/4}{27 \times 2} = \frac{4/5 \times 11/2}{9} = \frac{11/2}{9} = 5/6$$

+ توضیح محاسبات

۴ ۶۸۸ B ابتدا باید واکنش را موازنه کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): کافی است جرم  $F_2$  را به دست آوریم و با تقسیم بر حجم، چگالی آن را محاسبه کنیم:

$$? g F_2 = 160 \text{ mL NaCl(aq)} \times \frac{0/3 \text{ mol NaCl}}{1000 \text{ mL NaCl(aq)}} \times \frac{1 \text{ mol F}_2}{2 \text{ mol NaCl}} \times \frac{38g F_2}{1 \text{ mol F}_2} = 0/912g F_2, \quad \text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{0/912}{0/6} = 1/52g.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \times (\text{g.L}^{-1})}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/16 \times 0/3}{2} = \frac{0/6 \times x}{38 \times 1} \Rightarrow x = 1/52g.L^{-1}$$

۳ ۶۸۹ B معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

ابتدا براساس واکنش انجام شده، غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق را به یکی از دو روش زیر به دست می آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

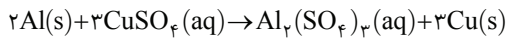
$$? \text{ mol HNO}_3 = 0/02 \text{ mol Zn(OH)}_2 \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Zn(OH)}_2} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol HNO}_3, \quad \text{غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10 \times 10^{-3} L} = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول Zn(OH)}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10 \times 10^{-3} \times M}{2} = \frac{0/02 \text{ mol}}{1} \Rightarrow M = 0/4 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{مولاریته HNO}_3 \text{ رقیق} = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون با توجه به مولاریته  $\text{HNO}_3$  رقیق شده و رابطه رقیق سازی، می توان مولاریته محلول غلیظ اولیه را محاسبه نمود:

$$M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} = M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} \Rightarrow 0/4 \times 250 = M_{\text{غلیظ}} \times 40 \Rightarrow M_{\text{غلیظ}} = 2/5 \text{ mol.L}^{-1}$$



قسمت اول: ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

\* توجه: بدون موازنه نیز می‌توانستیم بفهمیم که ضرایب مولی  $Cu$  و  $CuSO_4$  برابر است و نسبت ضرایب استوکیومتری این دو ماده برابر ۱ است.

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم مس (II) سولفات مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$? g CuSO_4 = 72g Cu \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64g Cu} \times \frac{3 \text{ mol CuSO}_4}{3 \text{ mol Cu}} \times \frac{160g CuSO_4}{1 \text{ mol CuSO}_4} = 180g CuSO_4$$

$$\text{جرم محلول } CuSO_4 = \text{جرم محلول} \times \text{چگالی} = 300 \times 1/25 = 375g$$

جرم محلول  $CuSO_4$  اولیه را نیز به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{180}{375} \times 100 = 48\%$$

اکنون درصد جرمی محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{\text{جرم مس}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{CuSO_4 \text{ حجم محلول} \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{100 \times \text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{72}{64 \times 1} = \frac{300 \times 1/25 \times X}{100 \times 160 \times 1} \Rightarrow X = 48$$

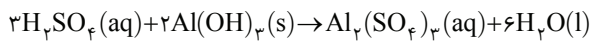
روش دوم (تناسب):

$$? g Al = 72g Cu \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64g Cu} \times \frac{2 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol Cu}} \times \frac{27g Al}{1 \text{ mol Al}} = 20/25g Al$$

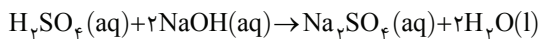
قسمت دوم:

$$\frac{72 \times 2 \times 27}{64 \times 3} = ? \xrightarrow{\text{ساده سازی}} \frac{72 \times 2 \times 27}{64 \times 3} = \frac{9 \times 2 \times 9}{8} = \frac{81}{4} \xrightarrow{\text{تقسیم یکنانی}} \frac{20}{4} = 5 \Rightarrow 20 + 0/25 = 20/25$$

+ توضیح محاسبات



معادله موازنه واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:



واکنش اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$? L \text{ محلول } H_2SO_4 = 0.3 \text{ mol } Al(OH)_3 \times \frac{3 \text{ mol } H_2SO_4}{2 \text{ mol } Al(OH)_3} \times \frac{1 L \text{ محلول } H_2SO_4}{0.1 \text{ mol } H_2SO_4} = 0.45 L \text{ محلول } H_2SO_4 = 450 \text{ mL } H_2SO_4$$

$$\frac{Al(OH)_3 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{H_2SO_4 \text{ حجم محلول} \times \text{مولاریته}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.3}{2} = \frac{0.1 \times X L}{3} \Rightarrow X = 0.45 L \text{ محلول } H_2SO_4 = 450 \text{ mL}$$

روش دوم (تناسب):

واکنش دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? L \text{ محلول } H_2SO_4 = 0.3 L \text{ محلول } NaOH \times \frac{0.2 \text{ mol } NaOH}{1 L \text{ محلول } NaOH} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{2 \text{ mol } NaOH} \times \frac{1 L \text{ محلول } H_2SO_4}{0.1 \text{ mol } H_2SO_4} = 0.3 L \text{ محلول } H_2SO_4 = 300 \text{ mL } H_2SO_4$$

$$\frac{NaOH \text{ حجم محلول} \times \text{مولاریته}}{\text{ضریب}} = \frac{H_2SO_4 \text{ حجم محلول} \times \text{مولاریته}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.3 \times 0.2}{2} = \frac{0.1 \times y}{1} \Rightarrow y = 0.3 L \text{ محلول } H_2SO_4 = 300 \text{ mL}$$

روش دوم (تناسب):

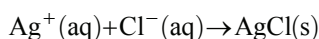
بنابراین برای واکنش با محلول (الف)، حجم بیشتری از محلول سولفوریک اسید ۰/۱ مولار لازم است و این حجم برابر ۴۵۰ میلی لیتر می‌باشد.

قسمت دوم: ابتدا شمار مول یون‌های  $Ag^+$  در دو محلول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } Ag^+ (1 \text{ محلول}) = 2L \text{ محلول} \times \frac{0.2 \text{ mol } AgNO_3}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } Ag^+}{1 \text{ mol } AgNO_3} = 0.4 \text{ mol } Ag^+$$

$$? \text{ mol } Ag^+ (2 \text{ محلول}) = 1.0 L \times \frac{0.3 \text{ mol } AgNO_3}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } Ag^+}{1 \text{ mol } AgNO_3} = 0.3 \text{ mol } Ag^+$$

با مخلوط کردن دو محلول در مجموع ۰/۷ mol (۰/۴ + ۰/۳) یون نقره داریم که افزودن آب خالص یا آب دریا تغییری در مقدار آن ایجاد نمی‌کند. معادله واکنش



یون‌های نقره و یون‌های کلرید به صورت مقابل است:

$$? g AgCl = 0.7 \text{ mol } Ag^+ \times \frac{1 \text{ mol } AgCl}{1 \text{ mol } Ag^+} \times \frac{143/5g AgCl}{1 \text{ mol } AgCl} = 100/45g AgCl$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{Ag^+ \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{AgCl \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.7}{1} = \frac{x g AgCl}{1 \times 143/5} \Rightarrow x = 100/45g AgCl$$

روش دوم (تناسب):

$$143/5 \times 0.7 = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن به جای } 143/5} 140 \times 0.7 = 98 \xrightarrow{\text{عدد } 140 \text{ قرار گیرد}}$$

+ توضیح محاسبات: پاسخ اندکی از ۹۸ بزرگ‌تر است. (پاسخ ۱۰۰/۴۵)



معادله موازنه شده این دو واکنش به صورت زیر است: **۴ ۶۹۳ B**



**روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا باید جرم آهن موجود در سنگ معدن را به دست آوریم:

$$? g Fe = 5/35 g Fe(OH)_3 \times \frac{1 mol Fe(OH)_3}{107 g Fe(OH)_3} \times \frac{1 mol FeCl_3}{1 mol Fe(OH)_3} \times \frac{1 mol Fe_2O_3}{2 mol FeCl_3} \times \frac{2 mol Fe}{1 mol Fe_2O_3} \times \frac{56 g Fe}{1 mol Fe} = 2/18 g Fe$$

سپس درصد جرمی آهن در این نمونه از سنگ معدن را که ۲۰ گرم جرم دارد محاسبه می‌کنیم:  $\frac{2/18}{20} \times 100 = 1/14 \times 100 = 14\%$  درصد جرمی آهن =  $\frac{\text{جرم آهن}}{\text{جرم سنگ معدن}} \times 100$

**روش دوم (تناسب):** برای حل این مسئله به روش تناسب، باید توجه کنید که به ازای مصرف هر مول  $Fe_2O_3$  که حاوی ۲ مول آهن است، در نهایت ۲ مول  $Fe(OH)_3$  تولید می‌شود. درصد جرمی Fe موجود در نمونه سنگ معدن را x در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم آهن ناخالص} \times \frac{x}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم} Fe(OH)_3}{2 \times 56} \Rightarrow \frac{2 \times x}{100} = \frac{5/35}{2 \times 107} \Rightarrow x = 14\%$$

**۴ ۶۹۴ B** قسمت اول: برای محاسبه جرم یون‌های سدیم در محلول اول داریم:

**روش اول (کسر تبدیل):**  $? g Na^+ = 90 g \text{ محلول} \times \frac{1 mL \text{ محلول}}{1/2 g \text{ محلول}} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol Na_2SO_4}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{2 mol Na^+}{1 mol Na_2SO_4} \times \frac{23 g Na^+}{1 mol Na^+} = 17/25 g Na^+$

**روش دوم (تستی):** در این روش ابتدا درصد جرمی یون‌های سدیم را به دست می‌آوریم سپس جرم آن‌ها را در ۹۰ گرم محلول محاسبه می‌کنیم. ابتدا باید بدانیم که با توجه به زیروند Na در فرمول  $Na_2SO_4$ ، غلظت مولار  $Na^+$  در محلول آن برابر  $10 \text{ mol} \cdot L^{-1} (2 \times 5)$  است:

$$\frac{\text{جگالی} \times \text{درصد جرمی} \times 10}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times a \times 1/2}{23} \Rightarrow a = \frac{2/3}{1/2} = 14\%$$

اکنون از رابطه درصد جرمی داریم:  $\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{23}{1/2} \times \frac{m}{90} \Rightarrow m = 17/25 g Na^+$

**قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):**

$$? mL BaCl_2 = 90 g Na_2SO_4 \text{ محلول} \times \frac{1 mol Na_2SO_4}{172 g Na_2SO_4} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol Na_2SO_4}{1 L Na_2SO_4} \times \frac{1 mol BaCl_2}{1 mol Na_2SO_4} \times \frac{1 L BaCl_2 \text{ محلول}}{0/4 mol BaCl_2} = 937/5 mL BaCl_2$$

**روش دوم (تناسب):**

$$\frac{Na_2SO_4 \text{ محلول} \times \text{غلظت مولار} \times \text{کیلو محلول}}{\text{ضریب} \times \text{جگالی}} = \frac{BaCl_2 \text{ محلول} \times \text{غلظت مولار} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{(90 \times 10^{-3}) \times 5}{1/2 \times 1} = \frac{V \times 0/4}{1} \Rightarrow V = 0/9375 L = 937/5 mL$$

$$\frac{90 \times 10^{-3} \times 5}{1/2 \times 0/4} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده‌سازی}} \frac{9 \times 5}{10} = 0/9 \Rightarrow 900 mL$$

به جای ۴۸ عدد ۵۰ قرار گیرد.  $\frac{9 \times 5}{10} = 0/9$

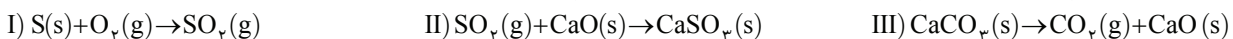
**+ توضیح محاسبات**

پاسخ به عدد ۹۰۰ نزدیک است. (پاسخ ۹۳۷/۵)

**۴ ۶۹۵ B** ابتدا جرم گوگرد موجود در ۱۰ تن از این سوخت فسیلی را به کمک رابطه ppm به دست آوریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم سوخت}} \times 10^6 \Rightarrow 64000 = \frac{\text{جرم گوگرد}}{10 \text{ ton} \times \frac{10^6 g}{1 \text{ ton}}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم گوگرد} = 640000 g$$

معادله واکنش سوختن گوگرد و دو واکنش دیگر که در صورت تست داده شده به صورت زیر است:



**روش اول (کسر تبدیل):** محاسبه جرم CaO لازم برای جذب کامل گاز  $SO_2$  تولید شده:

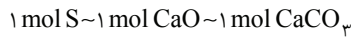
$$? kg CaO = 640000 g S \times \frac{1 mol S}{32 g S} \times \frac{1 mol SO_2}{1 mol S} \times \frac{1 mol CaO}{1 mol SO_2} \times \frac{56 g CaO}{1 mol CaO} \times \frac{1 kg CaO}{1000 g CaO} = 112 kg CaO$$

محاسبه جرم  $CaCO_3$  ناخالص لازم برای تولید ۱۱۲ kg کلسیم اکسید:

$$? kg CaCO_3 = 112 kg CaO \times \frac{1000 g CaO}{1 kg CaO} \times \frac{1 mol CaO}{56 g CaO} \times \frac{1 mol CaCO_3}{1 mol CaO} \times \frac{100 g CaCO_3}{1 mol CaCO_3} \times \frac{100 g CaCO_3 \text{ ناخالص}}{80 g CaCO_3 \text{ خالص}}$$

$$= 250000 g CaCO_3 \text{ ناخالص} = 250 kg CaCO_3 \text{ ناخالص}$$

**روش دوم (تناسب):** با توجه به معادله واکنش‌ها، به ازای سوختن یک مول S، یک مول  $\text{SO}_2$  تولید و برای حذف یک مول  $\text{SO}_2$ ، یک مول  $\text{CaO}$  لازم است که از تجزیه یک مول  $\text{CaCO}_3$  تولید می‌شود.



$$\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم آهنک}} = \frac{\text{جرم آهک}}{\text{جرم } \text{CaCO}_3} = \frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم } \text{CaCO}_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{y \times 100}{64000} = \frac{x}{32 \times 100} = \frac{100}{56 \times 100} \Rightarrow x = 112000 \text{ g} = 112 \text{ kg CaO}, y = 250 \text{ kg CaCO}_3$$

**روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا شمار مول‌های سدیم فسفات را در محلول آن به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol Na}_3\text{PO}_4 = 1000 \text{ mL محلول} \times \frac{1/15 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{3000 \text{ g Na}^+}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}{3 \text{ mol Na}^+} = 0.05 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4$$

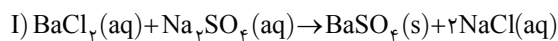
اکنون می‌توان حجم محلول مورد نیاز کلسیم نیترات را محاسبه کرد:

$$? \text{ mL Ca(NO}_3)_2 \text{ محلول} = 0.05 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4 \times \frac{3 \text{ mol Ca(NO}_3)_2}{2 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} \times \frac{1 \text{ L Ca(NO}_3)_2 \text{ محلول}}{0.075 \text{ mol ion}}$$

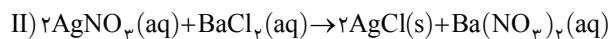
$$= 0.3 \text{ L Ca(NO}_3)_2 \text{ محلول} = 300 \text{ mL Ca(NO}_3)_2 \text{ محلول}$$

**قسمت دوم:** جرم رسوب کلسیم فسفات برابر است با:

$$? \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 0.05 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{2 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} \times \frac{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 7.75 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$



**۳ ۶۹۷ B** ابتدا واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:



ابتدا شمار مول‌های  $\text{BaCl}_2$  موجود در ۱۱۰ میلی‌لیتر محلول را به دست می‌آوریم: (دقت کنید که در هر مول  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ، ۳ مول یون وجود دارد.)

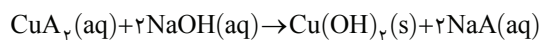
$$? \text{ mol BaCl}_2 = 360 \text{ mL Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \times \frac{1/6 \text{ mol ion}}{1000 \text{ mL Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{3 \text{ mol ion}} \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} = 0.198 \text{ mol BaCl}_2$$

حال شمار مول‌های  $\text{BaCl}_2$  لازم برای واکنش با نقره نیترات را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol BaCl}_2 = 306 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{170 \text{ g AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{2 \text{ mol AgNO}_3} = 0.9 \text{ mol BaCl}_2$$

در ۱۱۰ میلی‌لیتر محلول باریم کلرید، ۰/۱۹۸ مول  $\text{BaCl}_2$  وجود دارد، بنابراین می‌توان حجم محلولی که حاوی ۰/۹ مول  $\text{BaCl}_2$  باشد را محاسبه نمود:

$$? \text{ mL محلول} = 0.9 \text{ mol BaCl}_2 \times \frac{110 \text{ mL محلول}}{0.198 \text{ mol BaCl}_2} = 500 \text{ mL محلول}$$



**۱ ۶۹۸ B** معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

**روش اول (کسر تبدیل):** قسمت اول: جرم مولی یون A را برابر a گرم بر مول در نظر می‌گیریم و از حجم و غلظت محلول NaOH به جرم  $\text{CuA}_2$  مصرفی می‌رسیم و مقدار a را محاسبه می‌کنیم:

$$100 \times 10^{-3} \text{ L NaOH محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol CuA}_2}{2 \text{ mol NaOH}} \times \frac{(64+2a) \text{ g CuA}_2}{1 \text{ mol CuA}_2} = 4/55 \text{ g CuA}_2$$

$$\Rightarrow 64+2a = \frac{4/55 \times 2}{100 \times 10^{-3} \times 0.5} = 182 \Rightarrow 2a = 182 - 64 = 118 \Rightarrow a = 59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

فرمول شیمیایی یون‌های استات و نیترات به ترتیب  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$  و  $\text{NO}_3^-$  بوده و جرم مولی آن‌ها به ترتیب برابر ۵۹ و ۶۲ گرم بر مول است؛ پس یون A همان استات است.

$$? \text{ g Cu(OH)}_2 = 100 \times 10^{-3} \text{ L NaOH محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Cu(OH)}_2}{2 \text{ mol NaOH}} \times \frac{98 \text{ g Cu(OH)}_2}{1 \text{ mol Cu(OH)}_2} = 2/45 \text{ g Cu(OH)}_2$$

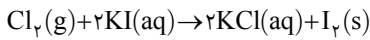
**قسمت دوم:**

**روش دوم (تناسب):** هر دو قسمت این مسئله را می‌توان به روش تناسب، در یک مرحله حل نمود: (جرم مولی یون A را برابر a گرم بر مول در نظر می‌گیریم.)

$$\frac{\text{جرم مولی } \text{CuA}_2 \text{ مصرفی}}{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم محلول NaOH مصرفی}} = \frac{\text{جرم مولی } \text{Cu(OH)}_2 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{4/55}{2} = \frac{y \text{ g Cu(OH)}_2}{1 \times (64+2a)} = \frac{y}{1 \times 98}$$

$$\Rightarrow a = 59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, y = 2/45 \text{ g Cu(OH)}_2$$

فرمول شیمیایی یون‌های استات و نیترات به ترتیب  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$  و  $\text{NO}_3^-$  بوده و جرم مولی آن‌ها به ترتیب برابر ۵۹ و ۶۲ گرم بر مول است؛ پس یون A همان استات است.



۱۶۹۹ B قسمت اول: ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

سپس جرم محلول را به دست می‌آوریم و بر حجم آن تقسیم می‌کنیم:

$$? \text{ g KI}(\text{aq}) = 170/4 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol KI}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{166 \text{ g KI}}{1 \text{ mol KI}} \times \frac{125 \text{ g KI}(\text{aq})}{25 \text{ g KI}} = 3984 \text{ g KI}(\text{aq})$$

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{3984 \text{ g}}{160 \text{ mL}} \Rightarrow \text{چگالی} = 24.9 \text{ g mL}^{-1}$$

$$? \text{ g KCl} = 170/4 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol KCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{74.5 \text{ g KCl}}{1 \text{ mol KCl}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 35760 \text{ mg KCl}$$

قسمت دوم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم های KCl}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 3576 = \frac{35760}{V} \Rightarrow V = 10 \text{ L محلول}$$

۱۷۰۰ B روش اول (کسر تبدیل): اگر جرم مولی فلز A را M فرض کنیم، داریم:

$$36 \text{ mL AOH}(\text{aq}) = 30 \text{ mL HCl}(\text{aq}) \times \frac{5/76 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}(\text{aq})} \times \frac{1 \text{ mol AOH}}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{(M+17) \text{ g AOH}}{1 \text{ mol AOH}} \times \frac{100 \text{ g AOH}(\text{aq})}{9 \text{ g AOH}}$$

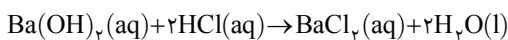
$$\times \frac{1 \text{ mL AOH}(\text{aq})}{1/28 \text{ g AOH}(\text{aq})} \Rightarrow (M+17) = 24 \Rightarrow M = 7 \text{ g mol}^{-1}$$

روش دوم (تناسب): مولاریته محلول AOH(aq) را x فرض می‌کنیم:

$$\frac{\text{HCl}(\text{aq}) \text{ غلظت مولی} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{AOH}(\text{aq}) \text{ غلظت مولی} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{30 \times 5/76}{1} = \frac{36 \times x}{1} \Rightarrow x = 4/8 \text{ mol L}^{-1}$$

توجه کنید که حجم هر دو محلول برحسب mL داده شده در تناسب نیازی به تبدیل به لیتر نداریم. حالا طبق فرمول داریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی حل شونده}} \Rightarrow 4/8 = \frac{10 \times 9/28}{\text{جرم مولی AOH}} \Rightarrow \text{جرم مولی AOH} = 24 \text{ g mol}^{-1} \Rightarrow \text{جرم مولی A} = 7 \text{ g mol}^{-1}$$



۱۷۰۱ B ابتدا باید واکنش را موازنه کنیم:

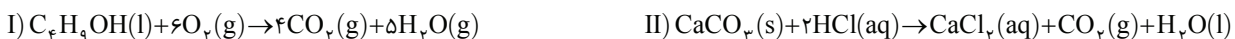
سپس جرم HCl را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g HCl} = 50 \text{ mL Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) \times \frac{1/1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{1000 \text{ mL Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2} \times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 40/15 \text{ g HCl}$$

بنابراین از ۲۴۰ گرم محلول HCl، به تقریب ۴۰ گرم آن HCl و ۲۰۰ گرم آب است، پس:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم حلال}}{\text{انحلال پذیری}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{40}{200} \times 100 = 20 \text{ g}$$

۱۷۰۲ B ابتدا واکنش‌های مورد نظر را موازنه کرده و سپس با توجه به روابط استوکیومتری مقدار CaCO<sub>3</sub> مصرفی را می‌یابیم:



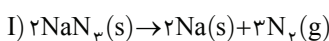
در واکنش (I) در مجموع ۱۱۲/۵ لیتر گاز (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) در شرایط داده شده تولید می‌شود:

با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش نسبت H<sub>2</sub>O تولید شده به CO<sub>2</sub> تولید شده ۵ به ۴ است.

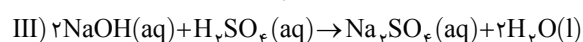
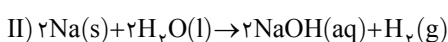
$$4x + 5x = 4/5 \Rightarrow 9x = 4/5 \Rightarrow x = 1/9 \Rightarrow 4x = 2/9 \text{ mol CO}_2, 5x = 5/9 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\text{(I)} \Rightarrow ? \text{ g C}_6\text{H}_5\text{OH} = 2 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{OH}}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{122 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{OH}} = 37 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{OH}$$

$$\text{(II)} \Rightarrow ? \text{ L HCl} = 2 \text{ mol CO}_2 \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ L HCl}}{2 \text{ mol HCl}} = 2 \text{ L HCl}$$



۱۷۰۳ B ابتدا هر سه واکنش را موازنه می‌کنیم:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g NaN}_3(\text{s}) = 250 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول} \times \frac{5 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1000 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول}} \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol Na}}{2 \text{ mol NaOH}} \times \frac{2 \text{ mol NaN}_3}{2 \text{ mol Na}} \times \frac{65 \text{ g NaN}_3}{1 \text{ mol NaN}_3}$$

$$= 162/5 \text{ g NaN}_3$$



**روش دوم (تناسب):** ضرایب مواد مشترک در جفت واکنش‌های « I و II » و « II و III » یکسان است، بنابراین مشخص است که به ازای مصرف ۲ مول  $\text{NaN}_3$ ، در نهایت یک مول  $\text{H}_2\text{SO}_4$  مصرف می‌شود.

$$\frac{\text{جرم } \text{NaN}_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{65 \times 2} = \frac{2 \times 25 \times 5}{1} \Rightarrow x = 162/5 \text{ g NaN}_3$$

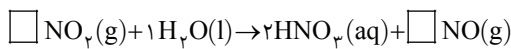
$$0/25 \times 5 \times 65 \times 2 = ? \rightarrow 2 \times 0/25 \times 5 \times 65 = 2/5 \times 65 \xrightarrow{\text{ضرب بلکایی}} (2+0/5) \times 65 = 130 + 32/5 = 162/5$$

+ توضیح محاسبات

**۱۷۰۴ C** در هر ساعت غلظت  $\text{NO}_2$  در هوا  $3 \text{ ppm}$  افزایش می‌یابد؛ بنابراین پس از یک بازه ۴ ساعته، غلظت  $\text{NO}_2$  به میزان  $1/2 \text{ ppm}$  در هوای شهر افزایش خواهد یافت.

با توجه به متن تست، معادله واکنش  $\text{NO}_2$  با آب به صورت:  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$  است که باید موازنه شود:

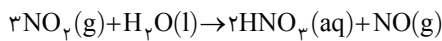
برای موازنه واکنش ابتدا موازنه را با روش وارسی شروع کرده و هر جای موازنه که دیگر نتوانستیم این روش را ادامه دهیم، از روش تشکیل معادله استفاده می‌کنیم. به این منظور ابتدا موازنه را با عنصر H شروع می‌کنیم:



با توجه به معادله حاصل، ملاحظه می‌کنیم که دیگر نمی‌توانیم سایر عنصرها (یعنی N و O) را به روش وارسی موازنه کنیم؛ پس ضریب  $\text{NO}_2$  و  $\text{NO}$  را به ترتیب a و b در نظر گرفته و برای هر کدام از عناصر N و O یک معادله تشکیل داده و آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$a \text{NO}_2(\text{g}) + 1 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3(\text{aq}) + b \text{NO}(\text{g}) \quad \begin{cases} \text{N: } a = 2 + b \\ \text{O: } 2a + 1 = 6 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a - b = 2 \\ 2a - b = 5 \end{cases} \Rightarrow a = 3, b = 1$$

پس معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:



**\* توجه** مفهوم ppm برای آلاینده‌های گازی موجود در هوا کره با مفهوم ppm مواد محلول در آب متفاوت بوده و نحوه محاسبه آن‌ها نیز با یکدیگر تفاوت دارد ولی طراح محترم کنکور در طراحی این تست به این مورد دقت نکرده است. ما نیز این تست را با فرض طراح حل می‌کنیم. اگر جرم محلول برای هر دو ترکیب  $\text{NO}_2$  و  $\text{HNO}_3$  یکسان در نظر گرفته شود، می‌توان به کمک روابط استوکیومتری، غلظت ppm ماده  $\text{NO}_2$  را به غلظت ppm ماده  $\text{HNO}_3$  تبدیل کرد ولی همانطور که گفته شد، این کار تنها برای رسیدن به پاسخ مدنظر طراح است و از نظر علمی ارتباط این گونه میان غلظت ppm در محیط گازی و مایع درست نیست.

**روش اول (کسر تبدیل):**  $? \text{ ppm HNO}_3 = 1/2 \text{ ppm NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{46 \text{ g NO}_2} \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{3 \text{ mol NO}_2} \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} = 1/1 \text{ ppm HNO}_3$

**روش دوم (تناسب):**  $\frac{\text{غلظت ppm ماده } \text{HNO}_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت ppm ماده } \text{NO}_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x \text{ ppm HNO}_3}{63 \times 2} = \frac{1/2 \text{ ppm}}{46 \times 3} \Rightarrow x = 1/1 \text{ ppm HNO}_3$

**۱۷۰۵ B** قسمت اول: فرض می‌کنیم که جرم نمونه ناخالص اولیه برابر ۱۰۰ گرم باشد. در این صورت در این نمونه ۸۸ گرم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  و ۱۰ گرم آب وجود دارد.

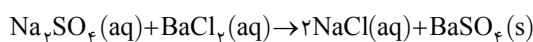
اگر این نمونه، x گرم آب (رطوبت) جذب کند، خواهیم داشت:

$$\frac{10+x}{100+x} \times 100 = 20 \Rightarrow x = 12/5 \text{ g}$$

به این ترتیب، در نمونه نهایی که جرم آن برابر  $112/5 \text{ g}$  ( $100 + 12/5$ ) است، ۸۸ گرم نمک  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  وجود دارد؛ بنابراین:

$$\text{درصد جرمی نمک در نمونه نهایی} = \frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم نمونه ناخالص نهایی}} \times 100 = \frac{88}{112/5} \times 100 = 77.8/2$$

قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g BaSO}_4 = 35/5 \text{ g نمونه ناخالص} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{233 \text{ g BaSO}_4}{1 \text{ mol BaSO}_4} = 51/26 \text{ g BaSO}_4$$

**روش دوم (تناسب):**  $\frac{\text{جرم نمونه ناخالص } \text{Na}_2\text{SO}_4 \times \text{P}}{100} = \frac{\text{جرم } \text{BaSO}_4}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{35/5 \times 88}{142 \times 1} = \frac{x}{233 \times 1} \Rightarrow x = 51/26 \text{ g BaSO}_4$



۴ ۷۰۶ C قبل از هر چیزی باید بدانیم که در این واکنش، یونهای سولفات ( $SO_4^{2-}$ ) نقش تماشاجی دارند و شمار مولهای آن ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه غلظت این یون کاهش یافته است می‌توان حدس زد که حجم محلول در اثر تولید آب در واکنش افزایش یافته است؛ بنابراین نخست حجم آب تولید شده را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mL H}_2\text{O} = 16.0 \text{ g CuO} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{80 \text{ g CuO}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CuO}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} = 36 \text{ mL H}_2\text{O}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{CuO}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{حجم}}{\text{جرم}} \Rightarrow \frac{V \times 1}{1 \times 18} = \frac{16.0}{1 \times 80} \Rightarrow V = 36 \text{ mL H}_2\text{O}$$

روش دوم (تناسب):

اکنون می‌توان حجم اولیه محلول را محاسبه کرد:

$$(M) = \frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{1}{V_2} \Rightarrow V_2 = 9 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow V_1 = 8 \times 36 = 288 \text{ mL} \Rightarrow \text{جرم محلول} = 288 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 288 \text{ g}$$

$$? \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 16.0 \text{ g CuO} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{80 \text{ g CuO}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol CuO}} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 19.6 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

جرم  $H_2SO_4$  مصرفی برابر است با: روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{CuO}}{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم}} \Rightarrow \frac{16.0}{1 \times 80} = \frac{m}{98} \Rightarrow m = 19.6 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{در نهایت می‌توان درصد جرمی H}_2\text{SO}_4 \text{ را در محلول اولیه آن محاسبه کرد:}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{19.6}{288} \times 100 = 6.8\%$$

۱ ۷۰۷ C قسمت اول: ابتدا باید جرم یون کادمیم موجود در آب دریاچه را به دست آوریم و بعد محاسبه کنیم که به کمک  $1/56$  گرم سدیم سولفید، چند گرم از این یون کادمیم را می‌توان از آب دریا حذف کرد تا در نهایت به جرم یون کادمیم استاندارد در آب دریاچه برسیم.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم یون کادمیم}}{\text{جرم آب دریا}} \times 10^6 \Rightarrow 9/4 = \frac{x}{400 \text{ L دریا} \times \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}} \times 10^6 \Rightarrow x = 3/76 \text{ g Cd}^{2+}$$

$$? \text{ g Cd}^{2+} (\text{حذف شده}) = 1/56 \text{ g Na}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}}{78 \text{ g Na}_2\text{S}} \times \frac{1 \text{ mol Cd}^{2+}}{1 \text{ mol Na}_2\text{S}} \times \frac{112 \text{ g Cd}^{2+}}{1 \text{ mol Cd}^{2+}} = 2/24 \text{ g Cd}^{2+}$$

(جرم باقی مانده)  $\text{Cd}^{2+} = 3/76 \text{ g} - 2/24 \text{ g} = 1/52 \text{ g}$  جرم استاندارد یون کادمیم باقی مانده در  $400$  لیتر آب

$$\text{ppm} (\text{حد مجاز کادمیم}) = \frac{\text{جرم استاندارد کادمیم}}{\text{جرم آب دریا}} \times 10^6 = \frac{1/52 \text{ g}}{400 \text{ L دریا} \times \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}} \times 10^6 = 3/8 \text{ ppm}$$

$$? \text{ g CdS} = 1/56 \text{ g Na}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}}{78 \text{ g Na}_2\text{S}} \times \frac{1 \text{ mol CdS}}{1 \text{ mol Na}_2\text{S}} \times \frac{144 \text{ g CdS}}{1 \text{ mol CdS}} = 2/88 \text{ g CdS}$$

قسمت دوم:

۲ ۷۰۸ C ابتدا باید محاسبه کنیم که اگر  $500$  گرم محلول سیرشده‌ای از این ترکیب را از دمای  $72^\circ \text{C}$  تا  $25^\circ \text{C}$  سرد کنیم، چند گرم رسوب ایجاد می‌شود.

$$? \text{ g BaCl}_2 = 35/56 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{208 \text{ g BaCl}_2}{1 \text{ mol BaCl}_2} = 52 \text{ g BaCl}_2$$

سپس باید انحلال پذیری  $BaCl_2$  را به کمک درصد جرمی در دمای  $72^\circ \text{C}$  در  $100$  گرم آب به دست آوریم:

$$M = \frac{100 \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 3 = \frac{100 \times \text{درصد جرمی}}{208} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 2.0\%$$

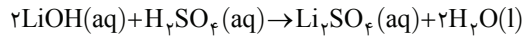
$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم آب} + \text{جرم حل شونده}} \times 100 \Rightarrow 2.0 = \frac{x}{x + 100} \times 100 \Rightarrow x = 25 \text{ g}$$

انحلال پذیری این ترکیب در دمای  $72^\circ \text{C}$ ، برابر با  $25$  گرم است. حال باید محاسبه کنیم که اگر  $125$  گرم محلول سیرشده‌ای از  $BaCl_2$  را از دمای  $72^\circ \text{C}$  تا  $25^\circ \text{C}$  سرد کنیم، چند گرم رسوب تشکیل می‌شود و به کمک جرم رسوب تولید شده، انحلال پذیری این ترکیب را در دمای  $25^\circ \text{C}$  به دست آوریم. با توجه به اطلاعات مسئله اگر  $500$  گرم محلول سیرشده  $BaCl_2$  را از دمای  $72^\circ \text{C}$  تا  $25^\circ \text{C}$  سرد کنیم،  $52$  گرم رسوب تشکیل می‌شود.

در نتیجه:  $52g BaCl_2$  محلول سیر شده  $\times \frac{52g BaCl_2}{500g BaCl_2} = 13g BaCl_2$  محلول سیر شده  $\times 125g BaCl_2 = 125g$  رسوب  $g$ ?

(انحلال پذیری در دمای  $25^\circ C$ )  $- (25^\circ C) = 13 = 25 - 12$  انحلال پذیری در دمای  $25^\circ C$   $- 12 = 13$  انحلال پذیری در دمای  $72^\circ C$  = جرم رسوب تولید شده

$12g$  = انحلال پذیری در دمای  $25^\circ C$



ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

محلول نهایی خنثی بوده، پس مقدار واکنش دهنده‌ها به نسبت ضریب استوکیومتری آنها بوده است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$? g Li_2SO_4 = 400 mL \text{ محلول} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol LiOH}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{1 mol Li_2SO_4}{2 mol LiOH} \times \frac{110 g Li_2SO_4}{1 mol Li_2SO_4} = 110 g Li_2SO_4$$

حال مقدار کل آب موجود در مخلوط را می‌یابیم. آب موجود در مخلوط از سه بخش تشکیل شده است: ۱- آب موجود در محلول لیتیم هیدروکسید ۲- آب موجود در محلول سولفوریک اسید ۳- آب حاصل از واکنش، پس می‌توان نوشت:

$$420 g \text{ محلول} = 400 mL \text{ محلول} \times \frac{1.05 g \text{ محلول}}{1 mL \text{ محلول}} = 420 g \text{ محلول} \quad \text{محلول سولفوریک اسید} \quad \text{پس می‌توان نوشت:}$$

$$LiOH \text{ جرم} = 400 mL \text{ محلول} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol LiOH}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{24 g LiOH}{1 mol LiOH} = 48 g LiOH \Rightarrow \text{جرم آب} = 420 - 48 = 372 g$$

$$? g H_2O = 400 mL \text{ محلول} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol LiOH}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{1 mol H_2SO_4}{2 mol LiOH} \times \frac{98 g H_2SO_4}{1 mol H_2SO_4} \times \frac{(100 - 49) g H_2O}{49 g H_2SO_4} = 102 g H_2O$$

$$? g H_2O = 400 mL \text{ محلول} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 mL \text{ محلول}} \times \frac{5 mol LiOH}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{2 mol H_2O}{2 mol LiOH} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol H_2O} = 36 g H_2O$$

بنابراین جرم کل آب موجود در مخلوط حاصل برابر با  $510 (372 + 102 + 36)$  گرم است. می‌دانیم انحلال پذیری هر ترکیب برابر با مقدار جرم حل شده از آن ماده در

$$100 \text{ گرم حلال در دمای معین است. پس می‌توان نوشت:} \quad 110 g H_2O \times \frac{110 g Li_2SO_4}{510 g H_2O} \approx 24.1 g Li_2SO_4$$

$$\frac{100 \times 110}{510} = ? \quad \text{تخمین زدن و ساده‌سازی} \quad \rightarrow \frac{100 \times 110}{510} = 20 \quad \text{به جای } 510 \text{ اعداد } 510 \text{ و } 110 \text{ قرار گیرد.} \quad \text{+ توضیح محاسبات پاسخ اندکی از } 20 \text{ بزرگ‌تر است. (پاسخ: } 21/57)$$

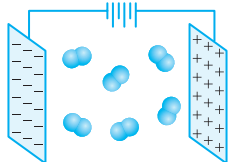
عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. عبارت (الف): آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود. عبارت (ب): آب هنگام انجماد دچار افزایش حجم می‌شود.

عبارت‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت دوم: در مولکول‌های آب، اتم اکسیژن به دلیل خصلت نافلزی بیشتر نسبت به اتم‌های هیدروژن، جزئی بار منفی داشته و اتم‌های هیدروژن دارای جزئی بار مثبت هستند؛ بنابراین اتم‌های اکسیژن مولکول‌های آب در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت جهت‌گیری می‌کند و اتم‌های هیدروژن نیز به سمت قطب منفی. عبارت چهارم: به عنوان مثال نقض، مولکول‌های  $CO_2$ ،  $SO_2$ ،  $CH_4$  و ... از اتم‌های متفاوت تشکیل شده‌اند؛ ولی ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

عبارت پنجم: این عبارت در مواردی همچون مولکول‌های  $F_2$  یا  $O_2$  درست است؛ اما لزوماً همواره صادق نیست و مثال نقض آن مولکول‌های اوزون ( $O_3$ ) است که از اتم‌های یکسان و با پیوندهای یگانه و دوگانه تشکیل شده‌اند است؛ اما قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

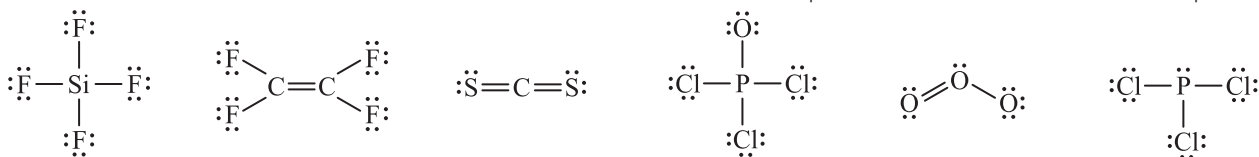
عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گاز نیتروژن ( $N_2$ ) از مولکول‌های دو اتمی یکسان تشکیل شده و ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ب): مولکول‌های سازنده هر دو ماده (۲) و (۳) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکرده‌اند، بنابراین هر دو ماده دارای مولکول‌های ناقطبی هستند. عبارت (پ): با توجه به شکل، به دلیل جهت‌گیری مولکول‌های ماده (۱) در میدان الکتریکی، این ماده دارای مولکول‌های قطبی است. عبارت (ت): مولکول‌های هر دو ماده (۲) و (۳) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، بنابراین هر دو ماده ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی مولکول‌های آنها صفر است.

فقط در شکل (پ) جهت‌گیری مولکول در میدان الکتریکی کاملاً درست نشان داده شده است. بررسی سایر شکل‌ها: شکل (الف): در مولکول  $H_2O$ ، اتم اکسیژن (شعاع بزرگ‌تر) سر منفی مولکول است و به سمت صفحه مثبت مولکول است و به سمت صفحه منفی جهت‌گیری می‌کند. شکل (ب): در مولکول  $HCl$ ، اتم کلر (شعاع بزرگ‌تر) سر منفی مولکول است و به سمت صفحه مثبت مولکول است و به سمت صفحه منفی جهت‌گیری می‌کند. شکل (پ): شعاع اتمی کربن بزرگ‌تر از شعاع اتمی اکسیژن است. در مولکول  $CO$ ، اتم کربن که خصلت نافلزی کمتری نسبت به اتم اکسیژن دارد، سر مثبت مولکول است و به سمت صفحه با بار منفی جهت‌گیری می‌کند و اتم اکسیژن نیز سر منفی مولکول است و به سمت صفحه با بار مثبت قرار می‌گیرد. شکل (ت): مولکول  $F_2$ ، غیرقطبی است و برخلاف آن چیزی که در شکل نشان داده شده است، در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. نحوه صحیح جای‌گیری مولکول‌های  $F_2$  در میدان الکتریکی به صورت روبه‌رو است:



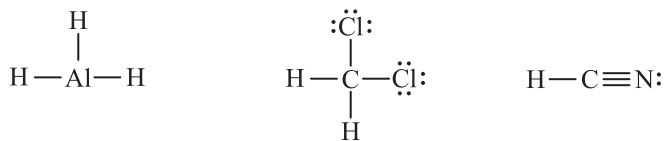


۷۱۴ ۲ مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. مهم‌ترین علل قطبی بودن مولکول‌های چنداتمی عبارت است از: ۱- یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی ۲- وجود جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی. ساختار لوویس این مولکول‌ها به صورت زیر است:

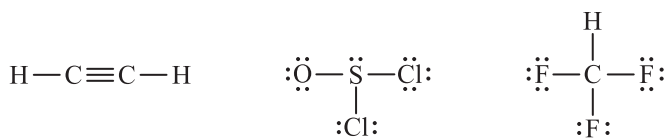


با توجه به ساختارهای لوویس داده شده، مولکول‌های  $\text{PCl}_3$ ،  $\text{O}_3$  و  $\text{POCl}_3$  قطبی و سایر مولکول‌ها ناقطبی هستند.

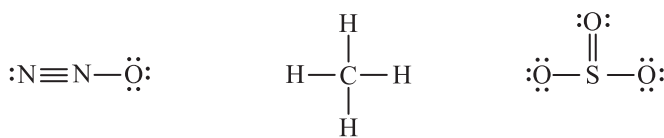
۷۱۵ ۱ بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): مولکول‌های استون و هیدروژن برمید قطبی و مولکول‌های هگزان و ید ناقطبی هستند. پرسش (ب): در مولکول آب، اتم با شعاع بزرگ‌تر، اتم اکسیژن است که سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد و به سمت صفحه‌ای با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. پرسش (پ): مولکول‌های نشان داده شده ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکرده‌اند. بنابراین پاسخ این پرسش باید یک مولکول قطبی باشد که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.  $\text{HBr}$  و  $\text{CO}$  قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.



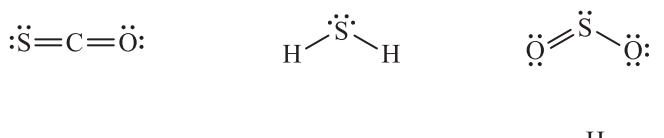
۷۱۶ ۱ مولکول‌های موجود در موارد چهارم و پنجم از لحاظ قطبیت مشابه هستند. بررسی موارد: مورد اول:  $\text{HCN}$  و  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی و  $\text{AlH}_3$  ناقطبی است.



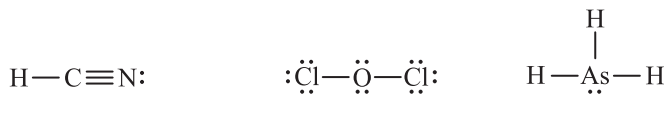
مورد دوم:  $\text{CHF}_3$  و  $\text{SOCl}_2$  به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی و  $\text{C}_2\text{H}_2$  ناقطبی است.



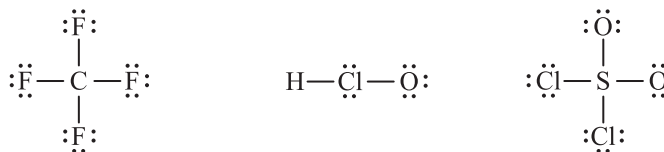
مورد سوم:  $\text{SO}_3$  و  $\text{CH}_4$  ناقطبی و  $\text{N}_2\text{O}$  به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی است.



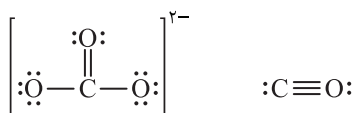
مورد چهارم: هر سه مولکول قطبی هستند. در  $\text{SO}_3$  و  $\text{H}_2\text{S}$  روی اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد و در  $\text{CSO}$  اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان نیستند.



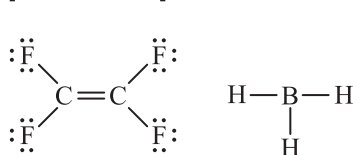
مورد پنجم: هر سه مولکول قطبی هستند. در  $\text{AsH}_3$  و  $\text{Cl}_2\text{O}$  روی اتم مرکزی، الکترون ناپیوندی وجود دارد و در  $\text{HCN}$  اتم‌های متصل به اتم مرکزی متفاوت هستند.



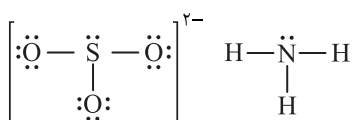
مورد ششم:  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  و  $\text{HClO}$  به دلیل یکسان نبودن گروه‌های متصل به اتم مرکزی، قطبی هستند و  $\text{CF}_4$  ناقطبی است.



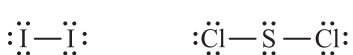
۷۱۷ ۲ موارد دوم و پنجم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی موارد: مورد اول: ساختار لوویس گونه‌های  $\text{CO}$  و  $\text{CO}_3^{2-}$  به صورت مقابل است:



با توجه به ساختارهای لوویس،  $\text{CO}$  یک مولکول دواتمی ناجور هسته است، پس قطبی است؛ ولی در یون  $\text{CO}_3^{2-}$ ، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های کناری یکسان هستند؛ پس  $\text{CO}_3^{2-}$  ناقطبی است؛ از این رو  $\text{CO}$  برخلاف  $\text{CO}_3^{2-}$  قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد دوم: ساختار لوویس گونه‌های  $\text{BH}_3$  و  $\text{C}_2\text{F}_6$  به صورت مقابل است:



در مولکول  $\text{BH}_3$  اتم مرکزی فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و از طرفی تمامی اتم‌های کناری یکسان هستند؛ بنابراین ناقطبی است. همچنین در مولکول  $\text{C}_2\text{F}_6$  اتم‌های کربن مرکزی هستند که فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی اند. از طرفی تمامی اتم‌های کناری یکسان هستند؛ بنابراین  $\text{C}_2\text{F}_6$  نیز ناقطبی است. با توجه به مطالب گفته شده  $\text{BH}_3$  همانند  $\text{C}_2\text{F}_6$  در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. مورد سوم: ساختار لوویس گونه‌های  $\text{NH}_3$  و  $\text{SO}_3^{2-}$  به صورت مقابل است:



با توجه به ساختارهای لوویس، هر دو گونه بر روی اتم مرکزی خود جفت‌الکترون ناپیوندی داشته و لذا قطبی‌اند؛ بنابراین  $\text{NH}_3$  همانند  $\text{SO}_3^{2-}$  در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. مورد چهارم: ساختار لوویس گونه‌های  $\text{SCl}_2$  و  $\text{I}_2$  به صورت مقابل است:

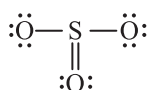
با توجه به ساختارهای لوویس، در  $SCl_4$  اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی بوده و لذا قطبی است؛ اما  $I_4$  یک مولکول دواتمی جوهرسته بوده و ناقطبی است. بنابراین  $SCl_4$  برخلاف  $I_4$  در میدان الکتریکی جهت گیری می کند. **مورد پنجم:** ساختار لوویس گونه های  $NO_2$  و  $ClO_2$  به صورت مقابل است:



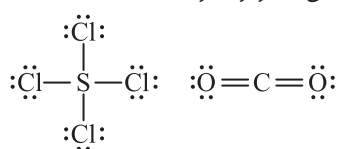
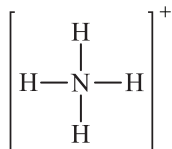
با توجه به ساختارهای لوویس  $ClO_2$  دارای الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است.  $NO_2$  نیز دارای تک الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است؛ بنابراین  $ClO_2$  همانند  $NO_2$  در میدان الکتریکی جهت گیری می کند. **مورد ششم:** ساختار لوویس گونه های  $NO_2^+$  و  $NO_2^-$  به صورت مقابل است:



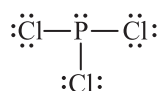
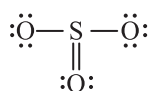
با توجه به ساختارهای لوویس،  $NO_2^+$  دارای اتم های کناری یکسان و فاقد الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی است. از این رو ناقطبی است؛ اما  $NO_2^-$  دارای جفت الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و قطبی است. بنابراین  $NO_2^+$  برخلاف  $NO_2^-$  در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند.



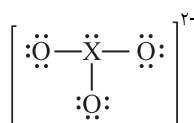
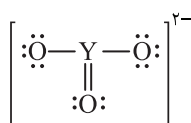
**B 1 ۷۱۸** فقط عبارت دوم نادرست است. بررسی عبارت ها: **عبارت دوم:** گشتاور دوقطبی مولکول ها را با نماد  $\mu$  نشان می دهند که یکای آن دبای (D) است. **عبارت سوم:** مولکول های  $H_2S$  و  $H_2O$  موادی قطبی هستند که گشتاور دو قطبی آن ها به ترتیب برابر  $1/85D$  و  $1/97D$  است. با توجه به ساختار لوویس مولکول  $SO_2$ ، این مولکول فاقد الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی بوده و اتم های کناری آن یکسان است، پس این مولکول ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است:



**عبارت چهارم:** ساختار لوویس گونه های ذکر شده به صورت مقابل است. همان طور که مشاهده می کنید، در هر سه مولکول بالا اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی بوده و اتم های کناری یکسان هستند؛ پس همگی ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کنند.



**C ۳ ۷۱۹** ساختار لوویس مولکول های فسفر تری کلرید ( $PCl_3$ ) و گوگرد تری اکسید ( $SO_3$ ) به صورت مقابل است:

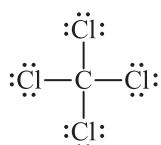


با توجه به آن، ساختار یون های  $XO_3^{2-}$  و  $YO_3^{2-}$  به صورت مقابل است:

برای تشخیص شماره گروه عناصر  $X$  و  $Y$ ، از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$XO_3^{2-}: -2 = (3 \times 6 + X) - (13 \times 2) \Rightarrow X - 8 = -2 \Rightarrow X = 6 \Rightarrow \text{از گروه ۱۶ است.}$$

$$YO_3^{2-}: -2 = (3 \times 6 + Y) - (12 \times 2) \Rightarrow Y - 6 = -2 \Rightarrow Y = 4 \Rightarrow \text{از گروه ۱۴ است.}$$



اکنون به سراغ کربن تتراکلرید ( $CCl_4$ ) می رویم. ساختار این مولکول به صورت زیر است: این مولکول فاقد الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی بوده و اتم های کناری آن نیز یکسان هستند؛ بنابراین مولکولی ناقطبی محسوب می شود. حال ساختار لوویس چهار ماده مطرح شده در گزینه ها یعنی  $YO_3$ ،  $XO_3$ ،  $YO_2$  و  $YO$  را بررسی می کنیم:

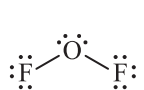


در میان مواد داده شده، دو مولکول  $XO_3$  و  $YO_2$  (گزینه ۳) ناقطبی بوده، رفتاری مشابه  $CCl_4$  در میدان الکتریکی دارند.

**C 1 ۷۲۰** فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت ها: **عبارت الف):** میله شیشه ای بر اثر مالش به موی خشک دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد و در این شرایط مولکول های آب از سمت اتم های هیدروژن (سره های مثبت مولکول آب) به سوی آن جذب می شوند. **عبارت ب):** هر دو مولکول  $N_2$  و  $Br_2$  ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کنند.

نسبت شمار الکترون های پیوندی به ناپیوندی در هر دو مولکول یکسان و برابر  $\frac{3}{2}$  است. **عبارت پ):** گوگرد دارای اکسیدهای  $SO_2$  و  $SO_3$  است. جرم مولی این دو اکسید به ترتیب ۶۴ و ۸۰ گرم بر مول بوده و در مولکول آن ها به ترتیب ۳ و ۴ جفت الکترون پیوندی وجود دارد. تعداد پیوندها را در هر مولکول اکسید گوگرد  $n$  و جرم مولی آن را  $M$  در نظر می گیریم:

$$\frac{n}{M} = 0.5 \Rightarrow \text{جفت پیوندی } 1/44 \times 10^{23} = \frac{\text{جفت پیوندی } 6 \times 10^{23}}{\text{جفت پیوندی } 1 \text{ mol اکسید}} \times \frac{n \text{ mol اکسید}}{1 \text{ mol اکسید}} \times \frac{1 \text{ mol اکسید}}{Mg} \times \frac{1}{8} = \text{تعداد جفت الکترون های پیوندی}$$



این نسبت برای  $SO_2$  برابر  $0.47$  و برای  $SO_3$  برابر  $0.5$  است. پس اکسید مورد نظر  $SO_3$  است که مولکولی ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند. **عبارت ت):** مولکول  $OF_2$ ، یک مولکول قطبی است و در میدان الکتریکی جهت گیری می کند.

**عبارت ث):** به عنوان مثال نقض، مولکول اوزون ( $O_3$ ) یک مولکول قطبی است که همه اتم های تشکیل دهنده آن یکسان است و در میدان الکتریکی جهت گیری می کند.





۳ ۷۲۱ A همه عبارت‌ها به جز مورد سوم درست هستند. بررسی عبارت سوم: گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم کنش‌ها هستند (نه اینکه هیچ برهم کنشی نداشته باشند). در جامدها برهم کنش‌های میان مولکول‌ها به بیشترین مقدار ممکن می‌رسد.

۳ ۷۲۲ A فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی موارد: عبارت (ب): بین یک گاز با مولکول‌های قطبی و یک گاز با مولکول‌های ناقطبی با جرم مولی برابر، نیروی بین‌مولکولی میان مولکول‌ها در گاز قطبی قوی‌تر است و مولکول‌های گاز قطبی آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شوند. عبارت (پ): در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی نیروهای وان‌دروالسی بین مولکول‌ها قوی‌تر شده و نقطه جوش افزایش می‌یابد. عبارت (ت): در مواد مولکولی با جرم مولی مشابه، ماده با مولکول‌های قطبی نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطه جوش بالاتری دارد.

۴ ۷۲۳ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): با توجه به اینکه هر سه مولکول ناقطبی هستند، هر مولکولی که جرم مولکولی بیشتری داشته باشد، نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری هم دارد. مقایسه جرم مولکولی و نیروهای بین‌مولکولی در این سه مولکول به صورت « $Cl_4 < Br_2 < I_2$ » است. عبارت (پ): در

دمای اتاق حالت فیزیکی  $Cl_4$  به صورت گازی،  $Br_2$  به صورت مایع و  $I_2$  به صورت جامد است. عبارت (ت): هر سه مولکول متعلق به گروه ۱۷ جدول دوره‌ای

(گروه هالوژن‌ها) هستند و ساختار لوویس آن‌ها به صورت مقابل است:

عبارت (ث): سبک‌ترین مولکول  $Cl_4$  است. آرایش الکترونی اتم کلر ( $Cl$ ) به صورت مقابل است:

مجموع  $n+1$  الکترون‌های ظرفیت در اتم کلر برابر ۲۶ است.

۴ ۷۲۴ A مولکول  $HCl$  یک مولکول قطبی و مولکول  $F_2$  یک مولکول ناقطبی است. نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های قطبی قوی‌تر است. از طرفی هر چه نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر باشد، مولکول گازی آسان‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. پس مولکول  $HCl$  نسبت به  $F_2$  نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری دارد و آسان‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در مولکول  $HCl$ ، اتم با شعاع بزرگ‌تر، اتم کلر است و سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد، بنابراین بار صفحه  $A$  مثبت است. گزینه (۲): مولکول  $F_2$  ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. گزینه (۳): حالت فیزیکی  $HCl$  در دمای اتاق، گازی و حالت فیزیکی  $Br_2$  در دمای اتاق، مایع است.

۳ ۷۲۵ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول شکل (۳)، یک مولکول ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ب): پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی جاذبه بین مولکول‌ها است. در میان مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی وجود دارد. بنابراین آب نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تری نسبت به مولکول‌های  $CO_2$ ،  $CH_4$  و  $Cl_4$  دارد. عبارت (پ): در مولکول (۱)، اتم‌های متصل به اتم مرکزی، اتم‌های هیدروژن هستند که سر مثبت مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند و در میدان الکتریکی به سمت صفحه  $A$  با بار منفی جهت‌گیری می‌کنند. عبارت (ت):  $CO_2$ ،  $Cl_4$  و  $CH_4$  هر سه ناقطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. عبارت (ث): از آنجا که  $H_2O$  نسبت به  $CH_4$  جرم مولی بیشتری دارد و برخلاف  $CH_4$  دارای مولکول‌های قطبی است، در شرایط یکسان نسبت به  $CH_4$  آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

۱ ۷۲۶ B فقط مورد دوم نادرست است. نیروی جاذبه ناشی از پیوند هیدروژنی مانند دیگر نیروهای جاذبه مولکولی، خیلی ضعیف‌تر از پیوندهای اشتراکی بین اتم‌ها است، زیرا در پیوندهای کووالانسی، اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارند اما در نیروهای جاذبه بین‌مولکولی خبری از به اشتراک گذاری الکترون نیست. پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نوع نیروهای جاذبه بین‌مولکولی است و به همین دلیل موادی که میان مولکول‌های آن‌ها این نیروی بین‌مولکولی وجود دارد، اغلب نقطه جوش بالاتری دارند.

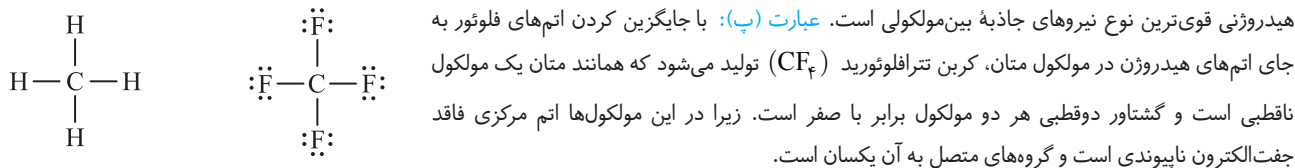
۳ ۷۲۷ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر دو مولکول آب و هیدروژن سولفید قطبی هستند و در هر دو مولکول، اتم مرکزی (اتم اکسیژن در آب و اتم گوگرد در هیدروژن سولفید) سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد و در میدان الکتریکی به سمت صفحه‌ای با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. عبارت (ب): جرم مولی آب ( $18 \text{ g.mol}^{-1}$ ) حدوداً نصف جرم مولی هیدروژن سولفید ( $34 \text{ g.mol}^{-1}$ ) است، اما میزان گشتاور دوقطبی مولکول‌های آب ( $1/18 \text{ D}$ ) در حدود ۲ برابر گشتاور دوقطبی مولکول‌های هیدروژن سولفید ( $9/10 \text{ D}$ ) است. بنابراین می‌توان گفت میزان قطبیت و نیروهای بین‌مولکولی آب نزدیک به ۲ برابر هیدروژن سولفید است. عبارت (ت): هر دو مولکول، دارای شکل خمیده هستند. نقطه جوش آب برابر با  $100^\circ \text{C}$  و نقطه جوش هیدروژن سولفید برابر با  $-60^\circ \text{C}$  است؛ بنابراین اختلاف این دو مقدار برابر با  $160^\circ \text{C}$  است.

۱ ۷۲۸ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): در موادی که جرم مولی آن‌ها با یکدیگر برابر است، موادی که قطبی هستند، نیروی بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطه جوش بالاتری دارند. با توجه به توضیحات، جرم مولی گازهای  $CO$  و  $N_2$  برابر است و چون  $CO$  دارای مولکول‌های قطبی و  $N_2$  دارای مولکول‌های غیرقطبی است؛ بنابراین  $CO$  نقطه جوش بالاتری دارد و زودتر به مایع تبدیل می‌شود. عبارت (پ): آب ( $H_2O$ ) به دلیل دارا بودن گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر و توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های خود، نقطه ذوب و جوش بالاتری نسبت به هیدروژن سولفید ( $H_2S$ ) دارد. به جدول زیر توجه کنید:

ماده	فرمول شیمیایی	قطبیت مولکولی	جرم مولی ( $\text{g.mol}^{-1}$ )	حالت فیزیکی ( $25^\circ \text{C}$ )	نقطه جوش ( $^\circ \text{C}$ )
آب	$H_2O$	قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	$H_2S$	قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

عبارت (ت):  $HCl$  دارای مولکول‌های قطبی و  $F_2$  دارای مولکول‌های غیرقطبی است و چون جرم مولی آن‌ها تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد، بنابراین نقطه جوش  $HCl$  بالاتر است.

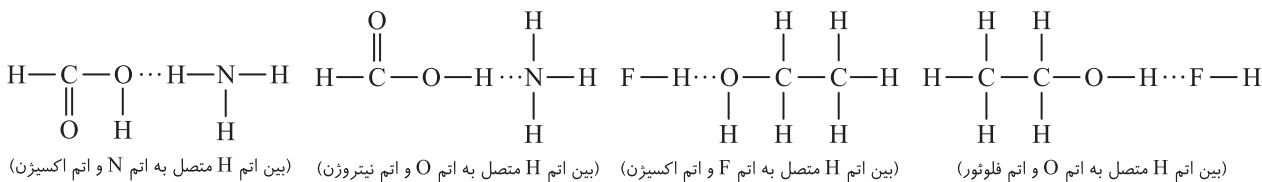
**B ۷۲۹ ۱** عبارتهای (الف)، (پ) و (ث) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در بعضی مولکول‌های ناقطبی که جرم مولکولی زیادی دارند، نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های قطبی است. به‌عنوان مثال با اینکه یُد دارای مولکول‌های ناقطبی است، اما به دلیل جرم مولکولی زیاد و نیروهای بین‌مولکولی قوی در دمای اتاق حالت فیزیکی جامد دارد، حال آن‌که مولکول‌های قطبی مثل  $H_2O$  و  $HF$  در دمای اتاق حالت مایع و  $H_2S$  و  $HCl$  در دمای اتاق حالت گازی دارند و نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها ضعیف‌تر از یُد است. عبارت (ب): جاذبه میان مولکول‌های آب از نوع پیوند هیدروژنی است. پیوند



عبارت (ت): مولکول‌های  $CH_4$ ،  $CO_2$  و  $Br_2$  ناقطبی هستند و گشتاور دوقطبی برابر با صفر دارند. عبارت (ث): نقطه جوش یک مولکول به قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن وابسته است نه قدرت پیوندهای کووالانسی بین اتم‌های آن مولکول. بنابراین با وجود اینکه قدرت پیوندهای کووالانسی در  $N_2$  بیشتر از  $Cl_2$  است اما به علت جرم و حجم بیشتر مولکول  $Cl_2$  نسبت به  $N_2$ ،  $Cl_2$  نیروهای بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطه جوش بالاتری دارد.

**B ۷۳۰ ۳** نیروی جاذبه میان جفت‌مولکول‌های موجود در موارد (الف) و (ب) و (ث) از نوع هیدروژنی است. بررسی موارد:

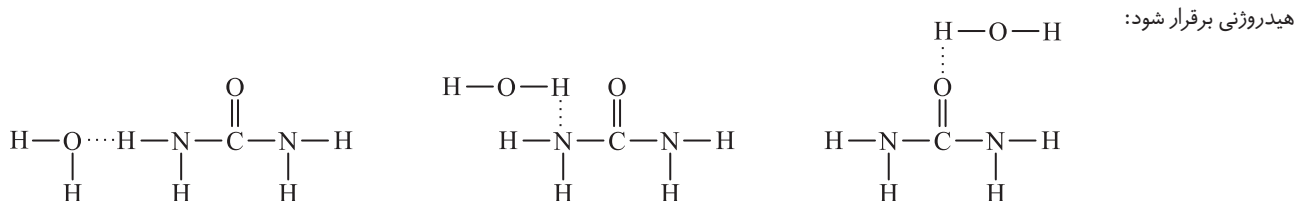
مورد (الف): بین دو مولکول  $HF$  و اتانول ( $C_2H_5OH$ ) به دو صورت ممکن مورد (ب): بین دو مولکول  $NH_3$  و  $HCOOH$  به دو صورت ممکن است پیوند هیدروژنی برقرار شود: است پیوند هیدروژنی برقرار شود:



مورد (پ): در مولکول‌های  $CH_3OCH_3$  و استون ( $CO(CH_3)_2$ )، اتم هیدروژن متصل به O، F یا N وجود ندارد و به همین دلیل میان مولکول‌های آن‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌شود.

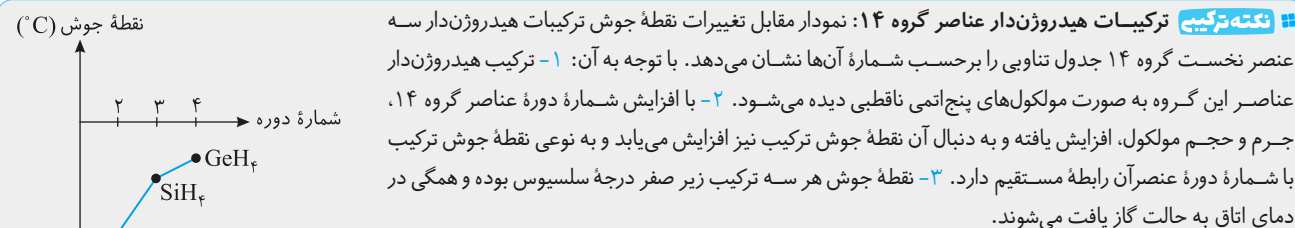
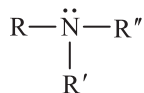
$$\begin{array}{c}
 H \quad O \quad H \\
 | \quad || \quad | \\
 H-C-C-C-H \\
 | \quad | \\
 H \quad H
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 H \quad H \\
 | \quad | \\
 H-C-O-C-H \\
 | \quad | \\
 H \quad H
 \end{array}$$

مورد (ت): مولکول  $H_2$  توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی ندارد. مورد (ث): بین مولکول‌های  $CO(NH_2)_2$  و آب ( $H_2O$ ) به سه صورت ممکن است پیوند



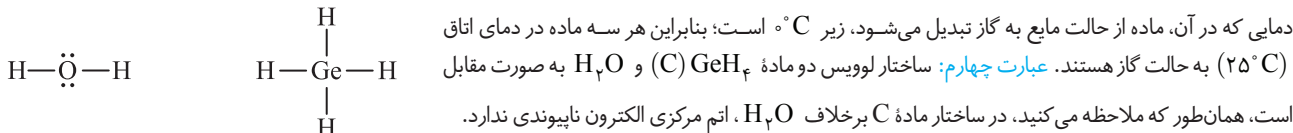
**B ۷۳۱ ۱** در مقایسه نقطه جوش دو یا چند ترکیب مولکولی که جرم مولی نزدیک به یکدیگر دارند، ترکیبی که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را با مولکول‌های خود دارد، نقطه جوش بالاتری دارد. بررسی موارد: مورد (I): مولکول (a)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد؛ بنابراین نقطه جوش بالاتری دارد. مولکول (a) یک الکل و مولکول (b) یک اتر است. مورد (II): مولکول (c)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد؛ بنابراین نقطه جوش بالاتری دارد. مولکول (c) یک کربوکسیلیک اسید و مولکول (d) یک کتون است. مورد (III): مولکول (f)، اتم H متصل به اتم O دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد؛ بنابراین نقطه جوش بالاتری دارد. مولکول (e) یک آلدئید و مولکول (f) یک الکل است. مورد (IV): مولکول (h)، اتم H متصل به اتم N دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد، بنابراین نقطه جوش بالاتری دارد. هر دو مولکول آمین هستند.

\* توجه در میان مولکول‌های همه آمین‌ها، پیوند هیدروژنی وجود ندارد. در مقابل، ساختار کلی آمین‌هایی که در آن‌ها پیوند هیدروژنی وجود ندارد، رسم شده است. در این آمین‌ها اتم هیدروژن متصل به اتم N وجود ندارد.



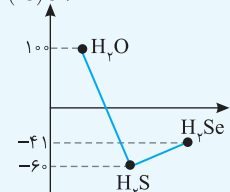


عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر اول گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی، تنها در گروه ۱۴، عنصر نخست بین مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌کند؛ بنابراین نقطه جوش این ترکیبات صرفاً وابسته به جرم و حجم مولکول‌های آنهاست که روند تغییرات متناسب با شماره دوره در نمودار مشخص شده است. با توجه به توضیحات، ترکیبات A، B و C به ترتیب  $\text{CH}_4$ ،  $\text{SiH}_4$  و  $\text{GeH}_4$  هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** قدرت نیروهای بین‌مولکولی در یک ماده با نقطه جوش آن متناسب است. با توجه به نمودار، مقایسه:  $\text{CH}_4(A) < \text{SiH}_4(B) < \text{GeH}_4(C)$  درست است. **عبارت دوم:** هر سه ترکیب  $\text{CH}_4$ ،  $\text{SiH}_4$  و  $\text{GeH}_4$  از مولکول‌های ناقصی تشکیل می‌شوند؛ بنابراین گشتاور دو قطبی همه آنها برابر صفر است. **عبارت سوم:** با توجه به نمودار، نقطه جوش سه ماده یعنی



به نکته زیر توجه کنید: **B ۷۳۳ ۳**

نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )

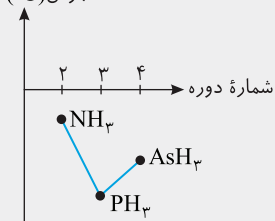


**نکته** در مورد نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۶، دو مطلب مهم مطرح است:

۱- به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$ ، آب نقطه جوش بالایی دارد، اما از  $\text{H}_2\text{O}$  به بعد که بین مولکول‌های پیوند هیدروژنی وجود ندارد، با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها نیروهای جاذبه بین‌مولکولی قوی‌تر شده و نقطه جوش بیشتر می‌شود. بنابراین مقایسه نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{H}_2\text{Se}$  به صورت  $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$  است. ۲- نقطه جوش آب برابر  $100^\circ\text{C}$  (بالتر از  $0^\circ\text{C}$ ) و نقطه جوش  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{H}_2\text{Se}$  به ترتیب برابر  $-60^\circ\text{C}$  و  $-41^\circ\text{C}$  (پایین‌تر از  $0^\circ\text{C}$ ) است.

**B ۷۳۴ ۳**

نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )



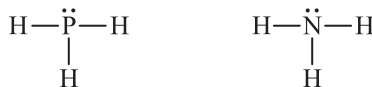
**نکته ترکیب** ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۵: نمودار مقابل نقطه جوش ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست

گروه ۱۵ جدول دوره‌ای را برحسب شماره آنها نشان می‌دهد: ۱- با توجه به وجود پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های  $\text{NH}_3$ ، نقطه جوش این ترکیب از دو ترکیب دیگر بیشتر است. ۲- عامل جرم و حجم مولکول نسبت به پیوندهای هیدروژنی تأثیر کمتری بر نقطه جوش مواد دارد، به همین دلیل نقطه جوش  $\text{AsH}_3$  و  $\text{PH}_3$  کمتر از  $\text{NH}_3$  است. با این وجود یک عامل تأثیرگذار بوده و در پی آن نقطه جوش  $\text{AsH}_3$  بیشتر از  $\text{PH}_3$  است. ۳- نقطه جوش هر سه ترکیب، علی‌رغم پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های  $\text{NH}_3$  کمتر از صفر درجه سلسیوس است. ۴- ترکیب هیدروژن‌دار این عناصر به صورت مولکول‌های چهار اتمی با شکل فضایی هرمی بوده و در نتیجه قطبی است.

در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه ۱۵ جدول تناوبی، یعنی  $\text{NH}_3$ ،  $\text{PH}_3$  و  $\text{AsH}_3$ ، فقط  $\text{NH}_3$  است که میان مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کرده و نقطه جوش آن از دو ترکیب دیگر بالاتر است اما نقطه جوش این ترکیب همانند دو ترکیب دیگر، کمتر از  $0^\circ\text{C}$  است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت الف:** عناصر A، D و E به ترتیب  $\text{N}$ ،  $\text{P}$

ترکیب مولکولی	جرم مولی ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )
$\text{NH}_3$	۱۷	-۳۳/۵
$\text{PH}_3$	۳۴	-۸۷/۵
$\text{AsH}_3$	۷۸	-۶۲/۵

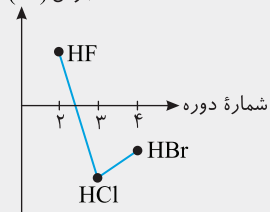
و  $\text{As}$  هستند. **عبارت ب:** با توجه به جدول زیر، در میان سه ترکیب مطرح شده، فقط نقطه جوش  $\text{NH}_3$  بیشتر از  $0^\circ\text{C}$  است. در نتیجه فقط آمونیاک در این دما به حالت مایع دیده می‌شود. **عبارت پ:** ساختار لوویس دو مولکول  $\text{NH}_3$  و  $\text{PH}_3$  (به صورت زیر است):



با توجه به جفت‌الکترون ناپیوندی موجود بر روی اتم‌های مرکزی هر دو مولکول، می‌توان گفت که هر دو مولکول قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت می‌گیرند. **عبارت ت:** در جدول تناوبی، در یک گروه از بالا به پایین، عدد اتمی، جرم اتمی میانگین و در نتیجه جرم مولی عناصر افزایش می‌یابد.

**C ۷۳۵ ۳**

نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )

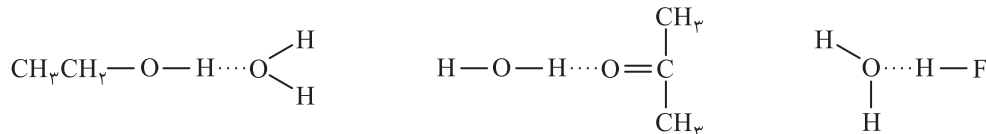


**نکته ترکیب** ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۷: نمودار روبه‌رو، تغییرات نقطه جوش ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر

نخست گروه هالوژن‌ها برحسب شماره دوره را نشان می‌دهد: ۱- با توجه به وجود پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های  $\text{HF}$ ، نقطه جوش این ترکیب بیشتر از سایر ترکیبات است. ۲- با افزایش شماره دوره عنصر مربوط به اتم مرکزی مولکول‌ها، جرم مولی آن عنصر و در نتیجه جرم و حجم مولکول‌های ترکیب هیدروژن‌دار آن افزایش می‌یابد و به دنبال آن نقطه جوش ترکیب نیز افزایش می‌یابد. به همین دلیل است که نقطه جوش  $\text{HBr}$  از  $\text{HCl}$  بیشتر است. ۳- نقطه جوش  $\text{HF}$  برابر  $19^\circ\text{C}$  بوده و در نتیجه بالای صفر درجه سلسیوس است؛ اما این ترکیب‌ها نیز همانند دو ترکیب دیگر در دمای اتاق ( $25^\circ\text{C}$ ) به حالت گاز دیده می‌شود. ۴- ترکیب هیدروژن‌دار این عناصر به صورت مولکول‌های دواتمی ناجور هسته بوده و قطبی است.

در میان ترکیبات هیدروژن‌دار سه عنصر نخست گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی، در گروه‌های ۱۶ و ۱۷ ترکیب هیدروژن‌دار نخست نقطه جوش بیشتری نسبت به دو ماده دیگر دارد و از طرفی نقطه جوش آن بیشتر از  $0^\circ\text{C}$  است. با توجه به اینکه نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$  از ترکیبات هیدروژن‌دار گروه ۱۶ برابر  $100^\circ\text{C}$  است، می‌توان متوجه شد که نمودار داده شده، مربوط به ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۶ نبوده و به ترکیبات هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۷ مربوط است و ترکیب‌های A، B و C به ترتیب  $\text{HF}$ ،  $\text{HCl}$  و  $\text{HBr}$  هستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به توضیحات بالا، درست است. عبارت (ب): در میان چهار ترکیب  $\text{HCl}$  (B)،  $\text{HBr}$  (C)، استون و اتانول، فقط میان مولکول‌های اتانول در حالت خاص پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌شود. در سایر ترکیب‌ها، بین مولکول‌ها فقط نیروی وان‌دروالسی وجود دارد. عبارت (پ): برای اینکه پیوند هیدروژنی تشکیل شود، باید یک اتم هیدروژن بین دو تا از اتم‌های O، N یا F قرار گیرد. در محلول آبی از هر سه ترکیب HF، استون و اتانول، چنین قاعده‌ای برقرار است:



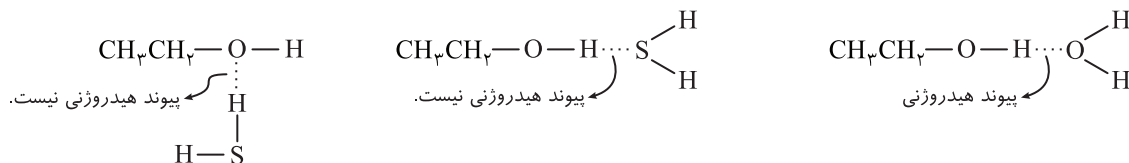
عبارت (ت): در حالت خالص، بین مولکول‌های  $\text{HCl}$  (B) و  $\text{HBr}$  (C) هیچ کدام پیوندهای هیدروژنی برقرار نمی‌شود؛ بنابراین تنها علت بیشتر بودن نقطه جوش  $\text{HBr}$  از  $\text{HCl}$  بیشتر بودن جرم و حجم مولکول‌های آن است.

۴ ۷۳۶ (C) فقط عبارت (ت) برای تکمیل این جمله مناسب است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$  از HF بالاتر است. با اینکه پیوندهای

هیدروژنی  $\text{H}_2\text{O}$  از پیوندهای هیدروژنی HF ضعیف‌تر است، اما در  $\text{H}_2\text{O}$  به ازای هر مولکول  $\text{H}_2\text{O}$ ، چهار پیوند هیدروژنی وجود دارد، در حالی که در هیدروژن فلوئورید به ازای هر مولکول HF، دو پیوند هیدروژنی وجود دارد، بنابراین علت بالاتر بودن نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$  نسبت به HF، بیشتر بودن تعداد پیوندهای هیدروژنی در  $\text{H}_2\text{O}$  نسبت به HF است. عبارت (ب): اگر چه جرم مولی  $\text{AsH}_3$  بیشتر از  $\text{NH}_3$  است، ولی به دلیل وجود پیوند هیدروژنی در میان مولکول‌های  $\text{NH}_3$ ، نقطه جوش  $\text{NH}_3$  بالاتر است. عبارت (پ): اگر چه جرم مولی  $\text{O}_3$  بیشتر از HF است، اما  $\text{O}_3$  یک مولکول ناقصی است، در حالی که هیدروژن فلوئورید دارای مولکول‌های قطبی با توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی است. لذا HF نقطه جوش بسیار بالاتری دارد. عبارت (ت): قدرت پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  از پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های  $\text{NH}_3$  بیشتر است، زیرا تمایل اتم اکسیژن برای کشیدن جفت‌الکترون پیوندی به سمت خود بیشتر از اتم نیتروژن است. همچنین تعداد پیوندهای هیدروژنی در  $\text{H}_2\text{O}$  بیشتر از  $\text{NH}_3$  است؛ زیرا در اطراف هر مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  چهار پیوند هیدروژنی و اطراف هر مولکول  $\text{NH}_3$  دو پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. بنابر دلایل گفته شده، نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$  از  $\text{NH}_3$  بالاتر است.

۴ ۷۳۷ (B) دو عضو اول گروه شانزدهم اکسیژن (O) و گوگرد (S) هستند که اگر به جای X در مولکول  $\text{H}_2\text{X}$  قرار گیرند، ترکیبات  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{H}_2\text{S}$  را تشکیل

می‌دهند. برای اینکه پیوند هیدروژنی تشکیل شود، باید یک اتم هیدروژن، بین دو تا از اتم‌های O، N یا F قرار گیرد.  $\text{H}_2\text{O}$  می‌تواند با مولکول‌های اتانول پیوند هیدروژنی برقرار کند؛ اما این امکان برای مولکول‌های  $\text{H}_2\text{S}$  وجود ندارد:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): اگر به جای Y فلوئور و به جای X اکسیژن قرار گیرد، ترکیبات  $\text{H}_2\text{O}$  و HF حاصل می‌شوند. نقطه جوش  $\text{H}_2\text{O}$  و HF به ترتیب برابر  $100^\circ\text{C}$  و  $19^\circ\text{C}$  است. گزینه (۲): نخستین عضو گروه ۱۴ کربن (C) است. مولکول‌های  $\text{CO}_2$  همانند  $\text{CH}_4$  ناقصی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. گزینه (۳): تنها نافلز مایع جدول تناوبی برم ( $\text{Br}$ ) است. قرارگیری این عنصر به جای Y موجب تولید HBr می‌شود که ماده‌ای با مولکول‌های قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

۴ ۷۳۸ (C) همه عبارت‌ها درست است. عنصر مورد نظر، سلنیم (Se) است. آرایش الکترونی فشرده این عنصر به صورت مقابل می‌باشد:  ${}_{34}\text{Se}: [\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^4$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: این عنصر همانند شانزدهمین عنصر جدول تناوبی (S) در گروه ۱۶ قرار دارد و هر دو عنصر خواص شیمیایی مشابهی دارند. عبارت دوم:

آرایش الکترونی عنصر سلنیم (Se) ، به صورت مقابل است:  ${}_{34}\text{Se}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$

عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌های s و p به ترتیب برابر (صفر) و (۱) است و با توجه به آرایش الکترونی عنصر Se ، تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه p ، دو برابر تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های s است. عبارت سوم: سلنیم عنصری از دسته p است. در عناصر دسته p ، الکترون‌های زیرلایه‌های s و p لایه آخر،

الکترون‌های ظرفیت هستند؛ بنابراین:  ${}_{34}\text{Se}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^{10} \underbrace{4s^2 4p^4}_{\text{لایه ظرفیت}}$

کروم عنصری از دسته d است. در عناصر دسته d ، الکترون‌های s لایه آخر و d ماقبل آخر، الکترون‌های ظرفیت هستند؛ بنابراین:  ${}_{24}\text{Cr}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^5 4s^1$  لایه ظرفیت

تعداد الکترون‌های ظرفیت در هر دو عنصر یکسان و برابر ۶ است. عبارت چهارم: عنصر سلنیم (Se) با اکسیژن هم گروه و با برم هم دوره است. اکسیژن و برم در دمای اتاق و به صورت آزاد به ترتیب حالت گازی و مایع دارند.



**۷۳۹ ۴** همه عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرایند هابر به صورت  $(3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g))$  است. فرآورده این واکنش  $NH_3$  است و در این مولکول، اتم نیتروژن سر منفی و اتم‌های هیدروژن سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. بنابراین این مولکول از سمت اتم مرکزی خود که اتم نیتروژن است به سمت صفحه‌ای با بار مثبت، جهت‌گیری می‌کند. عبارت (ب):  $NH_3$ ،  $H_2O$  و  $HF$  به ترتیب ترکیب هیدروژن‌دار نخستین عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ هستند و به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی نقطه جوش بالاتری نسبت به ترکیب هیدروژن‌دار عنصر دوم این گروه‌ها دارند، اما در گروه ۱۴ این گونه نیست. در گروه ۱۴، ترکیب هیدروژن‌دار نخستین عنصر این گروه  $CH_4$  است که فاقد توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی می‌باشد و ترکیب هیدروژن‌دار دومین عنصر این گروه  $SiH_4$  است. با توجه به اینکه  $CH_4$  و  $SiH_4$  دو ترکیب ناقطبی هستند و در ترکیبات ناقطبی هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد نقطه جوش هم بیشتر می‌شود، بنابراین  $SiH_4$  نقطه جوش بالاتری نسبت به  $CH_4$  دارد. مقایسه نقطه جوش:

• در گروه ۱۴:  $SiH_4 > CH_4$  • در گروه ۱۵:  $NH_3 > PH_3$  • در گروه ۱۷:  $HF > HCl$  • در گروه ۱۶:  $H_2O > H_2S$

عبارت (پ): با توجه به اینکه درصد جرمی نمک در آب دریای مدیترانه بیشتر از آب اقیانوس آرام است، در جرم‌های برابری از این دو آب، جرم نمک‌های حل‌شده در آب دریای مدیترانه بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): فرمول شیمیایی ترکیب آهن (III) کربنات به صورت  $Fe_2(CO_3)_3$  است. در هر واحد از این ترکیب  $24(3 \times 8)$  جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

$$\text{جفت الکترون ناپیوندی} = \frac{3}{6} \times 12 \times 10^{24} = 6 \times 10^{24}$$

$$\text{جفت الکترون ناپیوندی} = \frac{24 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{6 \times 10^{24}}{24} = 6 \times 10^{24}$$

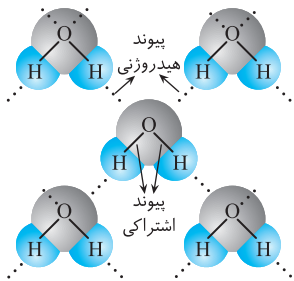
$$\text{جفت الکترون ناپیوندی} = \frac{24 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{6 \times 10^{24}}{24} = 6 \times 10^{24}$$

عبارت (ث): فراوان‌ترین عنصر سیاره مشتری، هیدروژن ( $H$ ) و دومین عنصر فراوان سیاره زمین، اکسیژن ( $O$ ) است. ترکیب مولکولی حاصل از این دو عنصر  $H_2O$  است که قطبی است و نقطه جوش آن بالای صفر ( $100^\circ C$ ) است.

**۷۴۰ ۲** حالت‌های A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده حالت‌های گاز، مایع و جامد است. مولکول‌های  $H_2O$  در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوند هیدروژنی میان آن‌ها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در حالت مایع مولکول‌های آب با یکدیگر پیوند هیدروژنی قوی دارند اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند. گزینه (۳): در یخ مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند (نه کاملاً ثابت!) و حرکات آن‌ها ارتعاشی است. گزینه (۴): در ساختار یخ هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

**۷۴۱ ۳** به جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ت): در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. عبارت (ب): در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو پیوند هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است. در واقع مولکول‌های آب در این حالت از بیشترین ظرفیت تشکیل پیوند هیدروژنی خود استفاده می‌کنند. عبارت (پ): مولکول‌های  $H_2O$  در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آن‌ها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. عبارت (ث): فرایندهای تغییر حالات فیزیکی مواد، فقط پیوندهای بین‌مولکولی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و پیوندهای کووالانسی نمی‌شکنند.

**۷۴۲ ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت دوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در یک نمونه آب، اتم اکسیژن هر مولکول توسط دو اتم هیدروژن از دو مولکول دیگر به واسطه پیوند هیدروژنی جذب می‌شود. عبارت دوم: در حالت گازی میان مولکول‌های بخار آب پیوند هیدروژنی بسیار ضعیفی وجود دارد. (نه اینکه هیچ پیوند هیدروژنی برقرار نباشد!) عبارت سوم: در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می‌آورند. عبارت چهارم: هر مولکول آب از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است. هر اتم هیدروژن، یک پیوند هیدروژنی با اتم اکسیژن مولکول دیگر و هر اتم اکسیژن دو پیوند هیدروژنی با اتم‌های هیدروژن مولکول دیگر می‌تواند تشکیل دهد که مجموعاً می‌شود ۴ پیوند هیدروژنی.



عبارت پنجم: در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن پیوند اشتراکی و با دو اتم هیدروژن پیوند هیدروژنی دارد. این شبکه در سه بُعد گسترش یافته است و شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود حلقه‌های شش‌ضلعی است.

**۷۴۳ ۲** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): پیوندهای هیدروژنی جزء نیروهای وان‌دروالسی نیستند. عبارت (پ): فرمول مولکولی این دو ترکیب به صورت زیر است:



عبارت (ت): نقطه ذوب مولکول‌های ناقطبی مانند  $I_2$  به دلیل جرم مولی بالا، از مولکول‌هایی مانند آب و اتانول که دارای پیوند هیدروژنی هستند ولی جرم مولی کمی دارند، بیشتر است. عبارت (ث): در بین ترکیب‌های هیدروژن‌دار عناصر گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ دوره دوم جدول تناوبی، فقط نقطه جوش  $H_2O$  بیشتر از  $25^\circ C$  است و فقط این ترکیب در دمای اتاق مایع است. دقت کنید که دمای جوش  $HF$  برابر  $19^\circ C$  است و این ترکیب در دمای اتاق در حالت گاز قرار دارد.



عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): داده‌های دو جدول زیر، با نمودار داده شده مطابقت دارند:

ترکیب مولکولی	جرم مولی (g.mol <sup>-1</sup> )	نقطه جوش (°C)
NH <sub>3</sub>	۱۷	-۳۳/۵
PH <sub>3</sub>	۳۴	-۸۷/۵
AsH <sub>3</sub>	۷۸	-۶۲/۵

ترکیب مولکولی	جرم مولی (g.mol <sup>-1</sup> )	نقطه جوش (°C)
HF	۲۰	۱۹
HCl	۳۶/۵	-۸۵
HBr	۸۱	-۶۷

عبارت (ب): در میان ترکیبات داده شده، فقط نقطه جوش اتانول و استون بیشتر از دمای اتاق (۲۵°C) است و در نتیجه فقط این مواد در دمای اتاق به حالت مایع هستند. ۵ ترکیب باقی مانده همگی در این دما، حالت فیزیکی گازی دارند. عبارت (ت): ابتدا جرم محلول را ۱۰۰g در نظر می‌گیریم و شمار مول‌های دو ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 36 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 2 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$? \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O} = 64 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}}{58 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}} \approx 1/1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}$$

$$\% \text{ استون} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال}} \times 100 = \frac{64}{36+64} \times 100 = 64\%$$

با توجه به شمار مول‌های بیشتر آب، حلال این محلول، آب است.

عبارت (ث): برای شمارش شمار پیوندهای اشتراکی در ساختار یک ترکیب، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2) + (N \times 3) + (\text{X} \times \text{هالوژن})}{2}$$

$$C_3H_6O \text{ (استون)}: \frac{(4 \times 3) + (6 \times 1) + (1 \times 2)}{2} = 10$$

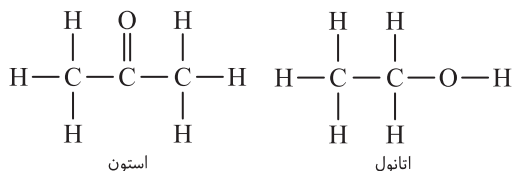
$$C_2H_6O \text{ (اتانول)}: \frac{(4 \times 2) + (6 \times 1) + (1 \times 2)}{2} = 8$$

در میان اتانول و استون، نقطه جوش اتانول بیشتر است؛ اما مشاهده می‌کنید که شمار پیوندهای اشتراکی استون ۲ واحد بیشتر از اتانول است.

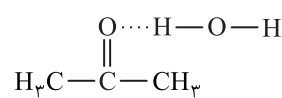
۱۷۴۵ (A) به جز عبارت چهارم سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت چهارم: آب، بسیاری از ترکیب‌های مولکولی و یونی را در خود حل می‌کند. از جمله ترکیب‌های مولکولی که در آب حل نمی‌شوند، هیدروکربن‌ها هستند و از جمله ترکیب‌های یونی که در آب نامحلول‌اند، نقره کلرید، باریم سولفات و کلسیم فسفات هستند.

۱۷۴۶ (B) فقط مورد (پ) برای تکمیل جمله مناسب نیست. بررسی موارد: مورد (الف): استون و اتانول هر دو مولکول‌های قطبی هستند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند. مورد (ب): هگزان به دلیل ناقطبی بودن، می‌تواند حلال تعداد زیادی از مواد ناقطبی باشد. استون نیز حلال برخی چربی‌هاست که جزء مواد ناقطبی هستند. استون به دلیل قطبی بودن، حلال بسیاری از مواد قطبی نیز هست. مورد (پ): هگزان با فرمول مولکولی C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> یک هیدروکربن است و در ساختار آن اتم اکسیژن وجود ندارد. مورد (ت): اتانول و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و نمی‌توان محلول سیر شده‌ای از آن‌ها در آب تهیه کرد. مورد (ث): از هگزان و استون به عنوان حلال برای رقیق کردن رنگ استفاده می‌شود.

۱۷۴۷ (B) عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست است. فرمول ساختاری این دو مولکول به صورت مقابل است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): اتانول به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی نقطه جوش بالاتری نسبت به استون دارد. نقطه جوش اتانول برابر با ۷۸°C و نقطه جوش استون برابر با ۵۶°C است. عبارت (پ): در استون پیوند هیدروژنی بین مولکول‌ها وجود ندارد؛ زیرا اتم H متصل به یکی از اتم‌های O، N و F در این مولکول وجود ندارد. عبارت (ت): در هر مولکول استون و اتانول، ۶ اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ث): شمار پیوندهای اشتراکی در استون برابر ۱۰ و در اتانول برابر ۸ است.  $\frac{10}{8} = 1/25$



۱۷۴۸ (B) همه عبارت‌ها درست هستند. فرمول مولکولی هگزان و استون به ترتیب به صورت C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> و C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و پنجم: استون به عنوان حلال لاک‌ها، چربی‌ها و رنگ‌ها و هگزان به عنوان حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر) کاربرد دارد. هر دو جزء حلال‌های آلی هستند. عبارت دوم: مولکول‌های استون برخلاف هگزان با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و به همین دلیل استون به میزان نامحدودی در آب حل می‌شود. عبارت سوم: شمار پیوندهای کووالانسی در ساختار یک ترکیب مولکولی، از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2) + (N \times 3) + (\text{X} \times \text{هالوژن})}{2}$$

$$C_3H_6O \text{ (استون)}: \frac{3 \times 4 + 6 \times 1 + 1 \times 2}{2} = 10, \quad C_6H_{14} \text{ (هگزان)}: \frac{6 \times 4 + 14 \times 1}{2} = 19 \Rightarrow 19 - 10 = 9$$

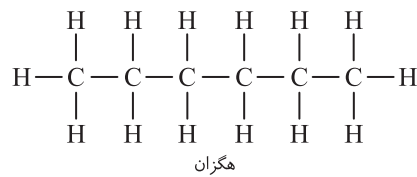
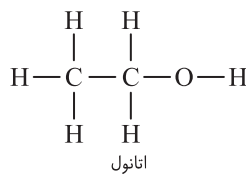
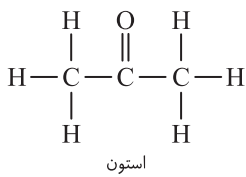
عبارت چهارم: هر مولکول هگزان دارای ۶ و هر مولکول استون دارای ۳ اتم کربن است که تفاوت آن‌ها برابر ۳ می‌باشد.

۱۷۴۹ (B) حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر مخلوط‌های همگن (محلول‌ها) یکسان و یکنواخت است. در میان مخلوط‌های داده شده، فقط مخلوط آب و هگزان ناهمگن است. بررسی موارد: مورد (الف): بنزین خودرو یک مخلوط همگن از هیدروکربن‌ها است. مورد (ب): مولکول‌های آب قطبی و مولکول‌های هگزان ناقطبی هستند؛ بنابراین آب و هگزان مخلوط همگن تشکیل نمی‌دهند. مورد (پ) و (ت): استون حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها است؛ بنابراین مخلوط لاک در استون، مخلوط رنگ در استون و مخلوط چربی در استون، مخلوط همگن هستند. مورد (ث): ید و هگزان هر دو ناقطبی هستند و مخلوط حاصل از این دو ماده یک مخلوط همگن است.

۱۷۵۰ (B) عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند. عبارت (ث): اتانول و استون هر دو به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و اتانول به الکل معمولی معروف است.



۷۵۱ B) فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در مخلوط هوا گاز نیتروژن و در مخلوط ید در هگزان. مولکول‌های هگزان نقش حلال دارند؛ پس هر دو مخلوط جزء مخلوط‌های غیر آبی هستند. عبارت (پ): محلول آبی که نتواند مقدار حل‌شونده بیشتری را در خود حل کند، یک محلول سیرشده است. تهیه محلول آبی سیرشده‌ای از اتانول و استون ممکن نیست، زیرا این دو ترکیب به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. عبارت (ت): در میان این سه مولکول، فقط در مولکول اتانول، اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های O، N یا F وجود دارد و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل بدهد.



۷۵۲ B) تنها مورد اول نادرست است. بررسی همه موارد: مورد (الف): کلسیم سولفات در دمای  $25^\circ\text{C}$  در آب کم محلول است. مورد (ب): مقدار نمک‌های کلسیم در درادر افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند بیشتر از انحلال‌پذیری آن نمک است و این باعث ایجاد رسوب و سنگ کلیه می‌شود. مورد (پ): از هگزان به عنوان حلال مواد ناقطبی و رقیق‌کننده رنگ (تینر) استفاده می‌شود. مورد (ت): چون انحلال‌پذیری این نمک در این دما برابر  $20$  گرم در  $100$  g آب است، به کمک تناسب زیر جرم حلال برابر  $20$  گرم به دست می‌آید.

۷۵۳ B) همه عبارت‌ها به جز عبارت دوم درست هستند. بررسی موارد: عبارت دوم: فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص باشد.

عبارت سوم:

$$(A \cdots B) > \frac{(A \cdots A) + (B \cdots B)}{2} \Rightarrow 2(A \cdots B) > (A \cdots A) + (B \cdots B)$$

شرط تشکیل محلول

۷۵۴ B) مخلوط همگن، مخلوطی است که هر دو جزء آن گشتاور دوقطبی تقریباً یکسانی داشته باشند. مخلوط ید در هگزان: هر دو جزء ناقطبی هستند و مخلوط همگن است. مخلوط هگزان در آب: هگزان ناقطبی و آب قطبی است، بنابراین مخلوط حاصل ناهمگن است. هیدروژن فلئورید در اتانول: هر دو جزء قطبی هستند و مخلوط همگن است. (میان مولکول‌های این دو ماده، پیوند هیدروژنی نیز ایجاد می‌شود). مخلوط سدیم کلرید در هگزان: سدیم کلرید یک ترکیب یونی و هگزان یک ترکیب ناقطبی است، بنابراین مخلوط حاصل ناهمگن است. مخلوط استون در آب: هر دو جزء قطبی هستند و مخلوط همگن است. (میان مولکول‌های این دو ماده، پیوند هیدروژنی نیز ایجاد می‌شود).

۷۵۵ B) در یک مخلوط همگن، رابطه مقابل برقرار است:

$$\frac{(\text{جاذبه‌ها در حل‌شونده خالص}) + (\text{جاذبه‌ها در حلال خالص})}{2} > \text{جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول}$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): مخلوط ید و هگزان، یک مخلوط همگن است و جاذبه‌های میان مولکول‌های هگزان و ید در محلول بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در هگزان خالص و ید خالص است. گزینه (۲): مخلوط استون و اتانول، یک مخلوط همگن بوده و رابطه زیر در آن برقرار است:

$$\frac{(\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های اتانول}) + (\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون})}{2} > \text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون و اتانول}$$

گزینه (۳): استون حلال چربی‌هاست و مخلوط (استون - چربی)، یک مخلوط همگن است و رابطه زیر در آن برقرار است:


$$\frac{(\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های استون}) + (\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های چربی})}{2} > \text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های چربی و استون}$$

گزینه (۴): آب یک ماده قطبی و ید یک ماده ناقطبی است، بنابراین مخلوط (آب - ید) یک مخلوط ناهمگن است.


$$\frac{(\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های ید}) + (\text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های آب})}{2} < \text{نیروهای جاذبه میان مولکول‌های آب و ید}$$

(نیروهای جاذبه میان مولکول‌های ید) + (نیروهای جاذبه میان مولکول‌های آب) <  $2 \times$


۷۵۶ B) ۱ بررسی موارد: در این ظرف، A و B با هم یک مخلوط همگن و با C یک مخلوط ناهمگن تشکیل داده‌اند، بنابراین گشتاور A و B با هم یکسان و با C متفاوت است. فقط در مورد (ت)، A، B و C به درستی معرفی شده است. بررسی موارد:



مورد (پ): استون و سدیم کلرید هر دو در آب حل می‌شوند و یک مخلوط همگن می‌سازند.



مورد (ب): مخلوط ید و هگزان یک مخلوط همگن است، اما این دو جزء در آب حل نمی‌شوند. اشکال این گزینه این است که آب روی این مخلوط قرار نمی‌گیرد، بلکه مخلوط ید و هگزان روی آب قرار می‌گیرد.



مورد (الف): آب و استون موادی قطبی و هگزان ماده‌ای ناقطبی است. ایراد این گزینه در این است که ماده B در بالای محلول A و C قرار می‌گیرد.

مورد (ت): اتانول و آب یک مخلوط همگن را ساخته‌اند و با توجه به اینکه هگزان یک ترکیب ناقطبی است و در این دو جزء حل نمی‌شود و چگالی کمتری هم نسبت به آب دارد، بالای این دو جزء قرار می‌گیرد.

۷۵۷ B) ۲ موارد اول، دوم و چهارم جمله را به نادرستی کامل می‌کنند. با توجه به اطلاعات تست می‌توان نتیجه گرفت: A در هگزان حل می‌شود  $\Leftarrow$  A یک ماده ناقطبی است. گشتاور دوقطبی ترکیب C به تقریب برابر با صفر است  $\Leftarrow$  C یک ماده ناقطبی است.

بررسی موارد: مورد اول: A و C هر دو ناقطبی هستند و مخلوط همگن تشکیل می‌دهند. مورد دوم: B و آب هر دو قطبی هستند و مخلوط همگن تشکیل می‌دهند. مورد سوم: فرمول مولکولی کربن تتراکلرید به صورت  $\text{CCl}_4$  بوده و ناقطبی است. از طرفی C یک ماده ناقطبی است و مخلوط حاصل از آن‌ها یک مخلوط همگن است. مورد چهارم: B یک مولکول قطبی و C یک مولکول ناقطبی است؛ بنابراین مخلوط حاصل از B و C یک مخلوط ناهمگن است. مورد پنجم: استون حلال مناسبی برای مواد قطبی مانند آب و مواد ناقطبی مانند چربی است؛ بنابراین مخلوط A (ناقطبی) و B (قطبی) و استون، یک مخلوط همگن است.

**B ۷۵۸ ۲** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول C، ناقظی است و در آب حل نمی‌شود. بین مولکول‌های A و B، هر کدام که گشتاور دوقطبی‌اش به گشتاور دوقطبی آب ( $1/85D$ ) نزدیک‌تر باشد، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. بنابراین مقایسه میزان انحلال‌پذیری «A، B و C» در آب به صورت « $C < A < B$ » است. عبارت (ب): بین میزان گشتاور دوقطبی و جرم مولی هیچ رابطه‌ای وجود ندارد. به‌عنوان مثال با اینکه جرم مولی آب کمتر از جرم مولی  $H_2S$  است، اما گشتاور دوقطبی بیشتری نسبت به  $H_2S$  دارد. عبارت (پ): C یک ترکیب ناقظی است و در هگزان حل می‌شود. بنابراین رابطه زیر برای مخلوط (C - هگزان) برقرار است:

$$(نیروهای جاذبه میان مولکول‌های C) + (نیروهای جاذبه میان مولکول‌های هگزان) > (نیروهای جاذبه میان مولکول‌های هگزان و C)$$

$$(نیروهای جاذبه میان مولکول‌های C) + (نیروهای جاذبه میان مولکول‌های هگزان) > 2 \times (نیروهای جاذبه میان مولکول‌های هگزان و C)$$

**عبارت (ت):** بین مواد با مولکول‌های قطبی که البته جرم مولی نزدیک به هم دارند، هر ماده‌ای که مولکول‌های آن گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری داشته باشد، نیروهای جاذبه بین‌مولکولی قوی‌تر و نقطه جوش بالاتری دارد. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی  $H_2S$  برابر  $1/97D$  است، مقایسه نقطه جوش این سه ترکیب به صورت  $A < H_2S < B$  می‌باشد.

**B ۷۵۹ ۳** به‌جز عبارت دوم، بقیه عبارت‌ها درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: می‌دانیم که مواد قطبی در حلال‌های قطبی (آب) و مواد ناقظی در حلال‌های ناقظی حل می‌شوند. به هر میزان که قطبیت (گشتاور دوقطبی) ماده‌ای بیشتر باشد، انحلال‌پذیری آن در آب (حلال قطبی) بیشتر خواهد بود؛ پس انحلال‌پذیری C در آب، در مقایسه با A بیشتر است. عبارت دوم: جهت‌گیری مولکول‌ها در میدان الکتریکی، وابسته به میزان قطبیت آن‌هاست؛ بنابراین به هر میزان که گشتاور دوقطبی ماده‌ای بیشتر باشد، قطبیت آن و در نتیجه میزان جهت‌گیری آن در میدان الکتریکی بیشتر خواهد بود.  $C > B > A$ : میزان جهت‌گیری در میدان الکتریکی عبارت سوم: هگزان یک حلال ناقظی بوده و می‌تواند موادی که گشتاور دوقطبی آن‌ها صفر یا نزدیک به صفر است را در خود حل کند. هر چه قطبیت ماده‌ای به صفر نزدیک‌تر باشد، انحلال‌پذیری آن در هگزان در مقایسه با آب بهتر است؛ پس انحلال‌پذیری A در هگزان، در مقایسه با B و C بیشتر است. عبارت چهارم: قدرت نیروهای بین‌مولکولی به میزان قطبیت مواد و جرم مولی آن‌ها وابسته است. در مواد مولکولی با جرم مولی یکسان یا نزدیک به هم، هر چه قطبیت ماده‌ای بیشتر باشد، میزان نیروهای بین‌مولکولی آن نیز قوی‌تر است. پس مقایسه قدرت نیروهای بین‌مولکولی سه ترکیب به صورت  $C > B > A$  است.

**★ نکته** برای مقایسه قدرت نیروهای بین‌مولکولی میان موادی که جرم مولی نزدیک به هم دارند، قطبی و ناقظی بودن آن‌ها را بررسی می‌کنیم. هر چه ماده‌ای قطبی‌تر باشد و یا میان مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی داشته باشد، قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن نیز بیشتر است. اما در بین دو ترکیب ناقظی، ترکیبی که جرم مولی بیشتری دارد، قدرت نیروهای بین‌مولکولی بالاتری نیز دارد.

**B ۷۶۰ ۱** فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مخلوط آب و اتانول یک مخلوط همگن و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب و اتانول قوی‌تر از پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب خالص و بین مولکول‌های اتانول خالص است.

(قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول) + (قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب) > (قدرت پیوند هیدروژنی بین آب و اتانول در محلول)  $2 \times$  عبارت (پ): آب، استون و اتانول هر سه مولکول‌های قطبی دارند و مخلوط این سه ترکیب، یک مخلوط همگن است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکنواخت است. عبارت (ت): در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم‌پوشی است.

**B ۷۶۱ ۲** عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هپتان با فرمول  $C_7H_{16}$  یک ماده ناقظی و نمک طعام یک ترکیب یونی است.

مخلوط (NaCl - هپتان) یک مخلوط ناهمگن است و در آن میانگین جاذبه‌ها در هپتان خالص و NaCl خالص بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در مخلوط (NaCl - هپتان) است. عبارت (ب): آمونیاک و متانول هر دو قطبی بوده و توانایی برقراری پیوند هیدروژنی را با یکدیگر دارند، پس مخلوط (آمونیاک - متانول) به دلیل تشابه نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها، یک مخلوط همگن است. عبارت (پ): در مولکول آب، هر دو اتم هیدروژن به اتم اکسیژن متصل هستند و می‌توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کنند، اما در مولکول اتانول، فقط یکی از اتم‌های هیدروژن که متصل به اکسیژن است، در تشکیل پیوند هیدروژنی نقش دارد.

**عبارت (ت):** نقطه جوش آب بالاتر از نقطه جوش اتانول است و جرم مولی آب از اتانول کمتر است، بنابراین پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب قوی‌تر از پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول است.

**★ توجه** نقطه جوش آب برابر با  $100^\circ C$  و نقطه جوش اتانول برابر با  $78^\circ C$  است.

**عبارت (ت):** مخلوط آمونیاک در متانول یک مخلوط همگن است و آمونیاک در متانول حل می‌شود. بنابراین پیوند هیدروژنی (آمونیاک - متانول) قوی‌تر از پیوندهای هیدروژنی (آمونیاک - آمونیاک) و (متانول - متانول) است.

**B ۷۶۲ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: شکل (الف) مربوط به محلول (اتانول - آب)، شکل (ب) مربوط به آب خالص و شکل (پ) مربوط به اتانول خالص است. عبارت (الف): در هر سه شکل، بین مولکول‌ها پیوند هیدروژنی برقرار است. عبارت (ب): با توجه به اینکه اتانول در آب حل می‌شود، نیروهای جاذبه بین مولکول‌های آب و اتانول قوی‌تر از نیروهای جاذبه بین‌مولکولی در آب خالص و اتانول خالص است. عبارت (پ): همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است، هر مولکول آب در شکل (ب) با چهار مولکول دیگر و هر مولکول اتانول در شکل (پ) با دو مولکول دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل داده است. عبارت (ت): الکل دوکربنی همان اتانول است. شکل صورت تست، نحوه انحلال این الکل در آب را نشان می‌دهد. عبارت (ث): برای تعیین نقش مولکول‌های آب در محلول  $50\%$  جرمی در شکل (الف)، ابتدا مقدار مول آب و اتانول را در  $100$  گرم از این محلول محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } H_2O = 50 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 2.78 \text{ mol } H_2O$$

$$? \text{ g } C_2H_5OH = 50 \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} = 1.09 \text{ mol } C_2H_5OH$$

از آنجا که مقدار مول آب بیشتر از اتانول است؛ پس آب حلال و اتانول حل‌شونده است.



۱ ۷۶۳ B فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فراوان‌ترین گاز هوا،  $N_2$  و مخلوط هوای مایع شامل  $N_2$ ،  $Ar$  و  $O_2$  است که نقطه جوش آن‌ها به ترتیب برابر با  $-196^\circ C$ ،  $-186^\circ C$  و  $-183^\circ C$  است. هر چه نقطه جوش یک ماده پایین‌تر باشد، زودتر از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود؛ بنابراین  $N_2$  اولین جزئی است که از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود. عبارت (ب): سوختن گاز شهری با رنگ شعله زرد، مربوط به سوختن ناقص گاز شهری است. فرآورده کربن دار تولید شده در سوختن ناقص گاز شهری، کربن مونوکسید با ساختار لوویس ( $C \equiv O:$ ) است. در ساختار لوویس این ترکیب، ۳ جفت الکترون پیوندی و ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (پ): فرمول مولکولی فسفر تری کلرید به صورت  $PCl_3$  و فرمول شیمیایی کربن دی‌اکسید به صورت  $CO_2$  است. در فسفر تری کلرید ۳ اتم هالوژن و در کربن دی‌اکسید ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (ت):  $O_3$  یک مولکول ناقطبی و  $O_2$  یک مولکول قطبی است. بنابراین انحلال‌پذیری  $O_3$  در آب بیشتر از  $O_2$  است. از لحاظ پایداری شیمیایی،  $O_3$  از  $O_2$  پایدارتر است.

۲ ۷۶۴ C عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. شکل رابطه نقطه جوش سه ماده آلی برحسب کلورین را نسبت به گشتاور دوقطبی آن نشان می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دمای اتاق برابر  $25^\circ C$  یا  $298K$  است که می‌توان آن را به تقریب برابر  $300K$  دانست. با توجه به اینکه هر سه ماده  $A$ ،  $B$  و  $C$  نقطه جوش کمتر از  $300K$  دارند و از طرفی نقطه جوش  $HF$  برابر  $19^\circ C$  است که کمتر از دمای اتاق می‌باشد، پس هر چهار ماده در دمای اتاق به حالت گازی هستند. دقت کنید نقطه جوش استون برابر  $56^\circ C$  بوده و در دمای اتاق به حالت مایع است. عبارت (ب): گشتاور دوقطبی مولکول‌های  $H_2O$  و  $H_2S$  به ترتیب برابر با  $1/85D$  و  $0/97D$  است. این کمیت نشان می‌دهد که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین‌مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. همین قاعده درباره دو ترکیب  $B$  و  $C$  نیز صدق می‌کند؛ زیرا گشتاور دوقطبی و در نتیجه میزان قطبیت و قدرت نیروهای بین‌مولکولی در  $C$  حدود دو برابر  $B$  است. عبارت (پ): جهت‌گیری و میزان منظم شدن مولکول‌های یک ماده به گشتاور دوقطبی یا میزان قطبیت آن بستگی دارد. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی  $H_2S$  برابر  $0/97D$  است، جهت‌گیری و میزان منظم شدن مولکول‌های  $B$  از هر دو ماده  $A$  و  $H_2S$  بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): با توجه به اصل «شبهه، شبیه را حل می‌کند»،  $C$  یک ماده قطبی است که در یک حلال قطبی مانند آب حل می‌شود، از طرفی  $A$  که ماده‌ای با گشتاور دوقطبی نزدیک صفر است، بیشتر در حلال‌های ناقطبی همچون هگزان حل می‌شود. عبارت (ث): در مخلوط‌های مایع به حالت ناهمگن مانند آب و  $A$ ، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند.

۳ ۷۶۵ A فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت (ت): در محلول نمک‌ها در آب، نیروی جاذبه یون - دوقطبی که بین یون‌های ماده حل‌شده و مولکول‌های آب برقرار می‌شود، قوی‌تر از میانگین پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌های آب و پیوندهای یونی در شبکه بلور نمک است.

۴ ۷۶۶ B همه عبارت‌های داده شده درست هستند. همه عبارت‌ها را به خوبی به خاطر بسپارید.

۲ ۷۶۷ B در انحلال‌های مولکولی برخلاف انحلال نمک‌ها، ذره‌های حل‌شونده ماهیت ساختاری خود را در محلول حفظ می‌کنند. انحلال‌پذیری در هگزان و انحلال اتانول در آب از جمله انحلال‌های مولکولی است و ذره‌های حل‌شونده ماهیت خود را حفظ می‌کنند، اما انحلال سدیم کلرید در اتانول و انحلال منیزیم سولفات در آب از جمله انحلال‌های یونی است که در آن ترکیب‌های یونی به یون‌های سازنده خود تفکیک شده و ماهیت ساختاری خود را از دست می‌دهند. مخلوط بنزین در آب هم اگر چه یک مخلوط ناهمگن است، اما همچنان مقدار ناچیزی از بنزین در آب حل می‌شود که انحلال آن به صورت مولکولی بوده و ماهیت ساختاری حل‌شونده در آن حفظ می‌شود.

۱ ۷۶۸ B عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در مولکول آب، اتم هیدروژن سر مثبت مولکول و اتم اکسیژن سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، اتم‌های هیدروژن به سمت یونی که اندازه بزرگ‌تری دارد، بنابراین بار یونی که اندازه بزرگ‌تری دارد، منفی است. عبارت (ب): در ساختار شبکه بلور ترکیب‌های یونی، کاتیون و آنیون با آرایش منظم در سه بعد جای گرفته‌اند. عبارت (پ): در این فرایند ماده حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازنده شبکه بلور، تفکیک و آب‌پوشی شده‌اند. عبارت (ت): همان‌طور که در شکل مشخص است این ترکیب یونی، یک ترکیب یونی دوتایی است و از انحلال هر مول از آن در آب، ۲ مول یون آب‌پوشیده تولید می‌شود. در نتیجه:

$$? \text{ion} = \frac{2 \text{mol ion}}{1 \text{mol}} \times \frac{6}{10} \times 2 \times 10^{23} \text{ion} = 4/816 \times 10^{23} \text{ion}$$

نمک  $2/4 \text{mol}$   $\times$  نمک  $1 \text{mol ion}$

عبارت (ث): اتم اکسیژن سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهد، بنابراین به سمت یونی با بار مثبت جهت‌گیری می‌کند. در ترکیب یونی  $NaCl$ ، آرایش الکترونی  $Na^+$  مشابه آرایش الکترونی  $Ne$  است.

۱ ۷۶۹ B در مورد ترکیب‌های یونی محلول در آب مانند  $MgSO_4$  و  $BaCl_2$ ، نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول قوی‌تر از میانگین نیروی پیوند یونی در شبکه بلور ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب است.

مورد (ب): میانگین نیروی پیوند یونی در  $MgSO_4$  و پیوندهای هیدروژنی در آب  $>$  نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

مورد (پ): میانگین نیروی پیوند یونی در  $BaCl_2$  و پیوندهای هیدروژنی در آب  $>$  نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

در مورد ترکیب‌های یونی نامحلول در آب مانند  $AgCl$ ،  $Ca_3(PO_4)_2$  و  $Mg(OH)_2$ ، نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول ضعیف‌تر از میانگین نیروی پیوند یونی در شبکه بلور ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب است.

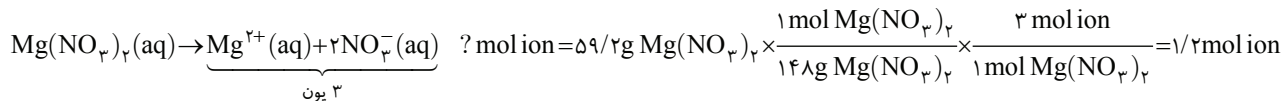
مورد (الف): میانگین نیروی پیوند یونی در  $AgCl$  و پیوندهای هیدروژنی در آب  $<$  نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

مورد (ت): میانگین نیروی پیوند یونی در  $Ca_3(PO_4)_2$  و پیوندهای هیدروژنی در آب  $<$  نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

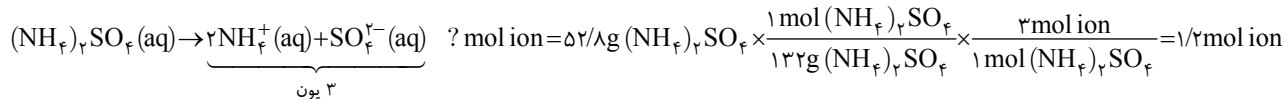
مورد (ث): میانگین نیروی پیوند یونی در  $Mg(OH)_2$  و پیوندهای هیدروژنی در آب  $<$  نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

با توجه به توضیحات بالا، موارد (ب) و (پ) درست هستند.

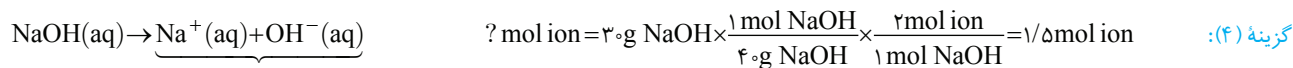
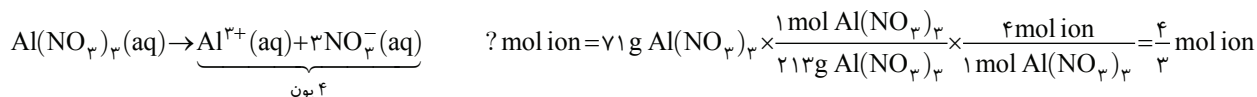
C ۷۷۰ ۴ بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):



گزینه (۲):

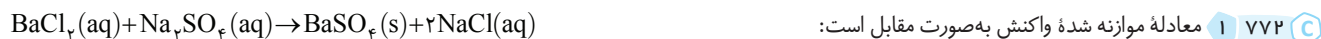


گزینه (۳):

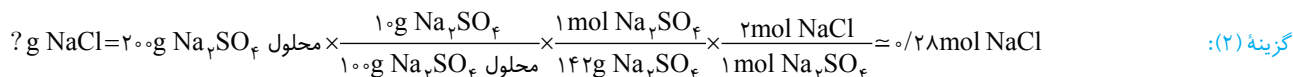
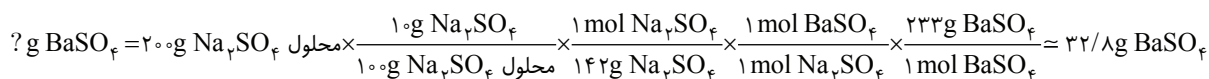


تعداد یون‌های حاصل از انحلال نمونه داده شده در گزینه (۴) بیشتر است.

B ۷۷۱ ۱ مقایسه داده شده در صورت تست، شرط انحلال مواد یونی در آب است و موادی که چنین شرطی برای آن‌ها وجود دارد، در آب محلول هستند. در بین ترکیب‌های داده شده منیزیم کلرید و لیتیم سولفات محلول در آب هستند.

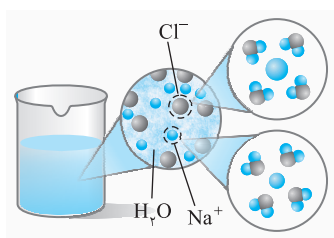


بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):

گزینه (۳): در این واکنش، یون کلرید ( $\text{Cl}^-$ ) ناظر است و در واکنش شرکت نمی‌کند و مصرف نمی‌شود. گزینه (۴): باریوم سولفات که یکی از فراورده‌های این واکنش است، نامحلول در آب می‌باشد.

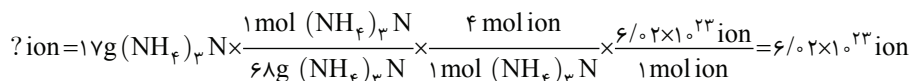
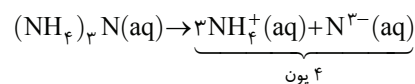
\* توجه: گزینه‌های (۱) و (۲) را می‌توانید به روش کسر تبدیل، در یک مرحله بررسی کنید:

$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ جرم} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم BaSO}_4 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول NaCl تولیدی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{200 \times 10}{1 \times 142 \times 100} = \frac{x \text{ g BaSO}_4}{1 \times 233} = \frac{y \text{ mol NaCl}}{2} \Rightarrow \begin{cases} x = 32/8 \text{ g BaSO}_4 \\ y = 0/28 \text{ mol NaCl} \end{cases}$$

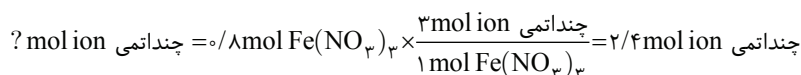
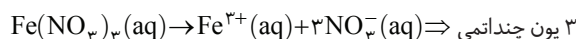
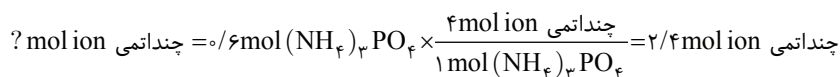
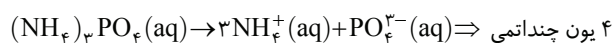


B ۷۷۳ ۴ عبارتهای (ب) و (پ) نادرست است. بررسی عبارتهای (الف): با توجه به شکل روبه‌رو، در اثر

انحلال نمک خوراکی در آب، یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  به وسیله شمار زیادی مولکول آب احاطه می‌شوند. یون‌های  $\text{Na}^+$  از سمت اتم‌های اکسیژن مولکول‌های آب و یون‌های  $\text{Cl}^-$  از سمت اتم‌های هیدروژن مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. عبارت (ب): معادله انحلال آمونیوم نیترید در آب به صورت زیر است:



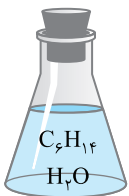
عبارت (ب): در شکل نشان داده شده، یون مورد نظر به وسیله اتم‌های هیدروژن که سر مثبت مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده است: در نتیجه بار آن باید منفی باشد. یون کلسیم، بار مثبت دارد. عبارت (ت): معادله انحلال این دو ترکیب به صورت زیر است:







۱ ۷۷۴ (C) عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ترکیب استفاده شده در گچ‌های شکستگی، کلسیم سولفات (CaSO<sub>۴</sub>) می‌باشد که نسبت شمار کاتیون به آنیون در آن برابر یک است. برای ترکیب CaX<sub>۲</sub> دو حالت وجود دارد: ۱- اینکه ترکیب CaX<sub>۲</sub> حاصل ترکیب یون‌های Ca<sup>۲+</sup> و X<sup>-</sup> باشد که در این صورت نسبت شمار کاتیون به آنیون در آن برابر ۱/۲ است؛ ۲- اینکه ترکیب، حاصل یون‌های Ca<sup>۲+</sup> و یون دوatomی X<sub>۲</sub><sup>-</sup> باشد که در این حالت نسبت شمار کاتیون به آنیون برابر یک می‌شود؛ بنابراین نسبت شمار کاتیون به آنیون در CaSO<sub>۴</sub> می‌تواند با این نسبت در CaX<sub>۲</sub> برابر باشد. عبارت (ب): ترتیب انحلال‌پذیری این سه ماده به صورت BaSO<sub>۴</sub> < AgCl < Ca<sub>۳</sub>(PO<sub>۴</sub>)<sub>۲</sub> است. عبارت (پ): آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که: (میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص) > (جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول)



بنابراین منظور این عبارت، ترکیباتی است که در آب محلول هستند. در میان مواد داده شده، برای چهار ترکیب C<sub>۲</sub>H<sub>۵</sub>OH، استون، C<sub>۱۲</sub>H<sub>۲۲</sub>O<sub>۱۱</sub> یا همان شکر و Na<sub>۲</sub>SO<sub>۴</sub> شرط فوق برقرار است. عبارت (ت): با توجه به شکل مقابل که در کتاب درسی نیز آمده است، این عبارت درست است. عبارت (ث): فرایند تفکیک یونی دو ترکیب سدیم نیترات و باریم کلرید به صورت زیر است:



برای مقایسه، فرض می‌کنیم هر دو محلول حاوی ۶ مول یون هستند. با توجه به جرم برابر دو محلول، درصد جرمی محلولی بیشتر است که جرم ترکیب حل‌شونده آن بیشتر باشد:

$$? \text{ g NaNO}_3 = 6 \text{ mol ion} \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{2 \text{ mol ion}} \times \frac{85 \text{ g NaNO}_3}{1 \text{ mol NaNO}_3} = 255 \text{ g NaNO}_3$$

$$? \text{ g BaCl}_2 = 6 \text{ mol ion} \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{3 \text{ mol ion}} \times \frac{208 \text{ g BaCl}_2}{1 \text{ mol BaCl}_2} = 416 \text{ g BaCl}_2$$

بنابراین در شمار یون‌های یکسان، درصد جرمی محلول باریم کلرید بیشتر است.

۱۴ ۷۷۵ (B) همه عبارت‌ها درست هستند. همه عبارت‌ها را به خوبی به خاطر بسپارید.

۱ ۷۷۶ (B) عبارتهای (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): افزایش میزان قطبیت مولکول‌های گازی منجر به افزایش انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود. عبارت (ب): در میان گازهایی با مولکول‌های ناقطبی، هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، میزان نیروهای بین مولکولی و میزان انحلال‌پذیری آن‌ها در آب بیشتر می‌شود. عبارت (پ): افزایش دمای آب منجر به کاهش انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود، اما بین افزایش دما و کاهش انحلال‌پذیری گازها رابطه خطی وجود ندارد. در واقع با n برابر شدن دمای آب، میزان انحلال‌پذیری گازها کاهش می‌یابد اما ۱/n برابر نمی‌شود. عبارت (ت): براساس قانون هنری در دمای ثابت، با افزایش فشار، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب افزایش می‌یابد.

\* توجه: رابطه بین تغییرات انحلال‌پذیری گازها و تغییرات فشار، یک رابطه خطی با شیب مثبت و ثابت است.

عبارت (ث): به طور کلی گازهایی که در هنگام انحلال در آب، با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند، در شرایط یکسان، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به سایر گازها دارند. مثلاً انحلال‌پذیری CO<sub>۲</sub> در آب بیشتر از NO است.

۲ ۷۷۷ (B) مقایسه‌های چهارم و پنجم درست هستند.

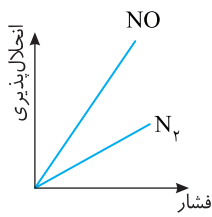
★ نکته: برای مقایسه میزان انحلال‌پذیری چند گاز مختلف در آب، باید به چند نکته توجه شود: ۱- گازهایی با مولکول‌های قطبی معمولاً انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به گازهایی با مولکول‌های ناقطبی در آب دارند. ۲- گازهایی که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب را داشته باشند، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارند. ۳- بین گازهایی با مولکول‌های ناقطبی، هر چه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، انحلال‌پذیری گاز در آب بیشتر است. ۴- گازهایی که با آب واکنش می‌دهند، انحلال‌پذیری زیادی در آب دارند. ۵- گازهایی مانند HCl که در اثر انحلال در آب به یون (H<sup>+</sup> و Cl<sup>-</sup>) تبدیل می‌شوند، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارند.

بررسی موارد: مقایسه اول: NH<sub>۳</sub> به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با آب انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به CO دارد. مقایسه دوم: Br<sub>۲</sub> به علت جرم و حجم بیشتر، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به Cl<sub>۲</sub> دارد. مقایسه سوم: F<sub>۲</sub> به علت جرم و حجم بیشتر، نسبت به O<sub>۲</sub> انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسه چهارم: بین چهار مولکول O<sub>۲</sub>، N<sub>۲</sub>، NO و CO<sub>۲</sub>، چون مولکول‌های CO<sub>۲</sub> با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند، بیشترین انحلال‌پذیری را دارند. در بین سه مولکول دیگر چون NO قطبی است، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. در بین O<sub>۲</sub> و N<sub>۲</sub> نیز O<sub>۲</sub> به دلیل جرم و حجم بیشتر، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسه نهایی به صورت «CO<sub>۲</sub> > NO > O<sub>۲</sub> > N<sub>۲</sub>» است.

\* توجه: CO<sub>۲</sub> در اثر واکنش با آب، H<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> (کربنیک اسید) تولید می‌کند.

مقایسه پنجم: در میان مولکول‌های HCl، CO، N<sub>۲</sub> و He، چون مولکول‌های HCl با ورود به آب، به یون تبدیل می‌شوند، بیشترین انحلال‌پذیری را دارند. در بین سه مولکول دیگر، CO قطبی است؛ از این رو انحلال‌پذیری بالاتری دارد. در بین N<sub>۲</sub> و He، چون N<sub>۲</sub> جرم و حجم بیشتری دارد، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. مقایسه نهایی به صورت «HCl > CO > N<sub>۲</sub> > He» است.

۲ ۷۷۸ (B) عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی موارد: مورد (الف): با گرم شدن آب، به علت کاهش میزان انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب، میزان گاز موجود در آب برای تنفس ماهی‌ها کم شده و ماهی‌ها برای تأمین اکسیژن مورد نیاز خود به سطح آب می‌آیند. مورد (ب): انحلال لیتیم سولفات در آب گرماده است، از این رو کاهش دمای آب سبب افزایش میزان انحلال نمک لیتیم سولفات در آب می‌شود. با کاهش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب نیز افزایش می‌یابد. مورد (پ): افزایش دما باعث کاهش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب، افزایش فشار باعث افزایش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب و افزایش مقدار نمک‌های حل‌شده در آب باعث کاهش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود. مورد (ت): پایدارترین اکسید کربن، CO<sub>۲</sub> است. با توجه به اینکه CO<sub>۲</sub> با مولکول‌های آب وارد واکنش می‌شود، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به NO(g) دارد.



**B ۷۷۹ ۲** عبارت‌های اول و دوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با کاهش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب افزایش می‌یابد. عبارت دوم: مولکول‌های NO قطبی و مولکول‌های  $N_2$  ناقطبی هستند؛ بنابراین انحلال‌پذیری NO در آب بیشتر از  $N_2$  است. در دمای معین، هر چه یک گاز انحلال‌پذیری بیشتری داشته باشد، تأثیر افزایش فشار بر انحلال‌پذیری آن گاز بیشتر است. عبارت سوم:  $CO_2$  اگر چه یک گاز ناقطبی است ولی چون با مولکول‌های آب وارد واکنش می‌شود، در هر دمای انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به گاز NO دارد. عبارت چهارم: در میان گازهای ناقطبی، هر چه جرم و حجم مولکول‌های ماده‌ی گازی بیشتر باشد، انحلال‌پذیری آن ماده در آب بیشتر است.  $O_2$  نسبت به  $N_2$  جرم و انحلال‌پذیری بیشتری دارد؛ بنابراین اعداد  $3/75$  و  $2/5$  میلی‌گرم در  $100$  گرم آب را به ترتیب می‌توان به انحلال‌پذیری  $O_2$  و  $N_2$  در آب نسبت داد.

**B ۷۸۰ ۱** عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گازهای مانند HF و  $NH_3$  که مولکول‌های آن‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار کنند، انحلال‌پذیری نسبتاً زیادی در آب دارند. عبارت (ب): هر چه میزان انحلال‌پذیری یک گاز در آب بیشتر باشد، افزایش فشار تأثیر بیشتری بر انحلال‌پذیری آن گاز در آب دارد. بنابراین مقایسه‌ی تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری گازهای  $O_2$ ،  $N_2$ ،  $CO_2$  و NO به صورت « $CO_2 > NO > O_2 > N_2$ » است. عبارت (پ): بعضی گازهای ناقطبی مانند  $CO_2$  انحلال‌پذیری بیشتری از گازهای قطبی مانند NO دارند. بیشتر بودن انحلال‌پذیری  $CO_2$  از NO در آب، به دلیل واکنش این گاز با مولکول‌های آب است. عبارت (ت): از واکنش قرص جوشان با آب، گاز کربن دی‌اکسید تولید و آزاد می‌شود. عبارت (ث): در صورت استفاده از آب گرم، انحلال‌پذیری  $CO_2$  در آب کم می‌شود و  $CO_2$  کمتری به صورت حل شده باقی می‌ماند و مقدار بیشتری گاز خارج می‌شود.

**B ۷۸۱ ۲** عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در دما و فشار معین، انحلال‌پذیری  $CO_2$  بیشتر از NO است؛ زیرا مولکول‌های  $CO_2$  برخلاف مولکول‌های NO می‌توانند با مولکول‌های آب واکنش دهند. با توجه به نمودار صورت تست، انحلال‌پذیری NO در فشار  $3 \text{ atm}$  تقریباً برابر با  $0.2$  گرم است؛ پس در این شرایط انحلال‌پذیری  $CO_2$  بیشتر از  $0.2$  گرم، مثلاً می‌تواند برابر  $0.3$  گرم باشد. عبارت دوم: همان‌طور که می‌دانید، با افزایش غلظت نمک‌ها در آب، انحلال‌پذیری گازها کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار داده شده در صورت تست، انحلال‌پذیری  $N_2$  در فشار  $4 \text{ atm}$  در آب خالص حدوداً برابر  $0.15$  گرم است؛ پس انحلال‌پذیری  $N_2$  در این شرایط در آب شور قطعاً کمتر از  $0.15$  گرم خواهد بود. عبارت سوم: با توجه به نمودار، تفاوت انحلال‌پذیری  $O_2$  و NO در فشار  $5 \text{ atm}$  به تقریب برابر  $0.1$  گرم است. عبارت چهارم: در فشار ثابت، با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد؛ بنابراین در دمای  $5^\circ \text{C}$  نسبت به دمای  $20^\circ \text{C}$ ، شیب تغییرات انحلال‌پذیری هر سه گاز کاهش می‌یابد. عبارت پنجم: انحلال‌پذیری  $O_2$  در فشار  $4 \text{ atm}$  حدوداً برابر  $0.18$  گرم است. از آنجا که شیب تغییرات انحلال‌پذیری  $X_2$  از  $O_2$  بیشتر است، پس در این فشار، انحلال‌پذیری  $X_2$  از  $O_2$  بیشتر بوده و می‌تواند برابر  $0.2$  گرم باشد.

**C ۷۸۲ ۴** همه موارد درست هستند. مقایسه‌ی انحلال‌پذیری این سه گاز به صورت « $N_2 < O_2 < NO$ » است. بررسی موارد: مورد اول: نمودار (۱) مربوط به NO می‌باشد که یک گاز قطبی است و نمودار (۳) مربوط به  $N_2$  می‌باشد که فراوان‌ترین گاز سازنده‌ی هوای پاک و خشک است. مورد دوم: با توجه به اعداد روی نمودار، می‌توان فهمید که تأثیر افزایش فشار بر انحلال‌پذیری NO حدوداً  $1/5$  برابر  $O_2$  است. به عنوان مثال در فشار  $9 \text{ atm}$  که انحلال‌پذیری NO برابر با  $0.6$  گرم است، انحلال‌پذیری  $O_2$  برابر با  $0.4$  گرم می‌باشد یا در فشار  $4/5$  اتمسفر که انحلال‌پذیری NO برابر با  $0.3$  گرم است، انحلال‌پذیری  $O_2$  برابر با  $0.2$  گرم می‌باشد. مورد سوم: انحلال‌پذیری گاز  $N_2$  در فشار  $9$  اتمسفر برابر با  $0.2$  گرم است و در این فشار انحلال‌پذیری گاز  $O_2$  در  $100$  گرم آب برابر با  $0.4$  گرم است.

$$? \text{ mol } O_2 = 20 \text{ g } H_2O \times \frac{0.4 \text{ g } O_2}{100 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ g } NO = 10^{-3} \text{ mol } NO \times \frac{30 \text{ g } NO}{1 \text{ mol } NO} = 0.03 \text{ g } NO$$

مورد چهارم: جرم گاز NO حل‌شده برابر است با:

انحلال‌پذیری گاز NO در فشار  $4/5$  اتمسفر برابر با  $0.3$  گرم است. انحلال‌پذیری گاز  $N_2$  در این فشار، برابر با  $0.1$  گرم در  $100$  گرم آب است.

**B ۷۸۳ ۴** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): انحلال‌پذیری ترکیبات یونی در آب را می‌توان به کمک داده‌های تجربی حاصل از آزمایش به دست آورد. به این منظور از دستگاهی به نام گرماسنج لیوانی استفاده می‌شود. عبارت (ب): میزان انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آن‌ها و دما بستگی دارد. نمودار انحلال‌پذیری بر حسب دما برای ترکیبات یونی، می‌تواند خطی (مانند KCl) و یا غیرخطی (مانند  $KNO_3$ ) باشد. همچنین این نمودار ممکن است صعودی و یا نزولی باشد. عبارت (پ): دقت کنید که قانون هنری، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب، در فشارهای مختلف را نشان می‌دهد و با توجه به این قانون، با افزایش فشار، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب به صورت خطی افزایش می‌یابد. حواستان باشد که اگر چه تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری گازهای با مولکول‌های قطبی و با جرم مولی بیشتر، بیشتر است، ولی این مطلب ارتباطی با قانون هنری ندارد. عبارت (ت): دقت کنید که اتانول یک مولکول قطبی است و در آن سر ناقطبی وجود ندارد. اما حتی اگر اتانول را مولکول دویخشی در نظر بگیریم که دارای سر قطبی و سر ناقطبی است، باز هم در فرایند انحلال آن، میان بخش‌های قطبی و ناقطبی آن و مولکول‌های آب، پیوند برقرار نیست و میان آن‌ها نیروی بین مولکولی وجود دارد.

**B ۷۸۴ ۲** طبق قانون هنری، میزان انحلال‌پذیری گازها با فشار رابطه‌ی خطی (با شیب مثبت و عرض از مبدأ صفر) دارد و اگر فشار را  $2$  برابر کنیم، انحلال‌پذیری گاز هم  $2$  برابر می‌شود. کاهش دما هم باعث افزایش میزان انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود اما رابطه‌ی دما با انحلال‌پذیری گازها، یک رابطه‌ی خطی نیست. اگر انحلال‌پذیری گاز  $O_2$  در فشار  $9$  اتمسفر برابر با  $0.4$  گرم باشد و فشار را  $2$  برابر کنیم، انحلال‌پذیری به  $0.8$  گرم می‌رسد و اگر دما را هم  $5^\circ \text{C}$  کاهش دهیم، مقدار انحلال‌پذیری بیشتر از  $0.8$  گرم می‌شود که در بین گزینه‌ها، فقط  $0.95$  گرم می‌تواند میزان انحلال‌پذیری این گاز در شرایط جدید باشد.

**B ۷۸۵ ۱** قسمت اول: با توجه به داده‌های جدول، میزان انحلال‌پذیری گاز  $H_2S$  در دماهای  $20^\circ \text{C}$  و  $45^\circ \text{C}$  به ترتیب برابر با  $38$  گرم و  $21$  گرم است. بنابراین اگر  $100$  گرم محلول سیرشده‌ای از این گاز را از دمای  $20^\circ \text{C}$  تا  $45^\circ \text{C}$  گرم کنیم،  $17$  گرم گاز آزاد می‌شود. پس به سادگی می‌توان حجم گاز  $H_2S$  آزاد شده از  $25$  کیلوگرم محلول سیرشده که دمای آن از  $25^\circ \text{C}$  به  $45^\circ \text{C}$  افزایش یافته را محاسبه نمود:

$$? \text{ L } H_2S = 25 \text{ kg محلول} \times \frac{1000 \text{ g محلول}}{1 \text{ kg محلول}} \times \frac{0.17 \text{ g } H_2S}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2S}{34 \text{ g } H_2S} \times \frac{22.4 \text{ L } H_2S}{1 \text{ mol } H_2S} = 28 \text{ L } H_2S$$



قسمت دوم: معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $۱۶H_2S + ۸SO_2 \rightarrow ۳S_8 + ۱۶H_2O$  است.

$$? \text{ g } SO_2 = ۲۸ \text{ L } H_2S \times \frac{۱ \text{ mol } H_2S}{۲۲/۴ \text{ L } H_2S} \times \frac{۸ \text{ mol } SO_2}{۱۶ \text{ mol } H_2S} \times \frac{۶۴ \text{ g } SO_2}{۱ \text{ mol } SO_2} = ۴۰ \text{ g } SO_2$$

$$\frac{۲۸ \times ۸ \times ۶۴}{۲۲/۴ \times ۱۶} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{۲۸ \times ۸ \times ۶۴}{۲۲/۴ \times ۱۶} = \frac{۴ \times ۸ \times ۴}{۳/۲} = ۱۰ \times ۴ = ۴۰$$

توضیح محاسبات +

۷۸۶ B ۴ قسمت اول: ابتدا انحلال پذیری گاز NO را در حالت دوم محاسبه می کنیم:

$$۲۰^\circ \text{C} \text{ دمای } NO \text{ در فشار اولیه} = ۱۰۰ \text{ g } H_2O \times \frac{۰/۰۱ \text{ mol } NO}{۶۰۰ \text{ g } H_2O} \times \frac{۳۰ \text{ g } NO}{۱ \text{ mol } NO} = ۰/۰۵ \text{ g } NO$$

با توجه به اینکه رابطه بین فشار و میزان انحلال پذیری گاز یک رابطه خطی است و نمودار انحلال پذیری گاز برحسب فشار، شیب ثابتی دارد، می توان گفت:

$$\frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار اولیه}}{\text{فشار اولیه}} = \frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار ثانویه}}{\text{فشار ثانویه}} \Rightarrow \frac{۰/۰۲ \text{ g}}{۳ \text{ atm}} = \frac{۰/۰۵ \text{ g}}{x \text{ atm}} \Rightarrow x = ۷/۵ \text{ atm}$$

قسمت دوم: ابتدا باید محاسبه کنیم که در  $۸۰۰$  گرم آب در فشار  $۳ \text{ atm}$  و دمای  $۲۰^\circ \text{C}$ ، چند مول NO حل می شود:

$$? \text{ mol } NO = ۸۰۰ \text{ g } \text{ آب} \times \frac{۰/۰۲ \text{ g } NO}{۱۰۰ \text{ g } \text{ آب}} \times \frac{۱ \text{ mol } NO}{۳۰ \text{ g } NO} = ۰/۰۰۵ \text{ mol } NO \Rightarrow \text{دمای محلول باید بیشتر از } ۲۰^\circ \text{C} \text{ باشد}$$

۷۸۷ B ۳ ابتدا باید انحلال پذیری گاز  $H_2S$  در دمای  $۵۵^\circ \text{C}$  و فشار  $۰/۵ \text{ atm}$  را به دست آوریم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار ثانویه}}{\text{فشار ثانویه}} = \frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار اولیه}}{\text{فشار اولیه}} \Rightarrow \frac{۰/۳۴ \text{ g}}{۲ \text{ atm}} = \frac{x \text{ g}}{۰/۵ \text{ atm}} \Rightarrow x = ۰/۰۸۵ \text{ g } H_2S$$

سپس به محاسبه غلظت مولی می پردازیم: محاسبه مقدار مول  $H_2S$ :  $H_2S$  در دمای  $۵۵^\circ \text{C}$  و فشار  $۰/۵ \text{ atm}$  در  $۱۰۰$  گرم آب به دست آوریم:

$$\text{محاسبه حجم محلول: } ۱۰۰ \text{ mL} = ۰/۱ \text{ L} \Rightarrow \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = ۱ \Rightarrow \frac{۰/۰۸۵ \text{ g}}{\text{حجم محلول}} = ۱$$

$$\text{محاسبه غلظت مولی محلول: } \frac{\text{مواد حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{۰/۰۸۵ \text{ g}}{۰/۱ \text{ L}} = ۰/۸۵ \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۷۸۸ B ۴ ابتدا باید انحلال پذیری این گاز را در دمای  $۱۷^\circ \text{C}$  و فشار  $۶ \text{ atm}$  در  $۱۰۰$  گرم آب به دست آوریم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار ثانویه}}{\text{فشار ثانویه}} = \frac{\text{انحلال پذیری گاز در فشار اولیه}}{\text{فشار اولیه}} \Rightarrow \frac{۰/۱۷۶ \text{ g}}{۱ \text{ atm}} = \frac{x \text{ g}}{۶ \text{ atm}} \Rightarrow x = ۱/۰۵۶ \text{ g}$$

سپس جرمی از گاز را که در  $۱۵۰$  گرم آب حل می شود محاسبه می کنیم:

$$\text{گاز } ۱۵۰ \text{ g } H_2O \times \frac{۱/۰۵۶ \text{ g}}{۱۰۰ \text{ g } H_2O} = ۱/۵۸۴ \text{ g} \text{ گاز}$$

اکنون جرم مولی این گاز را به دست می آوریم:

در بین گزینه ها، جرم مولی  $CO_2$  برابر با  $۴۴ \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.

۷۸۹ B ۲ نمودار موجود در سؤال، بیانگر تغییرات انحلال پذیری گاز NO برحسب فشار در دمای ثابت  $۲۵^\circ \text{C}$  است؛ به همین علت ابتدا توسط غلظت مولی گاز NO به انحلال پذیری آن می رسیم تا متوجه شویم این غلظت از گاز NO، در چه فشاری است. غلظت مولی (مولاریته) گاز NO برابر  $۰/۰۲ \text{ mol}$  بر لیتر است، یعنی به ازای یک لیتر محلول،  $۰/۰۲ \text{ mol}$  گاز NO در محلول سیر شده آن وجود دارد.

$$? \text{ g } NO = ۰/۰۲ \text{ mol } NO \times \frac{۳۰ \text{ g } NO}{۱ \text{ mol } NO} = ۰/۶ \text{ g } NO$$

به علت مقدار ناچیز گاز NO، مقدار محلول را همان مقدار حلال در نظر می گیریم. به ازای  $۱۰۰۰$  گرم حلال،  $۰/۶$  گرم حل شونده (NO) وجود دارد؛ در نتیجه به ازای  $۱۰۰$  گرم حلال،  $۰/۰۶$  گرم گاز NO وجود دارد. در نتیجه طبق نمودار، این محلول در فشار  $۹ \text{ atm}$  تهیه شده است و برای کاهش انحلال پذیری آن تا  $۰/۰۲ \text{ mol}$ ، باید فشار گاز NO را تا  $۳ \text{ atm}$  کاهش دهیم؛ یعنی نیازمند  $۶ \text{ atm}$  کاهش فشار هستیم.

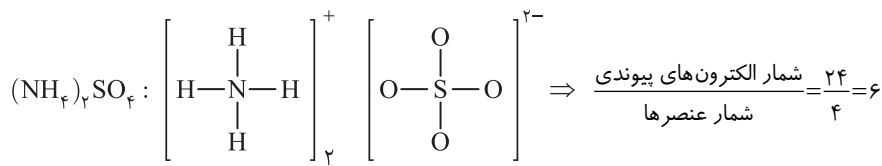
۷۹۰ B ۳ با افزایش نمک به آب انحلال پذیری گازها کاهش می یابد. آب دریا در مقایسه با آب آشامیدنی نمک بیشتری دارد. در نتیجه نمودارهای آبی و قرمز به ترتیب مربوط به آب دریا و آب آشامیدنی هستند. با توجه به نمودار اگر  $۱۰۰$  گرم آب دریا از دمای صفر تا دمای  $۳۰$  درجه سانتی گراد گرم شود مقدار  $۰/۶ \text{ mg}$  (۱/۲-۰/۶) گاز

$$? \text{ g } O_2 = ۱۰۰ \text{ g } \text{ آب دریا} \times \frac{۰/۶ \text{ mg } O_2}{۱۰۰ \text{ g } \text{ آب دریا}} \times \frac{۱ \text{ g } O_2}{۱۰۰۰ \text{ mg } O_2} = ۰/۰۰۰۶ \text{ g } O_2$$

با توجه به نمودار اگر  $۱۰۰$  گرم آب آشامیدنی از دمای صفر تا دمای  $۴۵^\circ \text{C}$  گرم شود، مقدار  $۱ \text{ mg}$  (۱/۶-۰/۶) گاز اکسیژن آزاد می شود؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{ kg } \text{ آب آشامیدنی} = ۱۰۰ \text{ g } \text{ آب آشامیدنی} \times \frac{۱ \text{ kg } \text{ آب آشامیدنی}}{۱۰۰ \text{ g } \text{ آب آشامیدنی}} \times \frac{۰/۰۰۰۶ \text{ g } O_2}{۰/۰۰۱ \text{ g } O_2} = ۰/۰۰۰۶ \text{ kg}$$

**B ۷۹۱ ۱** عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): در دوره ششم جدول تناوبی، عدد اتمی آخرین عنصر دسته S، ۵۶ و عدد اتمی اولین



عنصر دسته d، ۷۱ است. بنابراین اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۵ (۷۱-۵۶) است.

**عبارت (ب):** ایزوتوپ ناپایدار طبیعی هیدروژن،  $^3_1H$  و ایزوتوپهایی از هیدروژن با نیم عمر کمتر از یک ثانیه  $^4_1H$ ،  $^5_1H$ ،  $^6_1H$  و  $^7_1H$

هستند. پس نسبت خواسته شده برابر  $\frac{1}{4}$  است. **عبارت (پ):** گاز تولید شده در آزمایش قرار دادن قرص جوشان داخل آب،  $CO_2$  و اکسیداز نیتروژن که در موتور خودروها تولید می شود، NO است. انحلال پذیری گاز  $CO_2$  در آب بیشتر از گاز NO است؛ زیرا مولکولهای  $CO_2$  برخلاف NO با مولکولهای آب واکنش می دهند. **عبارت (ت):** استون که یک حلال قطبی است، می تواند مولکولهای ناقطبی مثل چربیها را نیز در خود حل کند.

**C ۷۹۲ ۴** با حل شدن نمکها در آب، انحلال پذیری گازها در آب کاهش می یابد. در اینجا گازهای خارج شده  $CO_2$  و  $O_2$  هستند که حجم  $CO_2$  خارج شده، ۸ برابر

حجم  $O_2$  خارج شده است ( $\frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} = 8$ ). از آنجا که در شرایط یکسان حجم مولی گازها با یکدیگر برابر است، در نتیجه نسبت مول  $CO_2$  به  $O_2$  نیز برابر ۸ خواهد

شد ( $\frac{n_{CO_2}}{n_{O_2}} = 8$ ). اگر مقدار مول گاز  $CO_2$  برابر n مول باشد، در نتیجه مقدار مول گاز  $O_2$  برابر  $\frac{1}{8}n$  است، اکنون جرم هر گاز را برحسب n به دست می آوریم:

$$? g O_2 = \frac{1}{8} n \text{ mol } O_2 \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 4n g O_2 \quad ? g CO_2 = m \text{ mol } CO_2 \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 44n g CO_2$$

مجموع جرم  $O_2$  و  $CO_2$  برابر ۴۸ گرم است؛ پس می توانیم مقدار n را محاسبه کنیم:

$$4n + 44n = 48 \Rightarrow n = 1$$

در این فرایند ۴g (۴×۱) گاز اکسیژن خارج شده است. انحلال پذیری گاز  $O_2$  در دمای اتاق و فشار ۱ atm برابر ۱ میلی گرم ( $10^{-3} g$ ) است. با افزایش فشار، انحلال پذیری گازها در آب افزایش می یابد. با توجه به اینکه ۴ گرم اکسیژن تولید شده، در ۵۰ کیلوگرم یا ۵۰۰۰۰ گرم آب حل می شود، انحلال پذیری آن برابر است با:

$$\text{انحلال پذیری } O_2 = 100 g H_2O \times \frac{4 g O_2}{50000} \times \frac{10^3 mg O_2}{1 g O_2} = 8 mg O_2$$

در فشار ۱ atm، انحلال پذیری اکسیژن برابر ۱ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب است، برای افزایش انحلال پذیری به ۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب، باید فشار ۸ برابر شود، یعنی فشار به ۸ atm برسد.

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \frac{8}{1} = \frac{P_2}{1} \Rightarrow P_2 = 8 \text{ atm}$$

**C ۷۹۳ ۴** انحلال پذیری گاز  $O_2$  در سطح زمین (فشار ۱ atm) برابر ۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب است. با افزایش ارتفاع به اندازه ۵ کیلومتر فشار به ۵/۰ اتمسفر می رسد:

زیرا طبق متن تست، با افزایش هر کیلومتر ارتفاع، ۱/۰ اتمسفر فشار کاهش می یابد؛ در نتیجه، مطابق قانون هنری، با  $\frac{1}{4}$  برابر شدن فشار (در دمای ثابت) انحلال پذیری گاز

$$O_2 \text{ نیز } \frac{1}{4} \text{ برابر می شود. (یعنی ۲ میلی گرم)} \quad 2 \frac{mg O_2}{100 g H_2O} = \text{انحلال پذیری } O_2 \text{ در فشار } 5/0 \text{ atm} \quad 4 \frac{mg O_2}{100 g H_2O} = \text{انحلال پذیری } O_2 \text{ در فشار } 1 \text{ atm}$$

سپس جرم  $O_2$  حل شده در فشار ۱ atm و ۵/۰ atm در ۳۲۰ کیلوگرم آب را می یابیم:

$$1 \text{ atm در فشار } O_2 \text{ حل شده در } 320 \text{ kg } H_2O = 320 \text{ kg } H_2O \times \frac{10^3 g H_2O}{1 \text{ kg } H_2O} \times \frac{2 \text{ mg } O_2}{100 g H_2O} \times \frac{1 g O_2}{10^3 \text{ mg } O_2} = 9/6 g O_2$$

در سطح زمین به ازای هر ۱۰۰ گرم  $H_2O$ ، ۳ گرم  $O_2$  حل شده است. (محلول سیر شده نیست)

$$5/0 \text{ atm در فشار } O_2 \text{ حل شده در } 320 \text{ kg } H_2O = 320 \text{ kg } H_2O \times \frac{10^3 g H_2O}{1 \text{ kg } H_2O} \times \frac{2 \text{ mg } O_2}{100 g H_2O} \times \frac{1 g O_2}{10^3 \text{ mg } O_2} = 6/4 g O_2$$

با افزایش ارتفاع و کاهش فشار انحلال پذیری  $O_2$ ، از ۴ میلی گرم به ۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب می رسد و به ازای ۳۲۰ کیلوگرم آب،  $O_2$  حل شده از ۹/۶ گرم به ۶/۴ می رسد:  $O_2$  جرم اکسیژن حل شده در فشار ۵/۰ atm - جرم اکسیژن حل شده در فشار ۱ atm =  $9/6 - 6/4 = 3/2 g O_2$

$$? \text{ atom } O = 3/2 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{6/0 \times 10^{23} \text{ atom } O}{1 \text{ mol } O} = 1/20 \times 10^{23} \text{ atom } O$$

**A ۷۹۴ ۳** فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): بدون وجود و حرکت یون پتاسیم انتقال پیامهای عصبی در بدن به هیچ وجه انجام نمی شود.

**عبارت (ب):** از آنجا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند، کمبود آن به ندرت در بدن احساس می شود. **عبارت (ت):** نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است.



۷۹۵ ۳ همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت سوم: آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است و آن را می‌توان از تصفیه آب رودها، دریاچه‌ها و چاه‌ها تهیه کرد.

۷۹۶ ۴ همه عبارت‌ها، به درستی بیان شده است. بررسی موارد: مورد (الف): الکل‌های تک‌عاملی یک، دو و سه کربنه (متانول، اتانول و پروپانول) به علت تشکیل پیوند هیدروژنی با آب و کوتاه بودن زنجیر هیدروکربنی، در آب به هر نسبتی حل می‌شوند. انحلال‌پذیری همه الکل‌ها در آب به شکل مولکولی است. مورد (ب): استون ترکیبی است که هم به هر نسبتی در آب (مولکول قطبی) حل می‌شود و هم حلال خوبی برای چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها (مواد ناقطبی) است. فرمول مولکولی استون به صورت  $C_3H_6O$  بوده و مجموع شماره اتم‌ها در آن برابر ۱۰ است. این در حالی است که فرمول مولکولی هگزان به صورت  $C_6H_{14}$  بوده و مجموع شماره اتم‌های آن برابر ۲۰ است؛ از این رو نسبت شماره اتم‌های آن‌ها برابر  $\frac{1}{6}$  می‌باشد. مورد (پ): گشتاور دوقطبی ( $\mu$ ) مولکول‌ها را با یکای دبی (D) گزارش می‌کنند. مثلاً گشتاور دوقطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است. این پارامتر در تعیین نقطه جوش به ما کمک می‌کند؛ ولی الزاماً ترکیبی که قطبی است، نقطه جوش بالاتری ندارد. برای مثال  $I_2$  یک مولکول ناقطبی است ولی نقطه جوش بالاتری نسبت به آب ( $H_2O$ ) که یک مولکول قطبی است دارد. در دمای اتاق  $I_2$  جامد و  $H_2O$  مایع است. مورد (ت): در واقع اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود. مورد (ث): ابتدا حجم مولی گازها را در فشار  $273K$  و فشار  $1 \text{ atm}$  می‌یابیم:

$$\frac{P_1 V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{7 \times V_{n_2}}{273} \Rightarrow V_{n_2} = 3/2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

سپس جرم NO حل شده در ۳ کیلوگرم آب و در نهایت انحلال‌پذیری NO را در این شرایط به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g NO} = 16 \text{ L NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{3/2 \text{ L NO}} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 150 \text{ g NO}$$

$$\text{NO} = 100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{150 \text{ g NO}}{3000 \text{ g H}_2\text{O}} = 5 \text{ g NO}$$

۷۹۷ ۳ همه موارد به جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. در فرایند اسمز، مولکول‌های آب از غشای نیمه‌تراوا، از سمت محلول رقیق‌تر به سمت محلول غلیظ‌تر حرکت می‌کنند، بنابراین محلول رقیق، غلیظ‌تر و محلول غلیظ، رقیق‌تر می‌شود. در فرایند اسمز معکوس، جهت کلی انتقال مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر به محلول رقیق‌تر است، بنابراین حجم محلول رقیق افزایش و حجم محلول غلیظ کاهش می‌یابد. این فرایند با اعمال فشار به انجام می‌رسد و یک فرایند غیرخودبه‌خودی است.

۷۹۸ ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. هنگامی که میوه‌های خشک درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، طبق فرایند اسمز، به‌طور خودبه‌خود از محیط رقیق با گذر از روزه‌های دیواره سلولی که نقش غشای نیمه‌تراوا را دارد به محیط غلیظ می‌روند، در نتیجه میوه آبدار و متورم می‌شود و در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد و فقط آب بین دو محیط مبادله نمی‌شود.

۷۹۹ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. در این شکل، A یک یون آب‌پوشیده است که از سمت اتم‌های اکسیژن که سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده، بنابراین بار یون A، مثبت است. B یک یون آب‌پوشیده است که از سمت اتم‌های هیدروژن که سر مثبت مولکول آب را تشکیل می‌دهند، احاطه شده، بنابراین بار یون B منفی می‌باشد. C و D هم به ترتیب نشان‌دهنده یون‌ها و مولکول‌های درشت و غشای نیمه‌تراوا هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): غشای نیمه‌تراوا فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهد و از گذر مولکول‌های درشت‌تر مانند مولکول C جلوگیری می‌کند. عبارت (ب): در این شکل به دلیل وجود یون‌ها و مولکول‌های درشت، محلول سمت چپ غلظت بیشتری دارد. مولکول‌های آب به هر دو سمت غشای نیمه‌تراوا جابه‌جا می‌شوند، اما مقدار آبی که به محلول غلیظ (محلول سمت چپ) وارد می‌شود، بیشتر از مقدار آبی است که وارد محلول رقیق‌تر (محلول سمت راست) می‌شود. عبارت (پ): با توجه به توضیحات ابتدای پاسخ، یون A همانند یون آمونیوم با فرمول شیمیایی  $NH_4^+$  دارای بار مثبت و یون B همانند یون کربنات با فرمول شیمیایی  $CO_3^{2-}$  دارای بار منفی است. عبارت (ت): پس از برابر شدن غلظت محلول دو سمت دیواره و برقراری تعادل، حرکت مولکول‌های آب از غشا متوقف نمی‌شود، بلکه تعداد مولکول‌های آبی که از محلول سمت راست وارد محلول سمت چپ می‌شوند، برابر با تعداد مولکول‌های آبی است که از محلول سمت چپ وارد محلول سمت راست می‌شوند. در واقع سرعت انتقال مولکول‌های آب در دو سمت برابر می‌شود. عبارت (ث): برای تصفیه آب شور دریاها و تهیه آب شیرین، از روش اسمز معکوس استفاده می‌شود.

۸۰۰ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. شکل (۱) فرایند اسمز و شکل (۲) فرایند اسمز معکوس را نشان می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نمک‌زدایی از آب دریا به وسیله فرایند اسمز معکوس به انجام می‌رسد در حالی که شکل (۱) فرایند اسمز را نشان می‌دهد. عبارت (ب): دو حالت وجود دارد: ۱- ذره‌های حل‌شده در محلول غلیظ‌تر، ذره‌هایی درشت هستند که در این صورت غشای نیمه‌تراوا اجازه عبور را به آن‌ها نمی‌دهد. ۲- ذره‌های حل‌شده توانایی عبور از غشای نیمه‌تراوا را دارند که در آن صورت هم در فرایند اسمز معکوس ذره‌های موجود در محلول غلیظ‌تر وارد محلول رقیق نمی‌شود، چون این امر باعث می‌شود که محلول غلیظ، رقیق‌تر و محلول رقیق، غلیظ‌تر شده و اختلاف غلظت دو محلول کم شود.

\* توجه در فرایند اسمز معکوس، همواره اختلاف غلظت دو محلول در حال افزایش یافتن است.

عبارت (پ): در شکل (۱)، محلول سمت چپ محلول غلیظ‌تر است. در فرایند اسمز، مولکول‌های آب بیشتر به سمت محلول غلیظ‌تر جابه‌جا می‌شوند، بنابراین حجم آب در محلول سمت چپ بیشتر شده و ارتفاع محلول افزایش می‌یابد. در شکل (۲)، محلول سمت چپ محلول رقیق‌تر است. در فرایند اسمز معکوس با اعمال نیرو، مولکول‌های آب بیشتر به سمت محلول رقیق‌تر حرکت می‌کنند، بنابراین حجم آب در محلول سمت چپ بیشتر شده و ارتفاع محلول افزایش می‌یابد. در نتیجه در هر دو طرف، ارتفاع محلول سمت چپ بیشتر می‌شود. عبارت (ت): در فرایند اسمز، محلول غلیظ، رقیق‌تر می‌شود. در فرایند اسمز معکوس، محلول رقیق، غلیظ‌تر می‌شود. عبارت (ث): در فرایند اسمز معکوس تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول رقیق‌تر حرکت می‌کنند، بیشتر است. بنابراین در شکل (۲) تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول سمت چپ غشا حرکت می‌کنند، بیشتر است.

۸۰۱ ۱ شکل نشان داده شده، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را به کمک فرایند اسمز معکوس نشان می‌دهد. A، B، C و D به ترتیب نشان‌دهنده ورود آب شور، خروج محلول غلیظ، غشای نیمه‌تراوا و خروج آب شیرین است. پاسخ صحیح پرسش‌ها به صورت زیر است: پرسش (الف): پمپ، آب دریا را با فشار زیادی وارد دستگاه می‌کند و باعث می‌شود حلال که در اینجا آب است، از سمت آب شور به سمت دیگر غشای نیمه‌تراوا حرکت کند. در نتیجه آبی که از محفظه آب شور خارج می‌شود (B)، حلال کمتر و غلظت بیشتری نسبت به آب ورودی دارد. پرسش (ب): در این دستگاه، فقط مولکول‌های آب از محیط غلیظ به محیط رقیق می‌روند و غشای نیمه‌تراوا اجازه عبور یون‌ها و مولکول‌ها را نمی‌دهد. پرسش (پ): محفظه D، محل خروج آب آشامیدنی (آب شیرین) است. پرسش (ت): این دستگاه بر پایه فرایند اسمز معکوس عمل می‌کند و کار آن نمک‌زدایی از آب دریا است. غشای C هم یک غشای نیمه‌تراوا است.



**B ۸۵۲ ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. شکل تست، روش تقطیر برای تهیه آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد. در این روش با تابش انرژی خورشیدی به آب دریا، آب و برخی مواد تبخیر می‌شوند و با برخورد بخار آب به سقف پلاستیکی و سرد شدن آن‌ها، بخار آب به صورت مایع درآمده و آب شیرین به دست آمده در مخازن جمع‌آوری می‌شود. در این شکل A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده فرایند تبخیر، سقف پلاستیکی و فرایند میعان هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): به کمک روش فیزیکی تقطیر می‌توان آلاینده‌ها، فلزهای سمی، نافلزها و حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را حذف کرد، اما ترکیب‌های آلی فرار و میکروب‌ها همچنان باقی می‌مانند. عبارت (پ): A فرایند تبخیر آب را نشان می‌دهد که به وسیله گرمای خورشید به انجام می‌رسد. عبارت (ت): فرایند میعان مولکول‌های آب بر اثر برخورد آن‌ها به سقف را نشان می‌دهد و آب مایع تولید شده در این فرایند، آب شیرین است اما برای آشامیدن مناسب نیست؛ چون هنوز میکروب‌های آن حذف نشده‌اند؛ این آب باید کلر زنی شود تا میکروب‌های آن از بین برود. عبارت (ث): مولکول‌های بخار آب بر اثر برخورد به سقف پلاستیکی، از حالت گاز به مایع (فرایند میعان) تبدیل می‌شوند.

**A ۸۵۳ ۳** عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت سوم: در فرایند اسمز (گذرندگی)، مولکول‌های آب به‌طور خودبه‌خودی و بدون صرف انرژی از محیط رقیق به سمت محیط غلیظ جابه‌جا می‌شوند. عبارت چهارم: در حذف آلاینده‌های آب، صافی کربنی و اسمز معکوس هر دو عملکرد مشابهی دارند. عبارت پنجم: در صورت استفاده از روش تقطیر، میکروب‌ها و ترکیب‌های آلی فرار در آب باقی می‌مانند.

**A ۸۵۴ ۳** نافلزها، آلاینده‌ها، فلزهای سمی و حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را با هر سه روش تقطیر، اسمز معکوس و صافی کربنی می‌توان از آب جدا کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): آب به دست آمده از روش اسمز معکوس و صافی کربن نسبت به آب به دست آمده از روش تقطیر، میزان آلاینده کمتری دارد. گزینه (۲): در هر دو روش اسمز معکوس و صافی کربن، میکروب‌ها در آب باقی می‌مانند و ترکیب‌های آلی فرار جداسازی می‌شوند. گزینه (۴): آب به دست آمده از هر سه روش حاوی میکروب است و باید قبل از مصرف، کلر زنی شود تا میکروب‌های موجود در آب از بین بروند. در واقع میکروب‌ها را با هیچ کدام از سه روش تقطیر، اسمز معکوس و صافی کربنی نمی‌توان به‌طور کامل از بین برد.

**B ۸۵۵ ۴** همه موارد صحیح هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دیواره یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌های بسیار ریز دارد که ذره‌های سازنده مواد می‌توانند از آن گذر کنند به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. عبارت (ب): به کمک فرایند اسمز معکوس که یکی از روش‌های تصفیه آب است، می‌توان از آب دریاها و اقیانوس‌ها نمک‌زدایی کرد. عبارت (پ): روش نشان داده شده در این شکل، روش اسمز معکوس است و به کمک این روش نمی‌توان میکروب‌های موجود در آب را از آن جدا کرد. از طرفی در روش تقطیر برخلاف روش اسمز معکوس ترکیب‌های آلی فرار را نمی‌توان از آب جدا کرد، بنابراین میزان آلاینده‌های باقی‌مانده در آب در روش تقطیر بیشتر از روش اسمز معکوس است. عبارت (ت): اساس روش اسمز معکوس، افزایش اختلاف غلظت دو محلول است. هر چه زمان بیشتری از انجام فرایند اسمز معکوس بگذرد و اختلاف غلظت دو محلول بیشتر شود، افزایش این اختلاف غلظت و ادامه فرایند اسمز معکوس فشار بیشتری می‌طلبد و سخت‌تر انجام می‌شود.

**C ۸۵۶ ۱** هر چه اختلاف غلظت محلول موجود در لوله U شکل و آب موجود در لوله بیشتر باشد، اختلاف ارتفاع آب و محلول در این لوله U شکل بیشتر می‌شود. دقت کنید که برای محاسبه غلظت محلول موجود در لوله U شکل، باید مجموع غلظت تمام گونه‌های حل شده در محلول را محاسبه کنید. فرض کنید که حجم هر ۴ محلول برابر با V لیتر است. توجه کنید که ترکیب‌های یونی در آب، تفکیک و ترکیب‌های مولکولی در آب یا به صورت مولکولی حل می‌شوند و یا یونیده می‌شوند.

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): هر یک مول آلومینیم نیترات، در آب، ۴ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$? \text{ mol ion} = \frac{4 \text{ mol Al(NO}_3)_3}{1 \text{ mol Al(NO}_3)_3} \times \frac{1}{4} \text{ mol Al(NO}_3)_3 = 1 \text{ mol ion} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

گزینه (۲): هر یک مول کلسیم کلرید در آب، ۳ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$? \text{ mol ion} = \frac{3 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{1}{5} \text{ mol CaCl}_2 = 1 \text{ mol ion} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

گزینه (۳): هر یک مول سدیم فلوئورید در آب، ۲ مول ذره (یون) ایجاد می‌کند.

$$? \text{ mol ion} = \frac{2 \text{ mol NaF}}{1 \text{ mol NaF}} \times \frac{1}{6} \text{ mol NaF} = 1 \text{ mol ion} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{مول ذرات حل شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

گزینه (۴): در اثر انحلال ۱/۵ مول شکر در آب، ۱/۵ مول ذره در آب ایجاد می‌شود.

مقایسه اختلاف ارتفاع به صورت «۴/۵ مول آلومینیم نیترات < ۰/۸ مول سدیم فلوئورید < ۱/۵ مول شکر = ۰/۵ مول کلسیم کلرید» است.

**C ۸۵۷ ۱** فقط عبارت سوم نادرست است. غلظت ذره‌های حل شده در محلول سمت راست و محلول سمت چپ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{سمت راست} \quad \frac{110}{4} \text{ g MgBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgBr}_2}{184 \text{ g MgBr}_2} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol MgBr}_2} = 1 \text{ mol ion} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{تعداد مول یون}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1}{0.8} = 1.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{سمت چپ} \quad \frac{142}{5} \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95 \text{ g MgCl}_2} \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 4 \text{ mol ion} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{تعداد مول یون}}{\text{حجم محلول}} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

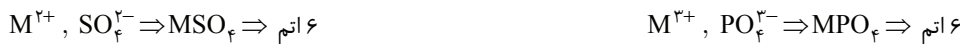
بررسی موارد: عبارت اول: در فرایند اسمز، تعداد مولکول‌های آبی که به سمت محلول غلیظ‌تر حرکت می‌کنند، بیشتر است. در این تست محلول سمت چپ غلیظ‌تر است.

عبارت دوم: غلظت ذره‌های حل‌شونده در محلول سمت راست برابر با  $2/25 \text{ mol.L}^{-1}$  و در محلول سمت چپ برابر با  $4/5 \text{ mol.L}^{-1}$  است.

$$\text{اختلاف غلظت} = 4/5 - 2/25 = 2/25 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت سوم: برای انجام فرایند اسمز معکوس، فشار به محلول غلیظ‌تر وارد می‌شود تا آب از آن خارج شده و وارد محلول رقیق‌تر شود. در این تست محلول سمت چپ غلیظ‌تر است. عبارت چهارم: غشای نیمه‌تراوا فقط به آب اجازه گذر می‌دهد و ذره‌های حل‌شده در دو محلول نمی‌توانند از آن عبور کنند و در نتیجه تعداد آن‌ها ثابت می‌ماند.

C ۸۰۸ ۲ عبارات‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی از یون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) و یون فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) با هم برابر و مساوی ۵ است. بنابراین یک فلز با ظرفیت‌های (+۲) و (+۳) می‌تواند در ترکیب با این دو آنیون، دو ترکیب پدید آورد که شمار اتم‌های موجود در آن‌ها با هم برابر است.



بررسی عبارات: عبارت (الف): ظرفیت بیشتر این فلز، (+۳) است. هیدروکسید فلز با ظرفیت بیشتر،  $M(\text{OH})_3$  است که مجموع شمار اتم‌ها در آن برابر با ۷ است.

عبارت (ب): فلز مس ظرفیت‌های (+۱) و (+۲) دارد. در حالی که فلز مورد نظر تست دارای ظرفیت‌های (+۲) و (+۳) است. عبارت (پ): ظرفیت کمتر این فلز،

(+۲) و فرمول نیترات فلز با ظرفیت کمتر،  $M(\text{NO}_3)_2$  است. در این ترکیب نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عنصرها برابر با  $\frac{9}{3}$  است. عبارت (ت): ابتدا

باید غلظت گونه‌های حل‌شونده در هر دو ستون را محاسبه کنیم: (حجم هر یک از محلول‌ها را  $V$  لیتر در نظر می‌گیریم).

$$A \text{ ستون: } M_p(\text{CO}_3)_p(\text{aq}) \rightarrow \underbrace{2M^{3+}(\text{aq}) + 3\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})}_{\text{مول ۵ یون}} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.6 \text{ mol } M_p(\text{CO}_3)_p \times \frac{\Delta \text{ mol ion}}{1 \text{ mol } M_p(\text{CO}_3)_p}}{V} = \frac{3}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$B \text{ ستون: } M(\text{OH})_p(\text{aq}) \rightarrow \underbrace{M^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})}_{\text{مول ۳ یون}} \quad \text{غلظت} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.9 \text{ mol } M(\text{OH})_p \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol } M(\text{OH})_p}}{V} = \frac{2.7}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت محلول موجود در ستون A بیشتر است؛ بنابراین مولکول‌های آب بیشتر به سمت ستون A جابه‌جا می‌شوند.

## شیمی ۲: فصل اول

## پاسخ تشریحی

A ۸۰۹ ۲ پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها ساخته می‌شوند. سایر گزینه‌ها مطابق متن کتاب درسی درست هستند.

A ۸۱۰ ۴ همه عبارات درست هستند.

A ۸۱۱ ۱ عبارات‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌های نادرست: عبارت (الف): عنصرها در جهان به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند. پراکندگی این منابع در

کره زمین دلیلی بر پیدایش تجارت جهانی است. عبارت (ب): این دیدگاه الزاماً باور درستی نیست؛ چون در بسیاری از کشورهای جهان سومی میزان بهره‌برداری از منابع بیشتر از سایر کشورهاست ولی نمی‌توانند از این منابع به‌درستی استفاده کنند. عبارت (پ): مقایسه مقادیر تولید یا مصرف نسبی مواد در جهان به‌صورت زیر است:

«فلزها > سوخت‌های فسیلی > مواد معدنی»

A ۸۱۲ ۴ همه عبارات درست هستند. منابع مشخص شده در نمودارها به‌ترتیب از پایین به بالا، سوخت‌های فسیلی، فلزها و مواد معدنی هستند. بررسی عبارات‌ها:

عبارت (الف): هر دو مقدار حدوداً برابر با ۶۰ میلیارد تن است. عبارت (ب): مطابق نمودار، میزان افزایش استفاده از مواد معدنی نسبت به میزان افزایش استفاده از فلزها و سوخت‌های فسیلی رشد بیشتری داشته است. عبارت (پ): مطابق نمودار، پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰، میزان تولید و مصرف نسبی مواد معدنی و فلزها به‌ترتیب حدوداً به ۴۲ و ۱۲ میلیارد تن برسد. عبارت (ت): مطابق نمودار، میزان استخراج فلزها در سال ۲۰۳۰ حدوداً با میزان استخراج سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۱۰ برابر و به‌تقریب ۱۲ میلیارد تن است.

A ۸۱۳ ۲ عبارات‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارات‌های نادرست: عبارت (الف): گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است. فولاد آلیاژی

از آهن و کربن است که استحکام بسیار زیادی دارد؛ پس فولاد، ماده‌ای خالص نیست. عبارت (ب): انسان‌های پیشین فقط از برخی مواد طبیعی مانند چوب، سنگ، خاک، پشم و پوست بهره می‌بردند اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند سفال را تولید و برخی فلزها را نیز استخراج کنند که خواص مناسب‌تری داشتند. سفال ماده ساختگی است.

A ۸۱۴ ۲ عبارات‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: از گذشته تاکنون، میزان استخراج مواد معدنی، از سوخت‌های فسیلی و فلزها بیشتر

بوده است. عبارات دوم و سوم: زندگی روزانه ما به منابع شیمیایی وابسته است. صبحانه امروز خود را در نظر بگیرید، جای خود را با استکانی شیشه‌ای نوشیده‌اید که از شن و ماسه ساخته شده است، در ظرفی که از خاک چینی ساخته شده است، غذا خورده‌اید و برای هم زدن چای از قاشقی استفاده کرده‌اید که از فولاد زنگ‌نزن ساخته شده است. فولادی که پس از طی مراحل طولانی از سنگ معدن به دست می‌آید؛ بنابراین یک ماده مصنوعی و ساخت بشر است. عبارت چهارم: زمین انباری از ذخایر ارزشمند است که بی‌هیچ منتی به ما هدیه شده است، هرچند که این منابع به‌طور یکسان توزیع نشده‌اند.

B ۸۱۵ ۲ عبارات‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): با گسترش دانش تجربی، شیمی‌دان‌ها به رابطه میان خواص مواد با عنصرهای

سازنده آن‌ها پی بردند. آن‌ها همچنین دریافتند که گرما دادن به مواد و افزودن آن‌ها به یکدیگر سبب تغییر و گاهی بهبود خواص می‌شود. عبارات‌های (ب) و (ت): همه مواد طبیعی و ساختگی از کره زمین به‌دست می‌آیند. موادی که از طبیعت به‌دست می‌آیند پس از سال‌ها دوباره به طبیعت باز می‌گردند. به‌طور کلی همه مواد در طبیعت در حال جابه‌جایی هستند ولی سرعت این جابه‌جایی برای مواد مختلف متفاوت است، بنابراین می‌توان گفت جرم کل مواد در کره زمین ثابت است. عبارت (ث): برای رشد سریع تر میوه‌ها و سبزیجات، از کودهای پتاسیم، نیتروژن و فسفردار استفاده می‌شود. این عناصر به ترتیب نوزدهمین، هفتمین و پانزدهمین عناصر جدول دوره‌ای هستند.

A ۸۱۶ ۲ عبارات‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارات‌های نادرست: عبارت (الف): عنصرها در جدول دوره‌ای براساس تعداد پروتون‌های موجود در هسته آن‌ها

چیده شده‌اند. (نه براساس ذره‌های هسته، یعنی پروتون و نوترون‌ها!) عبارت (ب): در جدول دوره‌ای، عنصرهایی که آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم آن‌ها مشابه است، در

یک گروه جای گرفته‌اند، اما استثناهایی هم وجود دارد. برای نمونه اتم هلیم ( ${}^4\text{He}$ ) با اینکه در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای عنصرها جای دارد، اما عنصری از دسته S

است و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب متفاوت است.

**B ۱۸۱۷ ۱** عبارتهای اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت دوم:** در جدول دوره‌ای، همهٔ عناصری که لایهٔ ظرفیت مشابه دارند در یک گروه قرار می‌گیرند. این لایهٔ ظرفیت مشابه هم، باید تعداد الکترون‌های یکسانی داشته باشد و هم زیرلایه‌های مشابهی را در برگیرد. برای مثال لایهٔ ظرفیت عناصر گروه‌های ۸ و ۱۸ به ترتیب به صورت  $d^6ns^2$  و  $(n-1)d^6ns^2$  است. ملاحظه می‌کنید که تعداد الکترون‌های ظرفیت یکسان است؛ اما زیرلایه‌ها مشابه نیستند که در نتیجهٔ آن، عناصر گروه ۸ فلزی و عناصر گروه ۱۸ گازهای نجیب هستند! **عبارت سوم:** عنصرها در جدول دوره‌ای بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آن‌ها یعنی عدد اتمی (Z)، چیده شده‌اند. دقت کنید A نماد جرم اتمی است نه عدد اتمی. **عبارت پنجم:** همهٔ عناصر دسته‌های d و f فلزی‌اند؛ اما در دستهٔ s، علاوه بر عناصر فلزی، عنصر نافلزی هیدروژن ( $^1\text{H}$ ) و هلیوم ( $^4\text{He}$ ) نیز وجود دارد.

**B ۱۸۱۸ ۴** فقط مورد چهارم، جملهٔ داده شده را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد: مورد اول:** قابلیت ورقه و مغلول شدن، جزء ویژگی‌های فیزیکی فلزهاست. **مورد دوم:** تمایل به اشتراک گذاشتن الکترون، جزء ویژگی‌های شیمیایی نافلزها و شبه‌فلزهاست. **مورد سوم:** عایق جریان الکتریسیته بودن در حالت کلی جزء ویژگی‌های فیزیکی نافلزهاست، اما توجه کنید که عنصر کربن تنها نافلز رسانای جریان برق است. **مورد چهارم:** داشتن سطح براق و صیقلی جزء ویژگی‌های فیزیکی فلزهاست. **مورد پنجم:** عناصر گروه هجده (گازهای نجیب) تمایلی به ایجاد ترکیب با دیگر عنصرها ندارند. **مورد ششم:** داشتن حالت فیزیکی جامد، از جمله ویژگی‌های فیزیکی اغلب فلزها است ولی جیوه ( $\text{Hg}$ )، در دمای اتاق به صورت مایع است.

**B ۱۸۱۹ ۱** فقط عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند. **عبارت (ب):** همهٔ نافلزهای جدول دوره‌ای به جز هیدروژن و هلیوم، در دستهٔ p قرار دارند. عنصرهای هیدروژن و هلیوم به ترتیب در گروه ۱ و ۱۸ جدول تناوبی جای داشته و متعلق به دستهٔ s هستند. **عبارت (پ):** خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده در حالی که رفتار شیمیایی آن‌ها همانند نافلزهاست. **عبارت (ت):** خصلت فلزی در یک دوره از چپ به راست کاهش و در یک گروه از بالا به پایین افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها به صورت دوره‌ای تکرار می‌شود که به قانون دوره‌ای عنصرها معروف است. **عبارت (ث):** در گروه ۱۴ از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، خصلت فلزی افزایش می‌یابد. در تناوب سوم از چپ به راست با افزایش عدد اتمی، خصلت نافلزی افزایش می‌یابد.

**B ۱۸۲۰ ۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** عنصرهای جدول دوره‌ای را بر اساس رفتار آن‌ها می‌توان در سه دستهٔ فلز، نافلز و شبه‌فلز جای داد. واکنش با دیگر اتم‌ها، فلزها الکترون از دست می‌دهند و به کاتیون پایدار تبدیل می‌شوند. نافلزها الکترون می‌گیرند و آنیون پایدار تشکیل می‌دهند و شبه‌فلزها الکترون به اشتراک می‌گذارند. **عبارت (ب):** در گروه‌های ۱۵ تا ۱۷ از بالا به پایین، خصلت نافلزی عنصرها کاهش می‌یابد و در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی عنصرها کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** عنصرهای دستهٔ s، d و p به ترتیب در سمت چپ، مرکز و در سمت راست جدول دوره‌ای جای دارند. از آنجا که در یک دوره از چپ به راست خاصیت نافلزی افزایش می‌یابد، مقایسهٔ خصلت نافلزی عنصرهای این دسته‌ها به صورت  $s < d < p$  است. **عبارت (ت):** دورهٔ سوم جدول دوره‌ای از عنصر  $^{11}\text{Na}$  با یک الکترون ظرفیت شروع شده و به عنصر  $^{18}\text{Ar}$  با هشت الکترون ظرفیت ختم می‌شود. بنابراین در این دوره از چپ به راست با افزایش شمار الکترون‌های ظرفیت، خصلت فلزی کاهش می‌یابد.

**B ۱۸۲۱ ۳** فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سبک‌ترین گاز نجیب، هلیوم است که در لایهٔ ظرفیت خود دارای ۲ الکترون است در حالی که سایر گازهای نجیب آرایش هشت‌تایی دارند. **عبارت (ب):** در جدول دوره‌ای عنصرها، فلزها در هر چهار دستهٔ s، p، d و f، نافلزها در دستهٔ p و s (عنصرهای هیدروژن و هلیوم) و شبه‌فلزها فقط در دستهٔ p حضور دارند.

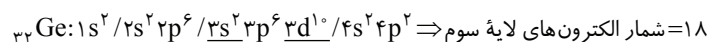
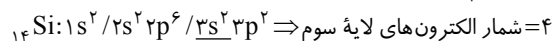
**\* توجه** دستهٔ s شامل فلز و نافلز، دستهٔ d و f فقط شامل فلز و دستهٔ p شامل هر سه دستهٔ عنصرها (فلز، شبه‌فلز و نافلز) است.

**عبارت (پ):** در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی افزایش و خصلت نافلزی کاهش می‌یابد. بنابراین در گروه‌های نافلزی جدول تناوبی (گروه‌های ۱۵ تا ۱۷) هر چه به سمت بالا حرکت کنیم، تمایل عنصرها برای جذب الکترون (خصلت نافلزی) افزایش می‌یابد. **عبارت (ت):** شکل‌های نشان داده شده، نمایش برخی از کاربرد فلزها مبتنی بر ویژگی آن‌هاست. انعطاف‌پذیری (چکش‌خواری)، استحکام و رسانایی الکتریکی از این ویژگی‌ها هستند. **عبارت (ث):** عناصر  $^{37}\text{Rb}$  و  $^{39}\text{K}$  در گروه ۱ جدول دوره‌ای قرار دارند؛ پس خصلت فلزی  $^{37}\text{Rb}$  از  $^{39}\text{K}$  بالاتر است.  $^{32}\text{Ge}$  یک شبه‌فلز بوده و  $^{35}\text{Br}$  یک نافلز است.

**B ۱۸۲۲ ۴** به جز مورد (ب)، سایر موارد، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. پنج عنصر نخست گروه ۱۴ جدول تناوبی به ترتیب کربن (C)، سیلیسیم (Si)، ژرمانیم (Ge)، قلع (Sn) و سرب (Pb) هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سرب یک عنصر فلزی است. فلزها در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون از دست می‌دهند. **عبارت (ب):** سیلیسیم یک عنصر شبه‌فلزی است. شبه‌فلزها نیم‌رسانا بوده و رسانایی الکتریکی کمی دارند. این عناصر در ترکیب با عناصر دیگر، فقط الکترون به اشتراک می‌گذارند. **عبارت (پ):** قلع یک عنصر فلزی است. فلزها رسانایی الکتریکی و گرمایی بالایی دارند. **عبارت (ت):** ژرمانیم یک عنصر شبه‌فلزی است. شبه‌فلزها چکش‌خوار نبوده و در اثر ضربه خرد می‌شوند. **عبارت (ث):** کربن یک عنصر نافلزی است. این عنصر در حالت گرافیت تیره بوده و در ترکیب با سایر عناصر الکترون به اشتراک می‌گذارد.

**B ۱۸۲۳ ۳** عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** همهٔ ۵ عنصر نخست گروه ۱۴ دارای رسانایی الکتریکی هستند اما توجه کنید که قدرت رسانایی الکتریکی این عنصرها با هم متفاوت است به طوری که عنصرهای کربن (گرافیت)، قلع و سرب رسانایی بالا اما عنصرهای سیلیسیم و ژرمانیم رسانایی کمی دارند. **عبارت (ب):** در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای، عنصرهای سیلیسیم، ژرمانیم، قلع و سرب سطح براق دارند و عنصرهای کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در اثر ضربه خرد می‌شوند. **عبارت (پ):** در واکنش با دیگر اتم‌ها، عنصرهای کربن، سیلیسیم و ژرمانیم الکترون به اشتراک می‌گذارند اما عنصرهای قلع و سرب الکترون از دست می‌دهند و به کاتیون پایدار تبدیل می‌شوند. **عبارت (ت):** همهٔ عنصرهای گروه چهارده به جز کربن دارای رسانایی گرمایی هستند. **عبارت (ث):** آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت عنصر سرب ( $^{82}\text{Pb}$ ) به صورت  $6s^2 6p^2$  است. سرب یک جامد شکل‌پذیر است.

**B ۱۸۲۴ ۳** به جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. با توجه به اعداد اتمی،  $^{34}\text{X}$  و  $^{33}\text{Y}$  به ترتیب عناصر  $^{14}\text{Si}$  و  $^{32}\text{Ge}$  هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سیلیسیم ( $^{14}\text{Si}$ ) و ژرمانیم ( $^{32}\text{Ge}$ ) دو عنصر شبه‌فلزی هستند که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارند. رسانایی الکتریکی شبه‌فلزها اندک است. **عبارت (ب):** شبه‌فلزها فقط با اشتراک گذاشتن الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش الکترونی گاز نجیب هم‌دورهٔ خود می‌رسند. **عبارت (پ):** آرایش الکترونی دو عنصر به صورت مقابل است:



تفاوت شمار الکترون‌های موجود در لایهٔ سوم این دو عنصر برابر  $14 - (4 - 18)$  است. **عبارت (ت):** در گروه ۱۴، به جز کربن که نخستین عنصر است، سایر عناصر از جمله فلزها و شبه‌فلزها ( $^{34}\text{X}$  و  $^{33}\text{Y}$ ) سطح براق و درخشان دارند. **عبارت (ث):** تنها نافلز جدول دوره‌ای که در دما و فشار اتاق به حالت مایع است، برم ( $\text{Br}_2$ ) می‌باشد که در دورهٔ چهارم قرار داشته و هم‌دورهٔ  $^{33}\text{Y}$  (ژرمانیم) است.



**B ۸۲۵ ۴** همهٔ موارد به جز مورد چهارم به درستی بیان نشده‌اند. **بررسی موارد: مورد اول:** سدیم ( $_{11}\text{Na}$ ) و آلومینیم ( $_{13}\text{Al}$ ) هر دو عنصرهای فلزی هستند و در اثر ضربه خرد نمی‌شوند. **مورد دوم:** سیلیسیم ( $_{14}\text{Si}$ ) عنصری شبه‌فلزی است و رسانایی الکتریکی کمی دارد در حالی که فسفر ( $_{15}\text{P}$ ) یک نافلز است و رسانایی الکتریکی ندارد. **مورد سوم:** گوگرد ( $_{16}\text{S}$ ) و کلر ( $_{17}\text{Cl}$ ) هر دو عنصرهایی نافلزی هستند. گوگرد در دمای اتاق به حالت جامد است، در حالی که کلر در دمای اتاق به حالت گاز است. **مورد چهارم:** منیزیم ( $_{12}\text{Mg}$ ) عنصری فلزی و سیلیسیم ( $_{14}\text{Si}$ ) یک شبه‌فلز است و هر دو عنصر دارای سطح درخشان هستند. **مورد پنجم:** آرگون ( $_{18}\text{Ar}$ ) و کلر ( $_{17}\text{Cl}$ ) هر دو نافلز هستند ولی آرگون برخلاف کلر، تمایل به شرکت در واکنش‌های شیمیایی و مبادلهٔ الکترون ندارد.

A	B	C	D	E	F	G	H
$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$	$_{13}\text{Al}$	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$	$_{18}\text{Ar}$

**B ۸۲۶ ۳** اگر جدول دوره‌ای را در نظر بگیریم، دورهٔ سوم بدین صورت است.

**بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف):  $\text{Si}$  شبه‌فلز است و خواص فیزیکی مشابه با فلزها (مثل  $\text{Mg}$ ) دارد. عبارت (ب): رفتار شیمیایی عنصر سدیم که فلز می‌باشد با گوگرد

که نافلز است، تفاوت دارد. عبارت (پ): عنصر  $\text{G}$  کلر می‌باشد در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد و جریان برق و گرما را از خود عبور نمی‌دهد. عبارت (ت): عناصر  $\text{P}$  و  $\text{S}$  حداقل سه ویژگی مشترک دارند: نارسانای جریان گرما و برق هستند - در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارند یا می‌گیرند - در حالت جامد شکننده هستند. عبارت (ث): از قلع ( $_{80}\text{Sn}$ ) و سرب ( $_{82}\text{Pb}$ ) که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارند و با عنصر  $\text{D}$  که همان سیلیسیم ( $_{14}\text{Si}$ ) است، هم گروه هستند، به ترتیب در ساخت سیم لحیم و ساچمه تفنگ بادی استفاده می‌شود. دقت کنید که قلع و سرب به ترتیب در دوره‌های پنجم و ششم جدول تناوبی قرار دارند.

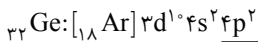
**B ۸۲۷ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): تناوب سوم دارای ۸ عنصر (عنصرهای شمارهٔ ۱۱ تا ۱۸) است. بدون احتساب گاز نجیب، این تناوب دارای ۳ فلز ( $\text{Al}, \text{Mg}, \text{Na}$ )، یک شبه‌فلز ( $\text{Si}$ ) و ۳ نافلز ( $\text{Cl}, \text{S}, \text{P}$ ) است. عبارت (ب): از میان ۸ عنصر تناوب سوم، فقط عنصرهای کلر و آرگون در دمای اتاق حالت گازی دارند و ۶ عنصر دیگر جامد هستند.

**\* توجه** در دمای اتاق، عنصرهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) به شکل مولکول‌های دواتمی و عنصرهای گروه ۱۸ (گازهای نجیب) به شکل مولکول‌های گازی تک‌اتمی یافت می‌شوند. عبارت (پ): سدیم ( $_{11}\text{Na}$ )، منیزیم ( $_{12}\text{Mg}$ )، آلومینیم ( $_{13}\text{Al}$ ) و سیلیسیم ( $_{14}\text{Si}$ ) چهار عنصر نخست تناوب سوم هستند. سیلیسیم برخلاف سه عنصر دیگر چکش‌خوار نیست و در اثر ضربه خرد می‌شود. عبارت (ت): نافلزها می‌توانند در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون بگیرند یا به اشتراک بگذارند. نخستین نافلز دورهٔ سوم جدول، فسفر ( $\text{P}$ ) با عدد اتمی ۱۵ است. عبارت (ث): آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت کلر به صورت  $3s^2 3p^5$  است. کلر نسبت به عنصرهای قبل و بعد از خود در جدول یعنی  $\text{S}$  و  $\text{Ar}$  خاصیت نافلزی و در نتیجه واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

**B ۸۲۸ ۳** **بررسی عناصر: عنصر (A):** با توجه به چکش‌خواری و از دست دادن الکترون،  $\text{A}$  یک عنصر فلزی است.  $\text{A}$  می‌تواند سدیم، سرب، آلومینیم و یا قلع باشد. **عنصر (B):** با توجه به داشتن سطح صیقلی و نداشتن خاصیت چکش‌خواری،  $\text{B}$  یک شبه‌فلز است.  $\text{B}$  می‌تواند سیلیسیم و یا ژرمانیم باشد؛ ولی نمی‌تواند قلع باشد. **عنصر (C):** با توجه به رسانایی الکتریکی بالا و نداشتن سطح صیقلی،  $\text{C}$  تنها می‌تواند کربن (گرافیت) باشد. **عنصر (D):** با توجه به اینکه این عنصر در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد،  $\text{D}$  یک نافلز جامد است.  $\text{D}$  می‌تواند گوگرد یا فسفر باشد. **عنصر (E):** با توجه به اینکه این عنصر در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون می‌گیرد یا به اشتراک می‌گذارد و حالت فیزیکی گاز،  $\text{E}$  یک نافلز گاز است.  $\text{E}$  می‌تواند نیتروژن، اکسیژن یا کلر باشد ولی نمی‌تواند برم باشد؛ چون برم در دمای  $25^\circ\text{C}$  مایع است.

**B ۸۲۹ ۲** مقایسه‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی کاهش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت فلزی (تمایل برای تشکیل کاتیون) به صورت  $\text{Al} < \text{Mg} < \text{Na}$  است. عبارت (ب): در یک دوره از چپ به راست خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت نافلزی (تمایل برای دریافت الکترون) برای عنصرهای کلر و فسفر به صورت  $\text{P} < \text{Cl}$  است. از طرفی در یک گروه از بالا به پایین خصلت نافلزی (تمایل برای دریافت الکترون) کاهش می‌یابد، پس مقایسهٔ خصلت نافلزی عنصرهای نیتروژن و فسفر به صورت  $\text{P} < \text{N}$  است. عبارت (پ): رسانایی الکتریکی از جمله خواص فیزیکی فلزها است، از این رو هر چه خصلت فلزی یک عنصر بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی آن بیشتر است. قلع ( $\text{Sn}$ ) یک فلز، ژرمانیم ( $\text{Ge}$ ) یک شبه‌فلز و گوگرد ( $\text{S}$ ) یک نافلز است، پس مقایسهٔ خصلت فلزی و رسانایی الکتریکی آن‌ها به صورت  $\text{S} < \text{Ge} < \text{Sn}$  است. عبارت (ت): در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسهٔ خصلت فلزی سه عنصر گروه اول به صورت  $\text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$  است.

**C ۸۳۰ ۱** جملهٔ داده شده در صورت تست درست است؛ زیرا عنصر  $\text{E}$  همان کلر ( $_{17}\text{Cl}$ ) است. کلر در دما و فشار اتاق و به صورت عنصری دارای مولکول‌های دواتمی  $\text{Cl}_2$  است. هر اتم گاز کلر ( $\text{Cl}_2$ ) در واکنش با فلزات فعال، یک الکترون می‌گیرد؛ پس هر مولکول آن دو الکترون دریافت می‌کند. فقط عبارت (ت) درست است: عنصرهای  $\text{A}$ ،  $\text{B}$ ،  $\text{C}$  و  $\text{D}$  به ترتیب سرب ( $_{82}\text{Pb}$ )، فسفر ( $_{15}\text{P}$ )، ژرمانیم ( $_{32}\text{Ge}$ ) و منیزیم ( $_{12}\text{Mg}$ ) هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): فسفر یک نافلز است و رسانایی گرمایی ندارد در حالی که ژرمانیم رسانای گرما است. عبارت (ب): سرب متعلق به گروه ۱۴ و دارای ۴ الکترون ظرفیت است. فسفر با آرایش الکترونی  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$  دارای ۳ الکترون در زیرلایهٔ  $3p$  است. عبارت (پ): در تناوب سوم، سه عنصر  $_{11}\text{Na}$ ،  $_{12}\text{Mg}$  و  $_{13}\text{Al}$  فلز هستند و خاصیت چکش‌خواری دارند. عنصر  $\text{C}$  همان  $_{32}\text{Ge}$  است و در آخرین زیرلایهٔ آن ۲ الکترون وجود دارد:



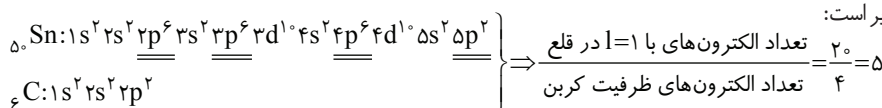
**عبارت (ت):** عنصرهای سیلیسیم، ژرمانیم، قلع و سرب از گروه ۱۴ و عنصرهای سدیم، منیزیم و آلومینیم و سیلیسیم از تناوب سوم دارای سطح براق و صیقلی هستند.

**B ۸۳۱ ۴** فقط عبارت (ت) درست است. عنصرهای نشان داده شده در شکل‌های (۱) تا (۴) به ترتیب کربن، قلع، گوگرد و کلر هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر کربن با به اشتراک گذاشتن الکترون و عنصرهای گوگرد و کلر با گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند. عنصر قلع با از دست دادن الکترون، کاتیون پایدار ایجاد می‌کند اما توجه کنید که کاتیون‌های قلع هیچگاه به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند، چرا که قلع ( $_{80}\text{Sn}$ ) با گاز نجیب قبل از خود ( $_{79}\text{Kr}$ )، ۱۴ الکترون اختلاف دارد.

**\* توجه** اغلب کاتیون‌های فلزهای واسطه (دستهٔ  $d$ ) و کاتیون‌های فلزهای دستهٔ  $p$  (به جز آلومینیم) به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند.

**عبارت (ب):** در بین عنصرهای داده شده، بیشترین خاصیت نافلزی متعلق به عنصر کلر است. عبارت (پ): عنصر ژرمانیم ( $_{32}\text{Ge}$ ) برخلاف عنصر کربن رسانایی گرمایی دارد.

**عبارت (ت):** آرایش الکترونی اتم قلع و کربن به صورت زیر است:





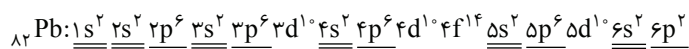
**B ۸۳۲ ۴** عنصر B در گروه ۱۴ و دوره ۴ قرار دارد و همان ژرمانیم (Ge) است. این عنصر برخلاف عنصر پایین تر خود یعنی قلع (Sn)، در برابر ضربه خرد می شود و در واکنش با دیگر اتمها، الکترون به اشتراک می گذارد و یون پایدار ایجاد نمی کند. بررسی سایر گزینه ها: **گزینه (۱):** در یک گروه از بالا به پایین و در یک دوره از راست به چپ، خاصیت فلزی افزایش می یابد. پس عنصر A بیشترین خصلت فلزی را در میان عنصرهای مشخص شده دارد. آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصرهای A و E به ترتیب به صورت  $4s^1 3d^5$  و  $4s^1$  است. پس تعداد الکترون های بیرونی ترین زیرلایه آنها یکسان و برابر یک است. **گزینه (۲):** عنصر C در گروه ۱۷ و دوره ۳ قرار دارد و همان عنصر کلر (Cl) است. این عنصر در دمای اتاق و در حالت آزاد به شکل مولکول های دواتمی گازی زرد رنگ وجود دارد و خصلت نافلزی آن از عنصر پایین ترش، یعنی برم (Br) بیشتر است. **گزینه (۳):** عنصر D در گروه ۱۴ و دوره ۲ قرار دارد و همان عنصر کربن (C) است. این عنصر دارای سطح تیره است و برخلاف عنصر B (ژرمانیم) گرما را از خود عبور نمی دهد.

**C ۸۳۳ ۲** عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. در عنصر  $^{207}\text{M}$  داریم:

$$n - e = p - 39 \xrightarrow{p=e} n - p = p - 39 \Rightarrow 2p - n = 39$$

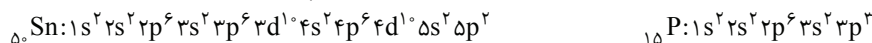
$$2p - n = 39, p + n = 207 \Rightarrow p = 82$$

پس عنصر M، سرب با عدد اتمی ۸۲ است. بررسی عبارتهای (الف): سرب در گروه ۱۴ جدول تناوبی قرار دارد. عبارت (ب): آخرین فلز قلیایی جدول فرانسیم ( $^{87}\text{Fr}$ ) در دوره هفتم است. عنصر سرب در دوره ششم جدول دوره ای قرار دارد. عبارت (پ): عنصر بالای سرب، قلع (Sn) است. هر دو عنصر فلز بوده، سخت هستند و سطح صیقلی دارند. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم سرب به صورت زیر است:



اختلاف شمار الکترون های با  $I=0$  و  $I=1$  در آن برابر  $14(12-26)$  است.

**C ۸۳۴ ۱** همه عبارتهای درست هستند. عنصرهای A، B و C به ترتیب قلع (Sn)، فسفر (P) و آلومینیم (Al) هستند. بررسی عبارتهای (الف): فلزها در برابر ضربه تغییر شکل می دهند اما خرد نمی شوند. قلع سبک ترین فلز گروه ۱۴ است. عبارت (ب): واکنش پذیرترین فلز تناوب سوم، سدیم ( $^{11}\text{Na}$ ) است که کاتیون پایدار  $\text{Na}^+$  را تولید می کند. در ترکیب یونی حاصل از سدیم و فسفر ( $\text{Na}_3\text{P}$ ) نسبت شمار کاتیون ها به آنیون ها برابر ۳ است. عبارت (پ): تناوب سوم دارای سه عنصر فلزی سدیم، منیزیم و آلومینیم است که مقایسه خاصیت فلزی (تمایل به از دست دادن الکترون) آنها به صورت  $\text{Al} < \text{Mg} < \text{Na}$  است. عبارت (ت): آرایش الکترونی دو عنصر قلع و فسفر به صورت زیر است. تعداد الکترون های زیرلایه های d در قلع برابر ۲۰ و تعداد الکترون های لایه سوم در فسفر برابر ۵ است.



عبارت (ث): در میان این سه عنصر فقط  $^{15}\text{P}$  سطح کدر دارد و دو عنصر  $^{13}\text{Al}$  با تشکیل کاتیون  $\text{Al}^{3+}$  و  $^{15}\text{P}$  با تشکیل آنیون  $\text{P}^{3-}$  به آرایش نجیب دست پیدا می کنند. **C ۸۳۵ ۳** موارد (الف)، (ت) و (ث) جمله داده شده را به درستی کامل نمی کنند. بررسی موارد: مورد اول: از تناوب سوم، چهار عنصر  $\text{Na}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{Al}$  و  $\text{Si}$  رسانایی گرمایی دارند و از گروه ۱۴، سه عنصر C، Si و Ge در اثر ضربه خرد می شوند. مورد دوم: از تناوب سوم، عنصرهای  $\text{Na}$ ،  $\text{Mg}$  و  $\text{Al}$  در واکنش با سایر عنصرها کاتیون تشکیل می دهند و از گروه ۱۴، عنصرهای C، Si و Ge در واکنش با سایر عنصرها الکترون به اشتراک می گذارند. مورد سوم: از تناوب سوم، عنصرهای P، S، Cl و Ar فاقد رسانایی الکتریکی هستند و از گروه ۱۴، عنصرهای Si، Ge، Sn و Pb سطح صیقلی دارند. مورد چهارم: از تناوب سوم، عنصرهای P و S نافلز جامد هستند و از گروه ۱۴ عنصرهای Si و Ge شبه فلز هستند. مورد پنجم: چهار عنصر  $\text{Si}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{S}$  و  $\text{Al}$  از تناوب سوم، جزء هشت عنصر فراوان سیاره زمین هستند؛ این در حالی است که، همه عناصر گروه ۱۴ جدول تناوبی، رسانای جریان برق هستند.

**C ۸۳۶ ۴** ویژگی های داده شده، با تمامی عناصر معرفی شده، مطابقت دارد. بررسی موارد: مورد الف: سومین عنصر فراوان در زمین، سیلیسیم است که شبه فلز بوده و در واکنش با دیگر اتمها الکترون به اشتراک می گذارد. مورد ب: درصد های فراوانی گفته شده، مربوط به لیتیم است که همانند مس، یک عنصر فلزی می باشد. فلزها عناصری هستند که رسانایی الکتریکی بالایی دارند. مورد پ: عنصر مورد نظر را  $E_p$  در نظر می گیریم و جرم اتمی عنصر E را برابر  $M_E$  قرار می دهیم و آن را محاسبه می کنیم:

$$4g E_p \times \frac{1 \text{ mol } E_p}{(2M_E) g E_p} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } E_p}{1 \text{ mol } E_p} = 1/50.5 \times 10^{22} \text{ molecule } E_p \Rightarrow M_E = 80. g. \text{mol}^{-1}$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{E_p \text{ شمار مولکول های } E_p}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{\text{جرم } E_p}{2 \times \text{جرم مولی } E_p} \Rightarrow \frac{1/50.5 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{4}{2 \times M_E} \Rightarrow M_E = 80. g. \text{mol}^{-1}$$

**روش دوم (تناسب):**

با در نظر گرفتن اینکه جرم مولی تقریباً معادل عدد جرمی است، داریم:

$$A = Z + n = 80, n = 45 \Rightarrow 80 = Z + 45 \Rightarrow Z = 35$$

پس عنصر E همان برم ( $^{35}\text{Br}$ ) است. برم نافلزی مایع از گروه ۱۷ جدول تناوبی است. می دانیم نافلزها فاقد رسانایی الکتریکی هستند. مورد (ت): مخلوط هوای مایع شامل سه عنصر نیتروژن، آرگون و اکسیژن است. با افزایش تدریجی دما، نخست نیتروژن و سپس آرگون از مخلوط هوای مایع خارج می شود؛ بنابراین آرگون دومین گاز خارج شده از این مخلوط است. آرگون (Ar) همانند کلر ( $\text{Cl}_2$ ) در دما و فشار اتاق، به حالت گاز دیده می شود و با کلر خواص فیزیکی مشابهی دارد. مورد (ث): ابتدا عدد اتمی M را به دست می آوریم:

$$\begin{cases} n+p=73 \\ n-e=9 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} n+p=73 \\ n-p=9 \end{cases} \Rightarrow n=41, p=32$$

**روش اول (تشریحی):**

$$\frac{\text{اختلاف شمار نوترون و الکترون} - \text{عدد جرمی}}{2} = \text{عدد اتمی} \Rightarrow Z = \frac{73-9}{2} = 32$$

**روش دوم (تستی):**

پس عنصر M همان ژرمانیم است. ژرمانیم یک شبه فلز است. می دانیم رفتار فیزیکی شبه فلزها مشابه فلزها و رفتار شیمیایی آنها مشابه نافلزهاست.





۱۸۳۷ C فرض می‌کنیم نماد عنصر مورد نظر E است که سه ایزوتوپ آن به صورت  $A+2E$ ،  $A+1E$ ،  $A$  و با درصد فراوانی‌های  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  هستند.

ابتدا درصد‌های فراوانی ایزوتوپ‌ها را به دست می‌آوریم:

سیس عدد جرمی ایزوتوپ‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} \Rightarrow 194/9 = \frac{((A) \times 35) + ((A+1) \times 40) + ((A+2) \times 25)}{100} \Rightarrow 19490 = 100A + 90 \Rightarrow A = 194$$

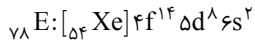
روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow 194/9 = A + \frac{40}{100} ((A+1) - A) + \frac{25}{100} ((A+2) - A) \Rightarrow A = 194$$

روش دوم (تستی):

با توجه به فرض سؤال که تعداد نوترون‌های ایزوتوپ با جرم متوسط یعنی  $A+1E$  برابر ۱۱۷ است، پس عدد اتمی عنصر E برابر ۷۸ است:

$$A+1 = 194 + 1 = Z + 117 \Rightarrow Z = 78$$



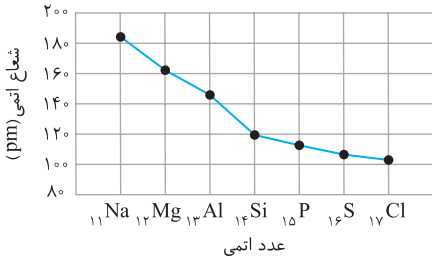
اکنون آرایش الکترونی E را رسم می‌کنیم:

با توجه به اینکه آخرین زیرلایه‌ای که الکترون پذیرفته، زیرلایه d است، می‌توان گفت که E یک فلز است؛ زیرا تمامی عناصر دسته d، فلزی هستند. در نهایت برای محاسبه تعداد ایزوتوپ‌های سنگین موجود در ۳۸/۹۸ گرم از نمونه ایزوتوپ‌ها داریم:

$$? A+2E = 38/98 \text{ g E} \times \frac{1 \text{ mol E}}{194/9 \text{ g E}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ E}}{1 \text{ mol E}} \times \frac{25}{100} \frac{A+2E}{100} = 3/0.1 \times 10^{22} A+2E$$

۱۸۳۸ A همه عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. بررسی عبارت (ب): در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی عنصرها کاهش می‌یابد؛ زیرا در یک دوره

تعداد لایه‌های الکترونی ثابت می‌ماند در حالی که تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد پروتون‌ها، نیروی جاذبه‌ای که هسته به الکترون‌ها وارد می‌کند، افزایش یافته و بدین ترتیب شعاع اتم کاهش می‌یابد.



۱۸۳۹ A همه عبارت‌ها به جز مورد (ت) درست هستند. مطابق نمودار روبه‌رو که شعاع اتمی عنصرهای

دوره سوم جدول تناوبی را نشان می‌دهد، به‌طور کلی با پیشروی از چپ به راست اختلاف شعاع دو عنصر متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین اختلاف شعاع اتمی فلزها که در ابتدای دوره قرار دارند بیشتر از اختلاف شعاع اتمی نافلزهاست که در انتهای دوره قرار می‌گیرند.

۱۸۴۰ B موارد اول، دوم و چهارم برای تکمیل جمله داده شده مناسب هستند. نکته زیر رو حتماً مطالعه کنید.

**نکته ترکیبی** روندها در جدول دوره‌ای: ۱- عدد اتمی: عنصرها در جدول تناوبی براساس بنیادی‌ترین ویژگی آن‌ها، یعنی عدد اتمی چیده شده‌اند. ۲- دوره و گروه:

عناصر یک گروه به طور کلی خواص فیزیکی و شیمیایی مشابهی دارند. این قاعده موجب می‌شود تا این خواص با پیمایش دوره‌ها، به صورت متناوب و دوره‌ای تکرار شوند. ۳- شعاع اتمی: شعاع اتمی عناصر در یک گروه از بالا به پایین افزایش و در یک دوره، از چپ به راست کاهش می‌یابد. ۴- خواص فلزی و نافلزی: در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی عناصر کاهش و خصلت نافلزی آن‌ها افزایش می‌یابد؛ همچنین در یک دوره از جدول تناوبی، از چپ به راست، خصلت فلزی عناصر کاهش و خصلت نافلزی آن‌ها افزایش می‌یابد. ۵- فلز، شبه‌فلز و نافلز: به‌طور کلی فلزها در نواحی چپ و مرکز جدول و نافلزها در سمت راست جدول واقع‌اند، شبه‌فلزها نیز در مرز میان فلزها و نافلزها در دسته p قرار دارند. ۶- واکنش‌پذیری: به‌طور کلی با پیچیدن عناصر یک دوره از چپ به راست، واکنش‌پذیری عناصر تا گروه ۱۴ کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد و در نهایت با رسیدن به گاز نجیب، به میزان ناچیزی می‌رسد.

۱۸۴۱ B می‌دانیم که در یک دوره از جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی کاهش و در یک گروه از جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی افزایش

می‌یابد؛ بنابراین A، C و E عناصر ابتدای دوره (فلزات قلیایی) و با در نظر نگرفتن گازهای نجیب، D و B عناصر انتهایی دوره (هالوژن‌ها) هستند. عناصر A، C و E در یک گروه (گروه فلزات قلیایی) و عناصر B و D نیز در یک گروه (گروه هالوژن‌ها) از جدول تناوبی قرار دارند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصر E جزء فلزات قلیایی است. گزینه (۳): با توجه به اینکه B و D در یک گروه جدول تناوبی (گروه ۱۷) قرار گرفته‌اند؛ بنابراین مربوط به دوره‌های متفاوتی از جدول تناوبی هستند. گزینه (۴): همان‌طور که گفته شد، A و B عناصر یک دوره هستند (نه یک گروه)؛ زیرا با افزایش عدد اتمی در یک گروه، شعاع اتمی افزایش می‌یابد.

۱۸۴۲ B آرایش الکترونی عنصرهای X، Y و Z به صورت مقابل است:  ${}_{11}\text{X}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ،  ${}_{17}\text{Y}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ،  ${}_{11}\text{Z}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

A: با توجه به آرایش الکترونی اتم  ${}_{11}\text{X}$ ، نماد آخرین زیرلایه آن به صورت  $3s^1$  است. B: با توجه به آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم  ${}_{17}\text{Y}$ ، تعداد الکترون‌های ظرفیت آن برابر ۷ است. C: با توجه به آرایش الکترونی اتم  ${}_{17}\text{Y}$ ، تعداد لایه‌های الکترونی در آن برابر ۳ است. D: در یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد، پس در بین این عنصرها که در یک دوره هستند، عنصر  ${}_{11}\text{Z}$  بیشترین شعاع اتمی را دارد.

۱۸۴۳ B با توجه به شدت نور ایجاد شده در هر آزمایش، شکل‌های (A)، (B) و (C) به ترتیب مربوط به واکنش فلزهای لیتیم، سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با

گاز کلر است. فقط مقایسه (الف) به‌درستی صورت گرفته است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر چه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد. پس مقایسه تمایل این فلزها برای از دست دادن الکترون به صورت  $A < B < C$  است. عبارت (ب): هر چه فعالیت شیمیایی واکنش‌دهنده بیشتر باشد، شدت نور آزاد شده بیشتر است. پس مقایسه شدت نور آزاد شده در این واکنش‌ها به صورت  $A < B < C$  است. عبارت (پ): در یک گروه از بالا به پایین بر تعداد لایه‌های الکترونی افزوده می‌شود، پس مقایسه تعداد لایه‌های الکترونی اشغال شده این عنصرها به صورت  $A < B < C$  است. عبارت (ت): با افزایش شعاع اتمی، فاصله الکترون‌های ظرفیت از هسته افزایش و در نتیجه میزان نیروی جاذبه هسته بر آن‌ها کاهش می‌یابد. پس مقایسه میزان نیروی جاذبه هسته بر الکترون ظرفیت به صورت  $C < B < A$  درست است. عبارت (ث): رنگ پرتوهای نشر شده در شکل‌های A، B و C به ترتیب سرخ، زرد و بنفش است. بنابراین مقایسه طول موج نور نشر شده به صورت  $C < B < A$  است.

**B ۸۴۴ ۳** به جز عبارت (ت)، سایر عبارتها درست هستند. **بررسی عبارتها: عبارت (الف):** در یک دوره از جدول تناوبی، روند تغییرات شعاع اتمی، مخالف عدد اتمی است. در واقع شعاع اتمی با عدد اتمی رابطه عکس دارد؛ بنابراین مقایسه نخست درست است؛ اما شکل درست مقایسه دوم به صورت  $Ca < Ge < Br$  می باشد.

**عبارت (ب):** سزیم ( $_{55}Cs$ ) عنصری از گروه اول جدول و نخستین عنصر دوره ششم است؛ لذا بیشترین شعاع اتمی و در نتیجه خصلت فلزی را در میان عناصر این دوره دارد. ( $Ca$ ) فلزی قلیایی خاکی است و یون پایدار  $Ca^{2+}$  تشکیل می دهد و ید ( $I$ ) عنصری از گروه ۱۷ جدول دوره ای (هالوژن ها) است. **عبارت (پ):** با توجه به رنگ نور حاصل، شکل، مربوط به واکنش گاز کلر با فلز پتاسیم است. اگر سزیم ( $_{55}Cs$ ) را جایگزین پتاسیم ( $K$ ) کنیم یا  $F_2$  را جایگزین  $Cl_2$  کنیم در هر دو صورت واکنش پذیری یکی از اجزای واکنش افزایش یافته و واکنش با شدت بیشتری انجام می گیرد. **عبارت (ت):** تنها عناصر شبه فلزی مانند سیلیسیم و ژرمانیم هستند که هم زمان رسانایی گرمایی بالایی دارند و برعکس فلزها شکننده می باشند. از طرفی عنصری که دو آلوتروپ به رنگ های سفید و قرمز دارد و آلوتروپ سفید آن به علت واکنش پذیری بالا در زیر آب نگهداری می شود، فسفر است. می دانیم خصلت فلزی شبه فلزها از نافلزها بیشتر است.

**B ۸۴۵ ۱** موارد (الف) و (ب) روند افزایشی و موارد (پ)، (ت) و (ث) روند کاهشی دارند. **بررسی موارد: مورد (الف):** در گروه های نافلزی، بیشترین خصلت نافلزی مربوط به عنصر با کمترین عدد اتمی است؛ لذا در این گروه ها با حرکت به سمت بالا (عدد اتمی کمتر)، خصلت نافلزی افزایش می یابد. **مورد (ب):** در یک گروه از بالا به پایین، شعاع اتمی افزایش می یابد. **مورد (پ):** عناصر  $Na, Mg, Al$  به ترتیب از گروه های ۱، ۲ و ۱۳ دوره سوم بوده که فلز هستند. با افزایش شماره گروه این عناصر، خصلت فلزی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می یابد. **مورد (ت):** در دوره دوم جدول، عناصر کربن، نیتروژن، اکسیژن و فلوئور نافلز هستند. با حرکت از راست به چپ (از فلوئور به کربن)، عدد اتمی و واکنش پذیری نافلزات هر دو کاهش می یابد. **مورد (ث):** با حرکت از پایین به بالا در یک گروه، با کاهش عدد اتمی، خصلت نافلزی افزایش و خصلت فلزی کاهش می یابد.

**B ۸۴۶ ۲** عبارتهای اول و سوم درست هستند. عناصر  $A, E, X, D, G, Z$  به ترتیب  $Be, Na, Ca, O, S, Br$  هستند. **بررسی عبارتها:** **عبارت اول:** در یک دوره، از چپ به راست، خصلت فلزی کاهش و در یک گروه از بالا به پایین، خصلت فلزی افزایش می یابد. عنصر  $Na$  در جدول دوره ای سمت چپ تر و در دوره پایین تری نسبت به  $Be$  قرار دارد؛ بنابراین خصلت فلزی  $Na$  بیشتر از خصلت فلزی  $Be$  است. **عبارت دوم:** در یک گروه، از بالا به پایین خصلت نافلزی و تمایل به گرفتن الکترون کاهش می یابد. عنصر  $S$  در گروه ۱۶ پایین تر از  $O$  قرار دارد؛ پس عنصر  $O$  خصلت نافلزی بیشتری داشته و تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون نسبت به  $S$  دارد. **عبارت سوم:** در جدول دوره ای، در یک گروه، از بالا به پایین، شعاع اتمی افزایش و در یک دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می یابد. از آنجا که  $Ca$  در جدول دوره ای سمت چپ تر و در دوره پایین تری نسبت به  $O$  و  $S$  قرار دارد، پس شعاع اتمی بزرگ تری نسبت به آن ها دارد. **عبارت چهارم:** با توجه به توضیحات داده شده در بررسی عبارت سوم، شعاع اتمی  $Br$  کمتر از  $Ca$  است.

**B ۸۴۷ ۳** عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتها: عبارت (الف):** فلز لیتیم ( $Li$ ) از گروه فلزهای قلیایی است که با از دست دادن یک الکترون به آرایش دوتایی هلیوم می رسد و فلز بریلیم ( $Be$ ) از گروه فلزهای قلیایی خاکی است که یون تشکیل نمی دهد و تنها با به اشتراک گذاشتن الکترون (پیوند کووالانسی) به پایداری می رسد. **عبارت (ب):** روند تغییر فعالیت شیمیایی در گروه های فلزی با شعاع اتمی رابطه مستقیم دارد. در حالی که در گروه های نافلزی واکنش پذیری با شعاع اتمی رابطه عکس دارد. **عبارت (پ):** در یک دوره از چپ به راست با کاهش شعاع اتمی فلزها، خصلت فلزی و فعالیت شیمیایی آن ها کاهش می یابد. پس در هر دوره مقایسه خصلت فلزی به صورت «فلزهای قلیایی < فلزهای قلیایی خاکی < فلزهای واسطه» است.

**B ۸۴۸ ۴** در گروه های نافلزی از بالا به پایین با افزایش شعاع اتمی، فعالیت شیمیایی (تمایل برای تشکیل آنیون) کاهش می یابد. **بررسی گزینه های نادرست: گزینه (۱):** هالوژن ها در گروه ۱۷ جدول دوره ای قرار دارند و لایه ظرفیت آن ها به صورت  $ns^2 np^5$  است. این عنصرها در آخرین زیرلایه خود ۵ الکترون دارند. **گزینه (۲):** هالوژن ها در واکنش با دیگر اتم ها الکترون می گیرند و یا الکترون به اشتراک می گذارند. **گزینه (۳):** در دما و فشار اتاق هالوژن ها در حالت آزاد به صورت مولکول های دواتمی وجود دارند اما حالت فیزیکی آن ها متفاوت است.

**نکته** در دما و فشار اتاق، فلوئور و کلر به صورت مولکول های دواتمی و گازی  $F_2(g)$  و  $Cl_2(g)$ ، برم به صورت مولکول های دواتمی و مایع  $Br_2(l)$  و ید به صورت مولکول های دواتمی و جامد  $I_2(s)$  یافت می شوند.

**B ۸۴۹ ۲** همه مواد به جز (ت) جمله را به درستی کامل می کند. **بررسی عبارتها: عبارت (الف):** فلوئور در دمای اتاق به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می دهد. این عنصر فعال ترین نافلز جدول دوره ای است.

**\* توجه** کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می دهد.

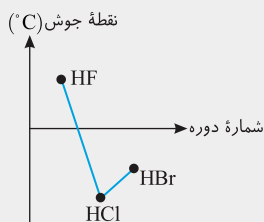
**عبارت (ب):** ید در دمای بالاتر از  $400^\circ C$  با گاز هیدروژن واکنش می دهد. این عنصر در دمای اتاق به شکل مولکول های دواتمی جامد  $I_2(s)$  وجود دارد.

**\* توجه** برای تبدیل واحد دما از درجه سلسیوس به کلوین و برعکس، از رابطه  $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$  استفاده می کنیم.

**عبارتهای (پ) و (ث):** عنصر برم در دمای  $200^\circ C$  یا همان  $473K$  ( $200 + 273$ ) با گاز هیدروژن واکنش می دهد. این عنصر با شبه فلز ژرمانیم ( $Ge$ ) از گروه ۱۴ در یک دوره قرار دارد و در ترکیبات خود، به آرایش گاز نجیب کریپتون ( $Kr$ ) می رسد. کریپتون، سومین گاز نجیب دسته p جدول دوره ای است. **عبارت (ت):** فلوئور حتی در دمای  $200^\circ C$

به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می دهد. آرایش الکترونی فلوئور به صورت  $1s^2 2s^2 2p^5$  است و مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی آخرین زیرلایه آن  $(2p)$  برابر  $3(2+1)$  است.

**نکته ترکیبی** هالوژن ها: ۱- به عناصر گروه ۱۷ جدول تناوبی هالوژن می گویند. ۲- هالوژن ها فعال ترین نافلزهای دوره خود بوده و آرایش الکترونی آنیون پایدار آن، مشابه گاز نجیب هم دوره آن ها است. ۳- در این گروه از عناصر، هر چه از بالا به پایین برویم، شعاع اتمی افزایش و خواص نافلزی کاهش می یابد، به طوری که فلوئور ( $F_2$ ) در دمای  $200^\circ C$  با گاز هیدروژن به سرعت واکنش می دهد. در حالی که ید  $I_2$  فقط در دماهای بالاتر از  $400^\circ C$  می تواند با این گاز واکنش دهد. ۴- هالوژن ها در دما و فشار اتاق به شکل مولکول های دواتمی ( $X_2$ ) یافت می شوند. ۵- همه هالوژن ها در حالت عنصری دواتمی، دارای رنگ هستند؛ به گونه ای که  $Cl_2$  به رنگ زرد،  $Br_2$  به رنگ سرخ و  $I_2$  به رنگ بنفش دیده می شود. ۶- نمودار نقطه جوش ترکیب هیدروژن دار سه عنصر نخست این گروه بر حسب شماره دوره به صورت روبه راست: ۷- ترکیبات هیدروژن دار هالوژن ها خاصیت اسیدی دارند و در محلول آبی دچار یونش می شوند و مقایسه قدرت اسیدی این ترکیبات به صورت « $HCl < HBr < HI$ » اسیدهای قوی « $HF$ » اسید ضعیف است.





**۱ ۸۵۰** فقط مورد سوم جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد:** عبارت اول: در مقایسه تمایل برای از دست دادن الکترون برای دو فلز، هر چه شعاع اتمی بزرگ‌تر باشد، از دست دادن الکترون آسان‌تر و خصلت فلزی بیشتر است. **عبارت دوم:** در گروه‌های نافلزی از بالا به پایین با افزایش شعاع اتمی، فعالیت شیمیایی (خصلت نافلزی) کاهش می‌یابد. پس اگر دو عنصر متعلق به گروه ۱۷ باشند، عنصر (ب) به دلیل فعالیت شیمیایی پایین‌تر نسبت به عنصر (الف)، به دمای بالاتری برای واکنش با گاز هیدروژن نیاز دارد. **عبارت سوم:** در یک دوره و یا در یک گروه هر چه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است. **عبارت چهارم:** مقایسه شعاع اتمی دو عنصر برم و ژرمانیم که در یک دوره قرار دارند، به صورت  $Ge < Br$  است. **عبارت پنجم:** دو عنصر که با مبادله الکترون به آرایش یک گاز نجیب می‌رسند، فلز در دوره پایین‌تری نسبت به نافلز و در سمت چپ جدول قرار دارد، پس شعاع بزرگی نسبت به نافلز دارد. با توجه به توضیحات، عنصرهای (الف) و (ب) به ترتیب نافلز و فلز هستند.

**۱ ۸۵۱** جمله داده شده در صورت تست نادرست است: زیرا فلزهای قلیایی خاکی و فلزهای گروه‌های ۳ تا ۱۲ (به جز گروه‌های ۶ تا ۱۱) و هلیوم از گروه ۱۸، نماد آخرین زیرلایه به صورت  $ns^2$  است. فقط عبارت سوم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در یک تناوب، هر چه به سمت راست حرکت کنیم، تعداد الکترون‌های با  $l=1$  در آرایش الکترونی عنصرهای دسته p بیشتر شده و شعاع اتمی در آن‌ها کاهش می‌یابد. **عبارت دوم:** به طور کلی، در یک دوره با پیشروی از چپ به راست اختلاف شعاع دو عنصر متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین اختلاف شعاع اتمی فلزها که در ابتدای دوره قرار دارند، بیشتر از اختلاف شعاع اتمی نافلزهاست که در انتهای دوره قرار می‌گیرند. **عبارت سوم:** در یک گروه از بالا به پایین با افزایش تعداد لایه‌های الکترونی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد. از طرفی میزان افزایش شعاع در گروه‌های فلزی بیشتر از گروه‌های نافلزی است. پس اختلاف شعاع اتمی دو عنصر  $Cl$  و  $Br$  کمتر از این اختلاف در عنصرهای  $Na$  و  $K$  است. **عبارت چهارم:** بیشترین اختلاف شعاع اتمی در بین عنصرهای متوالی دوره سوم، بین عنصرهای  $Al$  و  $Si$  است.

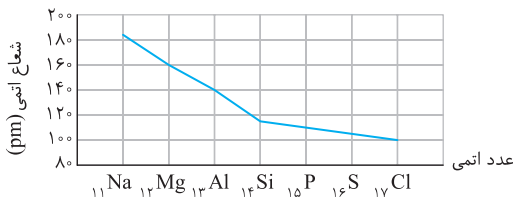
**۱ ۸۵۲** عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. فلز طلا با اکسیژن واکنش نمی‌دهد و در گذر زمان جلای فلزی خود را حفظ می‌کند. فعال‌ترین فلز تناوب سوم، سدیم ( $Na$ ) است. این فلز، نرم است و با چاقو بریده شده و به سرعت در هوا تیره می‌شود. اما آهن فلزی محکم است و از آن برای ساخت در و پنجره فلزی استفاده می‌شود. آهن با اکسیژن در هوای مرطوب به کندی واکنش می‌دهد و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. **بررسی عبارت (ث):** فعال‌ترین هالوژن جدول تناوبی،  $F$  است که در مقایسه با سایر هالوژن‌ها جرم و حجم کمتری دارد و به همین دلیل نیروهای واندروالسی آن ضعیف‌تر است.

**۲ ۸۵۳** فقط عبارت (پ) درست است. عنصرهای A تا G به ترتیب  $Na$ ،  $Mg$ ،  $Al$ ،  $Si$ ،  $P$ ،  $S$  و  $Cl$  هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر سیلیسیم ( $Si$ ) در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد و یون پایدار تک‌اتمی تشکیل نمی‌دهد. **عبارت (ب):** فعالیت شیمیایی سدیم بیشتر از منیزیم و فعالیت شیمیایی کلر بیشتر از گوگرد است. پس واکنش بین سدیم و کلر شدیدتر از واکنش بین منیزیم و گوگرد است. **عبارت (پ):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت آلومینیم به صورت  $(3s^2 3p^1)$  است، پس مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت آن برابر است با:  $1 = 1(3+1) + 2(3+0)$

**عبارت (ت):** خصلت نافلزی و فعالیت شیمیایی گوگرد ( $S$ ) بیشتر از ( $P$ ) است.

**۲ ۸۵۴** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. با توجه به شماره گروه عناصر، نماد مربوط به هر عنصر به صورت زیر است:

$$D = {}_{11}\text{Na}, M = {}_{12}\text{Mg}, H = {}_{13}\text{Al}, A = {}_{14}\text{Si}, C = {}_{15}\text{P}, B = {}_{16}\text{S}, Y = {}_{17}\text{Cl}, Z = {}_{18}\text{Ar}$$

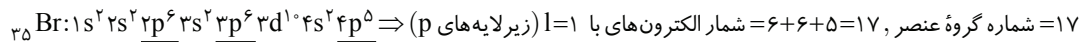


**بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ت): با توجه به نمودار مقابل، در دوره سوم جدول تناوبی، بیشترین شعاع اتمی مربوط به سدیم (D) است و تفاوت شعاع آن با منیزیم (M) بیشتر از تفاوت شعاع اتمی عناصر کلر (Y) و گوگرد (B) است. **عبارت (پ):** سیلیسیم (A) عنصری شکننده است؛ اما برخلاف فسفر (C) رسانایی گرمایی دارد.

**۳ ۸۵۵** فقط عبارت (ت) نادرست است. با توجه به آرایش‌های الکترونی داده شده، عناصر A، B، C و D به ترتیب  $Li$ ،  $Si$ ،  $Br$  و  $Ca$  هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف):  $Li$  در گروه فلزات قلیایی کمترین واکنش‌پذیری و در میان عناصر تناوب دوم، بیشترین خصلت فلزی را دارد. **عبارت (ب):** عنصر  $Si$  به مقدار کمی رسانایی الکتریکی و گرمایی دارد. عناصر بعد از  $Si$  در تناوب سوم، همگی نافلز هستند و فاقد رسانایی گرمایی و الکتریکی می‌باشند. **عبارت (پ):** با توجه به اینکه عنصر D در تناوب چهارم قرار دارد، شعاع اتمی بزرگ‌تری نسبت به عناصر A و B دارد و چون در هر تناوب با حرکت از سمت چپ به راست از شعاع اتمی کاسته می‌شود، شعاع عنصر D از عنصر C هم بیشتر است. در میان این چهار عنصر، عنصر C متعلق به گروه هالوژن‌هاست و بیشترین خصلت نافلزی را دارد. **عبارت (ت):** در میان عناصر تناوب سوم بیشترین اختلاف شعاع دو عنصر متوالی متعلق به  $Si$  و  $Al$  است، یعنی عنصر B و عنصر قبل از آن در جدول تناوبی.

**۴ ۸۵۶** عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. عنصر قبل از  $Kr$  در دوره چهارم، عنصر برم ( $Br$ ) است که در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): عنصر  $Br$  در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد. عدد اتمی عناصر گروه ۱۷ جدول دوره‌ای یک عدد کمتر از عدد اتمی عناصر گاز نجیب هم‌دوره آن‌ها است. از آنجا که بهتر است عدد اتمی گازهای نجیب را حفظ باشید و اکثر شما عزیزان نیز حفظ هستید، بنابراین عدد اتمی عناصر گروه ۱۷ برابر ۹، ۱۷، ۳۵، ۵۳، ۸۵ و ۱۱۷ است. به این ترتیب، عنصر A ۵۳ در گروه ۱۷ قرار ندارد و با  $Br$  نیز هم‌گروه نیست. **عبارت (ب):** به طور کلی در هر دوره از جدول دوره‌ای، از چپ به راست از شعاع اتمی عناصر کاسته می‌شود. با توجه به اینکه هر دو عنصر  $X$  و  $Br$  در دوره چهارم قرار دارند، شعاع اتمی  $Br$  کوچک‌تر از  $X$  است. **عبارت (پ):** در گروه هالوژن‌ها از بالا به پایین از خاصیت نافلزی کاسته می‌شود. با توجه به اینکه در جدول دوره‌ای،  $Br$  پایین‌تر از  $Cl$  قرار دارد، پس خاصیت نافلزی آن در مقایسه با  $Cl$  کمتر است. **عبارت (ت):** عنصر برم در حالت آزاد و در دمای اتاق به صورت مولکول‌های دواتمی  $Br_2$  بوده و حالت فیزیکی مایع دارد. این در حالی است که عنصرهای واسطه هم‌دوره آن، حالت فیزیکی جامد دارند.

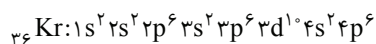
**نکته** در میان عناصر جدول دوره‌ای، در دمای اتاق و به حالت آزاد: ۱- دو عنصر برم ( $Br$ ) و جیوه ( $Hg$ ) به صورت مایع هستند. ۲- یازده عنصر هیدروژن ( $H$ )، نیتروژن ( $N$ )، اکسیژن ( $O$ )، فلئور ( $F$ )، کلر ( $Cl$ )، ۶ عنصر نجیب ( $He$ ،  $Ne$ ،  $Ar$ ، ...) به صورت گاز هستند. ۳- سایر عناصر مانند فلزها (به جز جیوه!)، شبه‌فلزها و نافلزهایی مانند فسفر و گوگرد به صورت جامد هستند.  
عبارت (ث): آرایش الکترونی عنصر برم ( $Br$ ) به صورت زیر است:



**۸۵۷ ۴** همه موارد درست هستند. عنصرهای A، E و C به ترتیب  $Li$ ،  $Na$  و  $Rb$  و عنصرهای D، F و B به ترتیب  $Ca$ ،  $Sr$  و  $Ba$  هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اختلاف عدد اتمی دو عنصر  $Li$  و  $Ba$  برابر ۵۳ است. هالوژن هم‌تناوب عنصر  $Rb$ ، ید با عدد اتمی ۵۳ است. عبارت (ب): یون  $Ca^{2+}$  دارای ۱۸ الکترون است. پس تعداد الکترون‌های یون  $X^-$  نیز برابر با ۱۸ خواهد بود و این عنصر، کلر با عدد اتمی ۱۷ است. گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (پ): در واکنش فلز سدیم با گاز کلر، نور زرد رنگ تولید می‌شود. عبارت (ت): تعداد الکترون‌های  $I=1$  در عنصر کلسیم برابر ۱۲ و تعداد الکترون‌های  $I=2$  در عنصر استرانسیم برابر ۱۰ است.

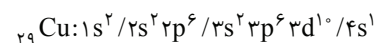
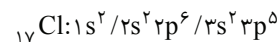


عبارت (ث): اتم C در تناوب پنجم قرار دارد، بنابراین در آرایش الکترونی فشرده آن از نماد گاز نجیب تناوب چهارم ( $Kr$ ) استفاده می‌شود.



نام هالوژن	شرایط واکنش با گاز هیدروژن
فلئور	حتی در دمای $200^\circ C$ - به سرعت واکنش می‌دهد.
کلر	در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.
برم	در دمای $200^\circ C$ واکنش می‌دهد.
ید	در دمای بالاتر از $400^\circ C$ واکنش می‌دهد.

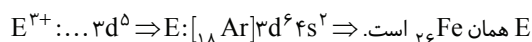
**۸۵۸ ۲** با توجه به جدول روبه‌رو از کتاب درسی، می‌توان گفت که A کلر و E فلئور است. از میان دو عنصر باقی‌مانده، عنصری که شعاع اتمی کمتری دارد، برم و دیگری ید است. بنابراین D برم و X ید می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی کلر (A) و مس به صورت زیر است:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید در کلر دو لایه و در مس سه لایه از الکترون پر شده است. عبارت (ب): فلئور (E) نخستین عنصر گروه بوده و کمترین شعاع اتمی را دارد. عبارت (پ): ید (X) در دمای اتاق به حالت جامد یافت می‌شود، در حالی که در این دما دو هالوژن نخست یعنی فلئور و کلر به حالت گازی و هالوژن سوم (برم) به حالت مایع است. عبارت (ت): با توجه به جدول، عنصر D همان برم است که در دمای  $200^\circ C$  با هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (ث): ترکیب حاصل از واکنش برم (D) با هیدروژن، هیدروژن برمید ( $HBr$ ) است. مقایسه جرم مولی ترکیبات هیدروژن‌دار چهار عنصر به صورت «  $HF < HCl < HBr < HI$  » است.

**۸۵۹ ۳** فقط مورد دوم نادرست است. بررسی موارد: مورد اول: در عنصرهای دوره سوم، اختلاف شعاع اتمی عنصرهای اول و دوم (سدیم و منیزیم) از اختلاف شعاع اتمی عنصرهای ششم و هفتم (گوگرد و کلر) بیشتر است. مورد دوم: در عنصرهای مربوط به یک دوره از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد، بنابراین در یک دوره با افزایش عدد اتمی واکنش‌پذیری فلزها کاهش و واکنش‌پذیری نافلزها افزایش می‌یابد، در نتیجه واکنش‌پذیری D از C کمتر و واکنش‌پذیری عنصر F از E بیشتر است. مورد سوم: F نشان‌دهنده عنصر کلر است که در دمای اتاق با گاز هیدروژن به آرامی واکنش می‌دهد. مورد چهارم: شعاع اتمی عنصرها در یک گروه از بالا به پایین افزایش و از چپ به راست کاهش می‌یابد، بنابراین هر چه عنصری در جدول چپ‌تر و پایین‌تر باشد، شعاع اتمی بزرگ‌تری خواهد داشت. مورد پنجم: عنصرهای هم‌خانواده F (گروه ۱۷) که هالوژن‌ها هستند با گرفتن یک الکترون به آنیون یک بار منفی (یون هالید) تبدیل می‌شوند.

**۸۶۰ ۴** ابتدا باید عناصر A، D و E را با کمک آرایش الکترونی یون پایدار آن‌ها پیدا کنیم:



عنصر A، در گروه ۱۶ جدول دوره‌ای قرار دارد. یکی از عناصر هم‌گروه با عنصر A، گوگرد ( $S$ ) است که عدد اتمی آن برابر ۱۶ است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصر E در گروه ۸ و عنصر D در گروه ۳ جدول دوره‌ای عنصرها جای دارد. گزینه (۲): عناصر D و E جزء عناصر واسطه هستند. در هر دوره از جدول، واکنش‌پذیری فلزهای اصلی از جمله فلزهای قلیایی بیشتر از واکنش‌پذیری فلزهای واسطه است.

**\* توجه** مقایسه واکنش‌پذیری فلزها در یک دوره به صورت مقابل است:  
عناصر واسطه > گروه ۱۳ > گروه ۲ > گروه ۱: واکنش‌پذیری  
گزینه (۳): عنصر A، یک نافلز بوده که تمایل به دریافت الکترون و یا تشکیل پیوند اشتراکی با دیگر اتم‌ها دارد؛ در حالی که عنصر هم‌دوره A در گروه ۱۸، کریپتون ( $Kr$ ) است که یک گاز نجیب بوده و تمایلی به شرکت در واکنش‌های شیمیایی ندارد.

**۸۶۱ ۳** همه عبارت‌ها به جز مورد سوم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: به‌طور کلی، در جدول دوره‌ای، از چپ به راست، خاصیت نافلزی عنصرها افزایش می‌یابد؛ بنابراین خاصیت نافلزی عنصرهای گروه ۱۶ در مقایسه با عنصرهای گروه ۱۴ بیشتر است. مورد دوم: در گروه‌های فلزی مانند گروه ۲، با افزایش عدد اتمی، واکنش‌پذیری عناصر افزایش می‌یابد و در گروه‌های نافلزی مانند گروه ۱۷، با افزایش عدد اتمی، واکنش‌پذیری عناصر کاهش می‌یابد. مورد سوم: هر چه یک عنصر، فعالیت شیمیایی بیشتری داشته باشد، پایداری آن کمتر است. با توجه به این نکته، این عبارت نادرست است. اما برای توضیح این عبارت باید گفت که یک فلز قلیایی در مقایسه با سایر فلزهای هم‌دوره خود، فعالیت شیمیایی بیشتر و پایداری کمتری دارد. مورد چهارم: عنصر گروه ۲ از دوره سوم همان منیزیم است که عدد اتمی آن برابر ۱۲ می‌باشد. اکنون تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها را در اتم  $A$  محاسبه می‌کنیم:  $48 - 36 = 12$  تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها  $\Rightarrow 48 - 36 = 12$  تفاوت شمار الکترون‌ها،  $36 = 36$  شمار نوترون‌ها،  $36 = 36$  شمار پروتون‌ها:  $A$





**مورد پنجم:** عنصر مس با عدد اتمی ۲۹ در گروه ۱۱ جدول دوره‌ای قرار دارد. این عنصر، فلزی از دسته d بوده و در ترکیب با دیگر عناصرها به صورت کاتیون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  و  $\text{Cu}^+$  وجود دارد.

**نکته** در جدول زیر، نام و نماد شیمیایی کاتیون‌های حاصل از برخی فلزها که بیش از یک نوع کاتیون تشکیل می‌دهند، ارائه شده است. (به خاطر بسپارید.)

نام فلز	آهن	کروم	مس	تیتانیوم	وانادیم
نماد کاتیون	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cr}^{2+}$	$\text{Cu}^+$	$\text{Ti}^{2+}$	$\text{V}^{2+}$
نام کاتیون	آهن (II)	کروم (II)	مس (I)	تیتانیوم (II)	وانادیم (II)

**۸۶۲ ۳** مورد اول، دوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** در دوره سوم، عناصر جامد عبارت‌اند از: سدیم، منیزیم، آلومینیم، سیلیسیم، فسفر، گوگرد و عناصر گازی

عبارت‌اند از: کلر و آرگون. بنابراین از میان ۸ عنصر دوره سوم، ۶ عنصر حالت فیزیکی گازی ندارد که می‌شود ۷۵٪ ( $\frac{6}{8} \times 100$ ). **مورد دوم:** از میان ۵ عنصر اول گروه ۱۴، کربن نافلز، سیلیسیم و ژرمانیم شبه‌فلز، قلع و سرب فلز هستند. بنابراین مجموع شمار عناصر فلزی و نافلزی برابر ۳ است. از میان عناصر دوره سوم نیز، عنصرهای سدیم، منیزیم و آلومینیم فلز هستند. بنابراین مجموع شمار عنصرهای فلزی و نافلزی از میان ۵ عنصر اول گروه ۱۴ (شامل سه عنصر)، با شمار عنصرهای فلزی دوره سوم (شامل سه عنصر) برابر است. **مورد سوم:** در دوره سوم جدول تناوبی، بیشترین واکنش‌پذیری در میان نافلزات، مربوط به نافلز کلر است که آخرین نافلز این دوره نیست. آخرین نافلز دوره سوم، آرگون است که واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. **مورد چهارم:** فسفر و گوگرد، نافلزات جامد دوره سوم جدول تناوبی هستند که به دلیل شعاع بیشتر، واکنش‌پذیری کمتری نسبت به نافلز گازی کلر دارند. اما هر دو این عناصر از گاز نجیب آرگون، واکنش‌پذیری بیشتری دارند. ترتیب واکنش‌پذیری نافلزات دوره سوم: گاز آرگون >>>> جامد فسفر > جامد گوگرد > گاز کلر



**مورد پنجم:** عنصر فسفر، نخستین نافلز دوره سوم جدول تناوبی است که حداقل دو آلوتروپ (فسفر قرمز و سفید) به رنگ‌های متفاوت دارد.

**۸۶۳ ۳** عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** برای تعیین عدد اتمی عنصر X باید به این نکته توجه داشته باشید که

در دوره‌های ۶ و ۷ جدول دوره‌ای در میان عناصر دسته s و d، عناصر دسته f قرار دارند، بنابراین عدد اتمی عنصر X، ۱۵ عدد از عنصر هم‌دوره‌اش که در گروه ۲ قرار دارد و عدد اتمی آن برابر ۵۶ است، بیشتر بوده و عدد اتمی آن برابر ۷۱ می‌باشد. **عبارت دوم:** عناصر D و E به ترتیب نیتروژن و فسفر هستند و در دمای اتاق، عنصر D، در حالت آزاد به صورت مولکول‌های دو اتمی  $\text{N}_2$  با حالت فیزیکی گاز و عنصر E، در حالت آزاد به صورت مولکول‌های  $\text{P}_4$  با حالت فیزیکی جامد وجود دارد. **عبارت سوم:** در هر دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد؛ بنابراین عنصر D نسبت به عنصر A شعاع اتمی کوچک‌تری دارد. در هر گروه نیز از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد، بنابراین عنصر D نسبت به عنصر E شعاع کوچک‌تری دارد. **عبارت چهارم:** عناصر A و G، به ترتیب  $\text{Sc}$  و  $\text{B}$  بوده و فرمول اکسید این دو عنصر به ترتیب  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  و  $\text{B}_2\text{O}_3$  است. شمار اتم‌ها در واحد فرمولی هر دو ترکیب برابر ۵ است. **عبارت پنجم:** عنصر M، همان ژرمانیم ( $\text{Ge}$ ) است که در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد و یک شبه‌فلز است. نخستین عنصر گروه ۱۴، کربن (C) است که یک نافلز است. ژرمانیم نسبت به کربن خاصیت فلزی بیشتری دارد. همچنین عنصر Y، همان برم ( $\text{Br}$ ) است که خاصیت نافلزی بیشتری نسبت به ژرمانیم دارد؛ بنابراین ژرمانیم نسبت به هر دو عنصر C و  $\text{Br}$ ، خاصیت فلزی بیشتری دارد.

**۸۶۴ ۲** عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** فعال‌ترین نافلز، فلوئور با آرایش الکترون - نقطه‌ای ( $\text{F} \cdot$ ) و نافلزی

که رسانای الکتریسیته است، کربن بوده که آرایش الکترون - نقطه‌ای آن به صورت ( $\text{C} \cdot$ ) می‌باشد. فرمول مولکولی ترکیب حاصل از واکنش این دو نافلز به صورت  $\text{CF}_4$  است. **عبارت (ب):** سیلیسیم ( $\text{Si}$ ) نخستین عنصری از تناوب سوم است که در اثر ضربه خرد می‌شود و فسفر ( $\text{P}$ ) نخستین عنصر نارسای این تناوب است. شعاع اتمی Si بیشتر از P است. **عبارت (پ):** کلر ( $\text{Cl}$ ) سنگین‌ترین هالوژنی است که در دمای اتاق به شکل گازی وجود دارد. این گاز در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. **عبارت (ت):** کلر گاز زرد رنگ و گوگرد جامد زرد رنگ تناوب سوم است و شعاع اتمی گوگرد از کلر بیشتر است. **عبارت (ث):** هرچه عدد اتمی یک هالوژن بیشتر باشد، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری آن کمتر بوده و در دمای بالاتری با گاز  $\text{H}_2$  وارد واکنش می‌شود. در میان فلزات تناوب سوم هرچه عدد اتمی بیشتر باشد، واکنش‌پذیری کمتر است.

**۸۶۵ ۳** عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** دقت کنید که در هر گروه از جدول تناوبی، نافلزات بالاتر از شبه‌فلزات و فلزات (به شرط وجود)

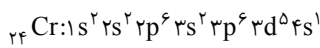
قرار دارند. برای مثال در گروه چهاردهم جدول دوره‌ای، نافلز کربن بالاتر از شبه‌فلزهای سیلیسیم و ژرمانیم قرار دارد و عدد اتمی آن نیز کوچک‌تر است. **عبارت دوم:** در هر دوره از جدول تناوبی از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد. با صرف نظر از گازهای نجیب، هالوژن‌های موجود در هر دوره کمترین شعاع اتمی را در بین عناصر هم‌دوره خود دارند. **عبارت سوم:** در میان هالوژن‌های جدول دوره‌ای، در دمای اتاق، دو عنصر فلوئور ( $\text{F}$ ) و کلر ( $\text{Cl}$ ) به حالت گاز بوده، برم ( $\text{Br}$ ) به حالت مایع و ید ( $\text{I}$ ) به حالت جامد است؛ بنابراین عنصر X قطعاً در دوره‌های چهارم و بعد از آن قرار داشته و عدد اتمی آن بزرگ‌تر از ۱۷ است و نمی‌تواند در سه دوره ابتدایی جدول جای داشته باشد. **عبارت چهارم:** عنصر  $\text{Z}$  همان منیزیم ( $\text{Mg}$ ) است که در واکنش با نافلزات، کاتیون  $\text{Mg}^{2+}$  ایجاد می‌کند. می‌دانیم که نافلزات گروه ۱۶ (مانند اکسیژن و گوگرد) در واکنش با فلزات، آنیون ( $2-$ ) ایجاد می‌کنند؛ بنابراین فرمول کلی ترکیبات حاصل از آن‌ها به صورت ZX می‌باشد. **عبارت پنجم:** دقت کنید که در هر دوره جدول تناوبی با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. برای مثال خصلت نافلزی و عدد اتمی O از N بیشتر است، پس نافلز M که واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به نافلز X دارد، اگر هر دو از عناصر یک دوره باشند، عدد اتمی M از X بیشتر خواهد بود.





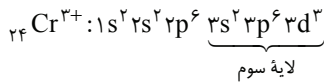


عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. یون  $X^{2+}$  دارای ۲۲ الکترون است. پس اتم خنثی  $X$ ، ۲۴ الکترون دارد و آرایش الکترونی آن به صورت زیر است:



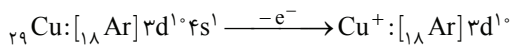
نسبت شمار زیرلایه‌های پر به نیمه‌پر در عنصر  $\text{Cr}$  برابر  $\frac{5}{4}$  است. این عنصر جزء فلزهای دسته  $d$  و در گروه ۶ و دوره ۴ است و کاتیون‌های پایدار آن به

آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند. بررسی عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترونی اتم  $\text{Cr}$ ، آرایش الکترونی کاتیون  $\text{Cr}^{3+}$  به صورت زیر است. پس در این کاتیون،



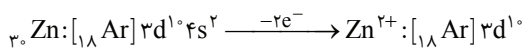
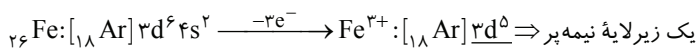
۱۱ الکترون با  $n=3$  وجود دارد.

به جز عبارت (الف)، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کاتیون ترکیب  $\text{CuCl}$  یون  $\text{Cu}^+$  است:



آرایش الکترونی  $\text{V}^{3+}$  به صورت مقابل است:

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در بیرونی‌ترین زیرلایه این اتم، یعنی  $4s^2$ ، تعداد ۲ الکترون وجود دارد. عبارت (ب): آرایش الکترونی یون  $\text{Fe}^{3+}$  به صورت زیر است:

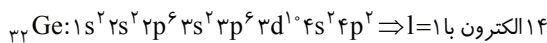
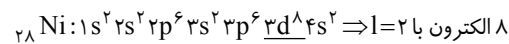
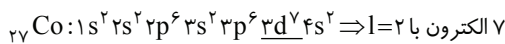


یون پایدار عنصر روی،  $\text{Zn}^{2+}$  است:

با توجه به آرایش الکترونی، در این یون همه زیرلایه‌های حاوی الکترون، پر هستند. عبارت (پ): آرایش الکترونی یک عنصر، همواره یا به زیرلایه  $p$  یا به زیرلایه  $s$  ختم می‌شود؛ بنابراین اگر آرایش گونه‌ای به زیرلایه  $d$  ختم شده باشد، آن گونه قطعاً الکترون‌های زیرلایه  $s$  بیرونی خود را قبلاً از دست داده است و یک کاتیون است. اگر

آرایش الکترونی گونه‌ای به  $ns^2$  ختم شده باشد، آن گونه می‌تواند اتمی از گروه ۲، عنصری از دسته‌های  $d$  یا  $f$  و یا عنصر هلیوم باشد. از طرفی ممکن است متعلق به

یون‌های  $\text{Li}^+$  یا  $\text{H}^-$  باشد.  $(\text{Li}^+: 1s^2)$  عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم‌های  ${}_{27}\text{Co}$ ،  ${}_{28}\text{Ni}$  و  ${}_{32}\text{Ge}$  به صورت زیر است:



**نکته ترکیبی** آرایش الکترونی گونه‌های مختلف به چه زیرلایه‌هایی ختم می‌شود؟ ۱- آرایش الکترونی عناصر گروه‌های ۱، ۶ و ۱۱ در حالت اتمی به زیرلایه  $ns^1$

ختم می‌شود. ۲- آرایش الکترونی عناصر گروه‌های ۲ تا ۵، ۷ تا ۱۰ و گروه ۱۲ در حالت اتمی به زیرلایه  $ns^2$  ( $n \geq 2$ ) ختم می‌شود. ۳- آرایش الکترونی کاتیون پایدار

عناصر دسته  $d$  (به جز گروه سوم) و گروه ۱۳ (به جز  $\text{Al}$ ) به زیرلایه  $nd^x$  ختم می‌شود. (حواستون باشه که  $B$  یک شبه‌فلز است و یون تشکیل نمی‌دهد.)

۴- کاتیون عناصر گروه‌های اول و دوم (به جز  $\text{Li}$  و  $\text{Be}$ )، به  $ns^2 np^6$  ختم می‌شوند.

زیرلایه با  $n=3$  و  $l=2$  و با ۶ الکترون، زیرلایه  $3d^6$  و متعلق به یک کاتیون است. آرایش الکترونی فشرده عنصر فلزی اولیه آن،  $[{}_{18}\text{Ar}] 3d^6 4s^2$  است. فلز

واسطه‌ای که در دوره چهارم و گروه هشتم جدول تناوبی جای دارد با از دست دادن دو الکترون زیرلایه  $4s^2$ ، کاتیونی با دو بار مثبت و با نماد  $M^{2+}$  به وجود می‌آید.

ممکن است کاتیون مورد نظر از فلز واسطه دوره چهارم و گروه نهم ( $\text{Co}^{3+}$ ) هم باشد.

مقایسه‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی موارد: مورد a: در دوره چهارم، عنصرهای  ${}_{19}\text{K}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  دارای زیرلایه  $4s$  نیمه‌پر ( $4s^1$ )، عنصر

${}_{25}\text{Mn}$  دارای زیرلایه  $3d$  نیمه‌پر ( $3d^5$ )، عنصر  ${}_{24}\text{Cr}$  دارای زیرلایه‌های  $3d$  و  $4s$  نیمه‌پر ( $3d^5 4s^1$ ) و عنصر  ${}_{33}\text{As}$  دارای زیرلایه  $4p$  نیمه‌پر ( $4p^3$ )

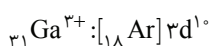
است. (مجموعاً ۵ عنصر) مورد b: از میان عنصرهای واسطه دوره چهارم، عنصرهای  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{30}\text{Zn}$  دارای زیرلایه  $3d$  پر هستند. (مجموعاً ۲ عنصر)



مورد c: در دوره چهارم، عنصر  ${}_{20}\text{Ca}$  از دسته  $s$  و عنصرهای  ${}_{21}\text{Sc}$ ،  ${}_{22}\text{Ti}$ ،  ${}_{23}\text{V}$ ،  ${}_{24}\text{Mn}$ ،  ${}_{26}\text{Fe}$ ،  ${}_{27}\text{Co}$ ،  ${}_{28}\text{Ni}$  و  ${}_{30}\text{Zn}$  از دسته  $d$  در آخرین زیرلایه

خود ( $4s$ ) دارای ۲ الکترون هستند. همچنین از دسته  $p$ ، عنصر  ${}_{32}\text{Ge}$  در آخرین زیرلایه خود ( $4p$ ) دارای ۲ الکترون است. (مجموعاً ۱۰ عنصر) مورد d: عنصر گالیم

که در گروه ۱۳ جدول دوره‌ای قرار دارد، با از دست دادن سه الکترون و تشکیل یون پایدار  ${}_{31}\text{Ga}^{3+}$  به آرایش گاز نجیب نمی‌رسد:



**نکته ترکیبی** برخی سؤالات رایج درباره آرایش الکترونی عناصر دوره چهارم: ۱- کدام عناصر دوره چهارم حداقل یک زیرلایه نیمه‌پر دارند؟  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،

${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{33}\text{As}$  ۲- کدام عناصر دوره چهارم آخرین الکترونی که می‌پذیرند، در یک زیرلایه نیمه‌پر قرار دارد؟  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{33}\text{As}$  ۳- آرایش الکترونی کدام

عناصر دوره چهارم به زیرلایه تک الکترونی ختم می‌شود؟  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{31}\text{Ga}$  ۴- کدام عناصر دوره چهارم، آخرین الکترونی که می‌پذیرند در یک

زیرلایه تک الکترونی قرار می‌گیرد؟  ${}_{19}\text{K}$ ،  ${}_{21}\text{Sc}$  و  ${}_{31}\text{Ga}$  ۵- کدام عناصر دوره چهارم دارای زیرلایه  $3d$  پر هستند؟ یا لایه سوم پر دارند؟  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$

${}_{31}\text{Ga}$ ،  ${}_{32}\text{Ge}$ ،  ${}_{33}\text{As}$ ،  ${}_{34}\text{Se}$ ،  ${}_{35}\text{Br}$  و  ${}_{36}\text{Kr}$

**۳ ۸۷۶ C** عبارتهای (الف) و (پ) جای خالی عبارت را به درستی تکمیل می کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در میان عناصر واسطه دوره چهارم، در آرایش الکترونی  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{30}\text{Zn}$ ، ده الکترون عددهای کوانتومی  $n=3$  و  $l=2$  دارند، یعنی در زیرلایه  $3d$  آن‌ها ۱۰ الکترون وجود دارد.

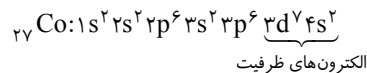


**عبارت (ب):** همه عناصر واسطه دوره چهارم، دو الکترون با اعداد کوانتومی  $n=3$  و  $l=0$  (زیرلایه  $3s$ ) دارند. به عبارتی در آرایش الکترونی همه این عناصر زیرلایه  $3s$  به طور کامل از الکترون پر شده است و عنصری که یک الکترون در این زیرلایه داشته باشد، در این دسته از عناصر جای ندارد. **عبارت (پ):** در آرایش الکترونی

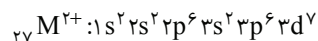


**عبارت (ت):** همه عناصر واسطه دوره چهارم، شش الکترون با عددهای کوانتومی  $n=3$  و  $l=1$  (زیرلایه  $3p$ ) دارند؛ زیرا طبق قاعده آفبا، پیش از ورود الکترون به زیرلایه  $4s$ ، زیرلایه  $3p$  باید به طور کامل پر شده باشد و در واقع، عنصری که ۱۲ الکترون در زیرلایه  $3p$  داشته باشد، وجود ندارد.

**۲ ۸۷۷ C** عبارتهای (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند.  $M$  همان عنصر  ${}_{27}\text{Co}$  است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت زیر است:



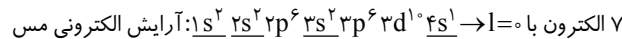
**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به آرایش الکترونی لایه ظرفیت، این عنصر در دسته  $d$  قرار دارد و دارای ۹ الکترون ظرفیت است. **عبارت (ب):** ترکیب  $\text{MSO}_4$  متشکل از کاتیون  ${}_{27}\text{M}^{2+}$  و آنیون  $\text{SO}_4^{2-}$  است. با توجه به آرایش الکترونی کاتیون  ${}_{27}\text{M}^{2+}$ ، در آخرین زیرلایه این کاتیون ۷ الکترون وجود دارد.



**عبارت (پ):** ترکیب  $\text{MCl}_3$  متشکل از کاتیون  ${}_{27}\text{M}^{3+}$  و آنیون  $\text{Cl}^-$  و ترکیب  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  متشکل از کاتیون  ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$  و آنیون  $\text{PO}_4^{3-}$  است.



**عبارت (ت):** عنصر فلوتور ( $F$ ) با عدد اتمی ۹، نخستین عنصر گروه هالوژن‌هاست. عدد اتمی عنصر  ${}_{27}\text{M}$ ، ۳ برابر عدد اتمی  $F$  است. **عبارت (ث):** در آرایش الکترونی  ${}_{27}\text{Co}$ ، ۷ الکترون در زیرلایه  $d$ ، با  $l=2$  وجود دارد.



**۳ ۸۷۸ B** عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. عنصرهای  $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$  به ترتیب  ${}_{26}\text{Fe}$ ،  ${}_{30}\text{Zn}$ ،  ${}_{22}\text{Ti}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):**

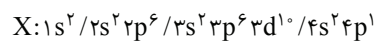
آهن ( ${}_{26}\text{Fe}$ ) دارای دو اکسید  $\text{FeO}$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  است. اکسید  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  متشکل از کاتیون  $\text{Fe}^{3+}$  و آنیون  $\text{O}^{2-}$  است و شمار آنیون‌ها در آن  $1/5$  برابر شمار کاتیون‌هاست.

آرایش الکترونی کاتیون  ${}_{26}\text{Fe}^{3+}$  به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$  است. این گونه دارای ۵ الکترون در زیرلایه  $3d$  ( $l=2$ ) است. **عبارت (ب):** آرایش الکترونی کاتیون

${}_{30}\text{Zn}^{2+}$  به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$  است. این یون دارای ۱۸ الکترون با  $n=3$  و ۶ الکترون با  $l=0$  است. **عبارت (پ):** آرایش الکترونی عنصر  ${}_{22}\text{Ti}$

به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$  است. این عنصر دارای ۵ زیرلایه الکترونی است. **عبارت (ت):** لایه ظرفیت عنصر  ${}_{29}\text{Cu}$  به صورت  $3d^1 4s^1$  است. مجموع

اعداد کوانتومی اصلی و فرعی این الکترون‌ها برابر است با:  $54 = 10 + (3+2) + (4+0) = n + l$



**۱ ۸۷۹ B** ابتدا آرایش الکترونی عنصر  $X$  را به دست می آوریم:

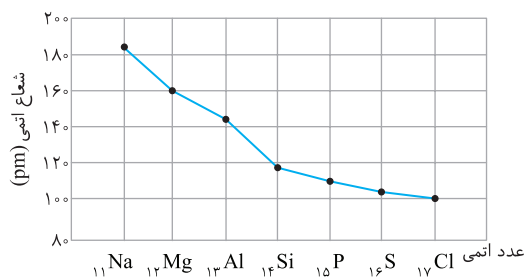
$$\frac{13}{1/625} = 13 \text{ شمار الکترون‌های } l=1 \text{ (زیرلایه } p)$$

$$8 \text{ شمار الکترون‌های } l=0 \text{ (زیرلایه } s)$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

با توجه به آرایش الکترونی،  $X$  عنصری از گروه ۱۳ و دوره چهارم است؛ بنابراین آرایش الکترونی عنصر هم گروه آن از دوره قبل به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  است.

همان طور که مشاهده می کنید، عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌های  $3p$  و  $2p$  از این عنصر برابر یک است و جمع اعداد کوانتومی اصلی آن‌ها برابر  $5(2+3)$  است.



**۱ ۸۸۰ B** عبارتهای (الف) و (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اسکاندیم نخستین

عنصر واسطه جدول تناوبی است و به سبب فلز بودن، رسانای جریان الکتریکی است و قابلیت مفقوت شدن

دارد. **عبارت (ب):** در یک گروه با افزایش عدد اتمی خصلت فلزی افزایش و در یک تناوب با افزایش عدد

اتمی خصلت فلزی کاهش می یابد. **عبارت (پ):** با توجه به نمودار مقابل که مربوط به شعاع اتمی عناصر

دوره سوم جدول دوره‌ای است، شیب تغییرات شعاع اتم‌های فلزی ( ${}_{11}\text{Na}$ ،  ${}_{12}\text{Mg}$ ،  ${}_{13}\text{Al}$ )

بیشتر از شیب تغییرات شعاع اتم‌های نافلزی ( ${}_{15}\text{P}$ ،  ${}_{16}\text{S}$ ،  ${}_{17}\text{Cl}$ ) است. **عبارت (ت):** هلیم

( ${}_{2}\text{He}$ )، یکی از عناصر دسته  $s$  است. عنصر  ${}_{2}\text{He}$  را به دلیل واکنش ناپذیر بودن، در گروه گازهای

نجیب، یعنی گروه ۱۸ قرار داده‌اند؛ از این رو عنصر هلیم در سمت راست جدول تناوبی قرار گرفته است.

**۴ ۸۸۱ B** همه عبارتهای درست هستند. شکل صورت تست، عناصر دوره‌های دوم تا چهارم گروه‌های ۸ تا ۱۷ جدول دوره‌ای را نمایش می دهد. عناصر  $Y$ ،  $X$ ،  $W$  و

$Z$  به ترتیب گوگرد، آهن، سیلیسیم و برم هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** سیلیسیم ( $Y$ ) یک عنصر شبه فلزی و نیمه رسانا است و رسانایی الکتریکی آن از آهن

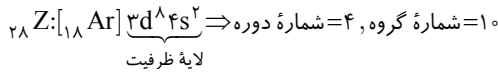
( $X$ ) که یک فلز و رسانا می باشد، کمتر است. **عبارت دوم:** گوگرد ( $W$ ) نافلز است. این عنصر در طبیعت به صورت جامد زرد رنگ یافت می شود. نافلزها چکش خوار

نیستند و در اثر ضربه خرد می شوند. **عبارت سوم:** برم ( $Z$ ) هالوژنی است که در دمای  $20^\circ\text{C}$  با گاز هیدروژن واکنش می دهد. **عبارت چهارم:** آهن ( $X$ ) عنصری فلزی

است که دو کاتیون پایدار  ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$  و  ${}_{26}\text{Fe}^{3+}$  را تشکیل می دهد. این فلز در طبیعت به صورت دو اکسید  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{FeO}$  یافت می شود.



عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آرایش الکترونی عنصر  $Z_{28}$  به صورت زیر است:



**عبارت دوم:** انرژی زیرلایه‌ها براساس  $n$  و  $n+1$  آن‌ها مشخص می‌شود. براساس قاعده آفبا، هرچه مقدار  $n+1$  برای زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، پایدارتر است و زودتر الکترون می‌گیرد.

**\* توجه:** حواستان باشد که چنانچه مقدار  $n+1$  دو زیرلایه با یکدیگر برابر باشد، زیرلایه‌ای که  $n$  آن کوچک‌تر است، پایدارتر است و زودتر الکترون می‌گیرد.

**عبارت سوم:** به منظور ناقطبی بودن ترکیب  $AD_p$ ، ساختار مولکول باید متقارن و اتم مرکزی (A) فاقد الکترون ناپیوندی باشد؛ بنابراین با رعایت قاعده هشت‌تایی،

ساختار  $AD_p$  به صورت مقابل خواهد بود:

باتوجه به ساختار لوویس رسم شده، اتم A دارای ۴ الکترون ظرفیت بوده و در گروه ۱۴ جدول جای دارد. مانند اتم کربن در  $CO_p$  که دارای چهار الکترون ظرفیت است و در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. **عبارت چهارم:** در مدل اتمی کوانتومی که جدیدترین مدل است، پروتون‌ها و نوترون‌ها در فضایی بسیار کوچک به نام هسته در مرکز اتم و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌های پیرامون هسته قرار گرفته‌اند.

عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mg Cu} = \frac{1}{180.6} \times 10^{19} \text{ اتم} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم}} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 1.92 \text{ mg Cu}$$

$$\frac{\text{جرم مولی Cu}}{N_A} = \frac{\text{تعداد اتم‌های Cu}}{x} \Rightarrow \frac{x \text{ g Cu}}{64} = \frac{1}{180.6} \times 10^{19}}{6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 1.92 \times 10^{-3} \text{ g Cu} = 1.92 \text{ mg Cu}$$

**روش دوم (تناسب):**

**عبارت دوم:** مقدار مول ۸ گرم Cu و ۷ گرم آهن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol Cu} = 8 \text{ g Cu} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} = 0.125 \text{ mol Cu} \quad ? \text{ mol Fe} = 7 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} = 0.125 \text{ mol Fe}$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، مقدار مول هر دو یکسان است. **عبارت سوم:** عدد جرمی برابر مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها است و عددی که در جدول تناوبی به‌عنوان جرم عنصر گزارش می‌شود، در واقع جرم اتمی میانگین است و این دو با یکدیگر متفاوت است.

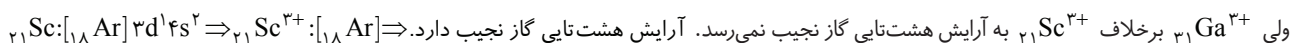
**★ نکته:** تفاوت عدد جرمی و جرم اتمی: ۱- عدد جرمی عدد طبیعی است ولی جرم اتمی معمولاً عدد اعشاری (غیر طبیعی) است. ۲- عدد جرمی فاقد واحد است ولی جرم اتمی دارای واحد amu است. ۳- معمولاً جرم اتمی از عدد جرمی بزرگ‌تر است.

**عبارت چهارم:** ابتدا شمار اتم‌ها در هر ماده را بر حسب  $N_A$  محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom (H}_2\text{O در)} = 2 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{N_A \text{ molecule H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{3 \text{ atom}}{1 \text{ molecule H}_2\text{O}} = \frac{N_A}{3} \text{ atom}$$

$$? \text{ atom (CO}_2 \text{ در)} = 1 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{N_A \text{ molecule CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{3 \text{ atom}}{1 \text{ molecule CO}_2} = \frac{3N_A}{44} \text{ atom}$$

شمار اتم‌ها در ۲g آب بیشتر است.  $(\frac{N_A}{3} > \frac{3N_A}{44})$  **عبارت پنجم:** هر دو عنصر  ${}_{31}\text{Ga}$  و  ${}_{21}\text{Sc}$  در واکنش با دیگر اتم‌ها کاتیون پایدار  $(3+)$  تشکیل می‌دهند؛



**۱ ۸۸۴ C** ابتدا باید ببینیم عناصر A، D، E و M چه عنصرهایی هستند. فقط حواستان باشد که در همه اتم‌ها به‌جز هیدروژن، شمار الکترون‌های موجود در لایه اول الکترونی برابر ۲ است. اکنون با توجه به اصلی و واسطه بودن عناصر، داریم: **عنصر A:** شمار الکترون‌های ظرفیت در عنصر A برابر  $6(2 \times 2)$  است. از آنجا که A

جزء عناصر واسطه است، پس عنصر A همان  ${}_{24}\text{Cr}$  با آرایش الکترونی مقابل می‌باشد:

**عنصر D:** شمار الکترون‌های ظرفیت در عنصر D برابر  $7(3/5 \times 2)$  است. از آنجا که D جزء عناصر اصلی است، پس عنصر D همان  ${}_{35}\text{Br}$  می‌باشد:

**عنصر E:** شمار الکترون‌های ظرفیت در عنصر E برابر  $4(2 \times 2)$  است. از آنجا که E جزء عناصر واسطه است، پس عنصر E همان  ${}_{22}\text{Ti}$  می‌باشد:

**عنصر M:** شمار الکترون‌های ظرفیت در عنصر M برابر  $3(1/5 \times 2)$  است. از آنجا که M جزء عناصر اصلی است، پس عنصر M همان  ${}_{31}\text{Ga}$  می‌باشد:

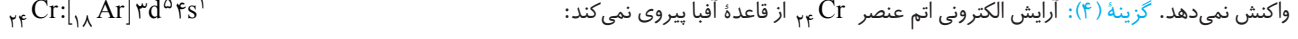
**بررسی گزینه‌ها:** گزینه (۱): محاسبه عدد جرمی عنصر A به‌صورت مقابل است:

بین دو عنصر  ${}_{22}\text{Ti}$  و  ${}_{31}\text{Ga}$ ، هشت عنصر فلزی  ${}_{23}\text{V}$ ،  ${}_{24}\text{Cr}$ ،  ${}_{25}\text{Mn}$ ،  ${}_{26}\text{Fe}$ ،  ${}_{27}\text{Co}$ ،  ${}_{28}\text{Ni}$ ،  ${}_{29}\text{Cu}$  و  ${}_{30}\text{Zn}$  قرار دارد. **گزینه (۲):** به‌طور کلی، در یک

تناوب از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد؛ بنابراین شعاع اتمی  ${}_{22}\text{Ti}$  از  ${}_{31}\text{Ga}$  بزرگ‌تر است. در اتم عنصر D، ۳۵ پروتون و ۴۵ نوترون وجود دارد که

تفاوت شمار آن‌ها برابر ۱۰ است. **گزینه (۳):** کاتیون‌های  $\text{Cr}^{3+}$  و  $\text{Ga}^{3+}$  از جمله کاتیون‌های متداول این دو عنصر هستند. عنصر برم در دمای اتاق با گاز هیدروژن

واکنش نمی‌دهد. **گزینه (۴):** آرایش الکترونی اتم عنصر  ${}_{24}\text{Cr}$  از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند:



در آرایش الکترونی عنصر D، ۱۰ الکترون در زیرلایه d (با  $l=2$ ) و در آرایش الکترونی عنصر E، ۲ الکترون در زیرلایه d (با  $l=2$ ) وجود دارد.

B ۸۸۵ ۱ همه عبارت‌ها درست هستند. در یون  $X^{2+}$  داریم:

$$\begin{cases} n+p=58 \\ n-e=4 \Rightarrow n-(p-2)=4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=58 \\ n-p=2 \end{cases} \Rightarrow n=30, p=28, e=26$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:  ${}_{28}X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow {}_{28}X^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 \Rightarrow \begin{cases} n=2 & \text{الکترون} \\ n=3 & \text{الکترون} \end{cases}$

عبارت دوم: شمار نوترون‌های عنصر X برابر  $30$  است و آخرین فلز واسطه تناوب چهارم، فلز روی با عدد اتمی  $30$  است. عبارت سوم: عدد اتمی این عنصر، دو برابر عدد اتمی  ${}_{14}Si$  است. عنصر  $Si$  رسانایی الکتریکی اندکی دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی  $Co^{2+}$  و  $X^{3+}$  یکسان است.



C ۸۸۶ ۴ به جز عبارت (ت) سایر عبارت‌ها همگی به عنصر آهن اشاره دارند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): زیرلایه با  $l=2$ ، نخستین بار در عناصر دسته d دوره چهارم ظاهر می‌شود، این عناصر همگی ۱۲ الکترون با  $l=1$  در زیرلایه‌های  $2p$  و  $3p$  دارند؛ بنابراین عنصر مورد نظر سؤال، عنصری است که ۶ الکترون با  $l=2$  داشته باشد یا به عبارتی در لایه ظرفیت خود زیرلایه  $3d^6$  داشته باشد:



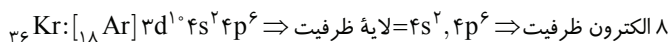
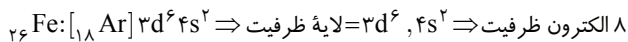
عبارت (ب): عنصر مورد نظر عنصری است که شمار الکترون‌های ظرفیت آن با شمار الکترون‌های موجود در زیرلایه s (با  $l=0$ ) آن برابر باشد. عناصر دوره چهارم، همگی حداقل ۶ الکترون با  $l=0$  در زیرلایه‌های  $1s, 2s, 3s$  دارند و به علاوه آن در عناصر  $K, Ca, Cr, Cu$  یک الکترون با  $l=0$  در زیرلایه  $4s$  وجود دارد که مجموعاً می‌شود ۷ الکترون در زیرلایه s (با  $l=0$ ). با توجه به اینکه این عناصر به ترتیب ۱، ۶ و ۱۱ الکترون ظرفیت دارند؛ پس عنصر مورد نظر هیچ کدام از این عناصر نیست. از طرف دیگر، سایر عناصر دوره چهارم علاوه بر ۶ الکترون در زیرلایه‌های s لایه‌های قبلی، ۲ الکترون نیز در زیرلایه s لایه چهارم خود دارند که مجموعاً می‌شود ۸ الکترون با  $l=0$ . در میان عناصر دوره چهارم، آهن ( ${}_{26}Fe$ ) و کریبتون ( ${}_{36}Kr$ ) دارای ۸ الکترون ظرفیت هستند. عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصری

از دوره چهارم و گروه ۱۶ به صورت مقابل است:

$$X: [1s^2 Ar] 3d^1 4s^2 4p^6 \Rightarrow \text{الکترون ظرفیت } 6$$

لایه ظرفیت

تمامی عناصر از عدد اتمی ۱۸ تا ۳۰، یعنی از  $K$  تا  $Zn$ ، دارای ۱۲ الکترون در زیرلایه‌های  $p$  ( $l=1$ ) خود هستند که در این بازه آهن ( ${}_{26}Fe$ ) نیز قرار دارد. عبارت (ت): آرایش الکترون نقطه‌ای یک عنصر، نمایشی از لایه ظرفیت آن است که هم تعداد الکترون‌های ظرفیت و هم نحوه توزیع آن‌ها در زیرلایه‌ها را نشان می‌دهد. آرایش الکترونی عناصر آهن و کریبتون به صورت مقابل است:



مشاهده می‌کنید که هر دو عنصر، شمار الکترون‌های ظرفیت برابری دارند؛ اما این الکترون‌های ظرفیت، توزیع کاملاً متفاوتی از هم دارند. بنابراین اگر آرایش الکترون نقطه‌ای کریبتون به صورت  ${}_{36}Kr: [1s^2 Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^6$  باشد که در آن همه الکترون‌ها با هم جفت شده‌اند، آرایش الکترون-نقطه‌ای آهن که رفتارهای شیمیایی متفاوتی با این عنصر دارد، قطعاً متفاوت خواهد بود.

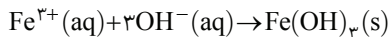
C ۸۸۷ ۳ همه عبارت‌ها به جز عبارت (ت) می‌توانند درباره X درست باشند.  $X^{n+}$  یک یون پایدار است؛ بنابراین می‌تواند به یکی از صورت‌های  $X^{2+}$  یا  $X^{3+}$



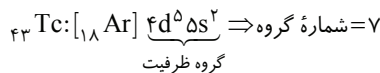
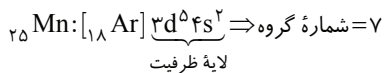
دقت کنید X نمی‌تواند کروم باشد؛ زیرا این عنصر یون پایدار  $Cr^{3+}$  تشکیل نمی‌دهد.



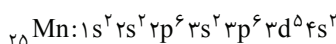
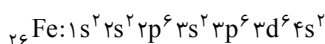
منگنز یون  $2+$  پایدار و آهن یون  $3+$  پایدار تشکیل می‌دهد؛ بنابراین X می‌تواند یکی از عناصر منگنز یا آهن باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون آهن (III) با یون‌های هیدروکسید طی واکنش مقابل رسوب قرمز-قهوه‌ای تشکیل می‌دهد:



عبارت (ب): X می‌تواند آهن باشد که فراوان‌ترین عنصر زمین است. عبارت (پ): X می‌تواند منگنز باشد که با تکنسیم ( ${}_{43}Tc$ ) هم گروه است:



عبارت (ت): X می‌تواند آهن یا منگنز باشد که آرایش الکترونی آن‌ها به صورت زیر است:



در آرایش الکترونی هیچ کدام از این دو عنصر، ۲ زیرلایه نیمه‌پر وجود ندارد. عبارت (ث): ابتدا جرم مولی و سپس عدد جرمی اتم مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$$\frac{3}{10} \times 10^{23} \text{ atom } X \times \frac{1 \text{ mol } X}{6.02 \times 10^{23} X} \times \frac{M(g) X}{1 \text{ mol } X} = 28 \times 10^{-3} \text{ g } X \Rightarrow M = 56 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\begin{cases} A = n + Z \xrightarrow{Z=e} n + e = 56 \\ n - e = 4 \end{cases} \Rightarrow n = 30, e = Z = 26$$

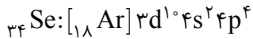
جرم مولی یک عنصر از نظر عددی تقریباً معادل عدد جرمی است؛ پس خواهیم داشت:

با توجه به عدد اتمی، X می‌تواند آهن باشد.





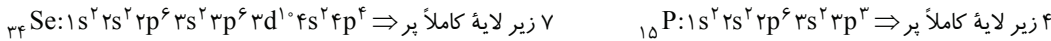
۸۸۸ C عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست نیستند. در هر دوره جدول تناوبی، بعد از هالوژن، بیشترین خصلت نافلزى مربوط به عنصر متعلق به گروه ۱۶ است؛ بنابراین X همان سلنیم (Se) از دوره چهارم و گروه ۱۶ جدول تناوبی است:



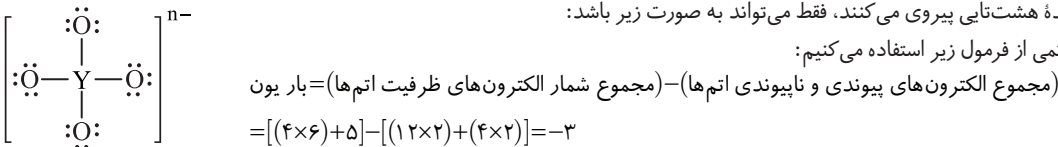
در هر دوره، از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش و خصلت نافلزى افزایش می‌یابد. در دوره سوم، فسفر (P) نافلزى با بیشترین شعاع اتمی است؛ بنابراین Y همان فسفر (P) است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): تعداد عنصرهای موجود بین دو عنصر  ${}_a\text{A}$  و  ${}_b\text{B}$  ( $b > a$ ) در جدول تناوبی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$b - a - 1 = \text{تعداد عنصرها بین } {}_a\text{A} \text{ و } {}_b\text{B}$$

بنابراین بین  ${}_{34}\text{Se}$  و  ${}_{15}\text{P}$  به تعداد  $(15 - 34 - 1) = -19$  عنصر وجود دارد که شامل همه عناصر دسته d دوره چهارم (از عدد اتمی ۲۱ تا ۳۰) می‌شود که ۱۰ عدد هستند. عبارت (ب): فسفر دو آلوتروپ سفید و قرمز دارد که آلوتروپ سفید آن را به علت واکنش‌پذیری بالا در زیر آب نگهداری می‌کنند؛ زیرا نه تنها با آب واکنش نمی‌دهد، بلکه از واکنش آن با اکسیژن هوا نیز جلوگیری می‌شود. عبارت (پ): آرایش الکترونی دو عنصر به صورت زیر است:



بنابراین در مجموع  $11(4+7)$  زیر لایه کاملاً پر در آرایش الکترونی این دو عنصر یافت می‌شود. عبارت (ت): ساختار لوویس این یون با توجه به اینکه اتم مرکزی و اتم‌های اکسیژن همگی از قاعده هشت‌تایی پیروی می‌کنند، فقط می‌تواند به صورت زیر باشد:



بنابراین n برابر ۳ است. عبارت (ث): برای محاسبه A داریم: روش (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} \Rightarrow 79/28 = \frac{78 \times 26 + A \times 64}{100} \Rightarrow A = 80$$

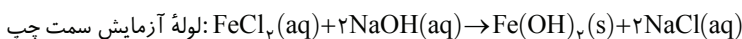
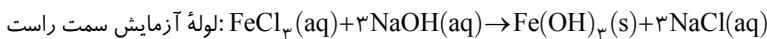
روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) = 79/28 = 78 + \frac{64}{100} (A - 78) \Rightarrow A = 80$$

۸۸۹ A عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (پ): عنصرهای گوگرد و مس در طبیعت هم به شکل آزاد و هم به شکل ترکیب (مثل  $\text{SO}_2$ ،  $\text{CuO}$  و ...) یافت می‌شوند. عبارت (ت): آهن ( ${}_{26}\text{Fe}$ ) فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. این عنصر در گروه ۸ و دوره ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد.

۸۹۰ A عبارتهای (الف) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف): آهن اغلب در طبیعت به شکل اکسید یافت می‌شود. عبارت (ث): در میان فلزها تنها طلا به شکل کلوخه‌ها یا رگه‌های زرد لابه‌لای خاک یافت می‌شود.

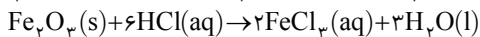
۸۹۱ B شکل سمت راست رسوب قرمز - قهوه‌ای آهن (III) هیدروکسید و شکل سمت چپ رسوب سبز رنگ آهن (II) هیدروکسید را نشان می‌دهد. واکنش‌های انجام شده در هر لوله آزمایش به صورت زیر است:



بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش سمت راست  $\frac{4}{3}$  برابر این مقدار در واکنش سمت چپ است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):

رسوب شکل سمت راست حاوی یون‌های  $\text{Fe}^{3+}$  و رسوب شکل سمت چپ حاوی یون‌های  $\text{Fe}^{2+}$  است. گزینه (۲): واکنش شکل سمت راست برای شناسایی کاتیون‌های  $\text{Fe}^{3+}$  به کار می‌رود. زنگ آهن با فرمول شیمیایی  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  حاوی یون‌های  $\text{Fe}^{3+}$  است. گزینه (۴): در لوله آزمایش سمت راست، یون‌های  $\text{Fe}^{3+}$  وجود دارد. از این رو برای رسوب کردن آن‌ها، مقدار یون هیدروکسید بیشتری لازم است.

۸۹۲ B عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (ب): رنگ محلول‌های  $\text{FeCl}_2(\text{aq})$  و  $\text{FeCl}_3(\text{aq})$  به ترتیب سبز و زرد است. عبارت (پ): برای شناسایی کاتیون آهن موجود در زنگ آهن ابتدا آن را در هیدروکلریک اسید حل می‌کنیم و سپس محلول سدیم هیدروکسید به آن می‌افزاییم. واکنش زنگ آهن با محلول هیدروکلریک اسید به صورت روبرو است:



عبارت (ت): محلول آبی سدیم هیدروکسید با هر دو یون  $\text{Fe}^{2+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  موجود در مخلوط واکنش می‌دهد، پس نمی‌تواند برای جداسازی  $\text{Fe}^{3+}$  از مخلوط یون‌های آهن از محلول آبی سدیم هیدروکسید استفاده کرد.

عبارت (ث): برای شناسایی کاتیون  $\text{Fe}^{2+}$  از محلول حاوی آنیون  $\text{OH}^-$  و برای شناسایی آنیون  $\text{Cl}^-$  از محلول حاوی کاتیون  $\text{Ag}^+$  استفاده می‌شود.

۸۹۳ A همه موارد داده شده، جزء ویژگی‌های طلا هستند. چکش‌خواری بالا و نرم بودن، رسانایی الکتریکی بالا و حفظ این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون، همچنین واکنش ندادن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب زیاد (نه جذب!) پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی‌های خاص طلاست.

۸۹۴ B همه عبارتهای درست هستند. فلز طلا به اندازه‌های چکش‌خوار و نرم است که چند گرم از آن را می‌توان با چکش کاری به صفحه‌ای با مساحت چند مترمربع تبدیل کرد. به همین دلیل ساخت برگه‌ها و رشته سیم‌های نازک (نخ طلا) به راحتی امکان‌پذیر است. هر چند طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می‌شود اما مقدار آن در معادن طلا بسیار کم است، به طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید از حجم انبوهی خاک معدن استفاده کرد. به همین دلیل پسماند زیادی تولید می‌شود. همچنین ویژگی‌های خاص طلا سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی روز به روز افزایش یابد. از جمله این ویژگی‌ها واکنش ندادن با گازهای هواکره است که دلیل استفاده از این فلز در ساخت مدال و زیورآلات (شکل الف) و رسانایی الکتریکی بالا و حفظ آن در شرایط دمایی گوناگون است که دلیل استفاده از این فلز در ساخت قطعات الکترونیکی (شکل ب) است. همچنین از این فلز به دلیل بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی در لباس‌های فضانوردان استفاده می‌شود تا مانع رسیدن پرتوهای خطرناک خورشید به چشم‌های فضانورد شود.

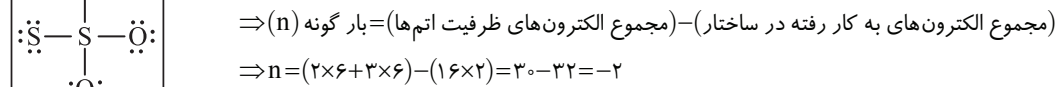
**۱ ۸۹۵ B** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): رنگ شعله فلز مس همانند رنگ مخلوط بنزین خودرو سبز است. عبارت (ب): رنگ شعله گوگرد همانند رنگ شعله سوختن کامل گاز شهری، آبی است. عبارت (پ): رنگ محلول ید در هگزان همانند رنگ نخستین خط موجود در طیف نشری خطی هیدروژن بنفش می‌باشد. عبارت (ت): رنگ شعله فلز سدیم همانند رنگ فلز طلا زرد می‌باشد. توجه داشته باشید که سدیم همانند طلا فلزی نرم است.

**۱ ۸۹۶ C** عبارت‌های (ب) و (ث) درست‌اند. دو عنصر اول گروه ۱۶ به ترتیب O و S هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): SO ترکیبی حاوی این دو عنصر است که شکل خطی دارد و قطبی است. سایر ترکیبات حاوی این دو عنصر مانند SO<sub>۲</sub> (قطبی) و SO<sub>۳</sub> (ناقطبی)، شکل‌هایی غیرخطی دارند. (نکته: SO در کتاب درسی ذکر نشده ولی باید در نظر گرفته شود). عبارت (ب): اکسیژن در طبیعت به صورت عنصری در قالب مولکول‌های O<sub>۲</sub> و O<sub>۳</sub> دیده می‌شود. گوگرد نیز به صورت S<sub>۸</sub> دیده می‌شود. همچنین این عناصر به صورت ترکیب با خودشان عناصر مختلف نیز دیده می‌شود. عبارت (پ): آرایش الکترونی دو عنصر را می‌بینیم:

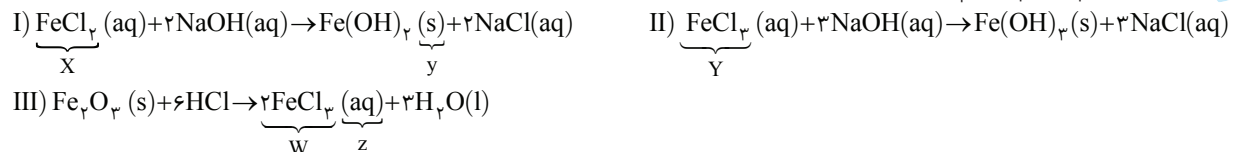


عدد اتمی S ۱۶ دو برابر O ۸ است اما شمار زیرلایه‌های گوگرد دو برابر اکسیژن نیست. عبارت (ت): گوگرد و اکسیژن علاوه بر ترکیباتی دوتایی مانند SO<sub>۲</sub>، SO<sub>۳</sub>، S<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> و ... ترکیباتی مثل H<sub>۲</sub>SO<sub>۴</sub> با افزایش بیش از دو عنصر نیز تشکیل می‌دهند. همچنین در یک گروه از بالا به پایین به دلیل افزایش شمار لایه‌های الکترونی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد. بنابراین شعاع اتمی O < S است. اما در نافلزات با افزایش شعاع اتمی، واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد. بنابراین این جمله صحیح است.

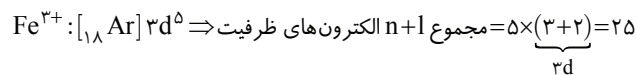
عبارت (ث): گونه مورد نظر S<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub><sup>n</sup> است که ساختار مشابه SO<sub>۳</sub><sup>۲-</sup> دارد:



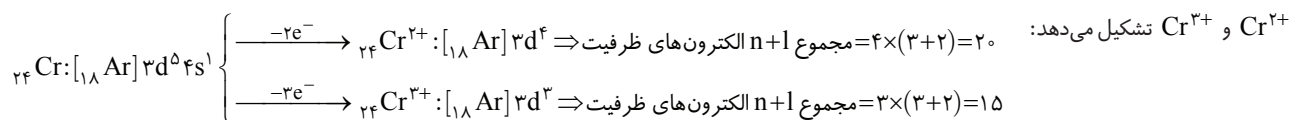
**۲ ۸۹۷ C** عبارت‌های سوم، چهارم و پنجم درست هستند. معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



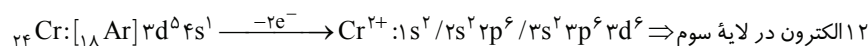
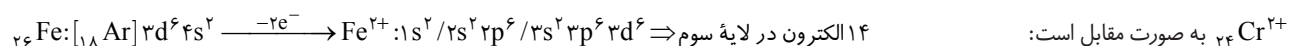
بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: y حالت Fe(OH)<sub>y</sub> نامحلول را نشان می‌دهد که به صورت رسوب (s) است. از طرفی z حالت FeCl<sub>y</sub> محلول در آب را نشان می‌دهد که به صورت (aq) است. عبارت دوم: از واکنش (III) نه برای شناسایی کاتیون آهن بلکه برای حل کردن زنگ آهن در آب استفاده می‌شود. عبارت سوم: همان آهن (II) کلرید و Y و W معادل آهن (III) کلرید هستند. آرایش الکترونی یون آهن (III) به صورت زیر است:



عبارت چهارم: مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش‌های (I)، (II) و (III) به ترتیب برابر ۸، ۶، ۱۲ است. عبارت پنجم: عنصر کروم (Cr) دو کاتیون پایدار

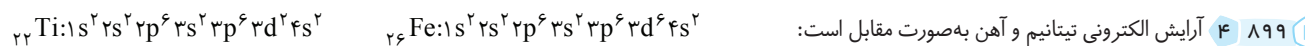


با توجه به اعداد به دست آمده، منظور سؤال یون Cr<sup>۲+</sup> است: از طرفی X معادل FeCl<sub>y</sub> می‌باشد که آرایش الکترونی کاتیون آن، یعنی Fe<sup>۲+</sup> به همراه یون



**۳ ۸۹۸ A** همه عبارت‌ها به جز مورد (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت): واکنش‌پذیری هر عنصر به معنای تمایل آن به انجام واکنش شیمیایی است. هرچه واکنش‌پذیری اتم‌های عنصری بیشتر باشد، در شرایط یکسان تمایل آن برای تبدیل شدن به ترکیب بیشتر است. هرچه فلز فعال‌تر باشد، میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و ترکیب‌هایش پایدارتر از خودش است. به دیگر سخن هرچه واکنش‌پذیری فلزی بیشتر باشد، استخراج آن فلز دشوارتر است. عبارت (ث): با توجه به جدول مقابل، واکنش‌پذیری و در نتیجه تمایل به تشکیل کاتیون در روی بیشتر از مس است.

**۴ ۸۹۹ B** آرایش الکترونی تیتانیم و آهن به صورت مقابل است:

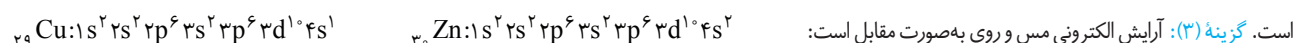


فلز تیتانیم (Ti) دارای ۵ زیرلایه دو الکترونی و فلز آهن (Fe) دارای ۳ زیرلایه ۶ الکترونی است. فلز Ti واکنش‌پذیرتر از فلز Fe است و در نتیجه استخراج آن دشوارتر است. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): آهن (Fe) عنصری است که در گروه ۸ و دوره چهارم جدول دوره‌ای قرار دارد. همچنین آخرین فلز دسته d که در تناوب چهارم قرار

دارد، روی (Zn) است. واکنش‌پذیری روی از آهن بیشتر بوده و در نتیجه استخراج روی دشوارتر است. گزینه (۲): عنصر Cu با آرایش لایه طرفیت 3d<sup>۱۰</sup> 4s<sup>۱</sup> دارای

۱۱ الکترون طرفیت است و عنصر Fe با آرایش لایه طرفیت 3d<sup>۶</sup> 4s<sup>۲</sup> دارای ۶ الکترون در زیرلایه d است. واکنش‌پذیری فلز Cu کمتر از فلز Fe است و استخراج آن آسان‌تر

است. گزینه (۳): آرایش الکترونی مس و روی به صورت مقابل است:



فلز Cu دارای ۷ الکترون با l=0 و ۱۸ الکترون با n=3 است و در فلز Zn همه زیرلایه‌ها از الکترون پر شده‌اند. واکنش‌پذیری Cu کمتر از Zn است و در نتیجه استخراج Cu آسان‌تر است.

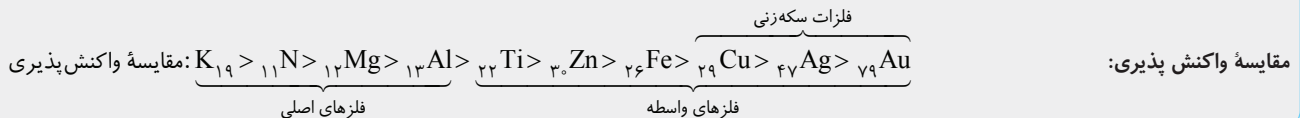
واکنش‌پذیری			
رفتار	زیاد	کم	ناچیز
نام فلز	سدیم، پتاسیم	آهن، روی، مس، نقره، طلا	



**۲ ۹۰۰ B** عبارتهای اول و چهارم درست‌اند. بررسی عبارتهای: عبارت اول: در یک دوره از جدول تناوبی از چپ به راست تعداد لایه‌های اصلی ثابت می‌ماند ولی تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد و جاذبه هسته روی الکترون‌ها افزایش می‌یابد؛ پس شعاع اتمی کاهش می‌یابد. عبارت دوم: برخی از فلزات کاتیون پایدار تشکیل می‌دهند ولی به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. مثل  $V^{3+}$ ،  $Fe^{3+}$  و ... عبارت سوم: برخی از نافلزها مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و ... و برخی از فلزها مثل طلا، پلاتین و ... در طبیعت به شکل آزاد یافت می‌شوند. عبارت چهارم: واکنش‌پذیری هر عنصر به معنای تمایل آن به انجام واکنش شیمیایی و تبدیل شدن به ترکیب می‌باشد. پس هر چه واکنش‌پذیری یک فلز بیشتر باشد، میل آن به ایجاد ترکیب بیشتر بوده و استخراج آن دشوارتر است.

**۱ ۹۰۱ B**

**# نکته ترکیب** برای پیش‌بینی انجام‌پذیر بودن یا نبودن یک واکنش شیمیایی که در هر طرف معادله آن تنها یک گونهٔ عنصری وجود دارد، کافی است واکنش‌پذیری دو عنصر را مقایسه کنید. چنانچه واکنش‌پذیری عنصر سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، آن واکنش به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است. در غیر این صورت واکنش به‌طور طبیعی انجام‌ناپذیر می‌باشد. در زیر مقایسهٔ واکنش‌پذیری تعدادی از عناصر آورده شده است. این مقایسه را به خوبی به خاطر بسپارید. (حفظ کنید!)

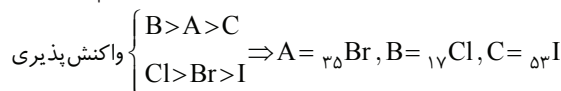


مس فلزی از عناصر واسطه است. واکنش‌پذیری عناصر واسطه از همهٔ فلزهای اصلی کمتر است؛ بنابراین فلز مس نمی‌تواند یک فلز اصلی را از ترکیب آن با اکسیژن خارج کند، در نتیجه این واکنش به‌طور طبیعی انجام‌ناپذیر است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): واکنش‌پذیری منیزیم از هیدروژن بیشتر است و منیزیم می‌تواند هیدروژن را از ترکیب آن با هالوژن‌ها خارج کند. گزینه (۳): این معادله، واکنش فلزهای قلیایی با آب را نشان می‌دهد که منجر به تشکیل محلول قلیایی هیدروکسید فلز و گاز هیدروژن می‌شود. گزینه (۴): یک واکنش اکسایش-کاهش است که در آن Na نقش کاهنده و  $X_p$  نقش اکسنده را دارد و به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است.

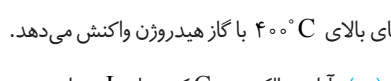
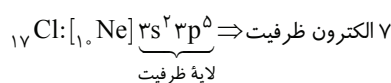
**۳ ۹۰۲ B** عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مقایسهٔ واکنش‌پذیری عنصرهای فلزی در یک دوره به‌صورت «فلزهای اصلی دسته  $s < p$  فلزهای اصلی دسته  $p < d$  فلزهای واسطه» است. از طرفی هر چه واکنش‌پذیری یک فلز بیشتر باشد، استخراج آن فلز دشوارتر است. عبارت (ب): فلز روی فعال‌تر از فلز آهن است ولی هر دو واکنش‌پذیری کمی دارند. عبارت (پ): مس و نقره واکنش‌پذیری ناچیزی دارند و آهن واکنش‌پذیری کمی دارد. عبارت (ت): مقایسهٔ واکنش‌پذیری تعدادی از فلزها به‌صورت « $Na > Al > Zn > Au$ » است. بنابراین ترکیب روی اکسید (ZnO) با Na و Al واکنش می‌دهد ولی با Au وارد واکنش نمی‌شود. عبارت (ث): نقره بر محلول  $Cu^{2+}$  بی‌اثر است اما آهن به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر نسبت به Cu، با یون  $Cu^{2+}$  وارد واکنش می‌شود. بنابراین نمی‌توان محلولی از یون‌های  $Cu^{2+}$  را در ظرفی آهنی نگهداری کرد.

**۱ ۹۰۳ B** عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. با توجه به انجام‌ناپذیر بودن واکنش‌های (I) و (III) و انجام‌پذیر بودن واکنش (II)، مقایسهٔ واکنش‌پذیری عنصرها به‌صورت مقابل است: (گرافیت، s)  $A > C$  III)  $B > Ca$  II)  $Zn > X$  I) بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز B واکنش‌پذیرتر از کلسیم و عنصر کلسیم واکنش‌پذیرتر از Zn است، در حالی که فلز X واکنش‌پذیری کمتری از Zn دارد، پس واکنش‌پذیری و تمایل برای تشکیل کاتیون برای فلز B بیشتر از فلز X است. عبارت (ب): فلز B واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به Ca دارد، پس می‌تواند K را از فلز B جدا کند. عبارت (پ): X واکنش‌پذیری کمتری نسبت به Zn دارد، پس می‌تواند Fe باشد. فلز Fe بیشترین مصرف سالانه را در جهان دارد. عبارت (ت): واکنش‌پذیری فلز A بیشتر از کربن و واکنش‌پذیری کربن بیشتر از آهن است. بنابراین واکنش « $A + FeO \rightarrow Fe + AO$ » انجام‌پذیر است و فرآورده‌ها پایدار است. واکنش‌پذیری کمتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند. عبارت (ث): فلز B واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به کلسیم و روی دارد. بنابراین روی نمی‌تواند اثری بر  $B^{2+}$  بگذارد. فلز A واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به گرافیت و مس دارد و مس نمی‌تواند با یون  $A^{2+}$  وارد واکنش شود.

**۳ ۹۰۴ C** عبارتهای (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. در گروه هالوژن‌ها، عناصر کلر، برم و ید، سه عنصر متوالی هستند که در دما و فشار اتاق به ترتیب حالت‌های فیزیکی گاز، مایع و جامد را دارند. با توجه به اینکه در گروه‌های نافلزات، از بالا به پایین، واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد؛ پس واکنش‌پذیری کلر از برم بیشتر و برم از ید بیشتر است. بررسی واکنش‌ها: در واکنش (I)، عنصر A توانسته جایگزین C در ترکیب با سدیم شود؛ پس واکنش‌پذیری A از C بیشتر است. در واکنش (III) عنصر B توانسته جایگزین A در ترکیب با سدیم شود؛ پس واکنش‌پذیری B از A بیشتر است. تا همین‌جا، کار مقایسهٔ واکنش‌پذیری سه عنصر به دست آمده و نیازی به بررسی واکنش سوم نیست:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی A که همان  ${}_{35}Br$  است، به صورت مقابل می‌باشد:

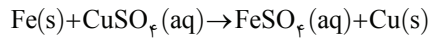


در حدود ۴۱٪ ( $\frac{1}{17} \times 100$ ) از الکترون‌های کلر در لایهٔ ظرفیت آن قرار دارند. عبارت (پ): C همان ید است که در دماهای بالای  $400^\circ C$  با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (ت): تفاوت عدد اتمی عناصر A و B که به ترتیب  ${}_{35}Br$  و  ${}_{17}Cl$  هستند، برابر ۱۸ ( $35 - 17$ ) است. عبارت (ث): آرایش الکترونی C که همان  ${}_{53}I$  است، به صورت مقابل می‌باشد:



۱ ۹۰۵ فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش پذیری فلز آهن بیشتر از فلز مس است و میل بیشتری برای تبدیل شدن به کاتیون و

ایجاد ترکیب دارد. بنابراین فلز آهن، مس را از ترکیب مس (II) سولفات خارج می‌کند و جای آن را در ترکیب می‌گیرد. در این واکنش فلز آهن به کاتیون  $Fe^{2+}$  تبدیل شده و با یون  $SO_4^{2-}$  ترکیب  $FeSO_4$  را ایجاد می‌کند. واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



عبارت (ب): محلول مس (II) سولفات آبی رنگ است و در طی واکنش و با مصرف آن از مقدار رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. عبارت (پ): واکنش پذیری فلز نقره کمتر از مس است. پس میان نقره و محلول مس (II) سولفات واکنشی انجام نمی‌شود. عبارت (ت): مطابق معادله واکنش خواهیم داشت:

$$? g Fe = \frac{3}{2} g Cu \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = \frac{2}{8} g Fe$$

بنابراین در این واکنش با تولید  $\frac{3}{2}$  گرم فلز مس،  $\frac{2}{8}$  گرم آهن مصرف می‌شود. عبارت (ث): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای مصرف یک مول آهن (۵۶g)، یک مول مس (۶۴g) تولید شده و ۲ مول الکترون میان گونه‌ها مبادله می‌شود؛ به این ترتیب به ازای ۸ گرم افزایش جرم تیغه در طی واکنش، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$? e^- = \frac{2 \text{ mole } e^-}{8 \text{ g (افزایش جرم)}} \times \frac{6}{10} \times \frac{2 \times 10^{-23} e^-}{1 \text{ mole } e^-} = \frac{1}{20} \times 4 \times 10^{-23} e^-$$

۳ ۹۰۶ با توجه به معادله واکنش به ازای مصرف ۱ مول آهن (۵۶g)، ۱ مول رسوب مس (۶۴g) تولید می‌شود. با فرض اینکه همه رسوب مس تولید شده روی تیغه آهنی بنشیند، تغییر جرم تیغه برابر ۸ (۶۴-۵۶) گرم خواهد بود. اکنون به سادگی می‌توان مول آهن مصرفی در واکنش را به دست آورد.

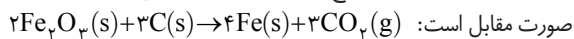
$$? g Fe = \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = \frac{1}{56} g Fe$$

بنابراین در این واکنش  $\frac{1}{56}$  مول آهن مصرف می‌شود. از آنجا که ضریب استوکیومتری مس (II) سولفات با آهن برابر است، پس مقدار مول مصرفی  $CuSO_4$  نیز برابر  $\frac{1}{56}$  بوده است. برای محاسبه غلظت محلول خواهیم داشت:

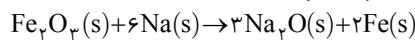
$$\frac{? \text{ mol}}{25 \text{ L}} = \frac{1}{56} \text{ mol} \Rightarrow ? = \frac{1}{56} \times 25 \text{ mol} = 0.446 \text{ mol}$$

۱ ۹۰۷ فقط مورد چهارم نادرست است. بررسی موارد: مورد اول: برای استخراج آهن، می‌توان از واکنش  $Fe_3O_4$  با فلز سدیم یا عنصر کربن بهره برد. مورد دوم:

از آنجا که دسترسی به کربن آسان‌تر است و صرفه اقتصادی بیشتری دارد، در همه شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود. کربن در دوره ۲ و گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. واکنش استخراج آهن به وسیله کربن به صورت مقابل است:

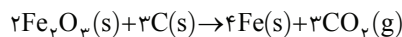


مجموع ضرایب گونه‌های عنصری (C و Fe) برابر ۷ است. مورد چهارم: واکنش استخراج آهن به وسیله سدیم به صورت زیر است:



در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های  $(Na_2O, Fe_3O_4)$  برابر ۴ است.

۳ ۹۰۸ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان همانند همه شرکت‌های فولاد جهان برای استخراج آهن مطابق واکنش زیر از کربن استفاده می‌شود:

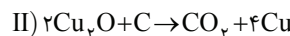
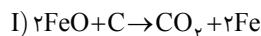


بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به جرم آهن تولید شده، مقدار کربن و آهن (III) اکسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? g Fe_3O_4 = 28 g Fe \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}_3O_4}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{160 \text{ g Fe}_3O_4}{1 \text{ mol Fe}_3O_4} = 40 g Fe_3O_4, \quad ? g C = 28 g Fe \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{3 \text{ mol C}}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 4 g C$$

پس در مجموع  $44 \frac{4}{5}$  (۴۰+۴/۵) از جرم واکنش دهنده‌ها کاسته می‌شود. عبارت (ب): عنصر کربن در ساختار همه مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. عبارت (پ): یون آهن به کاررفته در ساختار آهن (III) اکسید، یون  $Fe^{3+}$  است. این یون در ترکیب با یون هیدروکسید  $(OH^-)$ ، رسوب  $Fe(OH)_3$  ایجاد می‌کند. این رسوب به رنگ قرمز-قهوه‌ای است. عبارت (ت): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، نسبت مجموع ضرایب عنصرهای (C, Fe) به مجموع ضرایب ترکیب‌ها  $(Fe_3O_4, CO_2)$  برابر  $\frac{1}{4}$  است.

۳ ۹۰۹ مقایسه واکنش پذیری سه عنصر Fe, C و Cu به صورت  $C > Fe > Cu$  است و کربن می‌تواند Fe و Cu را از  $FeO$  و  $Cu_2O$  خارج کند:



جرم  $FeO$  و  $Cu_2O$  را به ترتیب X و Y گرم در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$? g CO_2 \text{ (I)} : x g FeO \times \frac{1 \text{ mol FeO}}{72 \text{ g FeO}} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol FeO}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{44x}{144} g CO_2$$

$$? g CO_2 \text{ (II)} : y g Cu_2O \times \frac{1 \text{ mol Cu}_2O}{144 \text{ g Cu}_2O} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol Cu}_2O} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{22y}{144} g CO_2$$

در ادامه یک معادله برای مجموع جرم اکسیدهای آهن و مس تشکیل می‌دهیم و یک معادله نیز برای مجموع جرم  $CO_2$  تولیدی و به این ترتیب مقدار X و Y را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} x + y = 288 \\ \frac{44x}{144} + \frac{22y}{144} = 66 \end{cases} \Rightarrow x = 144, y = 144$$

در ادامه دو قسمت مسئله را حل می‌کنیم: قسمت اول: محاسبه درصد جرمی  $Cu_2O$  در مخلوط اولیه:  $\frac{144}{288} \times 100 = 50\%$  درصد جرمی  $Cu_2O$  در مخلوط اولیه



قسمت دوم: محاسبه مول کاتیون‌ها در مخلوط اولیه:

$$? \text{ g Fe}^{2+} : 144 \text{ g FeO} \times \frac{1 \text{ mol FeO}}{72 \text{ g FeO}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}^{2+}}{1 \text{ mol FeO}} = 2 \text{ mol Fe}^{2+}$$

$$? \text{ g Cu}^{+} : 144 \text{ g Cu}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol Cu}_2\text{O}}{144 \text{ g Cu}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol Cu}^{+}}{1 \text{ mol Cu}_2\text{O}} = 2 \text{ mol Cu}^{+}$$

پس در مجموع، ۴ مول یون در مخلوط اولیه وجود داشته است.

۹۱۰ ۳ عبارتهای (ب)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. واکنش‌پذیری برای عنصرهای فلزی به معنای خصلت فلزی و برای عنصرهای نافلزی به معنای خصلت نافلزی است. در یک دوره از چپ به راست خصلت فلزی کاهش و خصلت نافلزی افزایش می‌یابد. پس عنصرهای اواسط دوره، کمترین خصلت فلزی را نسبت به عنصرهای فلزی و کمترین خصلت نافلزی را نسبت به عنصرهای نافلزی دارند در حالی که فلزهای ابتدای دوره بیشترین خصلت فلزی (واکنش‌پذیری) و نافلزهای انتهای دوره نیز بیشترین خصلت نافلزی (واکنش‌پذیری) را دارند و کمترین واکنش‌پذیری مربوط به عنصر گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. بنابراین عنصرهای A تا F به ترتیب Mg، Al، Si، P، S، Cl هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بیشترین شعاع اتمی در میان عنصرهای دوره سوم متعلق به عنصر Na<sub>۱۱</sub> است. عبارت (ب): خصلت فلزی و واکنش‌پذیری Mg<sub>۱۲</sub> بیشتر از Al<sub>۱۳</sub> و کمتر از K<sub>۱۹</sub> است. عبارت (پ): گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. عبارت (ت): خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه است. عبارت (ث): عنصر گوگرد به شکل آزاد در طبیعت وجود دارد و به صورت کانی‌های عنصری و ناخالص گوگرد یافت می‌شود.

۹۱۱ ۲ موارد اول، دوم و چهارم نادرست هستند. در جدول زیر، شرایط واکنش هالوژن‌ها با گاز هیدروژن را می‌بینیم:

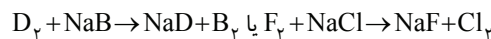
نام و نماد شیمیایی هالوژن	F (فلوئور)	Cl (کلر)	Br (برم)	I (ید)
شرایط واکنش با گاز هیدروژن (H <sub>۲</sub> )	حتی در دمای C° -۲۰۰ به سرعت	در دمای اتاق به آرامی	در دمای C° ۲۰۰	در دمای بالاتر از C° ۴۰۰

هالوژن	شرایط واکنش با H <sub>۲</sub> (دما برحسب درجه سلسیوس)
A <sub>۲</sub> = Br <sub>۲</sub>	در دمای E = ۲۰۰
B <sub>۲</sub> = Cl <sub>۲</sub>	در دمای اتاق (F = ۲۵) به آرامی
C <sub>۲</sub> = I <sub>۲</sub>	در دمای بالاتر از G = ۴۰۰
D <sub>۲</sub> = F <sub>۲</sub>	حتی در دمای H = -۲۰۰ به سرعت

با توجه به جدول بالا، می‌توانیم جدول صورت سؤال را به صورت زیر بازنویسی کنیم. ترتیب واکنش‌پذیری: D<sub>۲</sub> > B<sub>۲</sub> > A<sub>۲</sub> > C<sub>۲</sub>

مورد اول: H و F به ترتیب ۲۰۰- و ۲۵ هستند که اختلاف آن‌ها ۲۲۵ است. E و F نیز به ترتیب ۲۰۰ و ۲۵ هستند که اختلاف آن‌ها ۱۷۵ است. بنابراین اختلاف F و H کمتر از دو برابر اختلاف E و F است. مورد دوم: ترتیب واکنش‌پذیری به صورت مقابل است: D<sub>۲</sub> > B<sub>۲</sub> > A<sub>۲</sub> > C<sub>۲</sub>

مورد سوم: D<sub>۲</sub> + NaB → قابل انجام است. چرا که واکنش‌پذیری D یعنی فلوئور از B یعنی کلر بیشتر است.



مورد چهارم: با توجه به اینکه هر چهار مولکول ناقطبی هستند، برای مقایسه نیروی بین‌مولکولی آن‌ها، از مقایسه جرم مولی استفاده می‌کنیم. هر مولکولی که جرم مولی بیشتری داشته باشد، نیروی بین‌مولکولی آن بیشتر است. ترتیب نیروی بین‌مولکولی به صورت مقابل است:

مورد پنجم: هر چهار مولکول ناقطبی هستند. مقایسه نقطه جوش ترکیبات هیدروژن‌دار این گروه به صورت زیر است: «(HB) HCl < (HA) HBr < (HC) HI < (HD) HF»

۹۱۲ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (پ): فرمول مولکولی گلوکز به صورت C<sub>۶</sub>H<sub>۱۲</sub>O<sub>۶</sub> است:

$$? \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 200 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

۹۱۳ ۳ فرض می‌کنیم نمونه شامل ۱ مول آمونیوم نیترات (NH<sub>۴</sub>NO<sub>۳</sub>) است و جرم ناخالصی‌ها را برابر X در نظر می‌گیریم. پس خواهیم داشت:

$$\text{جرم اکسیژن} = \frac{48}{80+X} \times 100 = 33 \Rightarrow X = 65/45 \text{ g}$$

بنابراین مقدار ناخالصی در این نمونه برابر ۶۵/۴۵ گرم است. پس درصد خلوص آمونیوم نیترات برابر است با:

$$\text{درصد خلوص NH}_4\text{NO}_3 = \frac{80}{80+65/45} \times 100 = 55\%$$

اندکی بزرگ‌تر از ۱/۲

توضیح محاسبات: پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۵۰ است. (پاسخ: ۵۵)

$$\frac{80}{80+65/45} \times 100 = ? \rightarrow \frac{80 \times 100}{80+65} = \frac{80 \times 100}{145} > 50$$

۹۱۴ ۲ عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر درصد خلوص آهن در فولاد برابر ۹۷/۵ درصد باشد، درصد کربن در آن برابر ۲/۵ درصد است:

$$? \text{ atom C} = 2/4 \text{ ton فولاد} \times \frac{10^6 \text{ g فولاد}}{1 \text{ ton فولاد}} \times \frac{2/5 \text{ g C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{1 \text{ mol C}} = X = 3/0.1 \times 10^{27} \text{ atom C}$$



عبارت (ب): فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات به صورت  $(NH_4)_2SO_4$  است:

$$? g N = 15g (NH_4)_2SO_4 \times \frac{11g (NH_4)_2SO_4 \text{ خالص}}{100g (NH_4)_2SO_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 mol (NH_4)_2SO_4}{132g (NH_4)_2SO_4} \times \frac{2 mol N}{1 mol (NH_4)_2SO_4} \times \frac{14g N}{1 mol N} = 3.5g N$$

$$? atom H = 15g (NH_4)_2SO_4 \times \frac{11g (NH_4)_2SO_4 \text{ خالص}}{100g (NH_4)_2SO_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 mol (NH_4)_2SO_4}{132g (NH_4)_2SO_4} \times \frac{8 mol H}{1 mol (NH_4)_2SO_4} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} atom H}{1 mol H} = 6/0.2 \times 10^{23} atom H$$

عبارت (پ): جرم کل نمونه اولیه را  $m_t$  و جرم ماده خالص را  $m$  در نظر می‌گیریم: با توجه به رابطه درصد خلوص داریم:

$$(\%P) = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 12/5 = \frac{m}{m_t} \times 100 \Rightarrow m_t = 8m \quad (*)$$

با حذف ۱۰۴ گرم ناخالصی از نمونه، جرم نمونه از  $m_t$  به  $(m_t - 104)$  می‌رسد: اما  $m$  همچنان ثابت است:  $12/5 + 32/5 = 44/5$  درصد خلوص جدید  $(\%P')$

$$(\%P') = \frac{m}{m_t - 104} \times 100 = 45 \Rightarrow 100m = 45(m_t - 104) \xrightarrow{(*)} 100m = 45(8m) - 45 \times 104 \Rightarrow m = 18, m_t = 8 \times 18 = 144$$

جرم نمونه اولیه برابر ۱۴۴ و جرم ناخالصی خارج شده از آن برابر ۱۰۴ است: پس جرم ماده باقی‌مانده برابر  $40g (144 - 104)$  است.

+ توضیح محاسبات: دقت کنید که در حل معادله، نیازی به ضرب ۱۰۴ نیست: زیرا:

$$100m = 45(8m) - 45 \times 104 \Rightarrow 100m = 360m - 45 \times 104 \Rightarrow m = \frac{45 \times 104}{260} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{45 \times 104}{260} = \frac{45 \times 4}{10} = \frac{180}{10} = 18$$

$$\text{محلول} = 20 \text{ mL} \times \frac{1g}{1 \text{ mL}} = 20g$$

ابتدا جرم یون‌های سدیم مورد نیاز برای تهیه محلول را به دست می‌آوریم: **۹۱۵** **B**

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم } Na^+}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 115 = \frac{x \text{ g } Na^+}{20g} \times 10^6 \Rightarrow x = 2/3 \times 10^{-3} \text{ g } Na^+$$

سپس می‌توان جرم سدیم هیدروکسید (NaOH) ناخالص مورد نیاز را محاسبه کرد:

روش اول (کسر تبدیل):

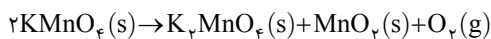
$$? g NaOH \text{ ناخالص} = 2/3 \times 10^{-3} \text{ g } Na^+ \times \frac{1 mol Na^+}{23g Na^+} \times \frac{1 mol NaOH}{1 mol Na^+} \times \frac{40g NaOH}{1 mol NaOH} \times \frac{100g NaOH \text{ ناخالص}}{80g NaOH \text{ خالص}} = 5 \times 10^{-3} \text{ g } NaOH \text{ ناخالص}$$

$$\frac{Na^+ \text{ جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم NaOH ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{2/3 \times 10^{-3}}{23} = \frac{x \times 40}{80} \Rightarrow x = 5 \times 10^{-3} \text{ g } NaOH \text{ ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{40 \times 2/3 \times 10^{-3} \times 100}{80 \times 23} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{40 \times 2/3 \times 10^{-3} \times 100}{2 \times 10^2} = \frac{10^{-1}}{2 \times 10^2} = \frac{1}{2 \times 10^3} = 5 \times 10^{-3}$$

+ توضیح محاسبات



**۹۱۶** **B** قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه‌رو است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? g MnO_2 \text{ ناخالص} = 79g KMnO_4 \times \frac{60g KMnO_4 \text{ خالص}}{100g KMnO_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 mol KMnO_4}{158g KMnO_4} \times \frac{1 mol MnO_2}{2 mol KMnO_4} \times \frac{87g MnO_2}{1 mol MnO_2} \times \frac{100g MnO_2 \text{ ناخالص}}{43/5g MnO_2 \text{ خالص}} = 3g MnO_2 \text{ ناخالص}$$

$$\frac{79 \times 60}{100 \times 158} \times \frac{1}{2} \times \frac{87}{43/5} = x \Rightarrow x = 3g MnO_2 \text{ ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{79 \times 60 \times 87 \times 100}{100 \times 158 \times 2 \times 43/5} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{79 \times 60 \times 87 \times 100}{100 \times 158 \times 2 \times 43/5} = \frac{60 \times 2 \times 100}{100 \times 2 \times 2} = \frac{60}{2} = 30$$

+ توضیح محاسبات



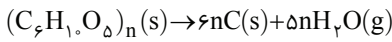
**۹۱۷** **B** معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل): جرم مولی فلز  $M$  را برابر  $x$  در نظر می‌گیریم:

$$10/0.8g O_2 = 129/3g MClO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{35g MClO_3 \text{ خالص}}{100g MClO_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 mol MClO_3}{(x+83/5)g MClO_3} \times \frac{3 mol O_2}{2 mol MClO_3} \times \frac{32g O_2}{1 mol O_2} \Rightarrow x + 83/5 = 215/5 \Rightarrow x = 132g$$

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } MClO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10/0.8}{3 \times 32} = \frac{129/3 \times 35}{2 \times (x + 83/5)} \Rightarrow x = 132g$$

روش دوم (تناسب):



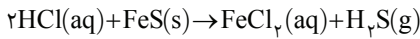
۲ ۹۱۸ B ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

حال با استفاده از جرم تنه درخت، جرم زغال را به دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$? \text{ kg C} = ۸۱ \text{ kg درخت} \times \frac{۱۰^۳ \text{ g تنه درخت}}{۱ \text{ kg تنه درخت}} \times \frac{۵۰ \text{ g سلولز}}{۱۰۰ \text{ g تنه درخت}} \times \frac{۱ \text{ mol سلولز}}{۱۶۲ \text{ n g سلولز}} \times \frac{\epsilon n \text{ mol C}}{۱ \text{ mol سلولز}} \times \frac{۱۲ \text{ g C}}{۱ \text{ mol C}} \times \frac{۱ \text{ kg C}}{۱۰^۳ \text{ g C}} \times \frac{۱۰۰ \text{ g C}}{۹۰ \text{ g C}} = ۲۰ \text{ kg C}$$

$$\frac{\text{جرم سلولز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم زغال ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۸۱ \times ۱۰^۳ \times \frac{۵۰}{۱۰۰} \times x \times \frac{۹۰}{۱۰۰}}{۱ \times ۱۶۲ n} = \frac{x \times ۹۰}{۶ n \times ۱۲} \Rightarrow x = ۲۰۰۰۰ \text{ g} = ۲۰ \text{ kg C}$$

روش دوم (تناسب):



۱ ۹۱۹ B معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

$$? \text{ g FeS} = ۴۴۸ \text{ mL } H_2S \times \frac{۱ \text{ mol } H_2S}{۲۲۴۰۰ \text{ mL } H_2S} \times \frac{۱ \text{ mol FeS}}{۱ \text{ mol } H_2S} \times \frac{۸۸ \text{ g FeS}}{۱ \text{ mol FeS}} = ۱/۷۶ \text{ g FeS}$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} = \frac{۱/۷۶ \text{ g خالص}}{۳/۱۵ \text{ g ناخالص}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{FeS درصد خلوص} = \frac{۱/۷۶ \text{ g}}{۳/۱۵ \text{ g}} \times ۱۰۰ \approx ۵۶\%$$

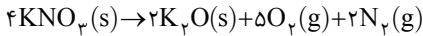
$$? \text{ g FeCl}_2 = ۴۴۸ \text{ mL } H_2S \times \frac{۱ \text{ mol } H_2S}{۲۲۴۰۰ \text{ mL } H_2S} \times \frac{۱ \text{ mol FeCl}_2}{۱ \text{ mol } H_2S} \times \frac{۱۲۷ \text{ g FeCl}_2}{۱ \text{ mol FeCl}_2} = ۲/۵۴ \text{ g FeCl}_2$$

قسمت دوم:

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم FeS ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } H_2S}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم FeCl}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۳/۱۵ \times \frac{P}{۱۰۰}}{۱ \times ۸۸} = \frac{۴۴۸}{۱ \times ۲۲۴۰۰} = \frac{\text{جرم FeCl}_2}{۱ \times ۱۲۷} \Rightarrow P = ۵۶\% \text{ و } \text{جرم FeCl}_2 = ۲/۵۴ \text{ g}$$

۳ ۹۲۰ B روش اول (کسر تبدیل): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای مصرف ۴ مول  $KNO_3$ ، مجموعاً ۷ مول  $N_2$  و  $O_2$  تولید می‌شود.



$$? \text{ g } KNO_3 \text{ ناخالص} = ۴/۲ \times ۱۰^۲۳ \times \frac{۱ \text{ mol } (N_2, O_2)}{۶ \times ۱۰^۲۳ \text{ مولکول}} \times \frac{۴ \text{ mol } KNO_3}{۷ \text{ mol } (N_2, O_2)} \times \frac{۱۰۱ \text{ g } KNO_3}{۱ \text{ mol } KNO_3} \times \frac{۱۰۰ \text{ g } KNO_3 \text{ ناخالص}}{۸۰ \text{ g } KNO_3 \text{ خالص}} = ۵۰/۵ \text{ g } KNO_3$$

$$\frac{\text{جرم } KNO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مجموع مولکول های فرآورده}}{N_A \times \text{مجموع ضرایب فرآورده ها}} \Rightarrow \frac{x \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{۴ \times ۱۰۱} = \frac{۴/۲ \times ۱۰^۲۳}{۷ \times ۶ \times ۱۰^۲۳} \Rightarrow x = ۵۰/۵ \text{ g } KNO_3$$

روش دوم (تناسب):



۲ ۹۲۱ B قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

$$? \text{ g } MnO_2 \text{ ناخالص} = ۱۲ \text{ g } H_2O \times \frac{۱ \text{ mol } H_2O}{۱۸ \text{ g } H_2O} \times \frac{۱ \text{ mol } MnO_2}{۲ \text{ mol } H_2O} \times \frac{۸۷ \text{ g } MnO_2}{۱ \text{ mol } MnO_2} \times \frac{۱۰۰ \text{ g } MnO_2 \text{ ناخالص}}{۵۰ \text{ g } MnO_2 \text{ خالص}} = ۵۸ \text{ g } MnO_2$$

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } MnO_2 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۲}{۲ \times ۱۸} = \frac{x \times \frac{۵۰}{۱۰۰}}{۱ \times ۸۷} \Rightarrow x = ۵۸ \text{ g } MnO_2$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش به صورت  $Cl_2 + ۲KI \rightarrow I_2 + ۲KCl$  است.

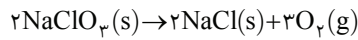
$$? \text{ L KI محلول} = ۱۲ \text{ g } H_2O \times \frac{۱ \text{ mol } H_2O}{۱۸ \text{ g } H_2O} \times \frac{۱ \text{ mol } Cl_2}{۲ \text{ mol } H_2O} \times \frac{۲ \text{ mol KI}}{۱ \text{ mol } Cl_2} \times \frac{۱ \text{ L KI محلول}}{۱/۶۷ \text{ mol KI}} = ۰/۴ \text{ L KI محلول}$$

روش اول (کسر تبدیل):

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه در واکنش اول یک مول  $Cl_2$  تولید و در واکنش دوم یک مول  $Cl_2$  مصرف می‌شود، داریم:

$$۲ \text{ mol } H_2O \sim ۲ \text{ mol KI} \Rightarrow \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت محلول KI} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۲}{۱۸ \times ۲} = \frac{V \times ۱/۶۷}{۲} \Rightarrow V = ۰/۴ \text{ L}$$

$$\frac{۱۲ \times ۲}{۱۸ \times ۲ \times ۱/۶۷} = ? \xrightarrow{\text{به جای } ۱/۶۷ \text{ عدد } \frac{۵}{۳} \text{ قرار داده و ساده می‌کنیم.}} \frac{۱۲ \times ۲}{۱۸ \times ۲ \times \frac{۵}{۳}} = \frac{۱۲}{۶ \times ۵} = ۰/۴$$



B ۹۲۲ ۴ معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

کاهش جرم مواد جامد در واکنش بالا مربوط به تولید گاز  $\text{O}_2$  است. **روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا جرم  $\text{NaClO}_3$  خالص مصرف شده در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g NaClO}_3 = 28/18 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol NaClO}_3}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{106 \text{ g NaClO}_3}{1 \text{ mol NaClO}_3} = 63/9 \text{ g NaClO}_3$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 = \frac{63/9}{426} \times 100 = 15\%$$

سپس درصد خلوص  $\text{NaClO}_3$  را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaClO}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{28/18}{3 \times 32} = \frac{426 \times \frac{P}{100}}{2 \times 106/5} \Rightarrow P = 15\%$$

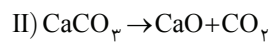
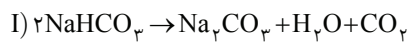
روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

پاسخ اندکی کوچک‌تر از ۱۶ است (پاسخ: ۱۵)

$$P = \frac{28/18 \times 2 \times 106/5 \times 100}{3 \times 32 \times 426} \rightarrow \frac{30 \times 2 \times 106/5 \times 100}{3 \times 32 \times 426} = \frac{10 \times 100}{16 \times 4} = \frac{1000}{64} = 16$$

تخمین زدن و ساده سازی به جای ۲۸/۱۸ عدد ۳۰ قرار گیرد



B ۹۲۳ ۳ معادله واکنش‌ها به صورت مقابل است:

جرم  $\text{NaHCO}_3$  ناخالص را  $x$  گرم و درصد خلوص آن را  $P_1$  و جرم  $\text{CaCO}_3$  ناخالص را  $y$  گرم و درصد خلوص آن را  $P_2$  در نظر می‌گیریم. جرم  $\text{CO}_2$  تولیدی در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = x \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{P_1}{100} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{11xP_1}{4200} \text{ g CO}_2$$

$$? \text{ g CO}_2 = y \text{ g CaCO}_3 \times \frac{P_2}{100} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = \frac{44yP_2}{10000} \text{ g CO}_2$$

$$\frac{11xP_1}{4200} = \frac{44yP_2}{10000} \rightarrow \frac{P_2 = 2P_1}{y} \rightarrow \frac{x}{y} = 3/36$$

با توجه به برابری جرم‌های  $\text{CO}_2$  تولید در دو واکنش خواهیم داشت:



B ۹۲۴ ۲ معادله موازنه شده واکنش:

با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای مصرف یک مول  $\text{MnO}_2$ ، ۱ مول  $\text{MnCl}_2$  (۱۲۶ گرم) و ۱ مول گاز کلر (۷۱ گرم) تولید می‌شود. پس اختلاف جرم این دو ماده برابر ۵۵ گرم خواهد شد.

$$? \text{ g MnO}_2 = 10 \text{ g MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{55 \text{ g MnO}_2} \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{17 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} \times \frac{100 \text{ g MnO}_2}{17 \text{ g MnO}_2} = 10 \text{ g MnO}_2$$

C ۹۲۵ ۴ ابتدا فرض می‌کنیم که در این نمونه کلسیم کربنات، درصد خلوص  $\text{CaCO}_3$  برابر با  $R\%$  است و جرم کلسیم کربنات و ناخالصی‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{نمونه کلسیم کربنات: } \text{CaCO}_3 \text{ جرم} = 30 \times \frac{R}{100} = (0/3R) \text{ g} \quad \text{جرم ناخالصی‌ها} = 30 - (30 \times \frac{R}{100}) = (30 - 0/3R) \text{ g}$$

سپس از جرم کلسیم کربنات خالص، جرم کربن دی‌اکسید را برحسب  $R$  به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g CO}_2 = (30 - 0/3R) \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = (0/132R) \text{ g CO}_2$$

و با توجه به اطلاعات مسئله، مقدار  $R$  را به دست می‌آوریم:

$$0/70 = \frac{0/132R - (30 - 0/3R)}{24} \Rightarrow R = 70\%$$

اکنون درصد خلوص  $\text{CaO}$  تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ g CaO} = 30 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{56 \text{ g CaO}}{1 \text{ mol CaO}} = 11/76 \text{ g CaO}$

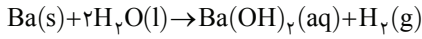
$$\text{درصد خلوص CaO} = \frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100 = \frac{11/76 \text{ g}}{14 \text{ g}} \times 100 = 84\%$$

$$\frac{\text{درصد خلوص CaO} \times \text{جرم مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{درصد خلوص CaO} \times \text{جرم مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{30 \times \frac{70}{100}}{100 \times 1} = \frac{14 \times \frac{P}{100}}{56 \times 1} \Rightarrow P = 84\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد خلوص CaO}}{\text{درصد خلوص CaCO}_3} = \frac{84}{70} = 1/2$$

در آخر نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:



قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL H}_2 = 54/8 \text{ g Ba} \times \frac{1 \text{ mol Ba}}{137 \text{ g Ba}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Ba}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{1 \text{ L H}_2}{1000 \text{ mL H}_2} \times \frac{1000 \text{ mL H}_2}{1 \text{ L H}_2} = 72 \text{ mL H}_2$$

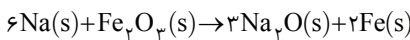
$$\frac{\text{جرم باریوم}}{100} \times \frac{P}{100} = \frac{\text{چگالی} \times \text{حجم H}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{54/8 \times 72}{1 \times 137} = \frac{x \times 100/8}{1 \times 2} \Rightarrow x = 72 \text{ mL}$$

روش دوم (تناسب):

$$M = \frac{10 \times 5/7 \times 1/2}{171} = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

قسمت دوم: ابتدا مولاریته محلول  $\text{Ba(OH)}_2$  را به دست می آوریم:

$$\frac{\text{جرم باریوم ناخالص}}{100} \times \frac{P}{100} = \frac{\text{غلظت} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{54/8 \times 72}{100} = \frac{V \times 0/4}{1} \Rightarrow V = 72 \text{ mL}$$



معادله واکنش داده شده به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل): مقدار سدیم خالص را برابر  $x$  گرم در نظر می گیریم و جرم  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  مصرف شده و  $\text{Na}_2\text{O}$  تولید شده را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g Fe}_2\text{O}_3 = x \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{6 \text{ mol Na}} \times \frac{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} = \frac{80x}{69} \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$

$$? \text{ g Na}_2\text{O} = x \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{3 \text{ mol Na}_2\text{O}}{6 \text{ mol Na}} \times \frac{62 \text{ g Na}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} = \frac{93x}{69} \text{ g Na}_2\text{O}$$

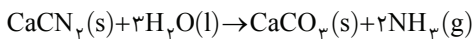
$$\text{جرم ناخالصی ها در نمونه سدیم} = 138 - 82/8 = 55/2 \text{ g} = \frac{80x}{69} + \frac{93x}{69} = 207/6 \Rightarrow x = 82/8 \text{ g Na}$$

$$\frac{\text{جرم سدیم}}{100} \times \frac{P}{100} = \frac{\text{جرم Fe}_2\text{O}_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Na}_2\text{O}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{138 \times P}{100} = \frac{y \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \times 160} = \frac{z \text{ g Na}_2\text{O}}{3 \times 62} \Rightarrow y = 1/6P, z = 1/86P$$

$$\text{جرم Na}_2\text{O} = y + z = 207/6 \Rightarrow 1/6P + 1/86P = 207/6 \Rightarrow 3/46P = 207/6 \Rightarrow P = 6$$

$$\text{بنابراین جرم سدیم خالص برابر است با: } \frac{\text{جرم سدیم خالص}}{\text{جرم سدیم ناخالص}} \times 100 = 60 = \frac{x}{138} \times 100 \Rightarrow x = 82/8 \text{ g Na}$$

$$\text{جرم ناخالصی ها در نمونه سدیم} = 138 - 82/8 = 55/2 \text{ g}$$



قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

ابتدا حجم گاز  $\text{NH}_3$  تولیدی را در شرایط STP به دست می آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L NH}_3 = 100 \text{ g CaCN}_2 \times \frac{56 \text{ g CaCN}_2}{100 \text{ g CaCN}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCN}_2}{80 \text{ g CaCN}_2} \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol CaCN}_2} \times \frac{22/4 \text{ L NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 31/36 \text{ L NH}_3$$

$$\frac{\text{جرم CaCN}_2 \text{ ناخالص}}{100} \times \frac{P}{100} = \frac{\text{حجم (L)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{100 \times 56}{100} = \frac{x \text{ L NH}_3}{2 \times 22/4} \Rightarrow x = 31/36 \text{ L NH}_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 31/36}{273} = \frac{4/48 \times 1/2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 436/8 \text{ K}$$

اکنون با توجه به رابطه گازها می توان نوشت:

$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273 \Rightarrow 436/8 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = 163/8^{\circ}\text{C}$$

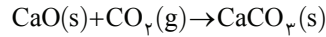
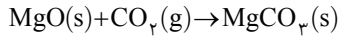
توجه کنید که دمای به دست آمده بر حسب کلون است و باید به درجه سلسیوس تبدیل شود:

قسمت دوم:

$$? \text{ g CaCO}_3 = 100 \text{ g CaCN}_2 \times \frac{56 \text{ g CaCN}_2}{100 \text{ g CaCN}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCN}_2}{80 \text{ g CaCN}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCN}_2} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 70 \text{ g CaCO}_3$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{70}{100} \times 100 = 70\% \Rightarrow \text{درصد ناخالصی} = 100 - 70 = 30\%$$

۳ ۹۲۹ C معادله واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:



جرم جامد باقی مانده برابر با مجموع جرم فراورده‌های تولید شده و جرم ناخالصی واکنش دهنده‌ها است:

$$? \text{ g MgCO}_3 = 88 \text{ g CO}_2 \times \frac{40}{100} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol MgCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{84 \text{ g MgCO}_3}{1 \text{ mol MgCO}_3} = 67/2 \text{ g MgCO}_3$$

$$? \text{ g CaCO}_3 = 88 \text{ g CO}_2 \times \frac{60}{100} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 120 \text{ g CaCO}_3$$

$$? \text{ g (MgO در ناخالصی)} = 88 \text{ g CO}_2 \times \frac{40}{100} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol MgO}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{40 \text{ g MgO}}{1 \text{ mol MgO}} \times \frac{2 \text{ g ناخالصی}}{80 \text{ g MgO}} = 8 \text{ g}$$

$$? \text{ g (CaO در ناخالصی)} = 88 \text{ g CO}_2 \times \frac{60}{100} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{56 \text{ g CaO}}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{4 \text{ g ناخالصی}}{60 \text{ g CaO}} = 44/8 \text{ g}$$

بنابراین مجموع جرم جامد باقی مانده در پایان واکنش برابر ۲۴۰g (۶۷/۲ + ۱۲۰ + ۸ + ۴۴/۸) و جرم فراورده‌های نهایی برابر ۱۸۷/۲g (۱۲۰ + ۶۷/۲) می‌باشد. اکنون درصد

$$\text{فراورده‌ها در جامد باقی مانده در پایان واکنش را محاسبه می‌کنیم:} \quad \frac{\text{جرم فراورده نهایی}}{\text{جرم جامد نهایی}} \times 100 = \frac{187/2}{240} \times 100 = 78\%$$

۲ ۹۳۰ C قسمت اول: طبق اطلاعات انحلال پذیری با رساندن دمای ۱۴۰g محلول سیرشده ماده A از دمای ۶۰°C به ۳۵°C به میزان ۱۰ گرم رسوب حاصل

می‌شود و چون در محلول داده شده با کاهش دما، ۵ گرم رسوب تشکیل می‌شود، پس جرم محلول سیرشده فاقد ناخالصی برابر ۷۰ گرم است و چون در دمای ۶۰°C در هر ۱۴۰g محلول سیرشده، ۴۰g ماده A خالص و ۱۰۰ گرم آب داریم؛ پس در ۷۰g محلول سیرشده ۲۰g ماده خالص A و ۵۰ گرم آب داریم:

$$\text{درصد خلوص ماده A} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 = \frac{20 \text{ g}}{25 \text{ g}} \times 100 = 80\%$$

قسمت دوم: محلول نهایی در دمای ۳۵°C حاوی ۲۰g ماده حل‌شونده (۱۵ گرم A و ۵ گرم ناخالصی) در هر ۵۰g آب است، پس داریم:

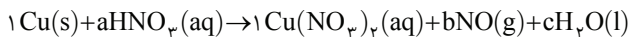
$$\text{محلول } 100 \text{ mL} = \frac{1 \text{ mL محلول}}{1/4 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} = 40 \text{ g محلول}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{2 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 4 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱ ۹۳۱ C ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم. موازنه را با عنصر Cu شروع می‌کنیم و ضریب Cu(s) و Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(aq) را برابر یک قرار می‌دهیم:

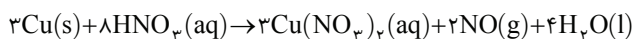


موازنه را نمی‌توان به روش وارسی ادامه داد و در ادامه باید از روش جبری استفاده کنیم:



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{H: } a = 2c \Rightarrow c = \frac{a}{2} \\ \text{N: } a = 1(2) + b \\ \text{O: } 3a = 1(3 \times 2) + b + c \end{array} \right\} \xrightarrow{c = \frac{a}{2}} \left\{ \begin{array}{l} a = 2 + b \\ 3a = 6 + b + \frac{a}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a - b = 2 \\ 2/5 a - b = 6 \end{array} \right\} \Rightarrow 1/5 a = 4 \Rightarrow a = \frac{20}{1}$$

پس مقادیر b و c به ترتیب برابر ۲/۳ و ۴/۳ است. این مقادیر را در معادله قرار می‌دهیم و برای غیرکسری شدن ضرایب، کل ضرایب را در ۳ ضرب می‌کنیم:



ابتدا جرم محلول اسید را با استفاده از چگالی آن محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g محلول اسید} = 25 \text{ mL محلول اسید} \times \frac{1.2 \text{ g}}{1 \text{ mL محلول اسید}} = 30 \text{ g محلول اسید}$$

سپس با استفاده از رابطه درصد جرمی محلول‌ها، HNO<sub>3</sub> موجود در محلول اسیدی را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 21 = \frac{x}{30} \times 100 \Rightarrow x = 6/3 \text{ g HNO}_3$$

با توجه به گفته سؤال، تمام این اسید در طول واکنش مصرف می‌شود؛ بنابراین برای مقدار گاز NO تولید شده برابر است با:

$$? \text{ L NO} = 6/3 \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} \times \frac{2 \text{ mol NO}}{8 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{24 \text{ L NO}}{1 \text{ mol NO}} \times \frac{1000 \text{ mL NO}}{1 \text{ L NO}} = 600 \text{ mL NO}$$

قسمت اول:





قسمت دوم: ابتدا جرم Cu مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

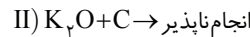
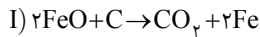
$$? \text{ g Cu (مصرفی)} = \frac{6}{3} \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 2/4 \text{ g Cu (مصرفی)}$$

دقت کنید، سؤال از ما مقدار مصرف نشده فلز (نه قطعه!) مس را می‌خواهد؛ بنابراین ابتدا جرم فلز خالص را محاسبه می‌کنیم و سپس درصدی از مس که وارد واکنش

$$\text{نشده را به دست می‌آوریم: } \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{x}{2} \times 100 \Rightarrow x = 8 \text{ g Cu}$$

$$\text{در نهایت درصد مس مصرف نشده را از رابطه مقابل به دست می‌آوریم: } \frac{\text{مقدار مصرف نشده - جرم فلز}}{\text{جرم فلز}} \times 100 = \frac{8 - 2/4}{8} \times 100 = 70\%$$

با توجه به اینکه واکنش‌پذیری کربن بیشتر از آهن و کمتر از پتاسیم است، واکنش (I) انجام می‌شود، اما واکنش (II) انجام‌ناپذیر است. **۹۳۲ C**



ابتدا جرم Fe تولید شده در واکنش (I) را محاسبه می‌کنیم:

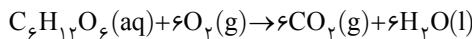
$$? \text{ g Fe} = 108 \text{ g FeO} \times \frac{1 \text{ mol FeO}}{100 \text{ g FeO}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol FeO}} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 71/4 \text{ g Fe}$$

در واکنش (I)،  $91/8 \times \frac{108}{100}$  گرم FeO خالص مصرف شده و در پایان تنها  $71/4$  گرم Fe در ظرف باقی مانده است. بنابراین  $20/4 \text{ g}$  (یا  $91/8 - 71/4$ )

جرم محتویات ظرف کاسته شده و جرم مخلوط نهایی به  $134/6 \text{ g}$  ( $108 + 47 - 20/4$ ) تغییر کرده است. اکنون جرم ناخالصی‌های موجود در نمونه اولیه FeO و  $\text{K}_2\text{O}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{FeO ناخالصی} = 108 \times \frac{15}{100} = 16/2 \text{ g} \quad \text{K}_2\text{O ناخالصی} = 47 \times \frac{3}{100} = 14/1 \text{ g}$$

$$\text{بنابراین درصد ناخالصی‌های موجود در مخلوط نهایی برابر است با: } \frac{16/2 + 14/1}{134/6} \times 100 = 22/5\%$$



معادله موازنه شده واکنش، به صورت مقابل است: **۹۳۳ C**

ابتدا غلظت گلوکز را در محلول اولیه به دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$? \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 3 \text{ L محلول} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{40/5 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6/75 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{غلظت مولی گلوکز} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{6/75 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 2/25 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times \text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 40/5 \times 1}{180} = 2/25 \text{ mol.L}^{-1}$$

**روش دوم (تستی):**

برای محاسبه غلظت مولی محلول پس از اکسایش گلوکزها، به دو نکته توجه کنید: ۱- طی این فرایند، ۲۰ درصد گلوکز موجود در محلول، مصرف شده و ۸۰ درصد آن باقی مانده است. ۲- حالت فیزیکی آب، به صورت مایع است؛ بنابراین ۲۰ درصد گلوکزی که مصرف می‌شود، منجر به تولید مقدار قابل توجهی آب می‌گردد که در غلظت نهایی محلول مؤثر است. ابتدا جرم آب تولید شده را محاسبه می‌کنیم. برای این کار، نخست مقدار مول‌های مصرفی و باقی مانده گلوکز را به دست می‌آوریم:

$$\text{مول گلوکز مصرفی} = \frac{\text{مول مصرف شده}}{\text{درصد مصرف شده}} \times 100 = \frac{6/75}{20} \times 100 = 4/5 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{شمار مول‌های مصرف شده} - \text{شمار مول‌های اولیه} = \text{شمار مول‌های باقی مانده} = 6/75 - 4/5 = 5/4 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

سپس حجم آب تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L H}_2\text{O} = 5/4 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{O}}{1000 \text{ mL H}_2\text{O}} = 0/14 \text{ L H}_2\text{O}$$

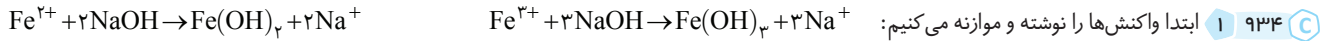
$$\text{حجم آب تولید شده} + \text{حجم اولیه محلول} = \text{حجم نهایی محلول} = 3 + 0/14 = 3/14 \text{ L}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{5/4 \text{ mol}}{3/14 \text{ L}} = 1/72 \text{ mol.L}^{-1}$$

در نهایت می‌توان غلظت نهایی محلول را به دست آورد:

$$\text{غلظت نهایی محلول} = \frac{1/72}{2/25} = 0/76$$

بنابراین نسبت غلظت نهایی به اولیه، برابر است با:



مجموع مول یون‌های آهن و مقدار مول NaOH را می‌یابیم:  $? \text{ mol } Fe^{2+} = \frac{4}{214} \times 10^{23} \text{ ion } Fe \times \frac{1 \text{ mol ion}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ion}} = 0.07 \text{ mol ion}$

$? \text{ mol } NaOH = \frac{40 \text{ g } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} \times \frac{1 \text{ mol } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} = 1.0 \text{ mol } NaOH$

تعداد مول  $Fe^{2+}$  را  $x$  فرض کرده و تعداد مول  $Fe^{3+}$  را  $(0.07 - x)$  در نظر می‌گیریم:

$? \text{ mol } NaOH = x \text{ mol } Fe^{2+} \times \frac{2 \text{ mol } NaOH}{1 \text{ mol } Fe^{2+}} = 2x \text{ mol } NaOH$

$? \text{ mol } NaOH = (0.07 - x) \text{ mol } Fe^{3+} \times \frac{3 \text{ mol } NaOH}{1 \text{ mol } Fe^{3+}} = (0.21 - 3x) \text{ mol } NaOH$

سپس مقدار  $x$  را محاسبه می‌کنیم:  $(2x) + (0.21 - 3x) = 1.0 \Rightarrow 2/1 - 3x = 1/0 \Rightarrow x = 0.3$

بنابراین در ابتدا  $0.3 \text{ mol } Fe^{2+}$  و  $0.4 \text{ mol } Fe^{3+}$  داشته‌ایم. حال جرم رسوب‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$? \text{ g } Fe(OH)_2 = 0.3 \text{ mol } Fe^{2+} \times \frac{1 \text{ mol } Fe(OH)_2}{1 \text{ mol } Fe^{2+}} \times \frac{90 \text{ g } Fe(OH)_2}{1 \text{ mol } Fe(OH)_2} = 27 \text{ g } Fe(OH)_2$

$? \text{ g } Fe(OH)_3 = 0.4 \text{ mol } Fe^{3+} \times \frac{1 \text{ mol } Fe(OH)_3}{1 \text{ mol } Fe^{3+}} \times \frac{107 \text{ g } Fe(OH)_3}{1 \text{ mol } Fe(OH)_3} = 42.8 \text{ g } Fe(OH)_3$

در آخر درصد جرمی رسوب سبزرنگ، یعنی  $Fe(OH)_2$  را در کل رسوب به دست می‌آوریم:

$Fe(OH)_2 \text{ جرمی} = \frac{\text{جرم } Fe(OH)_2}{\text{جرم کل رسوب‌ها}} \times 100 = \frac{27}{27 + 42.8} \times 100 = 38.7\%$

عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): بازده درصدی واکنش از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار فرآورده‌ای که در عمل به دست می‌آید}}{\text{مقدار فرآورده مورد انتظار در محاسبات استوکیومتری}} \times 100$

عبارت (ت): بازده درصدی، نسبتی است که مقدار آن برای اغلب واکنش‌ها، کمتر از ۱۰۰ است.



قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک جرم واکنش دهنده، مقدار نظری گاز تولیدی را به دست می‌آوریم و سپس به کمک رابطه بازده درصدی، بازده این واکنش

را محاسبه می‌کنیم:  $? \text{ kg } CO_2 = \frac{44}{18} \text{ kg } Fe_2O_3 \times \frac{100 \text{ g } Fe_2O_3}{1 \text{ kg } Fe_2O_3} \times \frac{1 \text{ mol } Fe_2O_3}{160 \text{ g } Fe_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{1 \text{ kg } CO_2}{1000 \text{ g } CO_2} = 36.96 \text{ kg } CO_2$

$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{18.48 \text{ kg } CO_2}{36.96 \text{ kg } CO_2} \times 100 = 50\%$

روش دوم (تناسب):  $\frac{Fe_2O_3 \text{ جرم} \times \frac{R}{100}}{CO_2 \text{ جرم}} = \frac{44/18 \times \frac{R}{100}}{1 \times 160} = \frac{18.48}{3 \times 44} \Rightarrow R = 50\%$

قسمت دوم: برای محاسبه جرم آهن تولیدی می‌توان از جرم گاز  $CO_2$  تولید شده استفاده کرد:

روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ kg } Fe = \frac{18.48 \text{ kg } CO_2}{1 \text{ kg } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{2 \text{ mol } Fe}{3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{56 \text{ g } Fe}{1 \text{ mol } Fe} \times \frac{1 \text{ kg } Fe}{1000 \text{ g } Fe} = 15.68 \text{ kg } Fe$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم } CO_2 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Fe \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{18.48 \times 10^3}{3 \times 44} = \frac{x}{2 \times 56} \Rightarrow x = 15.68 \text{ kg } Fe$



روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ L } H_2S = \frac{2}{5} \text{ L } HCl \times \frac{1/4 \text{ mol } HCl}{1 \text{ L } HCl} \times \frac{3 \text{ mol } H_2S}{6 \text{ mol } HCl} \times \frac{22.4 \text{ L } H_2S}{1 \text{ mol } H_2S} \times \frac{1}{100} = 29.6 \text{ L } H_2S$

روش دوم (تناسب):  $\frac{HCl \text{ محلول} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{H_2S \text{ گاز} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2/5 \times 1/4 \times \frac{R}{100}}{6} = \frac{x}{3 \times 22.4/4} \Rightarrow x = 29.6 \text{ L } H_2S$

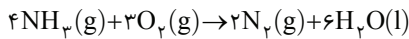


قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): طی واکنش حجم محلول تغییر نمی‌کند، پس برای محاسبه غلظت نهایی یون  $Fe^{3+}$ ، ابتدا مقدار مول نهایی  $Fe^{3+}$  را محاسبه و بر حجم محلول تقسیم می‌کنیم:

$$? \text{ mol ion } Fe^{3+} = 2/5 \text{ L محلول} \times \frac{1/4 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{2 \text{ mol } FeCl_3}{6 \text{ mol HCl}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe^{3+}}{1 \text{ mol } FeCl_3} \times \frac{75}{100} = 0/875 \text{ mol } Fe^{3+}$$

$$Fe^{3+} \text{ غلظت مولی} = \frac{0/875 \text{ mol}}{2/5 \text{ L}} = 0/35 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{HCl محلول} \times \text{HCl غلظت} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم محلول نهایی} \times \text{غلظت } Fe^{3+}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2/5 \times 1/4 \times \frac{75}{100}}{6} = \frac{2/5 \times x}{2} \Rightarrow x = 0/35 \text{ mol.L}^{-1}$$



۲ ۹۳۸ B معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک مجموع حجم واکنش دهنده‌های گازی، مقدار نظری آب تولیدی در این شرایط را به دست می‌آوریم و سپس به کمک بازده درصدی،

مقدار عملی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } H_2O = 392 \text{ L واکنش دهنده} \times \frac{1 \text{ mol واکنش دهنده}}{22/4 \text{ L}} \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{7 \text{ mol واکنش دهنده}} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{90}{100} = 243 \text{ g } H_2O$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع حجم واکنش دهنده‌های گازی} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{392 \times \frac{90}{100}}{7 \times 22/4} = \frac{x}{6 \times 18} \Rightarrow x = 243 \text{ g } H_2O$$



۱ ۹۳۹ B معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم  $NaN_3$  خالص را محاسبه می‌کنیم:

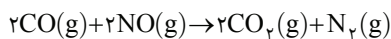
$$? \text{ g } NaN_3 = 2/7 \text{ L } N_2 \times \frac{1/68 \text{ g } N_2}{1 \text{ L } N_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} \times \frac{2 \text{ mol } NaN_3}{3 \text{ mol } N_2} \times \frac{65 \text{ g } NaN_3}{1 \text{ mol } NaN_3} \times \frac{90}{100} = 7/8 \text{ g } NaN_3$$

بازده واکنش

$$\text{جرم } NaN_3 \text{ خالص} = \frac{\text{جرم } NaN_3 \text{ ناخالص}}{13} \times 100 = \frac{7/8}{13} \times 100 = 6/7\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } NaN_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جگالی} \times \text{حجم } N_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{13 \times \frac{P}{100} \times \frac{90}{100}}{2 \times 65} = \frac{2/7 \times 1/68}{3 \times 28} \Rightarrow P = 6/7\%$$



۳ ۹۴۰ B قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری  $N_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L } N_2 = 4/2 \text{ g CO ناخالص} \times \frac{60 \text{ g CO خالص}}{100 \text{ g CO ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{28 \text{ g CO}} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol CO}} \times \frac{22400 \text{ mL } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 1008 \text{ mL } N_2$$

سپس بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{907/2 \text{ mL } N_2}{1008 \text{ mL } N_2} \times 100 = 90\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CO \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر } N_2}{\text{ضریب} \times 22400} \Rightarrow \frac{4/2 \times \frac{60}{100} \times \frac{R}{100}}{2 \times 28} = \frac{907/2}{1 \times 22400} \Rightarrow R = 90\%$$

قسمت دوم: معادله واکنش تجزیه  $CaCO_3$  به صورت  $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$  است.

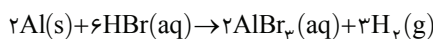
$$? \text{ g } CaCO_3 = 907/2 \text{ mL } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{22400 \text{ mL } N_2} \times \frac{2 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } N_2} \times \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{100 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} = 8/1 \text{ g } CaCO_3$$

+ توضیح محاسبات

پاسخ به ۸ نزدیک است. (پاسخ ۸/۱)  $10 - 2 = 8$

$$\frac{907/2 \times 2 \times 100}{22400} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{910 \times 2 \times 100}{22400} = \frac{910}{112} \xrightarrow{\text{تقسیم بلکاتی}} \frac{112 \times 8}{112} = 8$$

به جای ۹۰۷/۲ عدد ۹۱۰ قرار گیرد.



۱ ۹۴۱ B قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری گاز  $H_2$  تولیدی در شرایط STP را به دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L } H_2 \text{ (مقدار نظری)} = 2/5 \text{ L محلول} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1/62 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{51 \text{ g HBr}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{81 \text{ g HBr}} \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{6 \text{ mol HBr}} \times \frac{22/4 \text{ L } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 285/6 \text{ L } H_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{214/2 \text{ L } H_2}{285/6 \text{ L } H_2} \times 100 = 75\%$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{2500 \times 1/62 \times 51 \times R}{100 \times 100} = \frac{214/2}{3 \times 22/4} \Rightarrow R = 75\%$$

قسمت دوم: ابتدا باید غلظت محلول  $AlBr_3$  را محاسبه کنیم: 
$$? \text{ mol } AlBr_3 = 214/2L H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{22/4L H_2} \times \frac{2 \text{ mol } AlBr_3}{3 \text{ mol } H_2} = 6/375 \text{ mol } AlBr_3$$

$$M = \frac{\text{مول } AlBr_3}{V} = \frac{6/375 \text{ mol}}{2/55L} = 2/55 \text{ mol.L}^{-1}$$
 
$$M = \frac{10ad}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 2/5 = \frac{10a(1/25)}{267} \Rightarrow a = 53/4$$

۹۴۲ ۳ توجه کنید هنگامی که گفته می‌شود واکنش دهنده به میزان ۳۵٪ تجزیه می‌شود، یعنی بازده درصدی واکنش ۳۵٪ است.



ابتدا باید حجم مولی گازها را در شرایط واکنش به دست آوریم: 
$$\text{حجم مولی گازها} = \frac{1L N_2}{1/4g N_2} \times \frac{28g N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 20L \cdot \text{mol}^{-1}$$

\* توجه در دما و فشار معین، حجم مولی گازها با هم برابر است.

اکنون به کمک جرم واکنش دهنده، حجم گازهای تولیدی را که در عمل به دست می‌آید محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$? L (O_2, N_2) \text{ گاز} = 242/4g KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KNO_3}{101g KNO_3} \times \frac{7 \text{ mol } \text{گاز}}{4 \text{ mol } KNO_3} \times \frac{20L \text{ گاز}}{1 \text{ mol } \text{گاز}} \times \frac{35}{100} = 29/4L (O_2, N_2)$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{KNO_3 \text{ جرم} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مجموع لیتر گازهای تولیدی}}{\text{حجم مولی گازها} \times \text{مجموع ضریب گازهای فراورده}} \Rightarrow \frac{242/4 \times \frac{35}{100}}{4 \times 101} = \frac{x}{7 \times 20} \Rightarrow x = 29/4L (O_2, N_2)$$



روش اول: با توجه به معادله واکنش، در اثر تجزیه  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ ، یک فراورده جامد (یعنی  $Cr_2O_3$ ) و دو فراورده گازی (یعنی  $H_2O$  و  $N_2$ ) تولید می‌شود. از آنجا که  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  به میزان ۸۰٪ تجزیه شده است، پس توده جامد باقی‌مانده شامل  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  و  $Cr_2O_3$  است که هر دو دارای اتم کروم هستند. برای حل این تست، ابتدا جرم  $Cr_2O_3$  تولید شده و جرم  $Cr$  موجود در آن را محاسبه می‌کنیم:

(تولید شده)  $g Cr_2O_3 = 63g (NH_4)_2Cr_2O_7 \times \frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{252g (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{1 \text{ mol } Cr_2O_3}{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{152g Cr_2O_3}{1 \text{ mol } Cr_2O_3} \times \frac{80}{100} = 30/4g Cr_2O_3$

جرم کروم موجود در  $Cr_2O_3$ : 
$$? g Cr = 30/4g Cr_2O_3 \times \frac{1 \text{ mol } Cr_2O_3}{152g Cr_2O_3} \times \frac{2 \text{ mol } Cr}{1 \text{ mol } Cr_2O_3} \times \frac{52g Cr}{1 \text{ mol } Cr} = 20/8g Cr$$

سپس جرم  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  باقی‌مانده و جرم  $Cr$  موجود در آن را به دست می‌آوریم:

$$? g (NH_4)_2Cr_2O_7 \text{ (باقی مانده)} = 63g (NH_4)_2Cr_2O_7 \times \frac{100}{100} - 12/6g (NH_4)_2Cr_2O_7 = 51g (NH_4)_2Cr_2O_7 \text{ (باقی مانده)}$$

محاسبه جرم کروم موجود در  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  باقی‌مانده:

$$? g Cr = 51g (NH_4)_2Cr_2O_7 \times \frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{252g (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{2 \text{ mol } Cr}{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{52g Cr}{1 \text{ mol } Cr} = 5/2g Cr$$

اکنون درصد جرمی کروم موجود در توده جامد باقی‌مانده در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\%Cr = \frac{\text{مجموع جرم } Cr \text{ موجود در دو ترکیب}}{\text{جرم } Cr_2O_3 \text{ تولید شده} + \text{جرم } (NH_4)_2Cr_2O_7 \text{ باقی مانده}} \times 100 = \frac{(20/8 + 5/2)}{(30/4 + 51/2)} \times 100 = 60/4\%$$

روش دوم: جرم مخلوط نهایی به اندازه جرم گازهای  $H_2O$  و  $N_2$  تولید شده از جرم نمونه اولیه کمتر است؛ بنابراین به سادگی می‌توان جرم نمونه مخلوط نهایی را محاسبه کرد:

$$? g \text{ گاز} = 63g (NH_4)_2Cr_2O_7 \times \frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{252g (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{(1 \times 28 + 4 \times 18)g \text{ گاز}}{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{80}{100} = 20g$$

$$43g = \text{جرم گاز تولیدی} - \text{جرم مخلوط اولیه} = 63 - 20$$

واضح است که جرم  $Cr$  در مخلوط اولیه و نهایی یکسان است، پس جرم کروم موجود در نمونه اولیه را به دست می‌آوریم:

$$? gr Cr = 63g (NH_4)_2Cr_2O_7 \times \frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{252g (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{2 \text{ mol } Cr}{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{52g Cr}{1 \text{ mol } Cr} = 26g Cr$$

اکنون درصد جرمی کروم در مخلوط نهایی را محاسبه می‌کنیم: 
$$\%Cr = \frac{\text{جرم کروم}}{\text{جرم مخلوط نهایی}} \times 100 = \frac{26}{43} \times 100 = 60/4\%$$



**نکته ترکیبی**

کاهش جرم اجزا در صورتی که در در فرآورده‌ها، جزء گازی داشته باشیم: در برخی از مسائل استوکیومتری، ذکر می‌شود که مخلوط واکنش در پایان آن با کاهش جرم مواجه می‌شود. با توجه به اینکه در واکنش‌های شیمیایی فقط در صورتی ممکن است جرم مجموع اجزا به صورت ظاهری تغییر کند که یک یا چند جزء گازی در معادله واکنش حضور داشته باشند، می‌گوییم که کاهش جرم مخلوط مربوط به جزء یا اجزای گازی است و با استفاده از همین کاهش جرم می‌توان به سایر خواسته‌های سؤال پاسخ داد.

درصدی از روی کربنات که تجزیه می‌شود، معادل بازده درصدی واکنش است. کاهش جرم مواد جامد داخل ظرف، ناشی از خروج گاز  $\text{CO}_2$  تولیدی از ظرف واکنش است.

**روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا مقدار نظری گاز  $\text{CO}_2$  تولیدی را به دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = 62/5 \text{ g ZnCO}_3 \times \frac{25 \text{ g ZnCO}_3 \text{ خالص}}{100 \text{ g ZnCO}_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol ZnCO}_3}{125 \text{ g ZnCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol ZnCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 5/5 \text{ g CO}_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{1/32}{5/5} \times 100 = 24\%$$

$$\frac{\text{جرم ZnCO}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم CO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{62/5 \times 25 \times R}{100 \times 100} = \frac{1/32}{1 \times 125} \Rightarrow R = 24\%$$

**روش دوم (تناسب):**

**نکته ترکیبی**

کاهش جرم اجزا در صورتی که در هر دو طرف معادله، جزء گازی داشته باشیم: برای حل این گونه سؤالات، به واکنش‌دهنده و فرآورده جامد در واکنش توجه کنید و ببینید که چه اتم‌ها یا گروه‌هایی در واکنش‌دهنده بوده که در فرآورده نیست یا برعکس. برای نمونه در این گونه مسائل اگر واکنش کلی به صورت:  $\text{AB(s)} + \text{C(g)} \rightarrow \text{A(s)} + \text{BC(g)}$  باشد، کاهش جرم ماده جامد به دلیل جدا شدن B از ماده AB جامد است. با توجه به توضیحات داده شده، این مسائل را می‌توانید به سادگی حل نمایید.

معادله موازنه شده واکنش، به صورت مقابل است:

$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$   
 در این واکنش، یک مول  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (۱۶۰g) مصرف می‌شود و دو مول Fe (۱۱۲g) تولید می‌شود و در واقع، به ازای مصرف هر مول  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ۴۸g از جرم مواد جامد موجود در واکنش، کاسته می‌شود؛ در نتیجه خواهیم داشت:

۱ mol  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 48 \text{ g}$  (کاهش جرم)  
 اکنون می‌توان مقدار نظری کاهش جرم مخلوط را، به دست آورد:

$$? \text{ g (کاهش جرم)} = 400 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ناخالص} \times \frac{80 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{100 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{48 \text{ g کاهش جرم}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} = 96 \text{ g}$$

در نهایت بازده واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{72}{96} \times 100 = 75\%$$

**۴ ۹۴۶ B قسمت اول:** معادله موازنه شده واکنش ترمیت:

$2\text{Al}(\text{s}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{l}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$   
 در این واکنش به ازای مصرف ۲ مول Al (۵۴g)، ۲ مول Fe (۱۱۲g) و ۱ مول  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (۱۰۲g) تولید می‌شود و اختلاف جرم فرآورده‌ها برابر  $102 - 112 = 10$  است، پس ابتدا به کمک اختلاف جرم فرآورده‌ها، مول آهن تولید شده را محاسبه می‌کنیم که مقدار عملی آهن را می‌دهد:

$$? \text{ mol Fe (مقدار عملی)} = 37/8 \text{ g اختلاف} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{10 \text{ g اختلاف}} = 7/56 \text{ mol Fe}$$

سپس از جرم آلومینیم مصرفی، مقدار نظری آهن تولید شده را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol Fe (مقدار نظری)} = 486 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Al}} = 18 \text{ mol Fe}$$

اکنون بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{7/56}{18} \times 100 = 42\%$$

**قسمت دوم:** معادله موازنه شده واکنش مورد نظر به صورت  $2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C}(\text{s}) \rightarrow 4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$  است.

$$? \text{ g Fe}_2\text{O}_3 = 7/56 \text{ mol Fe} \times \frac{2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} = 604/8 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$



۳ ۹۴۷ B معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



قسمت اول: ابتدا از حجم گاز آمونیاک تولید شده در واکنش (I)، جرم بخار آب تولید شده در این واکنش و همچنین جرم بخار آب تولید شده در واکنش (II) را به دست می‌آوریم:

$$I) \text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (I)} = 1/2L NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{22/4L NH_3} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } NH_3} \times \frac{18g H_2O}{2 \text{ mol } H_2O} = 4/5g H_2O$$

$$II) \text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)} = 22/5g \text{ جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)} \Rightarrow \frac{\text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)}}{4/5} = \frac{\text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (I)}}{22/5}$$

اکنون جرم یون کربنات موجود در فرآورده واکنش دوم را محاسبه می‌کنیم:

$$? g CO_3^{2-} = 22/5g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18g H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } Li_2CO_3}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } CO_3^{2-}}{1 \text{ mol } Li_2CO_3} \times \frac{60g CO_3^{2-}}{1 \text{ mol } CO_3^{2-}} = 75g CO_3^{2-}$$

قسمت دوم: در واکنش (I) تمام فرآورده‌ها گازی هستند؛ بنابراین جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (I) برابر با جرم  $(NH_4)_2CO_3$  تجزیه نشده است:

$$\text{جرم جامد برجای مانده (I)} = 17g (NH_4)_2CO_3 \times \frac{2}{100} = 3/4g$$

جرم جامد برجای مانده در واکنش (II) نیز برابر است با جرم فرآورده جامد تولید شده به همراه جرم واکنش دهنده تجزیه نشده:

$$\text{جرم جامد برجای مانده (II)} = 17g LiHCO_3 \times \frac{2}{100} = 3/4g$$

$$\text{جرم جامد } Li_2CO_3 \text{ تولیدی} = 17g LiHCO_3 \times \frac{8}{100} \times \frac{1 \text{ mol } LiHCO_3}{68g LiHCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } Li_2CO_3}{2 \text{ mol } LiHCO_3} \times \frac{74g Li_2CO_3}{1 \text{ mol } Li_2CO_3} = 7/4g Li_2CO_3$$

$$II) \text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (II)} = 7/4g + 3/4g = 10/8g$$

$$\frac{\text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (II)}}{\text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (I)}} = \frac{10/8g}{3/4g} = 3/18$$

نسبت خواسته شده در مسئله برابر است با:

$$I) \text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (I)} = 3/4g$$

۱ ۹۴۸ C ابتدا تعداد مول  $O_2$  وارد شده به هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$I) 4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O \quad ? \text{ mol } O_2 \text{ (واکنش I)} = 500g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{3}{100} = 11/25 \text{ mol } O_2$$

$$II) 2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O \quad ? \text{ mol } O_2 \text{ (واکنش II)} = 500g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{7}{100} = 4/375 \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ mol } H_2O \text{ (I واکنش I)} = 11/25 \text{ mol } O_2 \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{3 \text{ mol } O_2} \times \frac{R_I}{100} = \left(\frac{22}{5} \frac{R_I}{100}\right) \text{ mol } H_2O$$

بازده واکنش

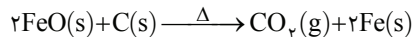
$$? \text{ mol } H_2O \text{ (II واکنش II)} = 4/375 \text{ mol } O_2 \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{7 \text{ mol } O_2} \times \frac{R_{II}}{100} = \left(\frac{3}{75} \frac{R_{II}}{100}\right) \text{ mol } H_2O$$

بازده واکنش

$$\frac{22/5 R_I}{100} = \frac{3/75 R_{II}}{100} \Rightarrow \frac{R_{II}}{R_I} = \frac{22/5}{3/75} = 6$$

اکنون با مساوی قرار دادن مقدار مول‌های  $H_2O$  تولید شده در دو واکنش، نسبت  $\frac{R_{II}}{R_I}$  را به دست می‌آوریم:

۱ ۹۴۹ C واکنش‌پذیری Na برخلاف Fe از C بیشتر است؛ بنابراین واکنش میان  $Na_2O$  و C انجام‌پذیر نیست و همه کربن دی‌اکسید تولید شده، حاصل واکنش FeO با C است.



برای حل این مسئله، ابتدا از حجم  $CO_2$  تولیدی مقدار مول و جرم FeO را به دست آوریم:

$$? \text{ mol } FeO = 336 \text{ mL } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22400 \text{ mL } CO_2} \times \frac{2 \text{ mol } FeO}{1 \text{ mol } CO_2} = 0.3 \text{ mol } FeO$$

$$? g FeO = 0.3 \text{ mol } FeO \times \frac{72g FeO}{1 \text{ mol}} = 21.6g FeO$$

(پاسخ قسمت اول)

سپس با توجه به جرم مخلوط اولیه (۶/۵ گرم)، جرم  $Na_2O$  موجود در این مخلوط را محاسبه کرده و مقدار مول  $Na_2O$  را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } Na_2O = 4/34g Na_2O \times \frac{1 \text{ mol } Na_2O}{62g Na_2O} = 0.7 \text{ mol } Na_2O$$

جرم  $Na_2O$  در مخلوط اولیه = ۶/۵ - ۲/۱۶ = ۴/۳۴g  $Na_2O$

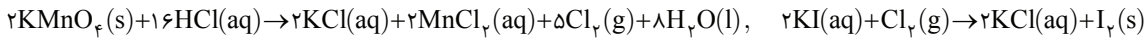
با توجه به شمار مول‌های FeO و  $Na_2O$  در مخلوط اولیه، نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها را در مخلوط اولیه به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.3 \text{ mol } FeO : 0.3 \text{ mol } Fe^{2+}, \quad 0.7 \text{ mol } O^{2-} \\ 0.7 \text{ mol } Na_2O : 2 \times 0.7 \text{ mol } Na^+, \quad 0.7 \text{ mol } O^{2-} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون‌ها}}{\text{شمار آنیون‌ها}} = \frac{0.3 + 0.14}{0.3 + 0.7} = \frac{0.44}{1.0} = 1/7 = 1/7$$

(پاسخ قسمت دوم)



C ۹۵۰ ۴ برای حل سؤال، ابتدا باید معادله واکنش‌های داده شده را موازنه نمود. برای موازنه واکنش اول، ابتدا به  $\text{KMnO}_4$  ضریب ۱ داده و سپس برای موازنه اتم H به ماده  $\text{H}_2\text{O}$  ضریب ۴ می‌دهیم. در ادامه برای موازنه دیگر مواد به  $\text{HCl}$  ضریب ۸، به  $\text{KCl}$  و  $\text{MnCl}_2$  ضریب ۱ و به  $\text{Cl}_2$  ضریب  $\frac{5}{2}$  می‌دهیم. در پایان نیز برای از بین بردن ضریب کسری  $\frac{5}{2}$ ، تمامی ضرایب را در ۲ ضرب می‌کنیم. برای موازنه واکنش دوم نیز به سادگی به ماده  $\text{Cl}_2$  و  $\text{I}_2$  ضریب ۱ داده و ضریب  $\text{KI}$  و  $\text{KCl}$  برابر ۲ می‌شود. معادله موازنه شده این دو واکنش به صورت داده شده است:



قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL HCl} = 79 \text{ g KMnO}_4 \times \frac{100 \text{ g KMnO}_4 \text{ خالص}}{158 \text{ g KMnO}_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{158 \text{ g KMnO}_4} \times \frac{16 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol KMnO}_4} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{2 \text{ mol HCl}}$$

$$\times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 1600 \text{ mL محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{KMnO}_4 \text{ جرم} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{79 \times \frac{100}{100}}{2 \times 158} = \frac{2 \times X \text{ L محلول}}{16} \Rightarrow X = 1/6 \text{ L} = 160 \text{ mL HCl}$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g I}_2 = 79 \text{ g KMnO}_4 \times \frac{100 \text{ g KMnO}_4 \text{ خالص}}{158 \text{ g KMnO}_4 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{158 \text{ g KMnO}_4} \times \frac{5 \text{ mol Cl}_2}{2 \text{ mol KMnO}_4} \times \frac{1 \text{ mol I}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{254 \text{ g I}_2}{1 \text{ mol I}_2} \times \frac{100}{100} = 215/9 \text{ g I}_2$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب): ابتدا برای یکسان شدن ضرایب  $\text{Cl}_2$  در هر دو واکنش، واکنش دوم را در ۵ ضرب می‌کنیم، پس خواهیم داشت:  $2 \text{ mol KMnO}_4 \sim 5 \text{ mol I}_2$

$$\frac{\text{جرم KMnO}_4 \text{ مصرفی} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{79 \times \frac{100}{100} \times \frac{85}{100}}{2 \times 158} = \frac{y \text{ g I}_2}{5 \times 254} \Rightarrow y = 215/9 \text{ g I}_2$$

B ۹۵۱ ۴ روش اول (کسر تبدیل):

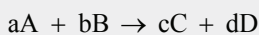
$$? \text{ mol NaHCO}_3 = 58/5 \text{ g NaN}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaN}_3}{65 \text{ g NaN}_3} \times \frac{2 \text{ mol Na}}{2 \text{ mol NaN}_3} \times \frac{3 \text{ mol Na}_2\text{O}}{6 \text{ mol Na}} \times \frac{2 \text{ mol NaHCO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} \times \frac{R}{100} \times \frac{R}{100} \times \frac{R}{100} = 5/76 \times 10^{-2} \text{ mol NaHCO}_3$$

$$R^3 = 64000 \Rightarrow R = \sqrt[3]{64000} = 40$$

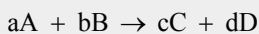
روش دوم (تناسب): به منظور یکسان شدن ضرایب Na در واکنش‌های (I) و (II)، واکنش (I) را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم. همچنین به منظور یکسان شدن ضرایب  $\text{Na}_2\text{O}$  در واکنش‌های (I) و (III)، واکنش (III) را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم، پس به این ترتیب خواهیم داشت:

$$6\text{NaN}_3 \sim 6\text{Na} \sim 2\text{Na}_2\text{O} \sim 6\text{NaHCO}_3, \quad \frac{\text{جرم NaN}_3 \text{ مصرفی} \times \frac{R}{100} \times \frac{R}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مقدار مول NaHCO}_3}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{58/5 \times R^3}{10^6} = \frac{5/76 \times 10^{-2}}{6} \Rightarrow R = 40$$

C ۹۵۲ ۱



مول اولیه				
تغییر مول				
مول نهایی				



مول اولیه	m	n	o	o
تغییر مول	-aX	-bX	+cX	+dX
مول نهایی	m-aX	n-bX	cX	dX

**نکته ترکیبی** جدول تغییرات مول یا غلظت: در مسائلی که واکنش به طور کامل انجام نمی‌شود، می‌توان از روش رسم جدول برای تعیین مقادیر تک‌تک اجزای واکنش استفاده کرد. در این روش یک جدول رسم می‌کنیم که هر ستون آن متعلق به یکی از اجزای واکنش است و سه ردیف به ترتیب «مول اولیه»، «تغییر مول» و «مول نهایی» را دارد. اگر بخواهیم برای واکنش  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  جدول رسم کنیم، خواهیم داشت:

• برای پر کردن هر خانه به صورت زیر عمل می‌کنیم:

• ردیف مول اولیه: مقدار مول اولیه برای هر کدام از اجزا را در این ردیف می‌نویسیم. این مقدار اغلب برای فرآورده‌ها برابر صفر است.

• ردیف تغییر مول: تغییرات مول هر ماده را با متغیری مانند X ضرب در ضریب استوکیومتری آن ماده می‌نویسیم. علامت این تغییرات برای واکنش دهنده‌ها منفی و برای فرآورده‌ها مثبت است.

• ردیف مول نهایی: از جمع جبری اعداد دو ردیف قبل به دست می‌آید. اکنون می‌توان جدول بالا را به صورت مقابل تکمیل کرد:





**نکته ترکیب:** حالت فیزیکی آب: حالت فیزیکی آب در فشار ۱ atm در دماهای گوناگون متفاوت است:  $\theta < 0^\circ\text{C}$ : در این دما، آب به حالت یخ و جامد است. **حالت استاندارد (STP):** در این دما آب به حالت جامد یا مایع است.  $0^\circ\text{C} < \theta < 100^\circ\text{C}$ : آب در این دما به حالت مایع قرار دارد.  $\theta > 100^\circ\text{C}$ : آب در این دما به حالت گاز یا بخار قرار دارد.

**\* توجه:** در واکنش سوختن یک ماده، که  $\text{H}_2\text{O}$  تولید می‌شود، در صورتی که از شرایط دمایی واکنش، اطلاعاتی در دست نباشد، آن را به حالت گاز در نظر می‌گیریم.



**روش اول (کسر تبدیل):** با توجه به متن تست، ۲۰ لیتر گاز  $\text{CO}_2$  در واکنش اول تولید شده است که همین مقدار  $\text{CO}_2$  در واکنش دوم تولید می‌شود:

**قسمت اول:** محاسبه چگالی گاز  $\text{CO}_2$  در شرایط واکنش:

$$? \text{ g CO}_2 = 52/5 \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{100 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 22 \text{ g CO}_2$$

$$\text{CO}_2 \text{ چگالی گاز} = \frac{\text{جرم CO}_2}{\text{حجم CO}_2} = \frac{22 \text{ g}}{20 \text{ L}} = 1/1 \text{ g.L}^{-1}$$

$$? \text{ L C}_2\text{H}_6 = 20 \text{ L CO}_2 \times \frac{1/1 \text{ g CO}_2}{1 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{4 \text{ mol CO}_2} \times \frac{22/4 \text{ L C}_2\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{100}{100} = 7 \text{ L C}_2\text{H}_6$$

قسمت دوم: محاسبه حجم اتان مورد نیاز: معکوس بازده

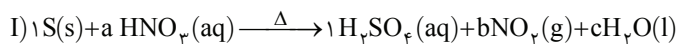
$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{100} = \frac{52/5 \times \frac{100}{100}}{1 \times 84} = \frac{V_{\text{C}_2\text{H}_6} \times \frac{100}{100}}{2 \times 22/4} = \frac{20 \times d_{\text{CO}_2}}{1 \times 44}$$

**روش دوم (تناسب):**

$$\Rightarrow d_{\text{CO}_2} = 1/1 \text{ g.L}^{-1}, V_{\text{C}_2\text{H}_6} = 7 \text{ L}$$

**\* توجه:** در این سؤال، شرایط STP فقط برای اتان مطرح شده است که با شرایطی که در آن چگالی  $\text{CO}_2$  به دست آمد، متفاوت است.

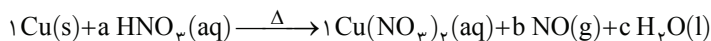
**۹۵۶ ۳** عبارتهای اول، سوم و چهارم درست است. پیش از بررسی عبارتهای موازنه واکنش‌های داده شده را موازنه می‌کنیم. برای موازنه واکنش (I)، از عنصر گوگرد شروع می‌کنیم ولی ضرایب دیگر مواد را نمی‌توانیم به روش وارسی تعیین کنیم و باید موازنه واکنش را به روش جبری ادامه دهیم:



$$\text{N: } a = b, \text{ H: } a = 2 + 2c, \text{ O: } 3a = 4 + 2b + c \Rightarrow \begin{cases} a = 2 + 2c \\ 3a = 4 + 2a + c \end{cases} \Rightarrow a = b = 6, c = 2$$

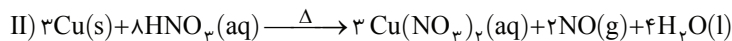


برای موازنه واکنش (II)، از عنصر Cu شروع می‌کنیم، ولی نمی‌توانیم موازنه را به روش وارسی ادامه دهیم. پس ادامه موازنه را با روش جبری انجام می‌دهیم:



$$\text{H: } a = 2c, \text{ N: } a = 2 + b, \text{ O: } 3a = 6 + b + c \xrightarrow{a=2c} \begin{cases} 2c = 2 + b \\ 6c = 6 + b + c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2c = 2 + b \\ 5c = 6 + b \end{cases} \Rightarrow 3c = 4 \Rightarrow c = \frac{4}{3}, a = \frac{8}{3}, b = \frac{2}{3}$$

مقادیر مجهول را در معادله قرار داده و کل ضرایب را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم:



**\* توجه:** هر دو معادله را می‌توانستیم به روش اکسایش - کاهش نیز موازنه کنیم. در ادامه به بررسی عبارتهای می‌پردازیم:

$$160 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol S}} \times \frac{R}{100} = 4/5 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow R = 90\%$$

**عبارت اول: روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{بازده درصدی} \times \text{جرم گوگرد}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول اسید}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{160 \times \frac{R}{100}}{1 \times 32} = \frac{4/5}{1} \Rightarrow R = 90\%$$

**روش دوم (تناسب):**

**عبارت دوم:** فرض می‌کنیم x گرم اسید در هر دو واکنش مصرف شده است. جرم مواد محلول حاصل از هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g H}_2\text{SO}_4 = x \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{6 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 0/26x \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$? \text{ g Cu}(\text{NO}_3)_2 = x \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} \times \frac{3 \text{ mol Cu}(\text{NO}_3)_2}{8 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{188 \text{ g Cu}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ mol Cu}(\text{NO}_3)_2} = 1/11x \text{ g Cu}(\text{NO}_3)_2$$

عبارت سوم: فرض می‌کنیم که  $4/6x$  گرم  $NO_2$  و  $x$  گرم  $NO$  تشکیل شده است. به کمک جرم‌های این دو گاز، جرم گوگرد و مس مصرفی در هر واکنش را

محاسبه می‌کنیم:

$$? g S = 4/6x g NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46 g NO_2} \times \frac{1 \text{ mol S}}{6 \text{ mol } NO_2} \times \frac{32 g S}{1 \text{ mol S}} = \frac{8}{15} x g S$$

$$? g Cu = x g NO \times \frac{1 \text{ mol } NO}{30 g NO} \times \frac{3 \text{ mol } Cu}{2 \text{ mol } NO} \times \frac{64 g Cu}{1 \text{ mol } Cu} = \frac{16}{5} x g Cu$$

$$\frac{\text{جرم مصرفی Cu}}{5} = \frac{16}{5} x \quad \frac{\text{جرم مصرفی S}}{15} = \frac{8}{15} x$$

عبارت چهارم: روش اول (کسر تبدیل):  $P = 7.80 \Rightarrow \frac{1}{100} \times \frac{3 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}{64 g Cu} \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{3 \text{ mol } Cu} \times \frac{P g Cu}{100 g Cu} = 1/100 \times \frac{3 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}{64 g Cu} \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{3 \text{ mol } Cu} \times \frac{P g Cu}{100 g Cu}$

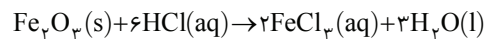
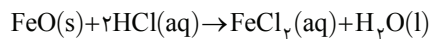
درصد ناخالصی نمونهٔ مس برابر  $20\%$  ( $100 - 80$ ) است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم نمونه ناخالص مس}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول } Cu(NO_3)_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{84 \times \frac{P}{100}}{3 \times 64} = \frac{1/100 \times 3}{3} \Rightarrow P = 7.80$$

درصد ناخالصی نمونهٔ مس برابر  $20\%$  ( $100 - 80$ ) است.

957 (C) ۲ واکنش اکسیدهای آهنی با HCl به صورت زیر است:



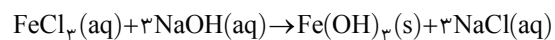
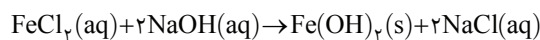
مول هر اکسید را برابر با  $x$  در نظر گرفته و حجم HCl مصرف شده را به دست می‌آوریم:

$$x \text{ mol } FeO \times \frac{2 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } FeO} \times \frac{1 \text{ L } HCl}{0.1 \text{ mol } HCl} = 2/5x \text{ L } HCl$$

$$x \text{ mol } Fe_2O_3 \times \frac{6 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{1 \text{ L } HCl}{0.1 \text{ mol } HCl} = 6x \text{ L } HCl$$

مول هر یک از اکسیدها  $x = 2 \text{ mol}$   $\Rightarrow 2/5x + 6x = 20 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$

در مرحلهٔ بعد، واکنش محلول‌های  $FeCl_2$  و  $FeCl_3$  با محلول NaOH به صورت زیر انجام می‌شود:



از آنجا که ضریب استوکیومتری اکسیدها و کلریدهای مربوطه، یکسان است، می‌توان با مول هر یک از اکسیدها، جرم رسوب‌ها را محاسبه نمود:

$$2 \text{ mol } FeO \times \frac{1 \text{ mol } Fe(OH)_2}{1 \text{ mol } FeO} \times \frac{90 g Fe(OH)_2}{1 \text{ mol } Fe(OH)_2} \times \frac{100}{100} = 180 g Fe(OH)_2$$

بازده واکنش

$$2 \text{ mol } Fe_2O_3 \times \frac{2 \text{ mol } Fe(OH)_3}{1 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{107 g Fe(OH)_3}{1 \text{ mol } Fe(OH)_3} \times \frac{100}{100} = 428 g Fe(OH)_3$$

بازده واکنش

مجموع جرم رسوب‌ها  $= 180 + 428 = 608 g$

958 (C) ۲ ابتدا جرم  $MO(s)$  تولیدی را محاسبه می‌کنیم. جرم مولی فلز  $M$  را برابر  $x$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم. خواهیم داشت:

$$? g MO = 105 g MCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } MCO_3}{(60+x) g MCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } MO}{1 \text{ mol } MCO_3} \times \frac{(x+16) g MO}{1 \text{ mol } MO} \times \frac{60}{100} = \frac{63(x+16)}{(x+60)} g MO$$

بازده درصدی

با توجه به میزان  $MCO_3$  تجزیه شده، جرم  $MCO_3$  مصرفی برابر  $63 \times \frac{60}{100} = 37.8 g$  است و جرم  $MCO_3(s)$  باقی‌مانده در ظرف واکنش برابر است با:

$$105 - 37.8 = 67.2 g \text{ } MCO_3 \text{ باقی‌مانده}$$

با توجه به جرم ترکیب‌های جامد موجود در ظرف خواهیم داشت:

$$\text{درصد } MO \text{ موجود در جامد باقی‌مانده} = \frac{\text{جرم } MO(s) \text{ تولید شده}}{\text{جرم } MO(s) \text{ تولید شده} + \text{جرم } MCO_3(s) \text{ باقی‌مانده}} \times 100 = 41/7$$

$$\frac{63(x+16)}{x+60} \times 100 = 41/7 \Rightarrow \frac{63(x+16)}{x+60} = 30 \Rightarrow x = 24g$$

پس درصد جرمی فلز  $M$  در ترکیب  $MCO_3$  برابر است با:  $\frac{24}{24+12+(3 \times 16)} \times 100 = 28/6\%$





**۹۵۹** **۲** **روش اول:** در مخلوط ۲۰۰ گرمی ماده، مواد  $Zn(ClO_3)_2$  و  $KClO_3$  را داریم به همراه ناخالصی که ماده مؤثر نیست و واکنش نمی‌دهد. ابتدا به کمک استوکیومتری، مقدار  $Zn(ClO_3)_2$  و  $KClO_3$  را پیدا می‌کنیم و از جرم کل کم می‌کنیم تا جرم ناخالصی به دست آید. ابتدا حجم مولی را در شرایط آزمایش می‌یابیم:

$$\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{28}{1/4} = 28 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

برای راحتی محاسبات، مول هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را مجهول فرض می‌کنیم و روابط داده شده را روی آن پیاده می‌کنیم:

$$x \text{ mol } Zn(ClO_3)_2 \text{ و } y \text{ mol } KClO_3 \text{ داریم. } \frac{1 \text{ mol } ZnCl_2}{1 \text{ mol } Zn(ClO_3)_2} \times \frac{136 \text{ g } ZnCl_2}{100} \times \frac{50}{100} = 68x \text{ g } ZnCl_2$$

$$? \text{ g } KCl = y \text{ mol } KClO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KCl}{1 \text{ mol } KClO_3} \times \frac{74/5 \text{ g } KCl}{100} \times \frac{50}{100} = 37/25 y \text{ g } KCl$$

$$m_{CuCl_2} + m_{KCl} = 50/2 \text{ g} \Rightarrow 68x + 37/25 y = 50/2 \quad (1)$$

$$? \text{ mol } O_2 = x \text{ mol } Zn(ClO_3)_2 \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } Zn(ClO_3)_2} \times \frac{50}{100} = \frac{3}{2} x \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ mol } O_2 = y \text{ mol } KClO_3 \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3} \times \frac{50}{100} = \frac{3}{4} y \text{ mol } O_2 \quad ? \text{ mol } O_2 = 21 \text{ L } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{20 \text{ L } O_2} = 1/5 \text{ mol } O_2$$

$$n_{O_2} + n_{O_2} = 1/5 \text{ mol} \Rightarrow \frac{3}{2} x + \frac{3}{4} y = 1/5 \quad (2)$$

در مرحله بعد، با حل دستگاه دو معادله - دو مجهول مقادیر  $x$  و  $y$  را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} 68x + 37/25 y = 50/2 \\ \frac{3}{2} x + \frac{3}{4} y = 1/5 \end{cases} \xrightarrow{\text{حل معادله}} x = 0/3, y = 0/8$$

یعنی  $0/3$  مول  $Zn(ClO_3)_2$  و  $0/8$  مول  $KClO_3$  در ابتدا داشته‌ایم. حال جرم مواد اولیه را حساب کرده و با هم جمع می‌کنیم:

$$? \text{ g } Zn(ClO_3)_2 = 0/3 \text{ mol } Zn(ClO_3)_2 \times \frac{232 \text{ g } Zn(ClO_3)_2}{1 \text{ mol } Zn(ClO_3)_2} = 69/6 \text{ g} \quad ? \text{ g } KClO_3 = 0/8 \text{ mol } KClO_3 \times \frac{122/5 \text{ g } KClO_3}{1 \text{ mol } KClO_3} = 98 \text{ g}$$

$$m_{\text{مجموع جرم واکنش دهنده‌ها}} = m_{Zn(ClO_3)_2} + m_{KClO_3} = 69/6 + 98 = 167/6 \text{ g}$$

اکنون جرم و درصد ناخالص را در نمونه اولیه به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم ناخالصی} = \frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{32/4}{200} \times 100 = 16/2 \%$$

**روش دوم:** با توجه به قانون پایستگی جرم، همه کلرات‌های روی و پتاسیم به  $KCl$ ،  $ZnCl_2$  و گاز اکسیژن تبدیل شده‌اند. پس ابتدا جرم کل فرآورده‌های تولید شده

$$\frac{O_2 \text{ چگالی}}{N_2 \text{ چگالی}} = \frac{O_2 \text{ جرم مولی}}{N_2 \text{ جرم مولی}} \Rightarrow \frac{d_{O_2}}{1/4} = \frac{32}{28} \Rightarrow d_{O_2} = 1/6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \quad ? \text{ g } O_2 = 21 \text{ L } O_2 \times \frac{1/6 \text{ g } O_2}{1 \text{ L } O_2} = 33/6 \text{ g } O_2$$

پس مجموع جرم فرآورده‌ها برابر  $83/8 \text{ g}$  است. از آنجا که بازده تولید فرآورده‌ها  $50\%$  بوده است، پس  $167/6 \text{ g}$  از واکنش‌دهنده‌های خالص توانسته‌اند این

$$\text{مقدار فرآورده را تولید کنند و خواهیم داشت: } \frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{32/4}{200} \times 100 = 16/2 \%$$

**۹۶۰** **۳** **عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت سوم:** این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقرون به صرفه نیست، اما برای استخراج مس و طلا از نظر اقتصادی به صرفه است. **عبارت چهارم:** ابتدا جرم روی موجود در یک کیلوگرم گیاه را محاسبه می‌کنیم:

$$1 \text{ g } Zn = 600 \times 10^{-3} \text{ mol } Zn \times \frac{65 \text{ g } Zn}{1 \text{ mol } Zn} = 39 \text{ g } Zn$$

$$\%Zn = \frac{39 \text{ g } Zn}{1000 \text{ g } \text{گیاه}} \times 100 = 3/9 \%$$

سپس درصد جرمی روی در گیاه را به دست می‌آوریم:

$$2 \text{ kg } \text{گیاه} \times \frac{4 \text{ g } Zn}{1 \text{ kg } \text{گیاه}} = 8 \text{ g } Zn$$

**۹۶۱** **۲** با توجه به جدول صورت تست، در یک کیلوگرم از گیاه،  $40 \text{ g}$  فلز روی وجود دارد.

$$\text{جرم فلز روی} = \frac{\text{جرم فلز روی}}{\text{جرم خاکستر}} \times 100 = \frac{80}{400} \times 100 = 20 \%$$

با توجه به جرم خاکستر تولیدی، درصد روی در این خاکستر برابر است با:

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با توجه به درصد بالای فلز نیکل و روی در سنگ معدن آن‌ها، استفاده از روش گیاه‌پالایی برای استخراج آن‌ها مقرون به صرفه نیست.

گزینه (۳): درصد جرمی فلز نیکل در گیاه برابر است با:  $\frac{\text{جرم نیکل}}{\text{جرم گیاه}} \times 100 = \frac{38g}{1000g} \times 100 = 3.8\%$  درصد جرمی فلز نیکل در گیاه

درصد جرمی نیکل در گیاه برابر ۲ است، پس درصد جرمی نیکل در گیاه به اندازه  $\frac{1}{8}(3.8-2)$  درصد از درصد جرمی آن در سنگ معدن نیکل بیشتر است.

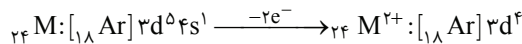
گزینه (۴): ابتدا جرم فلزهای نیکل و روی را در سنگ معدن آن‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم نیکل}}{\text{جرم سنگ معدن}} \times 100 = 2 \Rightarrow \frac{x \text{ kg}}{1500 \text{ kg}} \times 100 = 2 \Rightarrow x = 30 \text{ kg Ni}$$

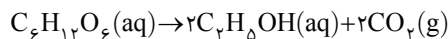
$$\frac{\text{جرم روی}}{\text{جرم سنگ معدن}} \times 100 = 5 \Rightarrow \frac{y \text{ kg}}{3000 \text{ kg}} \times 100 = 5 \Rightarrow y = 150 \text{ kg Zn}$$

پس مجموع جرم فلز روی و نیکل برابر  $180 \text{ kg} (30+150)$  است.

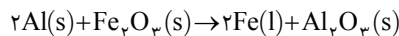
عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی  $M^{2+}$  به صورت زیر است:



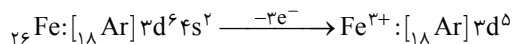
آخرین زیرلایه، دارای ۴ الکترون است. عبارت (ب): واکنش تخمیر گلوکز که نوعی فرایند بی‌هوازی است، منجر به تولید اتانول (نوعی سوخت سبز) و کربن دی‌اکسید می‌شود. معادله موازنه شده این واکنش، به صورت مقابل است:



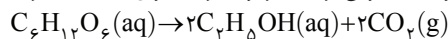
جمع ضرایب اجزای واکنش، برابر ۵ (۱+۲+۲) است. عبارت (پ): به واکنش میان آهن (III) اکسید و آلومینیم، واکنش ترمیت می‌گویند.



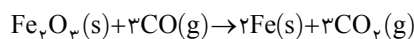
عبارت (ث): آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود. آرایش الکترونی کاتیون  $Fe^{3+}$  به صورت زیر است:



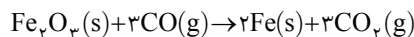
عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مطابق معادله زیر، از تخمیر بی‌هوازی گلوکز، اتانول و کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. اتانول یک الکل تک‌عاملی و دارای ۲ اتم کربن است.



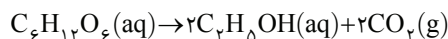
عبارت (ب): فلز آهن در واکنش با اسیدها، با ظرفیت پایین‌تر خود یعنی (۲+) شرکت می‌کند.



عبارت (پ): معادله واکنش‌های مورد نظر به صورت مقابل است:

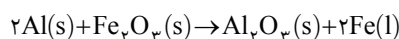


گاز  $CO_2$  فرآورده مشترک دو واکنش است.



عبارت (ت): در این روش، در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی مانند ذرت را می‌کارند که این گیاهان می‌توانند آن فلز را از خاک جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می‌کنند، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند.

عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. معادله واکنش ترمیت به صورت مقابل است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از این واکنش در صنعت جوشکاری، برای جوش دادن خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود. عبارت (ب): به‌طور کلی در هر واکنشی که

به‌طور طبیعی انجام می‌شود، فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند و واکنش‌پذیری کمتری دارند. در این واکنش، فلز آلومینیم جایگزین یون  $Fe^{3+}$  در ترکیب

$Fe_2O_3$  شده است، پس در شرایط یکسان، واکنش‌پذیری Al بیشتر از Fe است. عبارت (پ): مطابق معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب گونه‌های جامد

( $Al_2O_3$ ،  $Fe_2O_3$  و Al) برابر ۴ و ضریب گونه مذاب (Fe) برابر ۲ است. عبارت (ت): آهن فرآورده مذاب این واکنش است.

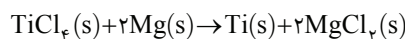
روش اول (کسر تبدیل):  $\frac{30g \text{ Al}}{100g \text{ Al}} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27g \text{ Al}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{56g \text{ Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 100/8g \text{ Fe}$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{162 \times 30}{2 \times 27} = \frac{x}{2 \times 56} \Rightarrow x = 100/8g \text{ Fe}$

عبارت (ث): فرآورده عنصری تولید شده در این واکنش آهن است. آهن، فراوان‌ترین عنصر موجود در سیاره زمین است.

همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول، سوم و چهارم: تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از

کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. این فلز را در صنعت از  $TiCl_4$  و با استفاده از منیزیم استخراج می‌کنند. عبارت دوم: معادله موازنه شده استخراج



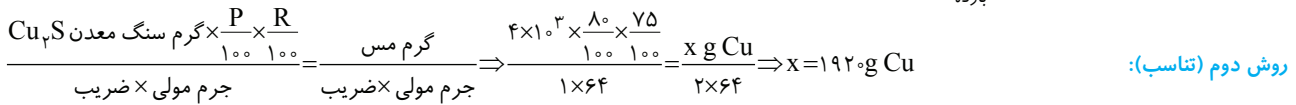
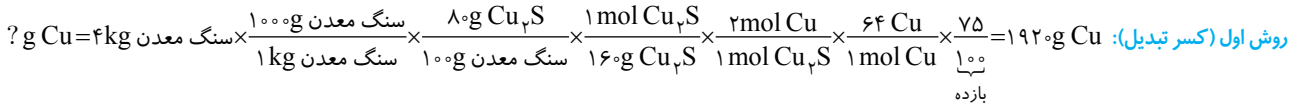
تیتانیم، به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ mol Ti} = 120g \text{ Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24g \text{ Mg}} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{2 \text{ mol Mg}} = 2/5 \text{ mol Ti}$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{120}{2 \times 24} = \frac{x}{2 \times 56} \Rightarrow x = 2/5 \text{ mol Ti}$



۴ ۹۶۶ B معادله موازنه شده استخراج فلز مس از سنگ معدن حاوی مس (I) سولفید، به صورت مقابل است:



برای محاسبه جرم گیاه مورد نیاز برای استخراج همین مقدار مس، داریم:

$$1 \text{ kg گیاه} = 1920 \text{ g Cu} \times \frac{100 \text{ g خاکستر}}{8 / \Delta \text{g Cu}} \times \frac{1 \text{ kg گیاه}}{160 \text{ g خاکستر}} = 14 \frac{1}{1} \text{ kg گیاه}$$

۱ ۹۶۷ A منابع شیمیایی بستر دریاها، در برخی مناطق محتوی سولفید چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به صورت کلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مانند منگنز، کبالت، آهن، نیکل، مس و ... یافت می‌شود. فلزهای فعال گروه‌های ۱ و ۲ جدول دوره‌ای در آب دریا به صورت کاتیون‌های محلول وجود دارد.

۳ ۹۶۸ A عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. فرسایش فلز و تبدیل آن به سنگ معدن و در کل بازگشت فلز به طبیعت در یک فرایند بسیار طولانی مدت اتفاق می‌افتد. در واقع آهنگ مصرف و استخراج فلزها بسیار بیشتر از آهنگ برگشت فلز به طبیعت به شکل سنگ معدن است. بنابراین به دلیل عدم توازن بین سرعت استخراج فلز از طبیعت و سرعت برگشت فلز به طبیعت می‌توان گفت که فلزها منابع تجدیدناپذیری هستند.

۳ ۹۶۹ A فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت (پ): بازیافت فلزها به دلیل کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهد و گازهای گلخانه‌ای کمتری تولید می‌کند و در نتیجه باعث کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود. (نه کاهش دمای زمین!)

۲ ۹۷۰ B موارد (الف)، (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گنج عظیم موجود در اعماق دریاها در برخی مناطق محتوی سولفید چند فلز واسطه است. عبارت (ب): میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر یا نیمه فرورفته در بستر پراکنده شده است. عبارت (پ): بازیافت فلزها قبل از خوردگی و فرسایش آن‌ها امکان‌پذیر است. عبارت (ت): در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرم آهن تقریباً ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع معدنی دیگر استفاده می‌شود. عبارت (ث): از انرژی ذخیره شده حاصل از بازیافت ۷ قوطی فولادی می‌توان یک لامپ ۶۰ وات را به مدت ۲۵ ساعت روشن نگه داشت. در نتیجه از انرژی ذخیره شده حاصل از بازیافت یک قوطی فولادی می‌توان یک لامپ ۲۰ وات را به مدت تقریباً  $643 \text{ min} \left( \frac{25}{7} \times \frac{60}{20} \times 60 \right)$  روشن نگاه داشت.

۲ ۹۷۱ A عبارات‌های (الف) و (پ) در مورد ارزیابی چرخه عمر درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): در این ارزیابی، توزیع و حمل و نقل محصول نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. عبارت (ت): علی‌رغم اینکه ماده خام و اولیه برای تولید پاکت کاغذی درخت بوده و تجدیدپذیر است ولی در همه مراحل چرخه عمر سبب آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

۴ ۹۷۲ A عبارات‌های دوم، سوم و چهارم نادرست‌اند. دلیلش در درسنامه هست!

۳ ۹۷۳ A عبارات‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): نفت خام یکی از سوخت‌های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز از زمین استخراج می‌شود. عبارت (ب): بخش عمده نفت خام را هیدروکربن‌های گوناگون تشکیل می‌دهند. هیدروکربن‌ها فقط شامل هیدروژن و کربن هستند.

۴ ۹۷۴ A بیشترین کاربرد نفت خام به‌عنوان سوخت در وسایل نقلیه است.

\* توجه: مقایسه میزان مصرف نفت خام در بخش‌های مختلف به‌صورت مقابل است: سوخت در وسایل نقلیه < تأمین گرما و انرژی الکتریکی < ماده اولیه مواد و کالاها

۱ ۹۷۵ A همه عبارات‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): روزانه بیش از ۸۰ میلیون بشکه نفت خام در دنیا به شکل‌های گوناگون مصرف می‌شود و هر بشکه نفت خام معادل ۱۵۹ لیتر است، پس خواهیم داشت:

$$159 \text{ L} \times 10^7 = 1.59 \times 10^9 \text{ L} = 1.59 \times 10^6 \text{ بشکه} \times 10^3 \text{ بشکه} = 1.59 \times 10^9 \text{ بشکه}$$

عبارت (ب): کمتر از ده درصد از نفت خام مصرفی در دنیا یعنی چیزی کمتر از ۸ میلیون بشکه در روز برای تولید الیاف و پارچه، شوینده‌ها، مواد آرایشی و بهداشتی، رنگ، پلاستیک، مواد منفجره و لاستیک به کار می‌رود. عبارت (پ): حدود نیمی از نفت خام به‌عنوان سوخت در وسایل نقلیه استفاده می‌شود و بخش اعظم نیم دیگر آن برای تأمین گرما و انرژی الکتریکی مورد نیاز به کار می‌رود. عبارت (ت): از نفت خام در ساخت داروها و فرآورده‌های دارویی برای درمان بیماری‌های گوناگون استفاده می‌شود.

۱ ۹۷۶ A فقط مورد دوم نادرست است. عدد اتمی عنصر کربن برابر ۶ بوده و آرایش الکترونی آن به صورت  $1s^2 2s^2 2p^2$  است. این عنصر دارای ۴ الکترون ظرفیت است و با به اشتراک گذاشتن آن‌ها با اتم‌های دیگر، به آرایش هشت‌تایی نئون می‌رسد. توجه کنید که این اتم، توانایی گرفتن یا از دست دادن الکترون را ندارد. سایر موارد مطابق متن کتاب درسی درست هستند.

۱ ۹۷۷ A عبارات‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (پ): نفت خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع هیدروکربن‌هاست که می‌توانند سیر شده و یا سیر نشده، حلقوی و یا خطی باشند.

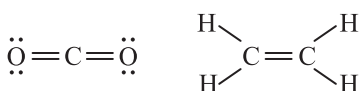
\* توجه: کربوهیدرات‌ها شامل عنصرهای کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند، در حالی که هیدروکربن‌ها تنها شامل عنصرهای کربن و هیدروژن هستند.

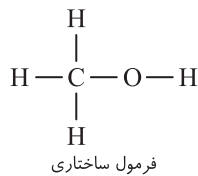
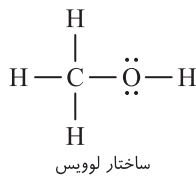
۲ ۹۷۸ A فقط مورد (پ) جمله را به درستی کامل نمی‌کند. مدل‌های نشان داده شده در گزینه‌های (۱) تا (۴) به ترتیب متعلق به مولکول‌های  $C_4H_4$ ،  $C_6H_{12}$ ،  $C_4H_6$ ،  $C_10H_{12}$  و  $CO_2$  هستند. بررسی موارد: مورد (الف): در هر مولکول از ترکیب  $C_6H_{12}$  نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به کربن برابر  $\frac{12}{6}$  است. مورد (ب):



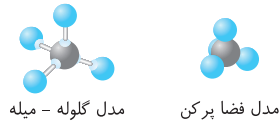
در ساختار مولکول  $C_4H_6$  همانند مولکول CO یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

مورد (پ): ترکیب  $C_10H_{12}$  دارای ۲۲ اتم هیدروژن است. مورد (ت): مولکول  $CO_2$  دارای دو پیوند دوگانه و مولکول اتن ( $C_2H_2$ ) دارای یک پیوند دوگانه است.

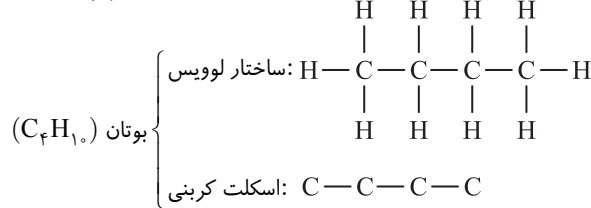
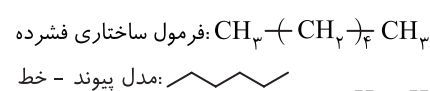




**۹۷۹ ۳ B** همه موارد به جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. بررسی موارد: **مورد اول:** در فرمول ساختاری مولکول‌ها برخلاف ساختار لوویس آن‌ها، جفت الکترون‌های ناپیوندی را نمایش نمی‌دهیم. به عنوان مثال، فرمول ساختاری و ساختار لوویس متانول به صورت مقابل است:



**\* توجه:** فرمول ساختاری و ساختار لوویس هیدروکربن‌ها یکسان است، زیرا در هیدروکربن‌ها جفت الکترون ناپیوندی وجود ندارد. **مورد دوم:** در مدل فضای پرکن برخلاف مدل گلوله - میله، پیوند میان اتم‌ها نمایش داده نمی‌شود. برای مثال مدل فضای پرکن و مدل گلوله و میله متان به صورت روبه‌رو است:



**۹۸۰ ۲ B** عبارات (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. ساختار لوویس مولکول هیدروژن سیانید به صورت مقابل است: **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در مولکول  $\text{HCN}$  برابر یک و در مولکول کربن دی‌اکسید برابر ۴ است. عبارت (ب): در مولکول هیدروژن سیانید همانند مولکول اتین ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. به همین دلیل در ساختار  $\text{HCN}$ ، اتم‌های  $\text{C}$  و  $\text{N}$  و در ساختار  $\text{C}_2\text{H}_2$ ، دو اتم  $\text{C}$ ، ۶ الکترون با یکدیگر به اشتراک گذاشته‌اند.

**عبارت (پ):** شمار پیوندهای اشتراکی در هر مولکول اتن ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) برابر ۶ و در هر مولکول  $\text{HCN}$  برابر ۴ است. **عبارت (ت):** هیدروژن سیانید ( $\text{HCN}$ ) از سه عنصر هیدروژن، کربن و نیتروژن تشکیل شده است که این سه عنصر، جزء عناصر فراوان سیاره مشتری می‌باشند.

**۹۸۱ ۲ A** فرمول مولکولی نوع عنصرهای سازنده و تعداد آن‌ها را نشان می‌دهد، اما نحوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر را نمایش نمی‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): از آنجا که در ساختار هیدروکربن‌ها، الکترون ناپیوندی وجود ندارد، در آن‌ها فرمول ساختاری مشابه ساختار لوویس است. **گزینه (۴):** در مدل فضای پرکن، الکترون‌های ناپیوندی و پیوندی نمایش داده نمی‌شوند ولی می‌توان با توجه به نوع اتم‌ها و در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی، به نوع پیوند میان اتم‌ها پی برد.

**۹۸۲ ۲ B** عبارات (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): جرم مولی مولکول‌های  $\text{HCN}$  و  $\text{CO}_2$  به ترتیب برابر ۲۷ و ۴۴ گرم بر مول است و جرم مولی مولکول  $\text{CH}_4$  برابر با ۱۶ گرم بر مول می‌باشد. عبارت (ب): مدل مولکولی داده شده، مولکول  $\text{C}_2\text{H}_4$  را نشان می‌دهد. این مولکول دارای ۶ پیوند اشتراکی است.

**عبارت (پ):** اتم نیتروژن همانند اتم کربن می‌تواند با دیگر اتم‌ها پیوند سه‌گانه تشکیل دهد. به عنوان مثال در مولکول  $\text{HCN}$ : **عبارت (ت):** مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت در هر دو مولکول برابر ۱۰ است.  $\text{HCN}: 1+4+5=10$        $\text{C}_2\text{H}_4: 2(4)+2(1)=10$

**عبارت (ث):** مدل فضای پرکن نشان داده شده مربوط به  $\text{HCN}$  است. در ساختار مولکول  $\text{HCN}$  همانند اتین یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

**۹۸۳ ۳ C** با توجه به اطلاعات سؤال ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط موجود حساب می‌کنیم:

در شرایط موجود:  $\begin{cases} T_1 = 0 + 273 = 273 \text{ K} \\ P_1 = 1 \text{ atm} \\ V_{n1} = 22/4 \text{ L.mol}^{-1} \end{cases}$       در شرایط موجود:  $\begin{cases} T_2 = 40/5 + 273 = 682/5 \text{ K} \\ P_2 = 2/8 \text{ atm} \\ V_{n2} = ? \end{cases}$

$$\frac{P_1 V_{n1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{2/8 \times V_{n2}}{682/5} \Rightarrow V_{n2} = \frac{22/4 \times 682/5}{298 \times 2/8} = 20 \text{ L.mol}^{-1}$$

بنابراین در این شرایط حجم مولی گازها برابر ۲۰ لیتر بر مول است:  $\frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = 2 \text{ g.L}^{-1} \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی}}{20 \text{ L.mol}^{-1}} = 40 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \text{جرم مولی} = 40 \text{ g.mol}^{-1}$

در صورت سؤال ذکر شده است که این ترکیب یک هیدروکربن است، با توجه به این که در هیدروکربن‌ها، بخش عمده جرم مربوط به اتم‌های کربن است و با توجه به گزینه‌ها می‌توان دریافت که این هیدروکربن، یک، دو، سه و یا چهار اتم کربن دارد، هیدروکربن تک‌کربنی  $\text{CH}_4$  است که جرم مولی آن برابر  $16 \text{ g.mol}^{-1}$  است. هیدروکربن دوکربنی در سنگین‌ترین حالت، یعنی  $\text{C}_2\text{H}_6$ ، جرم مولی برابر  $30 \text{ g.mol}^{-1}$  دارد و هیدروکربن چهارکربنی جرمی بیشتر از ۴۰ گرم بر مول دارد؛ زیرا مجموع جرم مولی چهار اتم کربن بدون در نظر گرفتن اتم‌های هیدروژن موجود در مولکول برابر  $48 \text{ g.mol}^{-1}$  است. پس هیدروکربن مورد نظر سه اتم کربن دارد و فرمول آن  $\text{C}_3\text{H}_8$  است.



ابتدا جرم مولی هیدروکربن را محاسبه می‌کنیم: (جرم مولی هیدروکربن را  $M$  گرم بر مول در نظر می‌گیریم)

$$1 \text{ L } C_x H_y \times \frac{1 \text{ mol } C_x H_y}{22.4 \text{ L } C_x H_y} \times \frac{M \text{ g } C_x H_y}{1 \text{ mol } C_x H_y} = 2.5 \text{ g } C_x H_y \Rightarrow M = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

گزینه	۴	۳	۲	۱
ساختار				
فرمول مولکولی	$C_5H_{10}$	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$C_4H_8$
جرم مولی ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	۷۰	۵۸	۷۲	۵۶

اکنون با توجه به فرمول‌های نقطه-خط داده شده در گزینه‌ها می‌توان هیدروکربن مورد نظر را تشخیص داد:

با توجه به اینکه فقط در گزینه (۱) جرم مولی هیدروکربن داده شده برابر  $56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  است، پاسخ همین گزینه بوده و لازم نیست که درصد جرمی کربن در هیدروکربن را محاسبه کنیم ولی برای توضیحات کامل‌تر، درصد جرمی کربن در هیدروکربن را نیز به دست می‌آوریم:

$$\%C = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم هیدروکربن}} \times 100 = \frac{4 \times 12}{56} \times 100 = 85.71$$

۹۸۵ (A) همه عبارت‌ها به درستی بیان شده است.

۹۸۶ (A) فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار آلکان‌ها، هر اتم کربن با چهار پیوند اشتراکی به چهار اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح سیر شده هستند. توجه کنید که در آلکان‌های راست‌زنجیر هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است و در آلکان‌های شاخه‌دار برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند. عبارت‌های (ب) و (ت): آلکان‌ها هیدروکربن‌هایی سیر شده هستند، از این رو تمایل چندانی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارند. این ویژگی سبب می‌شود تا میزان سمی بودن آن‌ها کمتر شده و استنشاق آن‌ها بر شش‌ها و بدن تأثیر چندانی نداشته باشد.

\* توجه: اگر چه آلکان‌ها سیر شده هستند و در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی شرکت نمی‌کنند ولی در شرایط مناسب با گاز اکسیژن وارد واکنش می‌شوند و گازهای  $CO_2$ ،  $CO$  و  $H_2O$  تولید می‌کنند. توجه کنید که نوع فراورده تولید شده به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد.

عبارت (پ): آلکان‌ها به دلیل ناقطبی بودن در آب نامحلول‌اند. این ویژگی سبب می‌شود تا بتوان از آن‌ها برای حفاظت از فلزها استفاده کرد به طوری که قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آن‌ها مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند.

۹۸۷ (B) ۳

**نکته ترکیب** عواملی که تحت تأثیر شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها تغییر می‌کند: عواملی که افزایش می‌یابند: با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها، قدرت نیروهای بین‌مولکولی، نقطه جوش، گرانروی، چسبندگی، درصد جرمی کربن، شمار پیوندهای اشتراکی و چگالی همگی افزایش می‌یابند. عواملی که کاهش می‌یابند: با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها، فراریت و نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به کربن کاهش می‌یابد و از طرفی آلکان مورد نظر در قسمت‌های پایین‌تری در برج تقطیر قرار می‌گیرد.

هرچه تعداد اتم‌های کربن یک آلکان بیشتر باشد، جرم و حجم مولکول آلکان بیشتر بوده و در نتیجه نیروهای جاذبه بین‌مولکولی بیشتر می‌شود. با افزایش نیروهای بین‌مولکولی، نقطه جوش، گرانروی (مقاومت در برابر جاری شدن) و چسبندگی آلکان‌ها افزایش می‌یابد، اما تمایل آلکان‌ها برای تبدیل شدن به حالت گازی (فراریت) کاهش می‌یابد. همچنین بسیار واضح است که با افزایش تعداد کربن، تعداد پیوندهای اشتراکی افزایش می‌یابد.

۹۸۸ (B) ۴ عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف: اگر آلکان A فرارتر از آلکان B باشد، یعنی نیروهای بین‌مولکولی در آلکان B قوی‌تر از آلکان A است. بنابراین آلکان B مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن دارد. عبارت (ب): گریس یک آلکان است و مولکول‌های آن ناقطبی است. از شیمی دهم به یاد داریم که شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند، بنابراین برای حل کردن گریس می‌توان از حلال‌های ناقطبی مثل بنزین یا نفت (مخلوطی از هیدروکربن‌ها) استفاده کرد. عبارت (پ): در مولکول‌های سازنده چربی بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد، از این رو این مواد جزء مولکول‌های ناقطبی به شمار می‌آیند و پس از شستن دست با بنزین (حلال ناقطبی) به دلیل اینکه چربی‌های سطح پوست در بنزین حل و از سطح پوست جدا می‌شوند، پوست خشک می‌شود. عبارت (ت): استنشاق آلکان‌ها، مثل بخار بنزین سبب کاهش مقدار گاز اکسیژن در هوای دم می‌شود و از انتقال گازهای تنفسی در شش‌ها جلوگیری می‌کند و نفس کشیدن دشوار می‌شود. عبارت (ث): قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها با آن‌ها که مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند، به دلیل ناقطبی بودن آلکان‌هاست.

۹۸۹ (B) ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) به درستی بیان شده است. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف: بوتان ( $C_4H_{10}$ ) آلکانی با ۱۳ پیوند اشتراکی در ساختار خود و پنتان ( $C_5H_{12}$ ) پنجمین عضو خانواده آلکان‌ها می‌باشد. در دمای اتاق، بوتان و پنتان به ترتیب حالت فیزیکی گازی و مایع دارند.

$$\text{بوتان } (C_4H_{10}) \Rightarrow n=4 \Rightarrow 3n+1=13 \Rightarrow \text{تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها}$$

عبارت (ب): با توجه به نمودار نقطه جوش آلکان‌ها، با افزایش تعداد کربن تفاوت نقطه جوش دو آلکان متوالی کاهش می‌یابد. بنابراین تفاوت نقطه جوش پروپان ( $C_3H_8$ ) و بوتان ( $C_4H_{10}$ ) از تفاوت نقطه جوش هگزان ( $C_6H_{14}$ ) و هپتان ( $C_7H_{16}$ ) بیشتر است. عبارت (پ): در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم کربن، نقطه جوش افزایش و فراریت آن کاهش می‌یابد. در نتیجه هرچه آلکان فرارتر بوده و نقطه جوش پایین‌تری داشته باشد، تمایل کمتری به مایع شدن خواهد داشت. عبارت (ت): در آلکان‌های شاخه‌دار حداقل یک اتم کربن وجود دارد که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند. (نه لزوماً به چهار اتم کربن!)

۹۹۰ (B) ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف: سنگین‌ترین آلکان گازی در دمای اتاق، بوتان ( $C_4H_{10}$ ) است که در هر مولکول آن ۱۰ اتم هیدروژن وجود دارد. عبارت (ب): مطابق نمودار داده شده در صورت تست، نقطه جوش آلکان‌های دارای ۱۷ اتم کربن با بیشتر، بالاتر از  $300^\circ C$  است. پس این آلکان‌ها در دمای  $300^\circ C$  به حالت مایع هستند. عبارت (پ): مطابق نمودار، آلکانی با ۲۰ اتم کربن در دمای  $350^\circ C$  به جوش می‌آید.

$$T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273 = 350 + 273 = 623K$$

دمای جوش آلکان ۲۰ کربنی برحسب کلونین

عبارت (ت): مطابق نمودار داده شده در صورت تست، نقطه جوش همه آلکان‌ها به جز متان ( $CH_4$ ) در فشار اتاق بالاتر از  $100^\circ C$  است. پس در دمای  $100^\circ C$  و فشار ۱ atm تنها حالت فیزیکی متان به صورت گازی است. عبارت (ث): برای جداسازی این دو آلکان از یکدیگر به روش تقطیر، باید دما را تا اندکی بالاتر از نقطه جوش  $C_4H_{10}$  مثلاً دمای  $250^\circ C$  افزایش دهیم.



**B ۹۹۱ ۱ A:** بوتان ( $C_4H_{10}$ ) به عنوان سوخت فندک به کار می‌رود. **B:** فرمول مولکولی عمومی آلکان‌ها به صورت  $C_nH_{2n+2}$  است. خواهیم داشت:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های H}}{\text{تعداد اتم‌های C}} = \frac{2n+2}{n} = 2/4 \Rightarrow 2/4n = 2n+2 \Rightarrow n=5$$

پس آلکان مورد نظر، پنتان با فرمول مولکولی ( $C_5H_{12}$ ) است. **C:** جرم مولی آلکان‌ها به صورت  $14n+2$  است، خواهیم داشت:

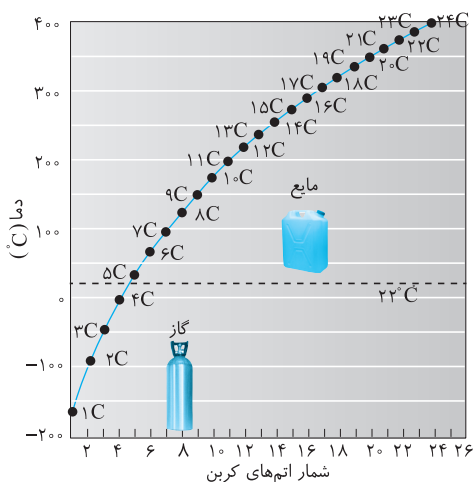
$$14n+2=44 \Rightarrow n=3$$

پس آلکان مورد نظر، پروپان ( $C_3H_8$ ) است. **D:** ششمین عضو خانواده آلکان‌ها، هگزان با فرمول مولکولی  $C_6H_{14}$  است. **E:** در آلکان‌های با  $n$  اتم کربن، تعداد

$$3n+1=16 \Rightarrow 3n=15 \Rightarrow n=5$$

پس آلکان مورد نظر پنتان ( $C_5H_{12}$ ) است. هر چه تعداد اتم‌های کربن یک آلکان کمتر باشد، نیروهای جاذبه بین مولکول‌های آن ضعیف‌تر بوده و در نتیجه تمایل

آن برای تبدیل شدن به حالت گازی (فرار بودن) بیشتر و نقطه جوش کمتری خواهد داشت. پس **C** بیشترین فراریت و **D** بیشترین نقطه جوش را دارد.

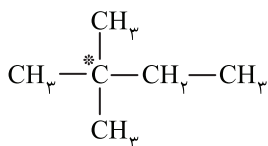


**B ۹۹۲ ۱** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): برای کردن فندک از

گاز بوتان ( $C_4H_{10}$ ) تحت فشار استفاده می‌شود. در این ترکیب نسبت تعداد اتم‌های H به C برابر

$$\frac{10}{4} = \frac{5}{2} \text{ است. عبارت (ب): مطابق نمودار روبه‌رو که مربوط به نقطه جوش آلکان‌های}$$

راست‌زنجیر است، با افزایش شمار اتم‌های کربن، تفاوت نقطه جوش آلکان‌های متوالی کاهش می‌یابد. به عنوان مثال تفاوت نقطه جوش متان و اتان بیشتر از تفاوت نقطه جوش اتان و پروپان است. عبارت (پ): در برخی از آلکان‌های شاخه‌دار، برخی از اتم‌های کربن به چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند و با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند. به عنوان مثال در ساختار زیر، به اتم کربنی که با ستاره مشخص شده، توجه کنید:



**عبارت (ت):** فرمول مولکولی تقریبی گریس به صورت  $C_{18}H_{38}$  و فرمول مولکولی تقریبی وازلین به صورت  $C_{25}H_{52}$  است. اختلاف تعداد اتم‌های هیدروژن در

مولکول‌های این دو ماده برابر ۱۴ است. عبارت (ث): مقایسه نقطه جوش این سه آلکان به صورت اتان > اوکتان > نونان است، بنابراین اعداد  $-89^\circ\text{C}$ ،  $12^\circ\text{C}$

و  $151^\circ\text{C}$  به ترتیب متعلق به اتان، اوکتان و نونان هستند.

**C ۹۹۳ ۲** عبارت‌های (ب) (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در دما و فشار اتاق، حالت فیزیکی ۴ عضو خانواده آلکان‌ها به صورت گازی

است. از طرفی در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، حجم مولی گازها با هم برابر است. یعنی ۱ مول از گازهای مختلف حجم یکسان و برابری دارند.

$$\frac{d_{C_3H_8}}{d_{CH_4}} = \frac{\frac{M_{C_3H_8}}{V_{C_3H_8}}}{\frac{M_{CH_4}}{V_{CH_4}}} \quad V_{C_3H_8} = V_{CH_4} \rightarrow \frac{d_{C_3H_8}}{d_{CH_4}} = \frac{M_{C_3H_8}}{M_{CH_4}} = \frac{44}{16} = 2/75$$

**عبارت (ب):** فرمول عمومی آلکان‌ها به صورت  $C_nH_{2n+2}$  است. تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان با  $n$  اتم کربن از رابطه  $3n+1$  به دست می‌آید. پس خواهیم داشت:

$$C_7H_{16}: \text{فرمول مولکولی آلکان} \Rightarrow n=7 \Rightarrow 3n+1=22 = \text{تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها}$$

این آلکان ۱۶ اتم هیدروژن دارد. عنصری با عدد اتمی ۱۶ همان گوگرد است که نافلز زرد رنگ بوده و در طبیعت به صورت عنصری یافت می‌شود.

**عبارت (پ):** نقطه جوش بوتان برابر  $0^\circ\text{C}$  است؛ پس در دما و فشار اتاق به صورت گاز است. آلکان‌های دارای ۵ تا ۷ اتم کربن، در دما و فشار اتاق مایع هستند و نقطه

جوش اوکتان ( $C_8H_{18}$ ) بالای  $100^\circ\text{C}$  است. عبارت (ت): آلکانی با ۱۸ اتم هیدروژن دارای ۸ اتم کربن است، فرمول شیمیایی آن به صورت  $C_8H_{18}$  است:

$$2n+2=18 \Rightarrow 2n=16 \Rightarrow n=8$$

همچنین آلکانی با ۲۸ پیوند اشتراکی، دارای ۹ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_9H_{20}$  است:

$$3n+1=28 \Rightarrow 3n=27 \Rightarrow n=9$$

در آلکان‌ها، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، گرانروی افزایش می‌یابد. عبارت (ث): در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، درصد جرمی هیدروژن کاهش می‌یابد.

$$\%H(C_7H_{16}) = \frac{16 \times 1}{(7 \times 12) + (16 \times 1)} \times 100 = 16/3, \%H(C_8H_{18}) = \frac{18 \times 1}{(8 \times 12) + (18 \times 1)} \times 100 = 15/8$$



۱ ۹۹۴ B) عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. آلکانها با فرمول کلی  $C_nH_{2n+2}$ ، هیدروکربنهای غیرحلقوی سیرشده هستند. نسبت تعداد اتمهای H به تعداد

اتمهای C برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد اتمهای H}}{\text{تعداد اتمهای C}} = \frac{2n+2}{n} = 2/25 \Rightarrow 2/25n = 2n+2 \Rightarrow 2/25n = 2 \Rightarrow n=8$$

فرمول مولکولی آلکان مورد نظر  $C_8H_{18}$  است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): در ساختار پیوند - خط آن، از ۷ خط استفاده می شود. اگر این آلکان را خطی در نظر



بگیریم، ساختار پیوند - خط آن به شکل مقابل است:

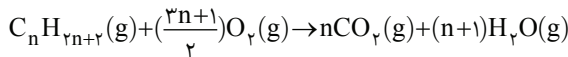
عبارت (ب):  $C_8H_{18}$  به علت داشتن تعداد کربن و هیدروژن بیشتر نسبت به بوتان ( $C_4H_{10}$ )، دارای جرم مولی بیشتر در نتیجه نقطه جوش بالاتری است. عبارت (پ):

شمار پیوندها در آلکانهای با n اتم کربن از رابطه  $3n+1$  به دست می آید، پس  $C_8H_{18}$  دارای  $25 (3 \times 8 + 1)$  پیوند اشتراکی است.

$$(C_8H_{18}) \text{ در کوالانسی در } = \frac{\text{مجموع ظرفیت اتمها}}{2} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1)}{2} = \frac{(8 \times 4) + (18 \times 1)}{2} = 25$$

عبارت (ت): درصد جرمی کربن در این ترکیب برابر است با:  $\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100 = \frac{(8 \times 12)}{(8 \times 12) + (18 \times 1)} \approx 84.2\%$

۱ ۹۹۵ B) قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش کلی سوختن کامل آلکانها به صورت زیر است:

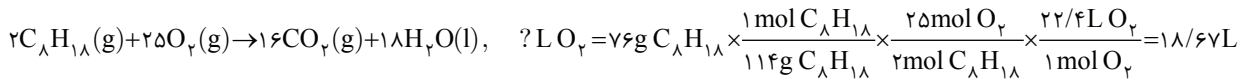


روش اول (کسر تبدیل):  $10/8 g H_2O = 7/6 g C_nH_{2n+2} \times \frac{1 \text{ mol } C_nH_{2n+2}}{(14n+2)g C_nH_{2n+2}} \times \frac{(n+1) \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_nH_{2n+2}} \times \frac{18g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} \Rightarrow 10/8 = 7/6 \times \frac{n+1}{14n+2}$

$$8/4n + 1/2 = 7/6n + 7/6 \Rightarrow 8/4n = 6/4 \Rightarrow n=8$$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم آلکان}}{\text{جرم مولی آلکان}} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی آب}} \Rightarrow \frac{10/8}{(n+1) \times 18} = \frac{7/6}{1 \times (14n+2)}$

پس فرمول مولکولی آلکان مورد نظر  $C_8H_{18}$  است. قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): معادله موازنه شده واکنش سوختن  $C_8H_{18}$  به صورت زیر است:



روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم } C_8H_{18}}{\text{جرم مولی } C_8H_{18}} = \frac{\text{حجم } O_2}{\text{حجم مولی } O_2} \Rightarrow \frac{76}{114 \times 2} = \frac{V}{22.4 \times 25} \Rightarrow V = 18.67 L$

+ توضیح محاسبات

پاسخ به عدد ۱۹ نزدیک است. (پاسخ: ۱۸/۶۷)  $\frac{22.4 \times 25 \times 7/6}{114 \times 2} = ? \rightarrow \frac{22.4 \times 25 \times 7/6}{114 \times 2} = \frac{25 \times 7/6}{114} = \frac{10}{4} = 19$  تخمین زدن و ساده کردن به جای ۱۱۴ عدد ۱۱۲ قرار گیرد.

۳ ۹۹۶ B) با توجه به فرمول عمومی آلکانها که به صورت  $C_nH_{2n+2}$  است، فرمول مولکولی آلکانی با ۲۲ اتم هیدروژن به صورت  $C_{10}H_{22}$  می باشد.

معادله موازنه شده واکنش سوختن ناقص  $C_{10}H_{22}$ :  $2C_{10}H_{22}(g) + 21O_2(g) \rightarrow 20CO(g) + 22H_2O(g)$

روش اول (کسر تبدیل):  $? g CO = 56/8g C_{10}H_{22} \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_{22}}{142g C_{10}H_{22}} \times \frac{20 \text{ mol } CO}{2 \text{ mol } C_{10}H_{22}} \times \frac{28g CO}{1 \text{ mol } CO} = 112g CO$

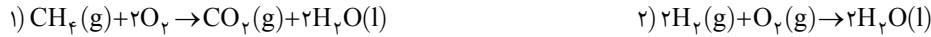
$$? g O_2 = 56/8g C_{10}H_{22} \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_{22}}{142g C_{10}H_{22}} \times \frac{21 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_{10}H_{22}} \times \frac{32g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 134/4g O_2$$

اختلاف جرم CO تولیدی و  $O_2$  مصرفی برابر  $22/4g (134/4 - 112)$  است.

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم } C_{10}H_{22}}{\text{جرم مولی } C_{10}H_{22}} = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی } O_2} = \frac{\text{جرم CO}}{\text{جرم مولی CO}} \Rightarrow \frac{56/8}{2 \times 142} = \frac{x g O_2}{21 \times 32} = \frac{y g CO}{20 \times 28} \Rightarrow x = 134/4g O_2, y = 112g CO$

اختلاف جرم CO تولیدی و  $O_2$  مصرفی برابر  $22/4g (134/4 - 112)$  است.

۹۹۷ B ۲ واکنش سوختن گازهای متان و هیدروژن به صورت زیر است:



ابتدا از جرم  $\text{CO}_2$  تولیدی، جرم گاز  $\text{CH}_4$  و همچنین جرم آب تولید شده در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CH}_4 = 17/6 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 6/4 \text{ g CH}_4$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 17/6 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 14/4 \text{ g H}_2\text{O}$$

بنابراین جرم  $\text{H}_2\text{O}$  تولید شده در واکنش (۲) برابر  $32/4 \text{ g}$  (یعنی  $46/8 - 14/4$ ) است. اکنون جرم  $\text{H}_2$  مصرف شده در واکنش اول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g H}_2 = 32/4 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 3/6 \text{ g H}_2$$

$$? \text{ g H} = 6/4 \text{ g CH}_4 \times \frac{4 \text{ g H}}{16 \text{ g CH}_4} = 1/6 \text{ g}$$

در ادامه جرم هیدروژن موجود در گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) را نیز محاسبه می‌کنیم:

بنابراین در مجموع  $5/2 \text{ g}$  ( $3/6 + 1/6$ ) هیدروژن در مخلوط اولیه وجود داشته و درصد جرمی آن در مخلوط اولیه برابر  $52\%$  است:

$$\% \text{H} = \frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{5/2 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 = 52\%$$

۹۹۸ B ۲ قسمت اول: ابتدا فرمول مولکولی آلکانی را که در آن درصد جرمی کربن برابر  $84\%$  است، می‌یابیم:

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \Rightarrow \text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم کربن در یک مول از ترکیب}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100 \Rightarrow 84 = \frac{12n}{14n+2} \times 100$$

$$11/76n + 1/68 = 12n \Rightarrow 0/24n = 1/68 \Rightarrow n = 7 \Rightarrow \text{فرمول مولکولی آلکان} \text{C}_7\text{H}_{16}$$

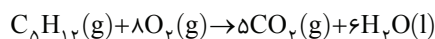
اکنون فرمول مولکولی آلکانی که در ساختار آن ۱۶ پیوند اشتراکی وجود دارد را پیدا می‌کنیم:

$$\text{C}_n\text{H}_{2n} \Rightarrow \text{فرمول مولکولی آلکان} \text{C}_8\text{H}_{16} \Rightarrow n = 8 \Rightarrow 3n + 1 = 16 \Rightarrow n = 5 \Rightarrow \text{تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکانها}$$

در دما و فشار یکسان حجم مولی گازها با هم برابر است، یعنی یک مول از گازهای مختلف حجم برابری دارند، پس خواهیم داشت:

$$\frac{d_{\text{C}_7\text{H}_{16}}}{d_{\text{C}_8\text{H}_{16}}} = \frac{M_{\text{C}_7\text{H}_{16}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{16}}} \times \frac{V_{\text{C}_8\text{H}_{16}}}{V_{\text{C}_7\text{H}_{16}}} \Rightarrow \frac{d_{\text{C}_7\text{H}_{16}}}{d_{\text{C}_8\text{H}_{16}}} = \frac{M_{\text{C}_7\text{H}_{16}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_{16}}} \times \frac{100}{72} = \frac{25}{18}$$

قسمت دوم: آلکان سبک‌تر پنتان ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) است. معادله موازنه شده سوختن کامل این آلکان به صورت زیر است:



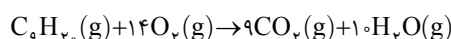
$$? \text{ g C}_5\text{H}_{12} = 70 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}}{5 \text{ mol CO}_2} \times \frac{72 \text{ g C}_5\text{H}_{12}}{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}} = 45 \text{ g C}_5\text{H}_{12}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{مقدار خلوص}}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100 = \frac{45}{60} \times 100 = 75\%$$

$$\frac{\text{جرم پنتان ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم گاز CO}_2 \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{60 \times \frac{P}{100}}{1 \times 72} = \frac{70 \times \frac{P}{100}}{5 \times 22/4} \Rightarrow P = \frac{72 \times 70 \times 100}{60 \times 5 \times 22/4} = 75\%$$

روش دوم (تناسب):



۹۹۹ C ۲ معادله موازنه شده واکنش:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1/6 \times 114}{273 + 195} = \frac{1 \times V_2}{273} \Rightarrow V_2 = 106/4 \text{ L}$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک جرم نونان، مقدار نظری حجم گازهای تولیدی را به دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی حجم گازهای تولیدی، بازده درصدی

$$? \text{ L} = \text{گاز (CO}_2, \text{H}_2\text{O)} = 40 \text{ g C}_9\text{H}_{20} \times \frac{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{20}}{128 \text{ g C}_9\text{H}_{20}} \times \frac{19 \text{ mol گاز (CO}_2, \text{H}_2\text{O)}}{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{20}} \times \frac{22/4 \text{ L}}{1 \text{ mol گاز}} = 133 \text{ L}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{106/4 \text{ L}}{133 \text{ L}} \times 100 = 80\%$$



روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم نونان} \times \frac{R}{100}}{\text{حجم گازهای تولیدی}} = \frac{40 \times \frac{R}{100}}{1 \times 128} \Rightarrow \frac{106/4}{22/4 \times 19 \times 22/4} \Rightarrow R = 7.8\%$$

\* **توجه** در شرایط STP، حالت فیزیکی  $H_2O$  به صورت جامد یا مایع است. اما توجه کنید که در این سؤال، چون مجموع حجم گازهای تولیدی در شرایطی که هر دو گاز هستند را برای محاسبه، به شرایط STP تبدیل کردیم، پس محاسبات را براساس گازی بودن هر دو فرآورده انجام دادیم.

+ توضیح محاسبات

پاسخ به عدد ۸۰ نزدیک است. (پاسخ: ۸۰)

$$\frac{106/4 \times 128 \times 100}{22/4 \times 19 \times 40} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن به جای ۱۹، ۱۰۶/۴ و ۲۲/۴ اعداد ۲۰، ۱۱۰ و ۲۲ قرار گیرد.}} \frac{110 \times 128 \times 100}{22 \times 20 \times 40} = \frac{10 \times 16 \times 100}{2 \times 100} = 80$$

۱ ۱۰۰۰ فقط عبارت (ب) درست است. معادله کلی واکنش سوختن کامل آلکانها:  $C_n H_{2n+2} (g) + \frac{(3n+1)}{2} O_2 (g) \rightarrow n CO_2 (g) + (n+1) H_2O (g)$

بررسی عبارت ها: عبارت (الف): تعداد پیوندهای اشتراکی در ساختار آلکانی با فرمول عمومی  $C_n H_{2n+2}$  از رابطه  $3n+1$  به دست می آید:

$$C_{13} H_{28} : \text{فرمول مولکولی آلکان} \quad 64g O_2 = 1 \text{ mol } C_n H_{2n+2} \times \frac{(3n+1) \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n+2}} \times \frac{32g O_2}{1 \text{ mol } O_2} \Rightarrow n = 13$$

عبارت (ب): در شرایط STP، یک مول از همه گازها، حجمی یکسان و برابر ۲۲/۴ لیتر دارند.

$$d_{C_{13}H_{28}} = \frac{M_{C_{13}H_{28}}}{V_{C_{13}H_{28}}} = \frac{184g \cdot mol^{-1}}{22/4 L \cdot mol^{-1}} \approx 8/2 g \cdot L^{-1}$$

عبارت (پ): میزان فراریت آلکانها با تعداد اتمهای کربن در مولکولهای آنها رابطه معکوس دارد، پس میزان فراریت  $C_{13}H_{28}$  کمتر از  $C_{14}H_{30}$  است.

عبارت (ت): میزان گرانروی آلکانها با تعداد اتمهای کربن در مولکولهای آنها رابطه مستقیم دارد، پس گرانروی  $C_{13}H_{28}$  کمتر از  $C_{14}H_{30}$  است.

۳ ۱۰۰۱ ابتدا جرم میانگین C و H را حساب می کنیم:

$$(F_1) = \frac{4}{5} \times 100 = 80\% \quad (F_2) = \frac{1}{5} \times 100 = 20\%$$

درصد فراوانی ایزوتوپهای سنگین تر ( $F_2$ )

$$\bar{M} = M_1 + (M_2 - M_1) \times \frac{F_2}{100} \quad \bar{M}_H = 1 + 1 \times \frac{20}{100} = 1.2 \text{ amu} \quad \bar{M}_C = 12 + 1 \times \frac{20}{100} = 12.2 \text{ amu}$$

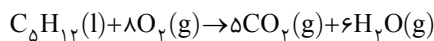
فرمول مولکولی گریس به صورت  $C_{18}H_{38}$  است: از این رو جرم مولی آن برابر است با:  $265/2 g \cdot mol^{-1} = (12/2 \times 18) + (1/2 \times 38)$  = جرم مولی گریس اکنون از جرم گریس ۵۳۰ (۶۳۰-۱۰۰)، تعداد مولکولهای آن را محاسبه می کنیم:

$$? C_{18}H_{38} = 530g C_{18}H_{38} \times \frac{1 \text{ mol } C_{18}H_{38}}{265/2g C_{18}H_{38}} \times \frac{6/2 \times 10^{23} \text{ molecule } C_{18}H_{38}}{1 \text{ mol } C_{18}H_{38}} = 1/2 \times 10^{24} \text{ molecule } C_{18}H_{38}$$

۱ ۱۰۰۲ منظور از هیدروکربن سیرشده خطی همان آلکانها می باشد که دارای فرمول کلی  $C_n H_{2n+2}$  هستند و تعداد پیوندهای اشتراکی در آن برابر  $3n+1$  می باشد.

$$\frac{\text{شمار اتمهای هیدروژن}}{\text{شمار اتمهای کربن}} = 0.15 \Rightarrow \frac{2n+2}{n} = \frac{15}{100} (3n+1) \Rightarrow 9n^2 - 37n - 40 = 0 \Rightarrow n = 5$$

بنابراین آلکان مورد نظر دارای ۵ اتم کربن بوده و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_5H_{12}$  است. معادله موازنه شده واکنش سوختن  $C_5H_{12}$  به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? C_5H_{12} = 32/796g (CO_2, H_2O) \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_{12}}{(5 \times 44)g CO_2 + (6 \times 18)g H_2O} \times \frac{72g C_5H_{12}}{1 \text{ mol } C_5H_{12}} \times \frac{100}{90} = 8g C_5H_{12}$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب):

$$C_5H_{12} \text{ جرم} \times \frac{R}{100} = \frac{\text{مجموع جرم } CO_2 \text{ و } H_2O}{(\text{جرم مولی } CO_2 \times \text{ضریب}) + (\text{جرم مولی } H_2O \times \text{ضریب})} \Rightarrow \frac{x \times 90}{1 \times 72 \times 100 + (5 \times 44) + (6 \times 18)} = \frac{32/796}{(5 \times 44) + (6 \times 18)} \Rightarrow x = 8g C_5H_{12}$$

۲ ۱۰۰۳ معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل متانول ( $C_1H_4O$ ) و سوختن ناقص متان ( $CH_4$ ) به صورت زیر است:



قسمت اول: در بین فرآوردههای تولیدی هر دو واکنش،  $H_2O$  و  $CO$  دارای مولکولهای قطبی و  $CO_2$  دارای مولکولهای ناقطبی هستند؛ بنابراین جرم  $CO_2$  تولیدی برابر ۸۸ گرم است.

با توجه به جرم  $\text{CO}_2$  تولیدی جرم اتانول را می‌یابیم:

$$? \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} = 88 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم CO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \times 46} = \frac{88}{2 \times 44} \Rightarrow x = 46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

روش دوم (تناسب):

بنابراین ۱۶g (۴۶-۶۲) از جرم مخلوط را متان تشکیل داده است و درصد جرمی آن برابر است با:

$$\text{درصد جرمی متان} = \frac{\text{جرم متان}}{\text{جرم متانول} + \text{جرم متان}} \times 100 = \frac{16}{62} \times 100 \approx 25.8\%$$

قسمت دوم: مقدار مول  $\text{H}_2\text{O}$  حاصل از سوختن و اتانول و متان را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{3 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 3 \text{ mol H}_2\text{O}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 16 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol CH}_4} = 2 \text{ mol H}_2\text{O}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{مول} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{46}{1 \times 46} = \frac{x}{3} \Rightarrow x = 3 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{مول} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{16}{2 \times 16} = \frac{x}{4} \Rightarrow x = 2 \text{ mol H}_2\text{O}$$

بنابراین مجموع  $\text{H}_2\text{O}$  تولیدی در این دو واکنش برابر ۵ مول است.

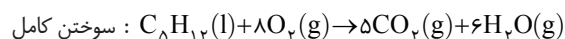
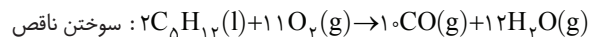
۱۰۰۴ ۲ عبارتهای (الف)، (ب) و (ث) به درستی بیان شده‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بیشترین درصد جرمی برای اتم‌های هیدروژن در آلکان‌ها مربوط به درصد جرمی هیدروژن در مولکول متان ( $\text{CH}_4$ ) است:

$$\text{درصد جرمی H در CH}_4 = \frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100 = \frac{4(1)}{1(12) + 4(1)} \times 100 = 25\%$$

\* توجه در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، درصد جرمی هیدروژن کاهش می‌یابد.

عبارت (ب): سبک‌ترین آلکان مایع در دمای اتاق دارای ۵ اتم کربن ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) است که در واکنش سوختن کامل و ناقص آن داریم:

(۴۰٪ آلکان (۲۳/۰۴) در واکنش سوختن کامل و ۶۰٪ آن (۳۴/۵۶) در واکنش سوختن ناقص شرکت می‌کند.)



با توجه به اینکه ۴۰٪ آلکان‌ها در واکنش سوختن کامل و ۶۰٪ آن در واکنش سوختن ناقص شرکت می‌کند، خواهیم داشت:

$$? \text{ mol O}_2 = 57/6 \text{ g C}_5\text{H}_{12} \times \frac{40}{100} \times \frac{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}}{72 \text{ g C}_5\text{H}_{12}} \times \frac{8 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}} = 2/56 \text{ mol O}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol O}_2 = 57/6 \text{ g C}_5\text{H}_{12} \times \frac{60}{100} \times \frac{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}}{72 \text{ g C}_5\text{H}_{12}} \times \frac{11 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}} = 2/64 \text{ mol O}_2$$

مجموع مول  $\text{O}_2$  مصرفی برابر ۵/۲ مول است.

$$\frac{\text{C}_5\text{H}_{12}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{O}_2}{\text{مول} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{57/6 \times 40}{100} = \frac{x}{1 \times 72} \Rightarrow x = 2/56 \text{ mol O}_2$$

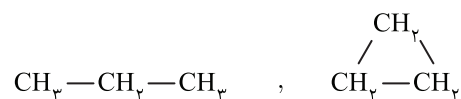
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{C}_5\text{H}_{12}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{O}_2}{\text{مول} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{57/6 \times 60}{100} = \frac{x}{2 \times 72} \Rightarrow x = 2/64 \text{ mol O}_2$$

مجموع مول  $\text{O}_2$  مصرفی برابر ۵/۲ مول است. عبارت (ب): در آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن‌ها

نسبت تعداد پیوندهای اشتراکی به تعداد اتم‌های کربن کاهش می‌یابد. برای نمونه در متان ( $\text{CH}_4$ )

این نسبت برابر ۴ ( $\frac{4}{1}$ ) و در اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )، این نسبت برابر ۳/۵ ( $\frac{7}{5}$ ) است. عبارت (ت):



هیدروکربن‌های سیرشده می‌توانند به صورت خطی یا حلقوی باشند؛ به طوری که هر دو فاقد پیوند

دوگانه یا سه‌گانه کربن - کربن هستند. عبارت (ث): به طور کلی با افزایش تعداد اتم‌های کربن در

آلکان‌ها، نقطه جوش آلکان‌ها افزایش می‌یابد ولی تفاوت نقطه جوش میان دو آلکان متوالی کاهش می‌یابد.



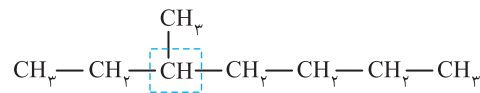
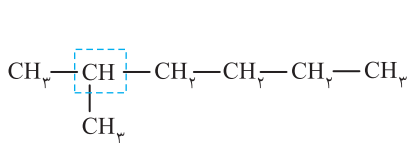


**۱۰۰۵** **۳** عبارات‌های اول، دوم و چهارم به‌درستی بیان شده است. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: در نام‌گذاری چهار عضو نخست آلکان‌های بدون شاخه، برخلاف مابقی آلکان‌های بدون شاخه، پیشوند مشخصی وجود ندارد. (متان، اتان، پروپان و بوتان) عبارت دوم: به طور کلی می‌توان گفت در آلکان‌های شاخه‌دار، زنجیر اصلی دارای بیشترین تعداد اتم کربن است. عبارت سوم: در نام‌گذاری آلکان‌ها، در نوشتن زنجیر فرعی باید به تقدم حروف الفبا توجه کنیم. نام اتیل به متیل مقدم است. عبارت چهارم: شاخه‌های هیدروکربنی که به زنجیر اصلی متصل هستند، دارای فرم کلی  $C_nH_{2n+1}$  می‌باشند. فرمول متیل و اتیل به ترتیب به صورت  $CH_3$  و  $C_2H_5$  است.

**۱۰۰۶** **۴** ترکیب‌های (الف)، (پ) و (ت) جزء آلکان‌های ۸ کربنی بوده و فرمول آن‌ها به صورت  $C_8H_{18}$  است. در حالی که مولکول (ب) یک آلکان ۷ کربنی با فرمول  $C_7H_{16}$  می‌باشد. فرمول ساختاری هر کدام از ترکیب‌ها به صورت زیر است: (در هر ترکیب، گروه (های) CH با خط چین مشخص شده است.)

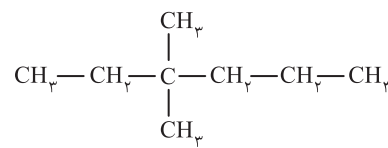
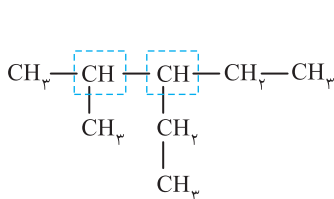
(ب) ۲ - متیل هگزان

(الف) ۳ - متیل هپتان



(ت) ۳ - اتیل - ۲ - متیل پنتان

(پ) ۳، ۳ - دی‌متیل هگزان



در ساختار «۳ - اتیل - ۲ - متیل پنتان» دو گروه CH وجود دارد.

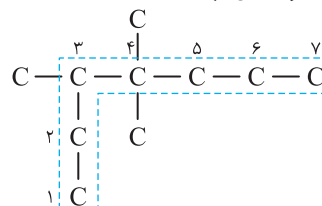
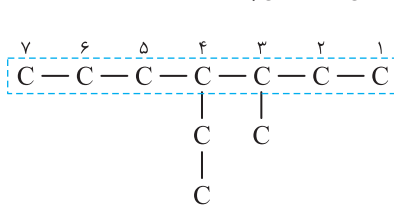
**۱۰۰۷** **۱**

**نکته ترکیب** در قواعد نام‌گذاری آیوپاک، گروه متیل بر روی کربن اول جزء زنجیره اصلی است. بنابراین وجود عبارت «۱ - متیل» در نام‌گذاری یک آلکان نادرست است. همین امر درباره گروه اتیل برای کربن‌های شماره ۱ و ۲ نیز صدق می‌کند؛ به طوری که هر کدام از عبارات‌های «۱ - اتیل» یا «۲ - اتیل» در نام‌گذاری یک ترکیب، اشتباه است. به طوری که باید گروه  $C_2H_5$  را جزء زنجیره اصلی در نظر گرفت نه شاخه فرعی. دقت کنید تنها اتم هالوژن‌ها می‌تواند بر روی کربن اول یا کربن انتهایی قرار داشته باشد و همچنان شاخه محسوب شود.

فقط نام آلکان (ت) به روش آیوپاک درست است. ابتدا بر اساس نام داده شده در هر گزینه، ساختار آلکان‌ها را رسم می‌کنیم و سپس درستی یا نادرستی هر گزینه را بررسی می‌کنیم. بررسی ترکیب‌ها: ترکیب (الف): زنجیر اصلی را باید طوری انتخاب کنیم که دارای بیشترین تعداد اتم کربن باشد. ترکیب (ب): زنجیر اصلی را از سمتی شماره‌گذاری می‌کنیم که به شاخه فرعی نزدیک‌تر است. پس جهت درست شماره‌گذاری از سمت راست است. ترکیب (پ): در نام‌گذاری آلکان‌ها نوشتن نام شاخه فرعی اتیل بر متیل مقدم است. ترکیب (ت): همه قواعد مربوط به نام‌گذاری هیدروکربن‌ها در این ترکیب به درستی رعایت شده و نام آن «۴ - اتیل - ۳ - دی‌متیل هپتان» است.

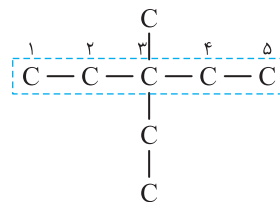
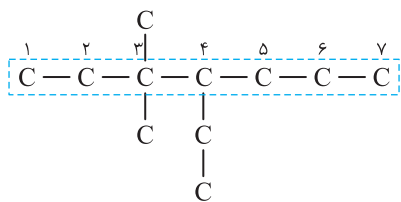
ترکیب (ب): ۴ - اتیل - ۳ - متیل پنتان

ترکیب (الف): ۴، ۳ - تری‌متیل هپتان

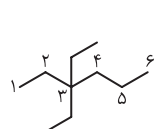


ترکیب (ت):

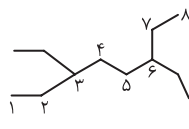
ترکیب (پ): ۳ - اتیل - ۳ - متیل پنتان



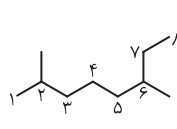
**۱۰۰۸** **۳** فقط نام آلکان اول نادرست ذکر شده است.



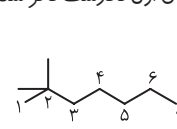
۳، ۳ - دی‌اتیل هگزان



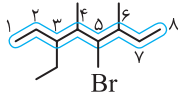
۶، ۳ - دی‌اتیل اوکتان



۶، ۲ - دی‌متیل اوکتان



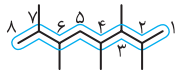
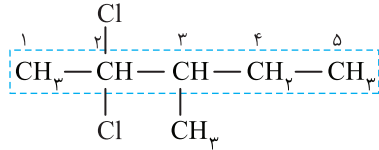
۲، ۲ - دی‌متیل هپتان



B ۱۰۰۹ ۴ نام گذاری همه ترکیبها به روش آیوپاک به درستی انجام شده است. بررسی هر یک از موارد:

مورد (الف): ۵- برومو-۳- اتیل - ۴، ۶- دی متیل اوکتان

\* توجه در شماره گذاری زنجیر اصلی این آلکان از هر دو سمت برای شاخه های فرعی به اعداد یکسان می رسمیم؛ بنابراین برای انتخاب جهت شماره گذاری از تقدم نام این شاخه ها بر مبنای الفبای انگلیسی استفاده می کنیم. یعنی چون اولین شاخه فرعی از سمت چپ (اتیل) بر اولین شاخه فرعی از سمت راست (متیل) تقدم دارد، پس شماره گذاری را از سمت چپ انجام می دهیم. مورد (ب): ۲، ۲- دی کلرو- ۳- متیل پنتان

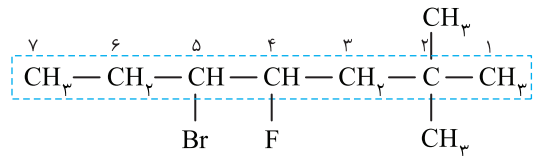
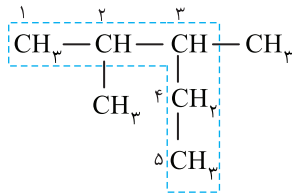


مورد (پ): همه شاخه های فرعی در این هیدروکربن متیل هستند و با شماره گذاری از هر دو طرف، دو شاخه فرعی ابتدایی روی کربن های (۲) و (۳) قرار می گیرد. پس برای پی بردن به جهت صحیح شماره گذاری، به شاخه فرعی سوم توجه می کنیم. چون به این شاخه فرعی از سمت راست زودتر می رسمیم، پس جهت صحیح شماره گذاری از سمت راست است.

نام درست این ترکیب، ۲، ۳، ۴، ۶- پنتامتیل اوکتان است.

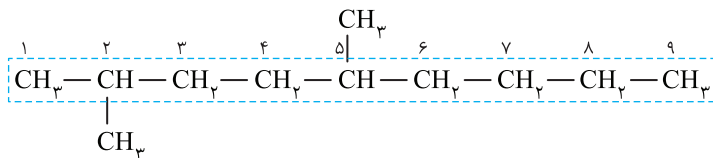
مورد (ت): ۵- برومو- ۴- فلوتورو- ۲، ۲- دی متیل هپتان

مورد (ث): فرمول ساختاری این آلکان به صورت زیر است: ۲، ۳- دی متیل پنتان



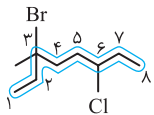
B ۱۰۱۰ ۳ ابتدا فرمول ساختاری آلکانها را رسم کرده و آنها را نام گذاری می کنیم. سپس با توجه به تعداد اتم های کربن و به کمک رابطه محاسبه تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکانها که به صورت  $(3n+1)$  است، تعداد پیوندهای اشتراکی در آنها را به دست می آوریم:

\* توجه در هالوآلکانها نیز تعداد پیوندهای اشتراکی از رابطه  $(3n+1)$  به دست می آید؛ زیرا هالوژن ها نیز همانند هیدروژن با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل می شوند. بررسی گزینه ها:



گزینه (۱): ۲، ۵- دی متیل نونان

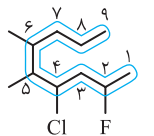
تعداد پیوندهای اشتراکی  $= (3 \times 11) + 1 = 34$



گزینه (۲): فاصله نخستین شاخه فرعی از دو طرف یکسان است. پس از سمتی شماره گذاری می کنیم که زودتر به شاخه فرعی بعدی برسیم:

تعداد پیوندهای اشتراکی  $= (3 \times 9) + 1 = 28$

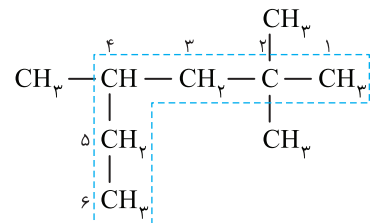
۳- برومو- ۶- کلرو- ۳- متیل- اوکتان



۴- کلرو- ۲- فلوتورو- ۵، ۶- دی متیل نونان

گزینه (۳):

تعداد پیوندهای اشتراکی  $= (3 \times 11) + 1 = 34$

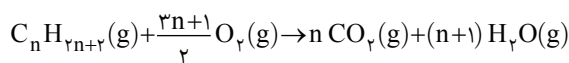


۲، ۲، ۴- تری متیل هگزان

تعداد پیوندهای اشتراکی  $= (3 \times 9) + 1 = 28$

گزینه (۴):

B ۱۰۱۱ ۲ موارد اول، پنجم و ششم ویژگی مورد نظر را دارند. معادله کلی واکنش سوختن آلکانها به صورت زیر است:



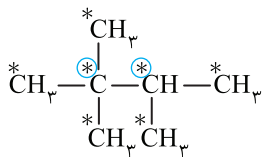
ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، تعداد کربن های موجود در هر مولکول از آلکان را تعیین می کنیم:

$$12/04 \times 10^{24} \text{ molecule } O_2 = 1 \text{ mol } C_n H_{2n+2} \times \frac{(\frac{3n+1}{2}) \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n+2}} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \Rightarrow 3n+1=40 \Rightarrow n=13$$

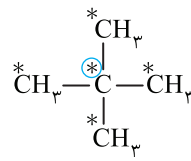
پس آلکان مورد نظر ۱۳ اتم کربن دارد. با توجه به نوع و تعداد شاخه های فرعی و تعداد کربن زنجیر اصلی، آلکان های موارد (۱) تا (۷) به ترتیب دارای ۱۳، ۱۱، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۳ اتم کربن هستند.



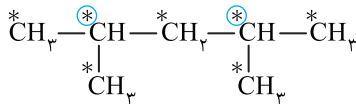
۱۰۱۲ B فقط در آلکان موجود در ترکیب (پ) تعداد اتم‌های کربنی که به یک یا دو کربن دیگر متصل هستند، سه برابر تعداد اتم‌های کربنی است که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند. اتم‌های کربنی که به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل اند با \* و کربن‌هایی که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل اند با ⊗ نمایش داده شده‌اند. بررسی ترکیب‌ها:



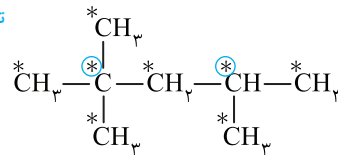
ترکیب (ب):



ترکیب (الف):

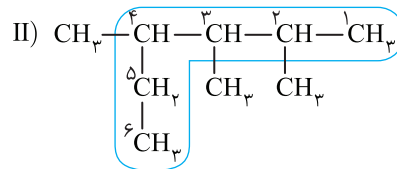
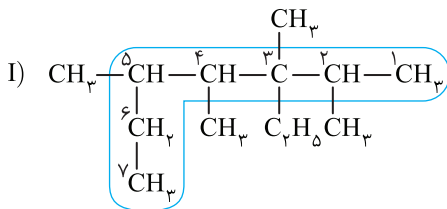


ترکیب (ت):



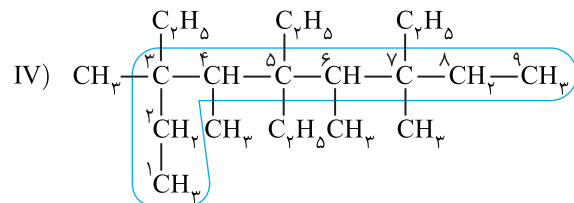
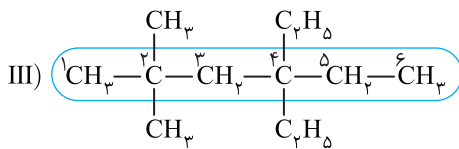
ترکیب (پ):

۱۰۱۳ B به ساختار و نام‌گذاری هر یک از آلکان‌ها توجه کنید:



۳ - اتیل ۲، ۳، ۴، ۵، تترا متیل هپتان ⇐ مجموع اعداد = ۱۷

۲، ۳، ۴ - تری متیل هگزان ⇐ مجموع اعداد = ۹

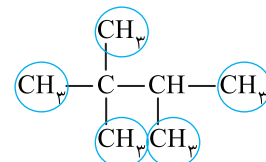
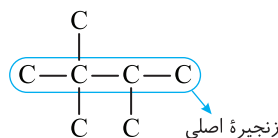
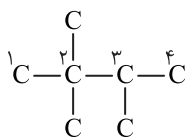


۴، ۴ - دی اتیل ۲، ۲ - دی متیل هگزان ⇐ مجموع اعداد = ۱۲

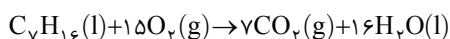
۳، ۵، ۵ - تترا اتیل ۳، ۴، ۶، ۷، تترا متیل نونان ⇐ مجموع اعداد = ۴۰

مجموع همه اعداد در نام‌گذاری این چهار آلکان برابر ۷۸ (۱۷+۱۲+۲۰+۲۰) است.

۱۰۱۴ C همه عبارات‌ها به‌درستی بیان شده است. در نام‌گذاری یک آلکان تنها زمانی می‌توان شماره کربن‌های دارای زنجیره فرعی را در نظر نگرفت که قرار گرفتن زنجیره‌های فرعی تنها یک حالت وجود داشته باشد. در ایزومری از هپتان که زنجیر اصلی دارای چهار اتم کربن و سه شاخه فرعی متیل وجود داشته باشد، تنها حالت ممکن قرار گرفتن دو گروه متیل روی کربن شماره ۲ و یک گروه متیل به کربن شماره سه است. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: شاخه اصلی در این آلکان دارای چهار اتم کربن است. عبارت دوم: این آلکان دارای سه گروه فرعی متیل است که دو گروه متیل روی کربن شماره ۲ و یک گروه متیل روی کربن شماره ۳ قرار دارد. عبارت سوم: در ساختار این آلکان ۵ گروه  $CH_3$  وجود دارد.



عبارت چهارم: به کربن شماره ۲، هیچ اتم هیدروژنی متصل نیست. عبارت پنجم: واکنش سوختن کامل این آلکان به‌صورت زیر است: (حالت فیزیکی آب در شرایط STP، مایع یا جامد است).

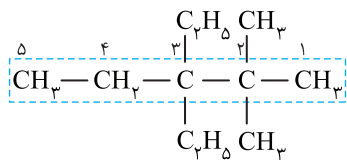


$$? g CO_2 = 50 g C_7H_{16} \times \frac{1 mol C_7H_{16}}{100 g C_7H_{16}} \times \frac{7 mol CO_2}{1 mol C_7H_{16}} \times \frac{44 g CO_2}{1 mol CO_2} = 154 g CO_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

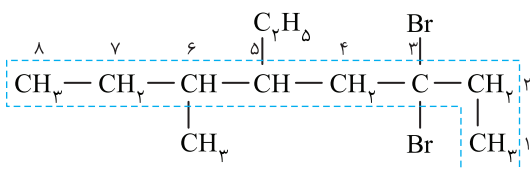
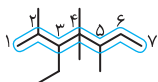
$$\frac{جرم C_7H_{16}}{جرم مولی C_7H_{16}} = \frac{جرم CO_2}{جرم مولی CO_2} \Rightarrow \frac{50}{100} = \frac{x}{44} \Rightarrow x = 154 g CO_2$$

روش دوم (تناسب):



**۱۰۱۵** (ب) عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به فرمول ساختاری، نام آیوپاک این آلکان، (۳، ۳-دی‌اتیل-۲، ۲-دی‌متیل پنتان) است. عبارت (ب): فرمول مولکولی این آلکان  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$  است. توجه کنید که فرمول عمومی آلکان‌ها صرف نظر از نوع و تعداد شاخه‌های فرعی به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  است. پس فرمول عمومی هر آلکان با ۲۴ اتم هیدروژن به صورت  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$  خواهد بود. عبارت (پ): با توجه به ساختار

رسم شده در بالا، این آلکان دارای ۲ شاخه فرعی متیل و ۲ شاخه فرعی اتیل است. عبارت (ت): نقطه جوش آلکان‌های دارای ۸ اتم کربن یا بیشتر، بالاتر از  $100^\circ\text{C}$  است. پس این آلکان‌ها در دمای  $100^\circ\text{C}$  به حالت فیزیکی مایع هستند. این آلکان دارای ۱۱ اتم کربن است و در دمای  $100^\circ\text{C}$  حالت مایع دارد. گرانروی این آلکان کمتر از آلکانی با ۱۲ اتم کربن است، زیرا در هیدروکربن‌ها، گرانروی با شمار اتم‌های کربن رابطه مستقیم دارد.

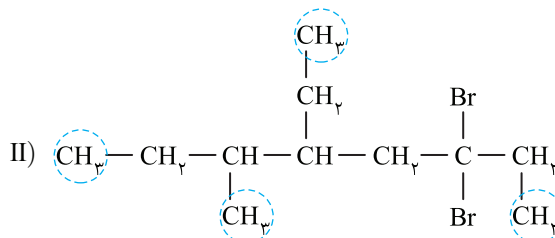
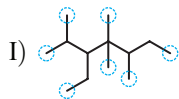


**۱۰۱۶** (ب) موارد (الف) و (ت) درست هستند. بررسی موارد:

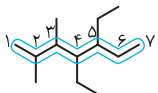
عبارت (الف): نام آیوپاک ترکیب (I): ۳-اتیل-۲، ۴، ۴-تترامتیل هپتان

عبارت (ب): نام آیوپاک ترکیب (II): ۳، ۳-دی‌برومو-۵-اتیل-۶-متیل اوکتان

عبارت (پ): در ساختار (I)، ۷ اتم کربن و در ساختار (II)، ۴ اتم کربن تنها به یک اتم کربن دیگر متصل است.



عبارت (ت): با جایگزین کردن اتم‌های برم ترکیب (II) آلکانی با ۱۳ اتم کربن به دست می‌آید. ترکیب (I) نیز آلکانی ۱۳ کربنی است.



**۱۰۱۷** (ب) فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نام این آلکان (۴، ۵-دی‌اتیل-۳، ۲-دی‌متیل هپتان) است.

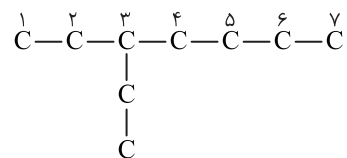
عبارت (ب): تعداد پیوندهای اشتراکی در این آلکان برابر ۴۰ است.  $3n+1 = (3 \times 13) + 1 = 40$  تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکان‌ها

عبارت (پ): در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن، نقطه جوش افزایش می‌یابد. آلکان داده شده دارای ۱۳ کربن است، پس فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$  است. نقطه جوش این آلکان بیشتر از آلکان  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  است. عبارت (ت): ترکیب (۳، ۴، ۵، ۶-تترا متیل نونان) دارای ۱۳ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن که به صورت  $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$  است، با

آلکان داده شده در صورت تست یکسان است، پس درصد جرمی کربن در این دو ترکیب برابر است. عبارت (ث): فرمول مولکولی هر دو آلکان یکسان و به صورت  $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$  است.

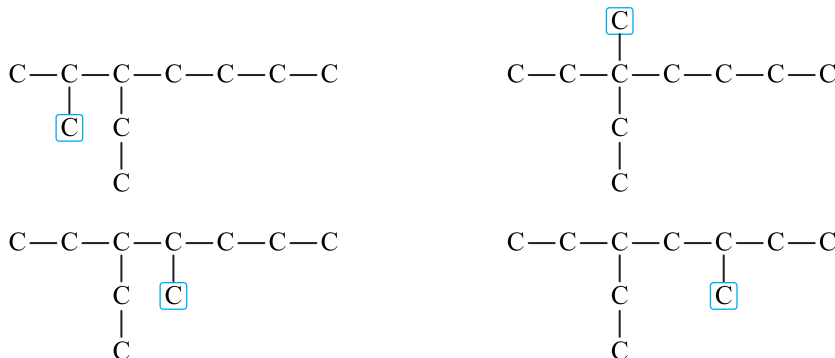
**۱۰۱۸** (ب) ابتدا با توجه به فرمول کلی آلکان‌ها ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به کربن را می‌یابیم:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تعداد اتم‌های کربن}} = \frac{2n+2}{n} = \frac{2}{2} \Rightarrow 2n+2 = 2/2n \Rightarrow 2n+2 = 2/2n \Rightarrow 2n = 2 \Rightarrow n=1$$



بنابراین این آلکان دارای ده اتم کربن در ساختار خود است. با توجه به اینکه در نام‌گذاری آن ۳-اتیل (به عنوان زنجیر فرعی) و هپتان (به عنوان زنجیر اصلی) مشخص است، در نتیجه این آلکان تنها یک اتم کربن دیگر به عنوان زنجیر فرعی خود می‌تواند داشته باشد:

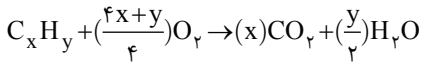
گروه متیل می‌تواند به روی کربن‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ قرار گیرد:



گروه متیل بر کربن ابتدا و انتها (۷، ۱) نمی‌تواند قرار گیرد، زیرا طول زنجیر فرعی تغییر می‌کند. گروه متیل بر روی کربن شماره ۶ نیز نمی‌تواند قرار بگیرد، زیرا جهت شماره‌گذاری تغییر می‌کند.



۲ ۱۰۱۹ C فرمول کلی هیدروکربن‌ها را می‌توان  $C_xH_y$  در نظر گرفت. در واکنش سوختن کامل این ترکیب  $CO_2$  و  $H_2O$  تولید می‌شود. در واکنش موازنه شده این ترکیب داریم:



ابتدا نسبت  $x$  و  $y$  را در این هیدروکربن می‌یابیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$? g CO_2 = \frac{6}{4} g C_xH_y \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{(12x+y) g C_xH_y} \times \frac{x \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_xH_y} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 17/6 g CO_2, \frac{6/4 \times x \times 44}{(12x+y)} = 17/6 \Rightarrow 16x = 12x + y \Rightarrow y = 4x$$

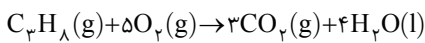
$$\frac{C_xH_y \text{ جرم}}{CO_2 \text{ جرم}} = \frac{CO_2 \text{ جرم}}{C_xH_y \text{ جرم}} \Rightarrow \frac{6/4}{1 \times (12x+y)} = \frac{17/6}{x \times 44} \Rightarrow 4x = y$$

**روش دوم (تناسب):**

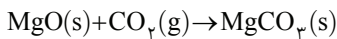
در نتیجه این هیدروکربن متان ( $CH_4$ ) است. اگر به جای یک هیدروژن ترکیب، اتم کلر قرار دهیم، ترکیب  $CH_3Cl$  حاصل می‌شود. درصد کلر در این ترکیب برابر است با:

$$CH_3Cl \text{ درصد جرمی کلر در} = \frac{\text{جرم کلر}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100 = \frac{35/5}{12(1) + 3(1) + 35/5} \times 100 = \frac{35/5}{50/5} \times 100 = 70\%$$

۳ ۱۰۲۰ C معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل پروپان ( $C_3H_8$ ) به صورت مقابل است:



واکنش کربن دی‌اکسید و منیزیم اکسید به صورت مقابل است:



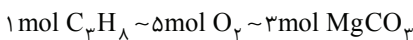
$$? \text{ mol } O_2 = \frac{5}{3} \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{\Delta \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 1/5 \text{ mol } O_2$$

**روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:**

$$? g MgCO_3 = \frac{5}{3} \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{1 \text{ mol } MgCO_3}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{84 g MgCO_3}{1 \text{ mol } MgCO_3} = 75/6 g MgCO_3$$

**قسمت دوم:**

**روش دوم (تناسب):** با سه برابر کردن ضرایب واکنش دوم، ضریب  $CO_2$  در این واکنش مشابه ضریب  $CO_2$  در واکنش سوختن پروپان می‌شود و خواهیم داشت:



$$\frac{C_3H_8 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{O_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{x \text{ mol } O_2}{5} \Rightarrow x = 1/5 \text{ mol } O_2$$

**قسمت اول:**

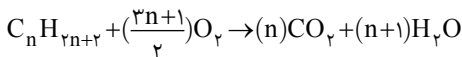
$$\frac{C_3H_8 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{MgCO_3 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{y g MgCO_3}{3 \times 84} \Rightarrow y = 75/6 g MgCO_3$$

**قسمت دوم:**

۴ ۱۰۲۱ C در آلکان‌ها ( $C_nH_{2n+2}$ ) با افزایش تعداد اتم‌های کربن نسبت تعداد کربن به هیدروژن افزایش می‌یابد.

...	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$C_6H_{14}$	$CH_4$	فرمول آلکان
...	$\frac{4}{10} = 0/4$	$\frac{5}{12} = 0/375$	$\frac{6}{14} = 1/33$	$\frac{1}{4} = 0/25$	نسبت شمار C به H

از طرفی با افزایش تعداد کربن به علت افزایش جرم و حجم مولکول و زیادتر شدن نیروی بین مولکولی در آن نقطه جوش افزایش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):**



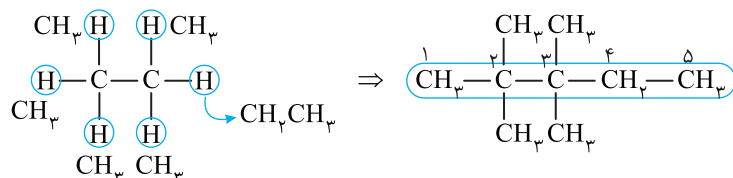
معادله کلی سوختن کامل آلکان‌ها به صورت مقابل است:

با توجه به ضرایب و نسبت مول  $H_2O$  به  $CO_2$  تولیدی که برابر  $1/2$  است، تعداد اتم‌های کربن آلکان (یعنی  $n$ ) برابر است با:

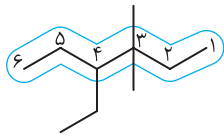
$$\frac{\text{مول آب}}{\text{مول کربن دی‌اکسید}} = \frac{n+1}{n} = 1/2 \Rightarrow 1/2n = n+1 \Rightarrow n = 5$$

بنابراین آلکان دارای ۵ اتم کربن بوده و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_5H_{12}$  است و در هر مول مولکول آن ۱۷ اتم وجود دارد.

**گزینه (۲):** اگر در مولکول اتان به جای یکی از اتم‌های هیدروژن گروه اتیل ( $-CH_2CH_3$ ) و به جای مابقی هیدروژن‌ها گروه متیل ( $CH_3$ ) قرار دهیم، خواهیم داشت:



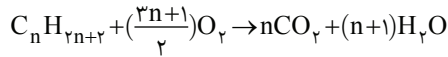




۴- اتیل - ۳ و ۳- دی متیل هگزان

نام صحیح ترکیب حاصل، «۲، ۳، ۴- تترامتیل پنتان» است. **گزینه (۳):** ۳- اتیل ۴، ۴- دی متیل هگزان نمی تواند نام درستی برای یک آلکان باشد. نام صحیح این آلکان «۴- اتیل، ۳، ۳- دی متیل هگزان» است. در نام گذاری آلکان های شاخه دار، شماره گذاری از سمتی انجام می شود که تراکم شاخه های فرعی بیشتر است.

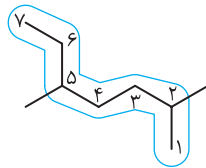
موارد چهارم و پنجم درست هستند. معادله کلی سوختن کامل آلکان ها به صورت زیر است:



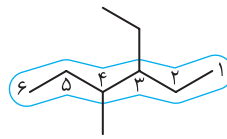
به ازای مصرف شدن ۱ مول از این آلکان،  $18(n+1)$  گرم  $H_2O$  و  $44n$  گرم  $CO_2$  تولید می شود، پس خواهیم داشت:

$$\text{جرم آب} = \frac{18n+18}{18n+18+44n} \times 100 \Rightarrow \frac{18n+18}{18n+18+44n} = 31/25 \Rightarrow 1927/5n + 562/5 = 1800n + 1800 \Rightarrow 137/5n = 1237/5 \Rightarrow n=9$$

بنابراین این آلکان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است. **بررسی موارد: مورد اول:** براساس قواعد آیوپاک، نام «۵- اتیل - ۲- متیل هگزان» نادرست است. ساختار و نام صحیح آن به صورت زیر می باشد. **مورد دوم:** ۳- اتیل پنتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود است و نمی تواند درست باشد. **مورد سوم:** ۳، ۳، ۲- تری متیل بوتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود است و نمی تواند درست باشد. **مورد چهارم:** ۲، ۳، ۴- تترامتیل پنتان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است و براساس قوانین آیوپاک به درستی قوانین آیوپاک به درستی نام گذاری شده است. **مورد پنجم:** ۳- اتیل - ۲- اتیل - ۳- دی متیل پنتان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است و براساس قوانین آیوپاک به درستی نام گذاری شده است. **مورد ششم:** ۴- اتیل - ۳- متیل هگزان دارای ۹ اتم کربن در ساختار خود است ولی براساس قوانین آیوپاک به درستی نام گذاری نشده است. ساختار و نام صحیح آن به صورت زیر است.



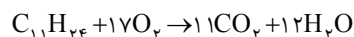
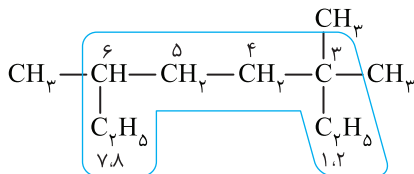
مورد اول: ۲، ۵- دی متیل هپتان



مورد ششم: ۳- اتیل - ۴- متیل هگزان

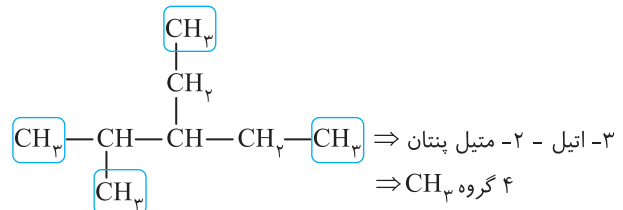
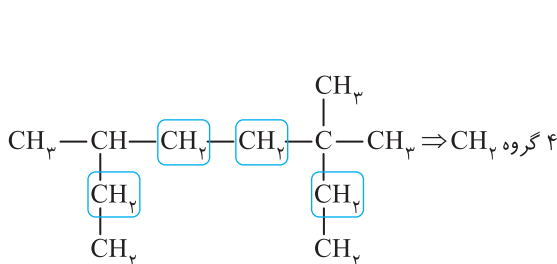
عبارت های سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت اول:** فرمول ساختاری این ترکیب به صورت زیر است. نام: ۳، ۳، ۶- تری متیل اوکتان

**عبارت دوم:** فرمول مولکولی این ترکیب  $C_{11}H_{24}$  است.



$$? g O_2 = 1 mol C_{11}H_{24} \times \frac{17 mol O_2}{1 mol C_{11}H_{24}} \times \frac{32 g O_2}{1 mol O_2} = 544 g O_2$$

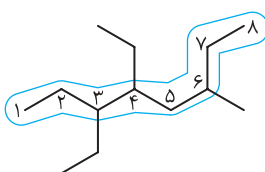
**عبارت سوم:**



$$3+3+6=12$$

**عبارت چهارم:** مجموع شماره شاخه های فرعی در ترکیب داده شده در صورت سؤال برابر ۱۲ است.

نام: ۴، ۴- دی اتیل - ۶- متیل اوکتان



$$3+4+6=13$$

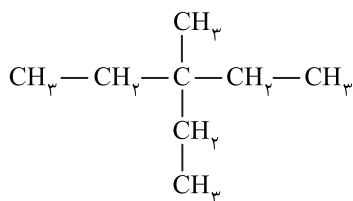
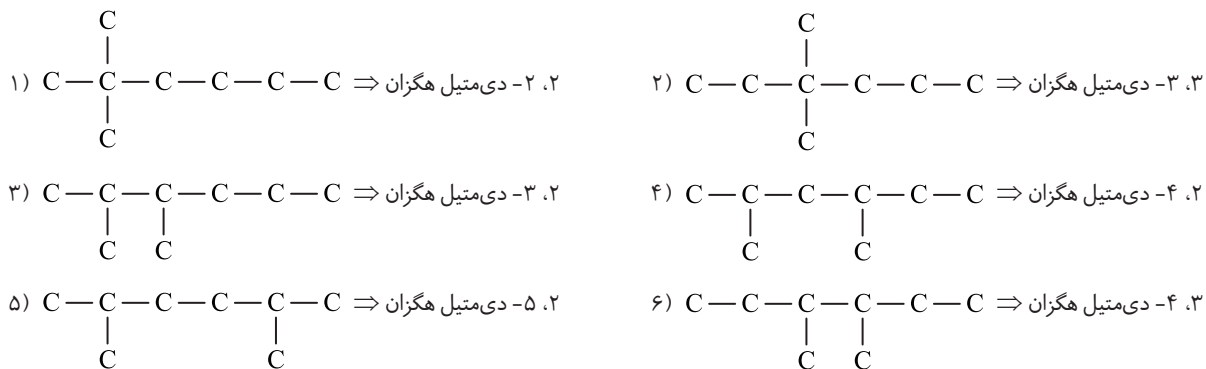
شماره شاخه های فرعی

**عبارت پنجم:**

$$? atom H = 26g C_{11}H_{24} \times \frac{1 mol C_{11}H_{24}}{156g C_{11}H_{24}} \times \frac{24 mol atom H}{1 mol C_{11}H_{24}} \times \frac{6/2 \times 10^{23} atom H}{1 mol atom H} = 2/40 \times 10^{24} atom H$$

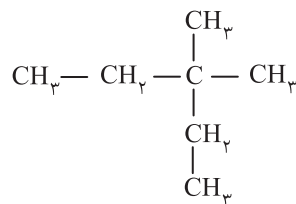
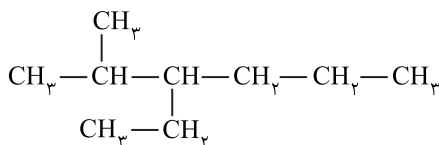


۱۵۲۶ B ۴ اگر نام آلکان ۸ کربنه به دی‌متیل هگزان ختم شود می‌توان نتیجه گرفت که ۲ شاخه فرعی متیل داریم و زنجیر اصلی ۶ کربنی است. تمام ساختارهای اسکلت کربنی که این ویژگی را دارند در زیر رسم شده است:



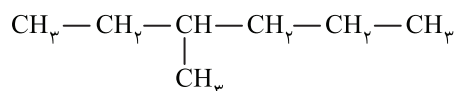
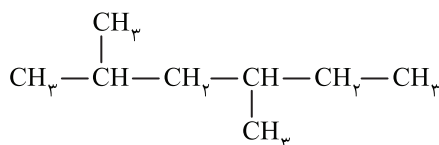
۱۵۲۷ B ۴ اگر به جای اتم‌های هیدروژن در متان، یک گروه متیل و سه گروه اتیل قرار گیرد. ترکیب حاصل دارای ساختار زیر بوده و فرمول مولکولی آن  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  خواهد بود. از آنجا که ترکیب داده شده در گزینه (۴) با این ترکیب فرمول مولکولی یکسان و ساختار متفاوت دارد. پس این دو ترکیب ایزومر (همپار) می‌باشند.

گزینه (۱): فرمول مولکولی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  (این ترکیب فرمول مولکولی و ساختار مشابهی گزینه (۲): فرمول مولکولی  $\text{C}_9\text{H}_{20}$  با ترکیب مورد نظر دارد و ایزومر آن نیست).



گزینه (۴): فرمول مولکولی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$

گزینه (۳): فرمول مولکولی  $\text{C}_7\text{H}_{16}$



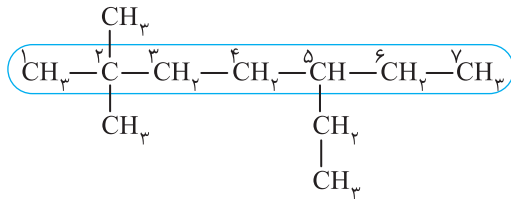
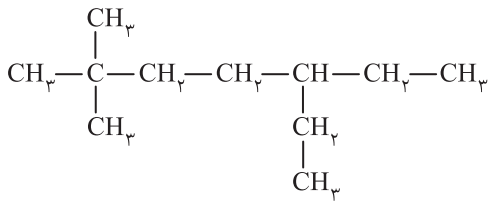
۱۵۲۸ B ۱ فرمول کلی آلکان‌ها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  است:

با توجه به اطلاعات مسئله،  $n$  برابر است با:

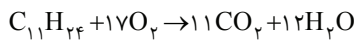
$$? \text{ L CO}_2 = \frac{1}{12} \text{ mol C}_n\text{H}_{2n+2} \times \frac{n \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n+2}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ L CO}_2}{1/1 \text{ g CO}_2} = 20 \text{ L CO}_2 \Rightarrow \frac{44n}{12 \times 1/1} = 20 \Rightarrow n=6$$

بنابراین، این آلکان دارای شش اتم کربن در ساختار خود می‌باشد، چون در صورت سؤال ذکر شده است که این آلکان راست‌زنجیر است. در نتیجه این آلکان هگزان با فرمول مولکولی  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  می‌باشد. در پیدا کردن ایزومرهای این آلکان توجه داشته باشید که آلکان باید هم کربن این آلکان با فرمول ساختاری متفاوت باشد. مورد اول و ششم ایزومر این آلکان هستند. بررسی موارد: مورد اول: ۲ - متیل پنتان دارای ۶ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد و فرمول ساختاری متفاوت با هگزان دارد. در نتیجه ایزومر آن به شمار می‌رود. مورد دوم: ۲، ۲ - دی‌متیل پنتان دارای ۷ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. در نتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد سوم: ۳ - اتیل هگزان دارای ۸ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. در نتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد چهارم: هگزان با خودش ایزومر نیست. مورد پنجم: ۲، ۲ - دی‌متیل پروپان دارای ۵ اتم کربن در ساختار خود می‌باشد. در نتیجه ایزومر هگزان نیست. مورد ششم: ۲، ۳ - دی‌متیل بوتان در ساختار خود دارای ۶ اتم کربن و فرمول ساختاری متفاوت با هگزان است، در نتیجه ایزومر آن به شمار می‌رود.

۱۵۲۹ C ۲ عبارتهای (ب) و (پ) به‌درستی بیان شده‌اند. فرمول ساختاری گسترده ترکیب موجود در تست به شکل زیر است. فرمول مولکولی این ترکیب  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$  می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): برای نام‌گذاری این هیدروکربن ابتدا زنجیر اصلی را مشخص کرده و سپس شماره‌گذاری را از سمتی که به شاخه فرعی نزدیک‌تر باشد، شروع می‌کنیم. روی کربن شماره ۲، دو گروه متیل و روی کربن شماره ۵، یک گروه اتیل وجود دارد؛ بنابراین براساس قوانین آیوپاک، نام آن «۵ - اتیل ۲، ۲ - دی‌متیل هپتان» است و مجموعه اعداد به کار رفته در نام آن برابر ۹ است.



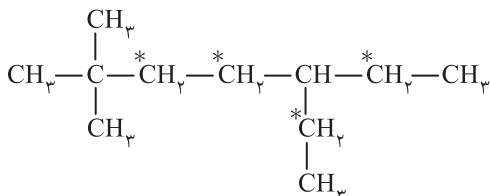
عبارت (ب): معادله واکنش سوختن کامل این آلکان به صورت زیر است:



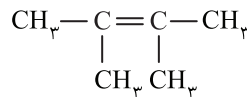
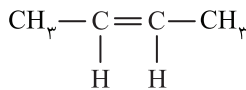
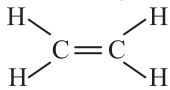
$$? L \text{ هوا} = 1 \text{ mol C}_{11}\text{H}_{24} \times \frac{17 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol C}_{11}\text{H}_{24}} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{\Delta L \text{ هوا}}{1 \text{ L O}_2} = 1904 \text{ L}$$

عبارت (پ): به اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، ۲ اتم هیدروژن متصل است.

عبارت (ت): آلکان «۵ - اتیل، ۲، ۲ - دی متیل هپتان» همان آلکان مطرح شده در صورت سؤال است (نه ایزومر آن!).



عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست‌اند. آلکان‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در ساختار خود یک پیوند دوگانه کربن-کربن دارند. فرمول مولکولی عمومی آلکان‌ها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  است. پس شمار اتم‌های هیدروژن در ساختار آلکان‌ها دو برابر شمار اتم‌های کربن است. این هیدروکربن‌ها نسبت به آلکان‌ها واکنش‌پذیری بیشتری دارند. این واکنش‌پذیری زیاد آلکان‌ها به این دلیل است که در ساختار آن‌ها دو اتم کربن درگیر در پیوند دوگانه، هر یک در مجموع به ۳ اتم دیگر (نه الزاماً ۳ اتم کربن) متصل بوده و از این‌رو سیر نشده هستند. زیرا اتم‌های کربن تمایل دارند تا از حداکثر امکان خود برای تشکیل پیوندهای یگانه استفاده کنند و با ۴ اتم، ۴ پیوند یگانه تشکیل دهد. به ساختارهای زیر توجه کنید:

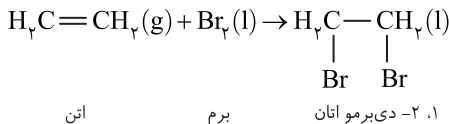


(۱)

(۲)

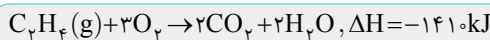
(۳)

عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. مدل مولکولی نمایش داده شده مربوط به اتن با فرمول مولکولی  $\text{C}_2\text{H}_2$  است. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): اتن نخستین عضو خانواده آلکن‌هاست و در گذشته آن را اتیلن می‌خواندند. عبارت (ت): در اثر واکنش گاز اتن با برم مایع مطابق معادله واکنش زیر، ترکیبی به نام «۱، ۲ - دی‌برومو اتان» تولید می‌شود.

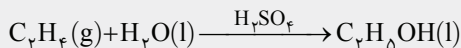


اتن                      برم                      ۱، ۲ - دی‌برمو اتان

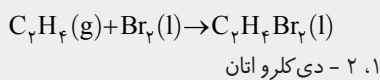
$\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  در دمای اتاق مایع و  $\text{C}_2\text{H}_4$  در دمای اتاق گاز است؛ بنابراین  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  نقطه جوش بالاتری دارد. در مقایسه نقطه جوش  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  و  $\text{Br}_2$  نیز باید توجه کنید که  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  هم قطبی بوده و هم جرم مولی بیشتری نسبت به  $\text{Br}_2$  دارد؛ پس نقطه جوش  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$  از  $\text{Br}_2$  بیشتر است. عبارت (ث): فرمول مولکولی ۲ - متیل پنتان،  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  است.  $\left. \begin{array}{l} \text{جرم مولی C}_2\text{H}_4: 2(12) + 4(1) = 28 \\ \text{جرم مولی C}_6\text{H}_{14}: 6(12) + 14(1) = 86 \end{array} \right\} \Rightarrow 28 + 56 = 84, \quad 86$



نکته ترکیبی انواع واکنش‌های اتن: شیمی یازدهم: ۱ - سوختن:

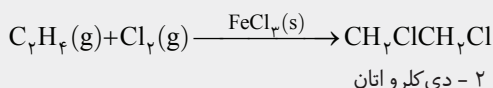


۲ - تولید اتانول در مقیاس صنعتی:

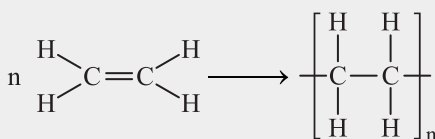


۳ - حذف رنگ قرمز برم مایع: (روش آزمایشگاهی برای تشخیص هیدروکربن‌های سیر نشده از دیگر هیدروکربن‌ها)

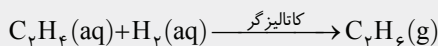
۱، ۲ - دی‌کلرو اتان



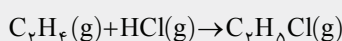
۴ - تولید ۱، ۲ - دی‌کلرو اتان:



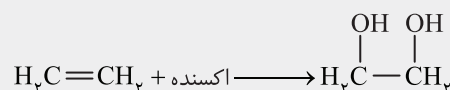
شیمی دوازدهم: ۵ - تولید پلی‌اتن:



۶ - تولید اتان و کاربرد به عنوان سوخت:



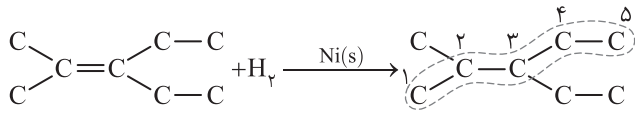
۷ - تولید کلرو اتان (افشانه بی‌حس کننده موضعی):



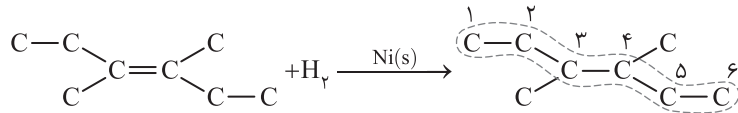
۸ - برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات، در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.







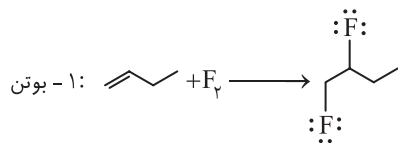
۳- اتیل ۲- متیل پنتان



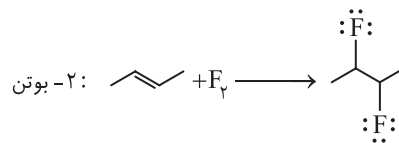
۳، ۴- دی متیل هگزان

۱۰۳۸ ۳ B ساختار گاز اتن به صورت  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$  است. با حذف اتم‌های هیدروژن و جایگزینی دو عدد از آن‌ها با گروه اتیل و دو عدد دیگر با گروه متیل، دو حالت پیش می‌آید: ۱- دو گروه اتیل در یک سمت پیوند دوگانه و دو گروه متیل در سمت دیگر آن قرار گیرند. ۲- حالت دیگر آن است که در هر سمت پیوند دوگانه یک گروه اتیل و یک گروه متیل قرار داشته باشد:

۱۰۳۹ ۱ B موارد سوم و پنجم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. سومین عضو خانواده آلکن‌ها «۱- بوتن» یا «۲- بوتن» است. ضمن واکنش این ماده با



۱، ۲- دی فلئورو بوتان



۲، ۳- دی فلئورو بوتان

گاز  $\text{F}_2$  فراورده‌های زیر حاصل می‌شوند:

بررسی موارد: مورد اول: همان‌طور که مشاهده کردید، ترکیب مورد نظر در حالتی که آلکن مورد نظر «۱- بوتن» باشد، «۱، ۲- دی فلئورو بوتان» نام دارد. مورد دوم: ترکیب ایجاد شده در هر دو حالت سیر شده و دارای شش جفت الکترون ناپیوندی است. مورد سوم: در ساختار این ترکیب اتم‌های هیدروژن به آرایش الکترونی هلیم و اتم‌های کربن و فلئور به آرایش الکترونی گاز نئون می‌رسند.

$$? \text{ g C}_4\text{H}_8\text{F}_2 = 1 \text{ mol C}_4\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{F}_2}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8} \times \frac{94 \text{ g C}_4\text{H}_8\text{F}_2}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{F}_2} = 94 \text{ g C}_4\text{H}_8\text{F}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

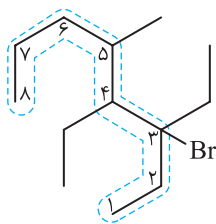
$$\frac{\text{مول C}_4\text{H}_8}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم C}_4\text{H}_8\text{F}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{1} = \frac{x}{1 \times 94} \Rightarrow x = 94 \text{ g C}_4\text{H}_8\text{F}_2$$

روش دوم (تناسب):

مورد چهارم: در این ترکیب ۶ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. شمار جفت الکترون‌های پیوندی در یک مولکول از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2) + (N \times 3) + (\text{هالوژن} \times 1)}{2} = \frac{(4 \times 4) + (8 \times 1) + (2 \times 1)}{2} = 13$$

بنابراین نسبت بیان شده برابر  $\frac{13}{6}$  است. مورد پنجم: در ساختار پیوند-خط این ترکیب، ۲ خط مربوط به پیوندهای C-F و ۳ خط مربوط به پیوندهای C-C دیده می‌شود که جمعاً برابر ۵ خط است.



۳- برم ۳، ۴- دی اتیل ۵- متیل اوکتان

۱۰۴۰ ۴ B به جز عبارت (الف)، سایر عبارات درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نام گذاری این

ترکیب بر اساس قواعد آیوپاک به صورت زیر است:

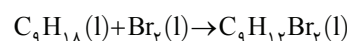
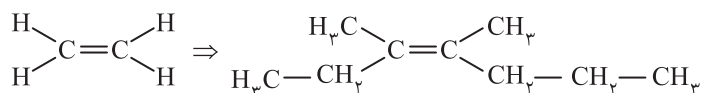
دقت کنید فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{Br}$  می‌باشد. به طور کلی در هالوآلکان‌ها (آلکانی که شاخه هالوژنی دارد)، به ازای هر اتم هالوژن، یک اتم هیدروژن حذف می‌شود. عبارت‌های (ب) و (ت): ساختار اتن به

صورت  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$  است. اگر به جای هر کدام از هیدروژن‌های (۱) و (۲) گروه متیل، به جای

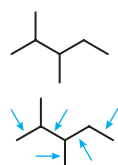
هیدروژن (۳) گروه  $\text{C}_3\text{H}_7$  و به جای هیدروژن (۴) گروه اتیل

جایگزین کنیم، به ترکیب مقابل می‌رسیم که همان ترکیب (ب) بوده و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_9\text{H}_{18}$  است.

معادله موازنه شده واکنش این ترکیب، با برم به صورت مقابل است:

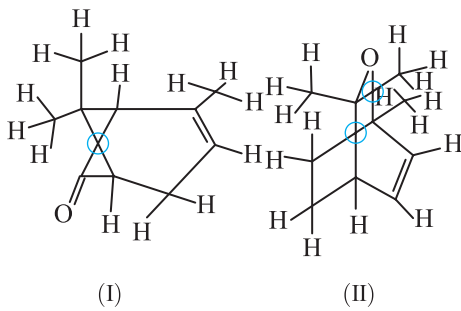


$$? \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{Br}_2 = 2 \text{ mol C}_9\text{H}_{18} \times \frac{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{18}\text{Br}_2}{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{18}} \times \frac{286 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{Br}_2}{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{18}\text{Br}_2} = 572 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{Br}_2$$



عبارت (پ): ساختار پیوند خط «۲، ۳- دی متیل پنتان» به صورت مقابل است:

اگر پیوند دوگانه یک آلکن، در محل هر کدام از پیوندهای زیر باشد، آن آلکن ضمن سیر شدن با هیدروژن، آلکان (c) را تولید می‌کند:



**B ۱۰۴۱ ۴** برای حل سؤال، ابتدا باید فرمول مولکولی دو ترکیب را به دست آوریم. ابتدا اتم‌های هیدروژن را در دو ساختار مشخص می‌کنیم و سپس با شمارش اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن، فرمول مولکولی آن‌ها را تعیین می‌کنیم: (دقت کنید که ساختارهای داده شده سه بعدی هستند و در بخش‌هایی از ساختارها که دور آن‌ها دایره کشیده شده است، اتم کربن وجود ندارد). فرمول مولکولی ترکیب‌های (I) و (II) به ترتیب به صورت  $C_{10}H_{14}O$  و  $C_{10}H_{16}O$  هستند. **بررسی گزینه‌ها:** گزینه (۱): با توجه به فرمول مولکولی ترکیب‌های (I) و (II) می‌توان دریافت که ترکیب (II)، دو اتم هیدروژن بیشتر از ترکیب (I) دارد. پس تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر ۲ گرم است. **گزینه (۲):** در ترکیب (II) یک پیوند دوگانه وجود دارد. پس هر مول از آن با یک مول  $Br_2$  واکنش می‌دهد.

$$? \text{ g } Br_2 = 3/8 \text{ g } C_{10}H_{16}O \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_{16}O}{152 \text{ g } C_{10}H_{16}O} \times \frac{1 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_{10}H_{16}O} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 4 \text{ g } Br_2$$

**گزینه (۳):** ترکیب‌های (I) و (II) فرمول‌های مولکولی متفاوتی دارند. پس ایزومر یکدیگر نیستند. گروه عاملی موجود در ترکیب (I)، کتونی ( $C=O$ ) است.

**گزینه (۴):** معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل ترکیب (I)، یعنی  $C_{10}H_{14}O$  به صورت مقابل است:

$$C_{10}H_{14}O + 13O_2 \rightarrow 10CO_2 + 7H_2O$$

$$? \text{ L } O_2 = 7/5 \text{ g } C_{10}H_{14}O \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_{14}O}{150 \text{ g } C_{10}H_{14}O} \times \frac{13 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_{10}H_{14}O} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 14/56 \text{ L } O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم مولی } C_{10}H_{14}O}{\text{جرم مولی } O_2} = \frac{7/5}{1 \times 150} = \frac{x \text{ L } O_2}{13 \times 22.4/4} \Rightarrow x = 14/56 \text{ L } O_2$$

روش دوم (تناسب):

**B ۱۰۴۲ ۲** عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای عبارت (الف):** سومین عضو از خانواده آلکن‌ها بوتن و سومین عضو از خانواده آلکان‌ها پروپان است. نسبت چگالی میان دو هیدروکربن گازی شکل در شرایط یکسان، برابر با نسبت جرم مولی آن‌هاست.

$$\frac{\text{چگالی } C_4H_{10}}{\text{چگالی } C_3H_8} = \frac{58}{44} = 1/27$$

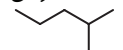
$$\frac{H}{C} = \frac{2n+2}{n} = 2/5 \Rightarrow 2/\delta n = 2n = 2 \Rightarrow \delta n = 2n = 4 \Rightarrow C_4H_{10}$$

عبارت (ب):

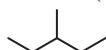
بوتان در دمای اتاق گازی شکل است. **عبارت (پ):** فرمول مولکولی پروپان  $C_3H_8$  است. اگر هیدروژن‌های آن با متیل جایگزین شوند آلکانی با فرمول مولکولی

$C_{11}H_{24}$  به دست می‌آید و با توجه به رابطه زیر تعداد الکترون‌های پیوندی برابر است با:

$$68 = 2 \times \text{تعداد پیوند} = 2 \times 34 = 34 \times 2 = 68 \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌های پیوندی} = 34 = 3(11) + 1 = 34$$



۲-متیل پنتان



۳-متیل پنتان

**عبارت (ت):** هگزان دارای ۲ ایزومر است که در نام آن‌ها واژه پنتان وجود دارد:

**B ۱۰۴۳ ۴** همه عبارتهای درست هستند. با توجه به شرایط دمایی واکنش هالوژن‌ها با گاز  $H_2$ ، هالوژن‌های  $A_2$ ،  $B_2$ ،  $C_2$  و  $D_2$  به ترتیب برم ( $Br_2$ )، کلر ( $Cl_2$ )،

فلوئور ( $F_2$ ) و ید ( $I_2$ ) هستند. **بررسی عبارتهای عبارت (الف):** در تمامی روش‌های تصفیه آب، آب به دست آمده حاوی میکروب است. با توجه به اینکه گاز کلر در

گندزدایی و از بین بردن میکروب‌ها کاربرد دارد، از این رو بعد از تصفیه آب با این روش‌ها، آن را کلرزنی می‌کنند تا آماده مصرف شود. **عبارت (ب):** یکی از روش‌های شناسایی

هیدروکربن‌های سیرنشده از سایر هیدروکربن‌ها، واکنش آن‌ها با محلول قرمز رنگ برم است؛ به طوری که رنگ قرمز برم در انتهای واکنش از بین می‌رود. **عبارت (پ):**

ید ( $I_2$ ) در هگزان حل می‌شود و محلولی بنفش رنگ ایجاد می‌کند، از طرفی در طیف نشری خطی هیدروژن در ناحیه مرئی، پراثرترین نوار، به رنگ بنفش دیده می‌شود.

**عبارت (ت):** در تصفیه‌خانه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کم و مناسب یون فلوئورید ( $F^-$ ) می‌افزایند؛ زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

**B ۱۰۴۴ ۱** معادله کلی واکنش سوختن کامل آلکن‌ها به صورت مقابل است:

$$C_nH_{2n}(g) + \frac{3n}{2} O_2(g) \rightarrow nCO_2(g) + nH_2O(g)$$

در اثر سوختن یک مول آلکن با فرمول  $C_nH_{2n}$ ، مقدار  $\frac{3n}{2}$  مول اکسیژن مصرف شده و  $n$  مول بخار آب تولید می‌شود.

$$(n \text{ mol } H_2O \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O}) - (\frac{3n}{2} \text{ mol } O_2 \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}) = 118 \text{ g}$$

بنابراین آلکن مورد نظر دارای ۶ اتم کربن است و می‌تواند «۱- هگزن» باشد.

**C ۱۰۴۵ ۲** اگر فرض کنیم شمار اتم‌های کربن آلکن  $A$  برابر  $n$  است، معادله واکنش به صورت مقابل خواهد بود:

$$C_nH_{2n} + HCl \rightarrow C_nH_{2n+1}Cl$$

ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، مقدار  $n$  و فرمول شیمیایی آلکن  $A$  را به دست می‌آوریم:

$$1/12 \text{ L } HCl \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{22.4 \text{ L } HCl} \times \frac{1 \text{ mol } A}{1 \text{ mol } HCl} \times \frac{14n \text{ (g) } A}{1 \text{ mol } A} = 2/8 \text{ g } A \Rightarrow n=4 \Rightarrow A = \text{فرمول آلکن } C_4H_8$$

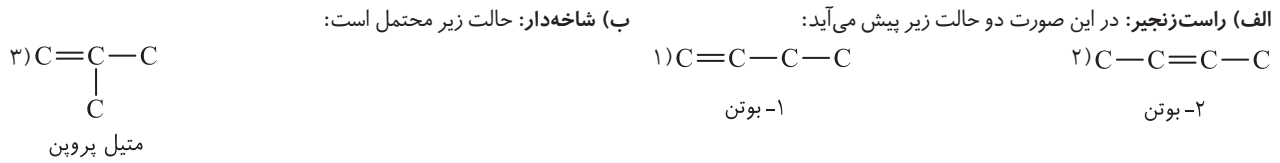
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{A \text{ گرم}}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر (STP) } HCl}{1 \times (14n)} \Rightarrow \frac{2/8}{1 \times 22.4/4} = \frac{1/12}{1 \times 22.4/4} \Rightarrow n=4 \Rightarrow A = \text{فرمول آلکن } C_4H_8$$

روش دوم (تناسب):



آلکن  $C_4H_8$  می‌تواند راست‌زنجیر یا شاخه‌دار باشد:



با توجه به اینکه در این کارخانه در هر ثانیه، ۱۴۰۰ گرم گاز اتن وارد مخزن می‌شود، پس در یک ساعت  $5.04 \times 10^4 \text{ g}$  ( $3600 \times 1400$ ) گاز اتن وارد مخزن می‌شود. اکنون جرم اتانول تولید شده در یک ساعت را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ ton } C_4H_9OH = 5.04 \times 10^4 \text{ g } C_4H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_8}{28 \text{ g } C_4H_8} \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_9OH}{1 \text{ mol } C_4H_8} \times \frac{46 \text{ g } C_4H_9OH}{1 \text{ mol } C_4H_9OH} \times \frac{100}{100}$$

بازده درصدی

$$\times \frac{1 \text{ ton } C_4H_9OH}{10^6 \text{ g } C_4H_9OH} = 6.62 \text{ ton } C_4H_9OH$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{5.04 \times 10^4 \times \frac{100}{100}}{28 \times 1} \Rightarrow x = 6.62 \times 10^6 \text{ g} = 6.62 \text{ ton } C_4H_9OH$$

فرض می‌کنیم فرمول مولکولی آلکن A به صورت  $C_aH_{2a}$  و آلکان B به صورت  $C_bH_{2b+2}$  است: بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{M_a}{M_b} = \frac{a}{b} \Rightarrow \frac{14a}{14b+2} = \frac{a}{b} \quad (I)$$

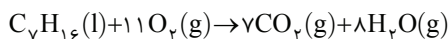
با توجه به جرم مولی بیشتر B، می‌توان گفت که شمار اتم‌های هیدروژن B از A بیشتر است؛ لذا تفاوت شمار اتم‌های هیدروژن این دو ترکیب برابر  $(2b+2) - 2a$  است:

$$(2b+2) - 2a = (a) + 1 \Rightarrow b = \frac{3a-1}{2} \quad (II)$$

$$\frac{14a}{14(\frac{3a-1}{2})+2} = \frac{a}{\frac{3a-1}{2}} \Rightarrow \frac{14a}{21a-5} = \frac{a}{2} \Rightarrow a=5, b=7$$

با توجه به معادله (I) و (II) داریم:

بنابراین فرمول مولکولی A و B به ترتیب به صورت  $C_5H_{10}$  و  $C_7H_{16}$  می‌باشد؛ لذا معادله موازنه شده واکنش سوختن B که همان  $C_7H_{16}$  است، به صورت زیر خواهد بود:



در این واکنش به ازای سوختن یک مول آلکان B ( $C_7H_{16}$ )، مقدار  $(7+8) = 15 \text{ mol}$  فراورده تولید می‌شود.



روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک حجم گاز اتن، مقدار نظری اتانول تولیدی را محاسبه و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } C_7H_{16}O = \frac{6}{72} L C_7H_{16} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_{16}}{100 \text{ L } C_7H_{16}} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_{15}O}{1 \text{ mol } C_7H_{16}} \times \frac{46 \text{ g } C_7H_{15}O}{1 \text{ mol } C_7H_{15}O} = 11/04 \text{ g } C_7H_{15}O$$

مقدار نظری  $C_7H_{15}O$

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{2/76}{11/04} \times 100 = 25\%$$

$$\frac{C_7H_{16} \text{ لیتر} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } C_7H_{15}OH}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{6/72 \times \frac{100}{100} \times \frac{R}{100}}{1 \times 22/4} = \frac{2/76}{1 \times 46} \Rightarrow R = 25\%$$

روش دوم (تناسب):



روش اول (کسر تبدیل):

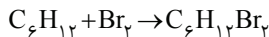
$$? \text{ } C_6H_{12}O_6 \text{ ناخالص} = \frac{2}{76} \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{2 \text{ mol } C_2H_5OH} \times \frac{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{100}{90} = 6 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \text{ ناخالص}$$

$$\frac{\text{جرم اتانول}}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{\text{جرم گلوکز} \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب جرم مولی}} \Rightarrow \frac{2/76}{46 \times 2} = \frac{x \times \frac{90}{100}}{1 \times 180} \Rightarrow x = 6 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

روش دوم (تناسب):

در آلکنها تعداد پیوندهای C—H برابر با ۲n و تعداد پیوندهای یگانه C—C برابر با n-۲ است. بنابراین:

$$\frac{\text{پیوند C—H}}{\text{پیوند C—C}} = 3 \Rightarrow \frac{2n}{n-2} = 3 \Rightarrow 2n = 3n - 6 \Rightarrow n = 6$$



فرمول آلکن به صورت  $C_nH_{2n}$  است.

$$\text{گاز } C_6H_{12} = 2/8L \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4L} = 0/125 \text{ mol}$$

$$? \text{ mol } C_6H_{12} = 4 \text{ g } Br_2 \times \frac{1 \text{ mol } Br_2}{160 \text{ g } Br_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}}{1 \text{ mol } Br_2} = 0/25 \text{ mol } C_6H_{12}$$

به این ترتیب مقدار مول اتان موجود در مخلوط اولیه برابر ۰/۱ mol (۰/۱۲۵ - ۰/۰۲۵) است.

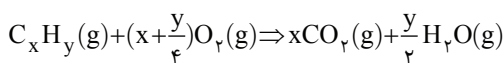
$$? \text{ g } C_2H_6 = 0/1 \text{ mol } C_2H_6 \times \frac{30 \text{ g } C_2H_6}{1 \text{ mol } C_2H_6} = 3 \text{ g } C_2H_6$$

$$? \text{ g } C_6H_{12} = 0/25 \text{ mol } C_6H_{12} \times \frac{84 \text{ g } C_6H_{12}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}} = 21 \text{ g } C_6H_{12}$$

$$\%C_2H_6 = \frac{3}{3+21} \times 100 = 12.5\%$$

اکنون درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

ابتدا فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر را تعیین می‌کنیم. به این منظور فرمول کلی آن را  $C_xH_y$  در نظر می‌گیریم. معادله موازنه‌شده سوختن آن را می‌نویسیم:

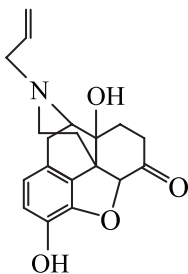


$$4/4 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{x \text{ mol } CO_2} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ mol } C_xH_y \Rightarrow x = 4$$

$$1/26 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{\frac{y}{2} \text{ mol } H_2O} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ mol } C_xH_y \Rightarrow y = 6$$

پس هیدروکربن مورد نظر  $C_4H_6$  است که ۱۳ پیوند دوگانه داشته و برای سیرشدن هر مول آن ۱۳ مول برم مصرف می‌شود.  $1 \text{ mol } C_4H_6 \sim 13 \text{ mol } Br_2$

$$? \text{ g } Br_2 = 0/05 \text{ mol } C_4H_6 \times \frac{13 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_4H_6} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 104 \text{ g } Br_2$$



عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. ساختار ترکیب داده شده به صورت مقابل است:

برای به دست آوردن فرمول مولکولی آن، نخست شمار اتم‌های کربن را می‌شماریم که برابر ۱۹ است. حال برای شمارش تعداد اتم‌های

هیدروژن از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$(2 \times \text{تعداد حلقه‌ها و تعداد پیوندهای دوگانه}) - (2C + 2) = \text{تعداد اتم‌های هیدروژن}$$

در این ساختار ۵ پیوند دوگانه و چهار حلقه داریم. از طرفی یک حلقه سه‌بعدی نیز وجود دارد که در یکی از رئوس آن اتم نیتروژن قرار

دارد؛ بنابراین ۵ پیوند دوگانه، ۵ حلقه و یک اتم نیتروژن داریم:  $21 = (1 \times 1) + (2 \times 5) - ((5 + 5) \times 2) = 21$  شمار اتم‌های هیدروژن

در نتیجه فرمول مولکولی ترکیب داده شده به صورت  $C_{19}H_{21}NO_4$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرض می‌کنیم یک مول از ترکیب مورد نظر در دسترس

$$\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم اتم‌های هیدروژن}} = \frac{4 \times 16}{21 \times 1} = \frac{64}{21} \approx 3/05$$

است. با توجه به فرمول مولکول داریم:

عبارت دوم: در ساختار هر مولکول، ۴ پیوند دوگانه کربن-کربن دارد که یک مول از هر کدام با یک مولکول برم ( $Br_2$ ) واکنش می‌دهد؛ بنابراین در این واکنش، رابطه

$$1 \text{ mol } C_{19}H_{21}NO_4 \sim 4 \text{ mol } Br_2$$

مقابل برقرار است:

$$? \text{ g } Br_2 = 98/1 \text{ g } C_{19}H_{21}NO_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_{19}H_{21}NO_4}{327 \text{ g } C_{19}H_{21}NO_4} \times \frac{4 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_{19}H_{21}NO_4} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 192 \text{ g } Br_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_{19}H_{21}NO_4 \text{ گرم}}{Br_2 \text{ گرم}} = \frac{\text{جرم مولی } C_{19}H_{21}NO_4}{\text{جرم مولی } Br_2} \Rightarrow \frac{98/1}{1 \times 327} = \frac{x}{4 \times 160} \Rightarrow x = 192 \text{ g } Br_2$$

روش دوم (تناسب):

عبارت سوم: شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{شمار پیوندها} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2) + (N \times 3) + (1 \times \text{هالوژن‌ها})}{2} = \frac{(19 \times 4) + (21 \times 1) + (4 \times 2) + (1 \times 3) + (1 \times 1)}{2} = 54$$

این ترکیب همچنین ۵ پیوند دوگانه در ساختار خود دارد؛ لذا نسبت خواسته شده برابر  $10/8$  (۵/۴) است. عبارت چهارم: معادله موازنه شده واکنش سوختن این ترکیب



به صورت مقابل است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? L O_2 = 163/5 g C_{19}H_{21}NO_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_{19}H_{21}NO_4}{327 g C_{19}H_{21}NO_4} \times \frac{91 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } C_{19}H_{21}NO_4} \times \frac{22/4 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 254/8 L O_2$$

$$\frac{C_{19}H_{21}NO_4 \text{ جرم (STP) } O_2 \text{ حجم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{163/5}{4 \times 327} = \frac{x L O_2}{91 \times 22/4} \Rightarrow x = 254/8 L O_2$$

روش دوم (تناسب):

عبارت پنجم: در ساختار روبه‌رو کربن‌هایی که به ۳ اتم متصل اند مشخص شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، ۹ اتم کربن این ویژگی را دارند.

فرض می‌کنیم مخلوط شامل X گرم اتان و (162-X) گرم اتن است. برای تعداد اتم‌های هیدروژن خواهیم داشت:

$$? \text{ atom H } (C_2H_6) = x g C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 g C_2H_6} \times \frac{6 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{6/2 \times 10^{23} \text{ atom H}}{1 \text{ mol atom H}} = 1/204 x \times 10^{23} \text{ atom H}$$

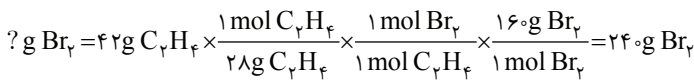
$$? \text{ atom H } (C_2H_4) = (162-x) g C_2H_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_4}{28 g C_2H_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } C_2H_4} \times \frac{6/2 \times 10^{23} \text{ atom H}}{1 \text{ mol atom H}} = 0/86 x \times 10^{23} (162-x)$$

$$= (139/32 - 0/86 x) \times 10^{23} \text{ atom H}$$

$$\text{مجموع تعداد اتم‌های هیدروژن} = (1/204 x \times 10^{23}) + (139/32 - 0/86 x) \times 10^{23} = 1/806 x \times 10^{25}$$

$$0/344 x + 139/32 = 180/6 \Rightarrow 0/344 x = 41/28 \Rightarrow x = 120 g$$

پس این مخلوط گازی شامل ۱۲۰ گرم اتان و ۴۲ گرم اتن است. توجه کنید که تنها گاز اتن با برم واکنش می‌دهد:



$$? g Br_2 = 42 g C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 g C_2H_6} \times \frac{1 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{160 g Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 224 g Br_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

روش دوم (تناسب):

برای پیدا کردن درصد حجمی اتان در مخلوط اولیه، باید تعداد مول‌های گاز اتان و گاز اتن را محاسبه کنیم:

$$? \text{ mol } C_2H_6 = 120 g C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 g C_2H_6} = 4 \text{ mol } C_2H_6$$

$$? \text{ mol } C_2H_4 = 42 g C_2H_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_4}{28 g C_2H_4} = 1/5 \text{ mol } C_2H_4$$

$$\text{درصد حجمی اتان} = \frac{4}{4 + 1/5} \times 100 = 72/7\%$$

ابتدا با استفاده از قانون گازها، حجم مولی گازها در واکنش سوختن دو نمونه A و B را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P V_n}{T} = \frac{P_A V_{nA}}{T_A} = \frac{P_B V_{nB}}{T_B} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{0/5 \times V_{nA}}{(273 + 68/25)} = \frac{3 \times V_{nB}}{(273 + 91)} \Rightarrow V_{nA} = 56 L \cdot mol^{-1}, V_{nB} = 44/8 L \cdot mol^{-1}$$

معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل ۱- اکتان از نمونه A و سوختن ناقص هپتان از نمونه B به صورت زیر است:



جرم و درصد خلوص نمونه A را به ترتیب  $m_A$  و  $P_A$  و جرم و درصد خلوص نمونه B را به ترتیب  $m_B$  و  $P_B$  می‌نامیم و می‌دانیم  $m_A = 1/68 m_B$  است؛ بنابراین ابتدا حجم CO حاصل از سوختن ناقص نمونه A را به دست می‌آوریم:

$$? L CO = m_A(g) C_8H_{16} \times \frac{P_A(g) C_8H_{16} \text{ خالص}}{100 g C_8H_{16} \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_{16}}{112 g C_8H_{16}} \times \frac{8 \text{ mol CO}}{1 \text{ mol } C_8H_{16}} \times \frac{56 L CO}{1 \text{ mol CO}} \times \frac{70}{1000} = \frac{28}{1000} m_A P_A(L) CO \quad (1)$$

بازده

سیس حجم  $CO_2$  حاصل از سوختن کامل B را محاسبه می‌کنیم:

$$? L CO_2 = m_B(g) C_7H_{16} \times \frac{P_B(g) C_7H_{16} \text{ خالص}}{100 g C_7H_{16} \text{ ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_{16}}{100 g C_7H_{16}} \times \frac{7 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_7H_{16}} \times \frac{44/8 L CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{80}{100} = \frac{56 \times 44 \times 8}{100} m_B P_B(L) CO_2 \quad (2)$$

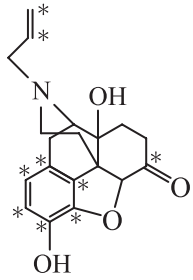
بازده

طبق گفته سؤال، نسبت مقدار (۱) به (۲) برابر ۷۵/۰ است:

$$\frac{28}{1000} m_A P_A = \frac{3}{4} \frac{m_A = 1/68 m_B (*)}{\frac{56 \times 44 \times 8}{100} m_B P_B} \Rightarrow \frac{28}{1000} \times \frac{1/68 m_B}{m_B} \times \frac{P_A}{P_B} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{10^3}{2 \times 44 \times 8} \times \frac{P_A}{P_B} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{1680}{2 \times 44 \times 8} \times \frac{P_A}{P_B} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{2}{5} = \frac{2}{5}$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{28 \times 10^6 \times 1/68 \times 4}{1000 \times 56 \times 44 \times 8 \times 3} = ? \xrightarrow{\text{تفکیک اعداد و توان ۱۰}} \frac{28 \times 168 \times 4}{56 \times 44 \times 8 \times 3} \times \frac{10^6 \times 10^{-2}}{10^3} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{28 \times 168 \times 4}{56 \times 3 \times 44 \times 8} \times 10 = \frac{56}{2 \times 112} \times 10 = \frac{10}{4} = 2/5$$



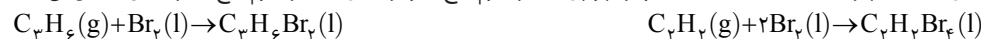


**A ۱۰۵۴ ۲** عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. فرمول عمومی آلکین‌ها به صورت  $C_nH_{2n-2}$  است. آلکین‌ها سیرنشده‌تر از آلکن‌ها هستند و واکنش‌پذیری آن‌ها از آلکن‌ها بیشتر است. مقایسه واکنش‌پذیری آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها به صورت «آلکین < آلکن < آلکان» می‌باشد. شمار پیوندها در آلکین‌ها از رابطه  $3n-1$  به دست می‌آید.

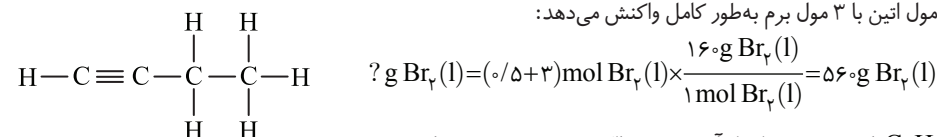
**B ۱۰۵۵ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. مدل داده شده نمایشی از یک مولکول اتین ( $C_2H_2$ ) است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتین نخستین عضو خانواده آلکین‌هاست که در ساختار خود دو پیوند یگانه ( $C-H$ ) و یک پیوند سه‌گانه ( $C \equiv C$ ) دارد. عبارت (ب): در جوشکاری کاربردی، دمای لازم برای جوش دادن قطعه‌های فلزی از سوختن اتین تأمین می‌شود.  $(H-C \equiv C-H)$  عبارت (پ): متان با فرمول مولکولی  $CH_4$ ، سبک‌ترین آلکان است. در این آلکان چهار اتم هیدروژن وجود دارد. عبارت (ت): از گاز اتن در کشاورزی به عنوان عمل‌آورنده استفاده می‌شود. اتن دارای پیوند دوگانه کربن - کربن و اتین دارای پیوند سه‌گانه کربن - کربن می‌باشد، به همین دلیل اتین سیرنشده‌تر از اتن است و واکنش‌پذیری بیشتری دارد.

**B ۱۰۵۶ ۲** عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل داده شده، جوشکاری و برشکاری فلزها را با سوزاندن گاز اتین نشان می‌دهد. در گذشته گاز اتین را با نام گاز استیلن می‌خواندند. عبارت (ب): با توجه به فرمول عمومی آلکین‌ها و آلکان‌ها، فرمول مولکولی آلکین با ۵ اتم کربن به صورت  $C_5H_8$  و فرمول مولکولی آلکان با ۳ اتم کربن به صورت  $C_3H_8$  است. عبارت (پ): در ساختار آلکین‌ها با فرمول عمومی  $C_nH_{2n-2}$ ، تعداد پیوندهای اشتراکی برابر  $3n-1$  است. پس آلکین  $C_5H_8$  دارای ۱۷ پیوند اشتراکی است.

**عبارت (ت):** پروپین دارای یک پیوند دوگانه و اتین دارای یک پیوند سه‌گانه است. در نتیجه هر مول پروپین با ۱ مول برم مایع و هر مول اتین با دو مول برم مایع به طور کامل واکنش می‌دهد.



بنابراین ۵/۵ مول پروپین با ۵/۵ مول برم و ۱/۵ مول اتین با ۳ مول برم به طور کامل واکنش می‌دهد:



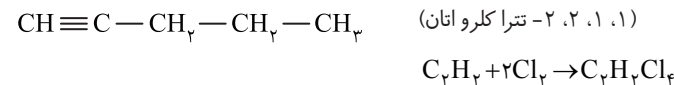
**عبارت (ث):** سومین عضو خانواده آلکین‌ها،  $C_4H_6$  است که در ساختار آن ۱۱ جفت الکترون پیوندی وجود دارد.

**B ۱۰۵۷ ۲** عبارت اول: چهارمین عضو خانواده آلکین‌ها، پنتین ( $C_5H_8$ ) است. این آلکین در ساختار خود دارای ۱۴ پیوند اشتراکی است.

$$14 = 3n - 1 = (3 \times 5) - 1 = 14$$

**عبارت دوم:** فرمول عمومی آلکین‌ها به صورت  $C_nH_{2n-2}$  است. آلکینی با ۵ اتم کربن دارای ۸ اتم هیدروژن بوده و شمار پیوندهای بین اتم‌های کربن در آن برابر ۶ است.

**عبارت سوم:** معادله واکنش گاز اتین با گاز کلر به صورت مقابل است:



**عبارت چهارم:** با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها، درصد جرمی کربن در هر یک از آن‌ها را بر حسب  $n$  (تعداد اتم‌های کربن) محاسبه می‌کنیم:

$$C_nH_{2n-2} \text{ در } \% \text{درصد جرمی کربن} = \frac{12n}{14n-2} \times 100 \quad C_nH_{2n} \text{ در } \% \text{درصد جرمی کربن} = \frac{12n}{14n+2} \times 100$$

کاملاً روشن است که درصد جرمی کربن در آلکین‌ها بیشتر است. همچنین از آنجا که مقدار کسر  $\frac{12n}{14n-2}$  با افزایش مقدار  $n$  کاهش می‌یابد، پس بیشترین درصد جرمی کربن در میان

آلکین‌ها نیز متعلق به نخستین عضو خانواده آلکین‌ها، یعنی اتین ( $C_2H_2$ ) است. **عبارت پنجم:** معادله موازنه شدن کامل پروپین (دومین عضو خانواده آلکین‌ها) به صورت زیر است:



**B ۱۰۵۸ ۴** سومین عضو خانواده آلکین‌ها، بوتین ( $C_4H_6$ ) و سومین عضو خانواده آلکان‌ها، پروپان ( $C_3H_8$ ) است. **روش اول:** ابتدا جرم  $89/6$  لیتر از هر کدام

از گازهای بوتین و پروپان را محاسبه می‌کنیم:

$$? g C_4H_6 = 89/6 L C_4H_6 \times \frac{1 mol C_4H_6}{22/4 L C_4H_6} \times \frac{54 g C_4H_6}{1 mol C_4H_6} = 216 g C_4H_6$$

$$? g C_3H_8 = 89/6 L C_3H_8 \times \frac{1 mol C_3H_8}{22/4 L C_3H_8} \times \frac{44 g C_3H_8}{1 mol C_3H_8} = 176 g C_3H_8$$

تفاوت جرم این دو گاز برابر  $40 g$  ( $216 - 176$ ) است. **روش دوم:** ابتدا تفاوت جرم مولی بوتین و پروپان را به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ g mol}^{-1} = (54 \text{ g mol}^{-1}) - (44 \text{ g mol}^{-1})$$

سپس به یکی از روش‌های زیر، تفاوت جرم  $89/6$  لیتر از دو گاز را در یک مرحله محاسبه می‌کنیم:

$$? g \text{ (اختلاف جرم)} = 40 g \text{ (اختلاف جرم)} \times \frac{1 \text{ گاز}}{1 \text{ mol گاز}} \times \frac{89/6 \text{ گاز}}{22/4 \text{ گاز}} = 40 g \text{ (اختلاف جرم)}$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$40 g \text{ (تفاوت جرم گازها)} = \frac{\text{اختلاف جرم گازها}}{\text{حجم مولی گازها}} \Rightarrow \frac{89/6 L}{22/4 L} = \frac{40 g}{10}$$

**روش دوم (تناسب):**

**بررسی جرم مولی ترکیبات ذکر شده در گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** جرم مولی اتان ( $C_2H_6$ ) برابر  $30 \text{ g mol}^{-1}$  است. **گزینه (۲):** جرم مولی اتین ( $C_2H_2$ ) برابر

$26 \text{ g mol}^{-1}$  است. **گزینه (۳):** دومین عضو خانواده آلکن‌ها، پروپین ( $C_3H_6$ ) است و جرم مولی آن برابر  $42 \text{ g mol}^{-1}$  می‌باشد. **گزینه (۴):** دومین عضو خانواده

آلکین‌ها، پروپین ( $C_3H_4$ ) است و جرم مولی آن برابر  $40 \text{ g mol}^{-1}$  می‌باشد.

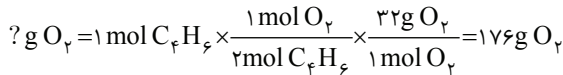


۱۰۵۹۹ B فقط عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های رسم شده، در آلکین (I)، ۲ اتم کربن و در آلکین (III)، ۱ اتم کربن به هیچ اتم هیدروژنی متصل نیستند.



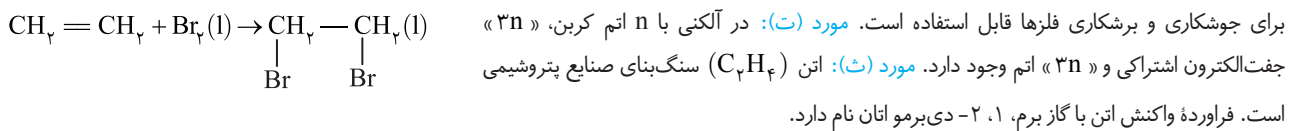
عبارت دوم: آلکین (II) دارای ۸ اتم کربن است، بنابراین تعداد پیوندهای اشتراکی در ساختار آن برابر ۲۳ است. با توجه به فرمول ساختاری آلکین (I)، در ساختار ۴ پیوند یگانه (C—C) وجود دارد.

عبارت سوم: معادله موازنه شده واکنش سوختن ترکیب (III) به صورت مقابل است:

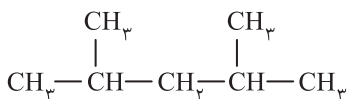


عبارت چهارم: آلکین (I) دارای ۶ اتم کربن است و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  می‌باشد. گاز فندک، بوتان ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) است. عبارت پنجم: هر مولکول از ترکیب (I) با دریافت یک مولکول  $\text{H}_2$  به یک آلکن شش کربنی با فرمول  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  تبدیل می‌شود و با سیکلوهگزان که فرمول آن نیز به صورت  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  است، ایزومر می‌باشد. سیکلوهگزان، چهارمین عضو خانواده سیکلوآلکان‌ها است.

۱۰۶۰۰ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آلکن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختار خود یک پیوند دوگانه کربن-کربن دارند. عبارت (ب): کاتالیزگر واکنش تولید اتانول در مقیاس صنعتی، سولفوریک اسید می‌باشد که یکی از فرآورده‌های صنایع پتروشیمیایی می‌باشد. عبارت (پ): سوزاندن گاز اتین برای جوشکاری و برشکاری فلزها قابل استفاده است. مورد (ت): در آلکنی با n اتم کربن، «۳n» جفت الکترون اشتراکی و «۳n» اتم وجود دارد. مورد (ث): اتن ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) سنگ بنای صنایع پتروشیمی است. فرآورده واکنش اتن با گاز برم، ۱، ۲-دی‌برمو اتان نام دارد.



۱۰۶۱۰ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. فرمول ساختاری آلکن مورد نظر به صورت زیر است. نام آیوپاک این آلکن «۲، ۴-دی‌متیل پنتان» است و مجموع اعداد در نام آن برابر ۶ (۲+۴) می‌باشد.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی این آلکن،  $\text{C}_7\text{H}_{14}$  و فرمول مولکولی هپتن،  $\text{C}_7\text{H}_{14}$  است.

این دو ترکیب فرمول مولکولی متفاوتی دارند و نمی‌توانند همپار باشند. عبارت (ب): شاخه اصلی این آلکن، پنتان با ۵ اتم کربن است. عبارت (پ): این مولکول را نمی‌توان به سه قسمت کاملاً یکسان تقسیم کرد. عبارت (ت): فرمول مولکولی پروپین،  $\text{C}_3\text{H}_6$  است.

$$\left. \begin{array}{l} \text{C}_7\text{H}_{14} \text{ جرم مولی} = 7(12) + 14(1) = 100 \text{ g.mol}^{-1} \\ \text{C}_3\text{H}_6 \text{ جرم مولی} = 3(12) + 6(1) = 42 \text{ g.mol}^{-1} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } \text{C}_7\text{H}_{14}}{\text{جرم مولی } \text{C}_3\text{H}_6} = \frac{100}{42} = 2.38$$

۱۰۶۲۰ C به جز عبارت پنجم، سایر عبارت‌ها به نادرستی بیان شده‌اند. فرمول مولکولی آلکن A را به صورت  $\text{C}_a\text{H}_{2a}$  و فرمول مولکولی آلکین B را به صورت

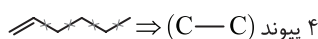
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{C}_A = \text{H}_B - 10 \Rightarrow a = (2b - 2) - 10 = 2b - 12 \\ \frac{\text{H}_A}{\text{H}_B} = 0.75 \Rightarrow \frac{2a}{2b - 2} = \frac{3}{4} \end{array} \right. \Rightarrow a = 6, b = 9$$

نمایش می‌دهیم:  $\text{C}_6\text{H}_{12}$

بنابراین فرمول A و B به ترتیب  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  و  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  است. بررسی موارد: عبارت اول: با توجه به اینکه نخستین عضو خانواده آلکن‌ها  $\text{C}_2\text{H}_4$  است،  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  پنجمین عضو این خانواده خواهد بود. نسبت درصد جرمی کربن به هیدروژن در این ترکیب برابر نسبت جرم‌های این دو ماده است:

$$\frac{\%C}{\%H} = \frac{6 \times 12}{12 \times 1} = 6$$

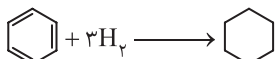
عبارت دوم: تعداد پیوندهای کووالانسی یک آلکین با n اتم کربن از رابطه  $3n - 1$  به دست می‌آید؛ بنابراین در مولکول  $\text{C}_4\text{H}_6$  تعداد ۲۶ (۳(۹) - ۱) پیوند کووالانسی وجود دارد. از طرفی ساختار پیوند-خط آلکن A ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ) می‌تواند به صورت مقابل باشد:



بنابراین نسبت خواسته شده برابر  $6/5$  (۲۶/۴) است. عبارت سوم:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\text{C}_6\text{H}_{12}) \text{ A جرم مولی} = (6 \times 12) + (12 \times 1) = 84 \text{ g.mol}^{-1} \\ (\text{C}_9\text{H}_{18}) \text{ B جرم مولی} = (9 \times 12) + (18 \times 1) = 126 \text{ g.mol}^{-1} \end{array} \right. \Rightarrow \text{تفاوت جرم مولی} = 126 - 84 = 42 \text{ g.mol}^{-1}$$

سومین عضو خانواده آلکین‌ها،  $\text{C}_3\text{H}_6$  با جرم مولی ۵۴ گرم بر مول است. عبارت چهارم: هر مول از یک آلکن یک مول  $\text{H}_2$  و هر مول از یک آلکین دو مول  $\text{H}_2$  برای سیرشدن نیاز دارد؛ بنابراین برای سیرشدن یک مول از هر کدام از دو ماده، مجموعاً ۳ مول  $\text{H}_2$  لازم است. در واکنش سیرشدن یک مول بنزن (سرگروه خانواده هیدروکربن‌های آروماتیک) نیز ۳ مول  $\text{H}_2$  مصرف می‌شود:



عبارت پنجم: معادله موازنه شده واکنش سوختن  $\text{C}_9\text{H}_{16}$  در شرایط استاندارد به صورت مقابل است:



همان‌طور که می‌دانید در شرایط STP در میان فرآورده‌ها، فقط  $\text{CO}_2$  به حالت گاز است و آب در حالت مایع قرار دارد.

روش اول (کسر تبدیل):  $? L CO_2 = 40 g C_9H_{16} \times \frac{1 mol C_9H_{16}}{100 g C_9H_{16}} \times \frac{9 mol CO_2}{1 mol C_9H_{16}} \times \frac{22.4 L CO_2}{1 mol CO_2} \times \frac{62}{100}$  بازده

روش دوم (تناسب):  $\frac{100 \times 62}{100 \times 100} = \frac{40 \times \frac{100 \times 62}{100 \times 100}}{1 \times 22.4} \Rightarrow x = 32.2 L CO_2$

۱۰۶۳۳ در این مخلوط گازهای اتن و اتین، مطابق معادله واکنش‌های زیر با گاز  $H_2$  واکنش می‌دهند و فرآورده سیر شده تولید می‌کنند:

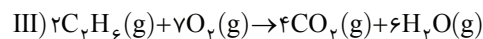
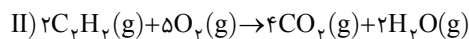
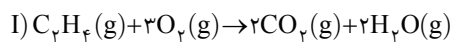


در دما و فشار ثابت، نسبت حجمی گازها با نسبت مولی آن‌ها برابر است. پس در این مخلوط به ازای  $x$  مول اتن،  $2x$  مول اتین داریم. با توجه به جرم  $H_2$  مصرفی خواهیم داشت:

$$(x + 4x) mol H_2 \times \frac{2 g H_2}{1 mol H_2} = 4 g H_2 \Rightarrow x = 0.4$$

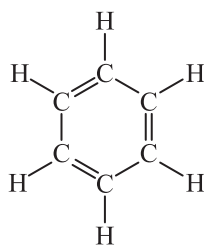
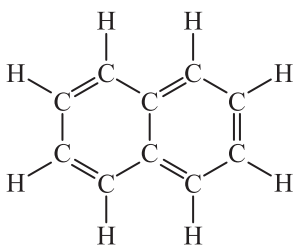
تعداد کل مول‌های موجود در ظرف در شرایط STP برابر است با:  $\frac{40/32.2 L \text{ گاز}}{22.4 L} = 1/8 mol$

بنابراین در این مخلوط،  $1/4$  مول اتن،  $1/8$  مول اتین و  $1/8$  مول اتان وجود دارد. معادله موازنه شده واکنش‌های سوختن این هیدروکربن‌ها به صورت روبرو است:



پس برای سوزاندن کامل گازهای اتان، اتن و اتین به ترتیب به  $1/2$ ،  $2$  و  $2/1$  مول گاز اکسیژن نیاز است. جرم گاز اکسیژن مورد نیاز برابر است با:

$$\text{جرم } O_2 \text{ لازم برای سوزاندن مخلوط گازی} = (1/2 + 2 + 2/1) mol O_2 \times \frac{32 g O_2}{1 mol O_2} = 169/6 g O_2$$

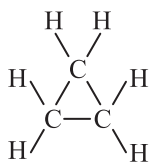


۱۰۶۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (ب): سیکلو (Cyclo) پیشوندی به معنای حلقوی است که برای نام گذاری برخی ترکیب‌های آلی حلقوی به کار می‌رود. برای مثال، هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی هستند؛ اما این پیشوند را ندارند. عبارت (ت): بنزن، هیدروکربنی سیر نشده با فرمول ساختاری مقابل، سرگروه خانواده مهمی از هیدروکربن‌ها به نام آروماتیک است. نفتالن نیز از جمله این ترکیب هاست. نفتالن مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگهداری فرش و لباس کاربرد داشته است. عبارت (ث): اگر ترکیب مورد نظر یک حلقه شش کربنی ولی غیربنزنی در ساختار خود داشته باشد، آروماتیک محسوب نمی‌شود. به مثال مقابل توجه کنید که همه ویژگی‌های بیان شده در این عبارت را داراست، اما آروماتیک محسوب نمی‌شود.

۱۰۶۵ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی سیکلوآلکان‌ها با آلکن‌های هم کربن مشابه و به صورت  $C_nH_{2n}$  است.

\* توجه به ترکیب‌هایی که فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوت دارند، ایزومر ساختاری می‌گویند. بنابراین می‌توان گفت سیکلوآلکان‌ها و آلکن‌های هم کربن، ایزومر ساختاری یکدیگر هستند.



عبارت (ب): سیکلوآلکان‌ها به دلیل نداشتن پیوند دوگانه یا پیوند سه‌گانه در ساختار خود، سیر شده هستند و تمایلی به شرکت در واکنش‌های افزایشی ندارند، در حالی که آلکن‌ها سیر نشده هستند و در واکنش‌های مختلفی از جمله واکنش‌های افزایشی شرکت می‌کنند. عبارت (پ): ساده‌ترین سیکلوآلکان، دارای حلقه سه‌ضلعی است و سیکلو پروپان نام دارد. فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_3H_6$  است. عبارت (ت):

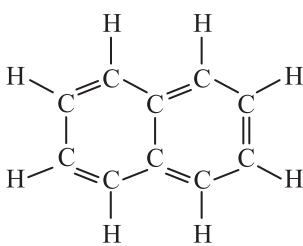
در ساختار حلقوی سیکلوآلکان‌های بدون شاخه، هر اتم کربن به دو اتم کربن دیگر متصل است.

۱۰۶۶ شکل داده شده در صورت تست مربوط به نفتالن است. در فرمول

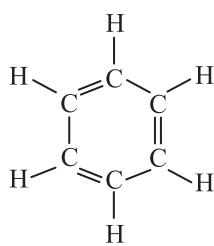
مولکولی این ترکیب ( $C_{10}H_8$ ) نسبت شمار اتم‌های کربن به هیدروژن برابر

$1/25$  است. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): با توجه به فرمول

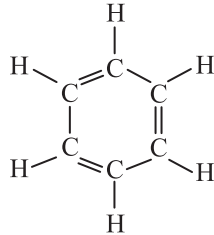
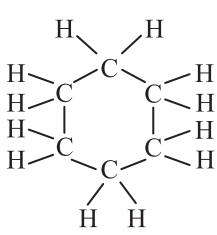
ساختاری نفتالن و بنزن که در مقابل داده شده، هر مولکول نفتالن دارای ۵ پیوند دوگانه و هر مولکول بنزن دارای ۳ پیوند دوگانه است. گزینه (۲): در ساختار نفتالن، ۶ پیوند یگانه کربن - کربن و ۸ پیوند کربن - هیدروژن وجود دارد. به فرمول ساختاری نفتالن که در مقابل آمده، توجه کنید. گزینه (۴): نفتالن در دمای اتاق به حالت جامد است و در گذشته به صورت قرص‌های نفتالن به عنوان ضد بید کاربرد داشته است.



نفتالن



بنزن



**B ۱ ۱۰۶۷** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. فرمول ساختاری بنزن و سیکلوهگزان به صورت زیر است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بنزن به علت داشتن پیوندهای دوگانه میان اتم‌های کربن خود، سیر نشده است و واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به سیکلوهگزان دارد که یک ترکیب سیر شده است. عبارت (ب): با توجه به فرمول‌های ساختاری، سیکلوهگزان دارای ۱۸ پیوند یگانه و بنزن دارای ۹ پیوند یگانه است. عبارت (پ): با توجه به فرمول مولکولی بنزن ( $C_6H_6$ ) و سیکلوهگزان ( $C_6H_{12}$ )، اختلاف جرم مولی این دو ترکیب برابر ۶ گرم بر مول است. در حالی که اختلاف جرم مولی یک آلکان ( $C_nH_{2n+2}$ ) و آلکین ( $C_nH_{2n-2}$ ) هم کربن برابر ۴ گرم بر مول است. عبارت (ت): در بنزن ( $C_6H_6$ ) و اتین ( $C_2H_2$ )، تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن با هم برابر است. از گاز اتین در جوش کاربردی استفاده می‌شود. عبارت (ث): هفتمین عضو خانواده آلکان‌ها،  $C_8H_{18}$  است. اختلاف جرم مولی این ترکیب با سیکلوهگزان برابر ۲۸ گرم بر مول است.

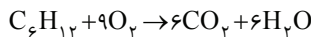


**B ۳ ۱۰۶۸** فقط عبارت (پ) در ارتباط با سیکلوهگزان نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول پیوند - خط سیکلوهگزان به صورت مقابل است. عبارت (ب): نخستین عضو خانواده سیکلوآلکان‌ها، سیکلوپروپان با ۳ اتم کربن است، پس سیکلوهگزان با ۶ اتم کربن، چهارمین عضو این خانواده است. عبارت (پ): درصد جرمی هیدروژن در سیکلوهگزان ( $C_6H_{12}$ ) و بنزن ( $C_6H_6$ ) را محاسبه می‌کنیم:

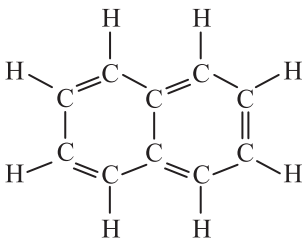
$$C_6H_{12} \text{ درصد جرمی هیدروژن در } = \frac{\text{جرم اتم‌های H}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{12 \times 1}{(6 \times 12) + (12 \times 1)} \times 100 = \frac{100}{7} \approx 14.28\%$$

$$C_6H_6 \text{ درصد جرمی هیدروژن در } = \frac{\text{جرم اتم‌های H}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{12 \times 1}{(6 \times 12) + (6 \times 1)} \times 100 = \frac{100}{13} \approx 7.69\%$$

پس درصد جرمی هیدروژن در سیکلوهگزان، کمتر از دو برابر این مقدار در بنزن است. عبارت (ت): معادله واکنش سوختن سیکلوهگزان به صورت زیر است:



پس در اثر سوختن هر مقدار از آن، مقدار مول‌های گازی یکسانی از  $H_2O$  و  $CO_2$  تولید می‌شوند.



**B ۲ ۱۰۶۹** عبارت اول: در ساختار نفتالن، دو اتم کربن مشترک بین دو حلقه به ۳ اتم کربن دیگر متصل شده‌اند و با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند. عبارت دوم: مدل داده شده در صورت تست مربوط به بنزن ( $C_6H_6$ ) است. این ترکیب دارای ۳ پیوند دوگانه است و برای سیر شدن کامل یک مول از آن، به ۳ مول گاز هیدروژن نیاز دارد. عبارت سوم: فرمول مولکولی نفتالن، بنزن و سیکلوهگزان به ترتیب به صورت  $C_{10}H_8$ ،  $C_6H_6$  و  $C_6H_{12}$  است.

$$\text{درصد جرمی کربن در نفتالن} = \frac{12 \times 10}{(10 \times 12) + (8 \times 1)} \times 100 = 79.3\%$$

$$\text{درصد جرمی کربن در بنزن} = \frac{12 \times 6}{(6 \times 12) + (6 \times 1)} \times 100 = 92.3\%$$

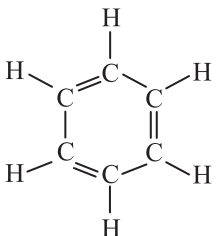
$$\text{درصد جرمی کربن در سیکلوهگزان} = \frac{12 \times 6}{(6 \times 12) + (12 \times 1)} \times 100 = 85.7\%$$

پس درصد جرمی کربن در نفتالن بیشتر از بنزن و در بنزن نیز بیشتر از سیکلوهگزان است. عبارت چهارم: فرمول مولکولی نفتالن به صورت  $C_{10}H_8$  و فرمول مولکولی دکان به صورت  $C_{10}H_{22}$  است، پس اختلاف جرم مولی آن‌ها برابر ۱۴ گرم بر مول است. عبارت پنجم: فرمول نفتالن به صورت  $C_{10}H_8$  بوده و هر مولکول نفتالن با دریافت ۱۰ اتم هیدروژن به ترکیب سیر شده تبدیل می‌شوند.

$$\text{درصد افزایش جرم} = \frac{(10 \times 1)}{(10 \times 12) + (8 \times 1)} \times 100 = 7.7\%$$

**B ۱ ۱۰۷۰** فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌ها ایزومر یکدیگرند و فرمول مولکولی آن‌ها به صورت  $(C_nH_{2n})$  است.

پس درصد جرمی کربن در دو ترکیب با هم مساوی و به تقریب برابر ۸۵/۷۱٪ است.  $\frac{12n}{12n+2n} \times 100 = 85.7\%$  درصد جرمی کربن در سیکلوآلکان‌ها و آلکن‌ها



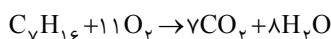
عبارت (ب): با افزایش جرم و حجم هیدروکربن‌ها، نقطه جوش آن‌ها افزایش می‌یابد. جرم مولی نفتالن بیشتر از سیکلوهگزان و جرم مولی سیکلوهگزان بیشتر از بنزن است. بنابراین مقایسه نقطه جوش آن‌ها به صورت مقابل است: بنزن > سیکلوهگزان > نفتالن

عبارت (پ): در ساختار بنزن، ۶ پیوند (C-H) و ۳ پیوند یگانه (C-C) وجود دارد. عبارت (ت): فرمول عمومی سیکلوآلکان‌ها به صورت  $C_nH_{2n}$  است، تعداد پیوندهای اشتراکی در سیکلوآلکان‌ها از رابطه  $3n$  به دست می‌آید. پس ترکیب  $C_6H_8$  دارای ۱۲ پیوند اشتراکی است.

عبارت (ث): سیکلوبوتان برخلاف (۱-بوتن) یک ترکیب سیر شده است و نمی‌تواند با برم وارد واکنش شده و محلول حاوی آن را بی‌رنگ کند.

**C ۱ ۱۰۷۱** ابتدا باید نسبت تعداد مول‌های هیتان و سیکلوهگزان را به دست آوریم. فرض می‌کنیم که در مخلوط اولیه X مول هیتان و Y مول سیکلوهگزان وجود دارد.

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم اتم کربن}}{\text{مجموع جرم مولکول‌ها}} \times 100 = \frac{(7x+6y) \times 12}{10x+84y} \times 100 = \frac{84}{100} = \frac{17}{20} \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{6}{1}$$



معادله سوختن این دو ترکیب به صورت مقابل است:

$$? g CO_2 = x \text{ mol } C_7H_{16} \times \frac{7 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_7H_{16}} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 308x g CO_2$$

$$C_6H_{12} + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O, ? g H_2O = y \text{ mol } C_6H_{12} \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_6H_{12}} \times \frac{18 g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 108y g H_2O, \frac{308x}{108y} = \frac{308}{108} \times \frac{6}{6} = 1/71$$

۱۰۷۲۱ فقط عبارت چهارم درست است. با استفاده از رابطه زیر، شمار اتم های هیدروژن و فرمول مولکولی دو ترکیب را به دست می آوریم:

$$(1 \times \text{تعداد اتم های نیتروژن}) + (1 \times \text{تعداد هالوژن ها}) - (4 \times \text{تعداد پیوندهای سه گانه}) - (2 \times \text{تعداد حلقه ها و تعداد پیوندهای دو گانه}) - (2C + 2) = \text{تعداد اتم های هیدروژن}$$

A: این ترکیب ۲۷ اتم کربن و ۴ حلقه دارد:  $C_{27}H_{48}O = \text{فرمول مولکولی A} \Rightarrow 2(27) + 2 - (4) \times 2 = 48$  تعداد اتم های هیدروژن در ترکیب A

B: این ترکیب ۱۶ اتم کربن، ۵ پیوند دوگانه و یک اتم نیتروژن دارد. برای شمارش حلقه های این ترکیب، حواستان باشد که علاوه بر حلقه بنزنی، یک حلقه که اتم نیتروژن یکی از رئوس آن ها را تشکیل می دهد به همراه یک حلقه پایین این اتم وجود دارد که مجموعاً می شود ۳ حلقه:

$$C_{16}H_{14}NO_4 = \text{فرمول مولکولی B} \Rightarrow 2(16) + 2 - (5 + 3) \times 2 + 1 = 14$$
 تعداد اتم های هیدروژن در ترکیب B

بررسی عبارت ها: عبارت اول:  $\Rightarrow 388 - 289 = 99 \text{ g.mol}^{-1} = \text{اختلاف}$

$$\begin{cases} A \text{ جرم مولی} = (27 \times 12) + (48 \times 1) + (1 \times 16) = 388 \text{ g.mol}^{-1} \\ B \text{ جرم مولی} = (16 \times 12) + (14 \times 1) + (1 \times 14) + (4 \times 16) = 289 \text{ g.mol}^{-1} \end{cases}$$

جرم مولی کلسیم کربنات ( $CaCO_3$ ) برابر ۱۰۰ گرم است؛ بنابراین تفاوت جرم مولی A و B، از جرم یک مول  $CaCO_3$ ، ۱ گرم کمتر است. عبارت دوم: مولکول A دارای یک گروه OH — است؛ در نتیجه هیدروکربن محسوب نمی شود. این ترکیب دارای ۴ حلقه کربنی در ساختار خود است که هیچکدام آروماتیک نیستند. عبارت سوم: شمار پیوندهای کووالانسی در ساختار یک مولکول از رابطه مقابل به دست می آید:

$$\text{شمار پیوندها} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2) + (N \times 3) + (X \times 1)}{2}$$

$$A \text{ شمار پیوندهای ترکیب} = \frac{27 \times 4 + 48 + 1 \times 2}{2} = 79$$

$$B \text{ شمار پیوندهای ترکیب} = \frac{16 \times 4 + 14 + 1 \times 2 + 4 \times 2}{2} = 47$$

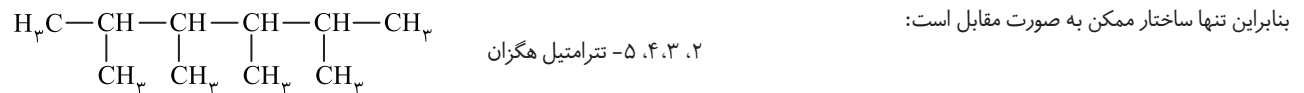
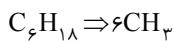
تفاوت شمار پیوندهای اشتراکی این دو ترکیب برابر ۳۲ ( $79 - 47$ ) می باشد که از لحاظ عددی با جرم مولی  $N_2$  ( $28 \text{ g.mol}^{-1}$ ) برابر نیست. عبارت چهارم: در ساختار (A) گروه OH — وجود دارد که در آن اتم H متصل به اتم اکسیژن وجود دارد و پیوند هیدروژنی تشکیل می دهد؛ در حالی که در ساختار (B) اتم هیدروژن متصل به اتم N، O یا F وجود ندارد و در نتیجه میان مولکول های آن پیوند هیدروژنی وجود ندارد. عبارت پنجم: مولکول های (A) و (B) به ترتیب ۴۸ و ۱۹ اتم هیدروژن دارند:

$$\frac{H_B}{H_A} = \frac{19}{48} \approx 0.4$$

۱۰۷۳۳ عبارت های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): با توجه به فرمول عمومی آلکان ها ( $C_nH_{2n+2}$ ) داریم:

$$2n + 2 = 22 \Rightarrow n = 10$$

بنابراین فرمول آلکان مورد نظر  $C_{10}H_{22}$  است. برای تشخیص ساختار این آلکان، ابتدا به اندازه ۴ گروه CH از فرمول آن کم می کنیم:  $C_{10}H_{22} - 4CH = C_6H_{18}$ . مطابق معادله واکنش زیر، ۱۰ مول  $H_2$  با ۱۰ مول  $C_6H_{18}$  واکنش همان طور که مشاهده می کنید ۶ اتم کربن باقی مانده، همگی از حداکثر ظرفیت هیدروژن خود استفاده کرده و همگی به صورت گروه های  $CH_3$  هستند:



مجموع اعداد موجود در نام این آلکان برابر ۱۴ ( $2+3+4+5$ ) است. عبارت (ب): در دما و حجم ثابت، فشار یک سامانه با شمار مول های گازی آن متناسب است:

$$\left(\frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2}{n_1}\right). \text{ بنابراین با افزودن } 20 \text{ مول گاز } H_2 \text{ به مخلوطی از } 10 \text{ مول } C_6H_6 \text{ و } 10 \text{ مول } C_6H_6, \text{ مطابق معادله واکنش زیر، } 10 \text{ مول } H_2 \text{ با } 10 \text{ مول } C_6H_6 \text{ واکنش}$$

داده و ۱۰ مول  $C_6H_6$  تولید می شود و در نهایت در ظرف واکنش، ۲۰ مول  $C_6H_6$  و ۱۰ مول  $H_2$  وجود خواهد داشت:  $C_6H_6(g) + H_2(g) \rightarrow C_6H_6(g)$ . مشاهده می کنید از ابتدا تا انتهای این فرایند، مجموع شمار مول های گازی از ۲۰ به ۳۰ مول رسیده است که معادل ۵۰ درصد افزایش است. عبارت (پ): از میان هیدروکربن های شناخته شده، آلکان ها و سیکلو آلکان ها سیر شده هستند و تمامی پیوندهای آن ها یگانه است:

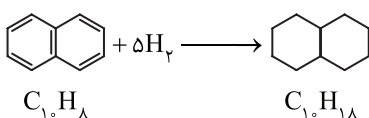
$$C_nH_{2n} = \text{سیکلو آلکان ها} \Rightarrow 3n = 18 \Rightarrow n = 6 \quad C_nH_{2n+2} = \text{آلکان ها: شمار پیوندها} \Rightarrow 3n + 1 = 18 \Rightarrow n = \frac{17}{3}$$

پس هیدروکربن مورد نظر یک سیکلو آلکان با ۶ اتم کربن است که در حالت های زیر حداقل یک شاخه متیل ( $CH_3$ ) دارد:



$$C_6H_6: \frac{\%C}{\%H} = \frac{6 \times 12}{6 \times 1} = 12$$

عبارت (ت): در یک مولکول، نسبت درصد جرمی دو عنصر، برابر نسبت جرم های آن هاست:



عبارت (ث): واکنش نفتالن با هیدروژن به صورت زیر است: فرمول مولکولی دکن به صورت  $C_{10}H_8$  است.





۴ ۱۰۷۴ C قسمت اول: اتن و نفتالن هر کدام در ساختار خود به ترتیب دارای ۱ و ۵ پیوند دوگانه هستند. پس برای تبدیل ۱ مول از هر کدام از آن‌ها به ترکیب‌هایی سیر شده به ترتیب به ۱ و ۵ مول  $H_2(g)$  نیاز است.



طبق اطلاعات مسئله برای سیر شدن کامل ترکیب‌های موجود در این مخلوط به  $8g H_2$   $(10L H_2 \times \frac{10}{1} \times \frac{1}{14} = 7.14g)$  نیاز است. پس فرض می‌کنیم در مخلوط اولیه  $x$  گرم

اتن و  $(106-x)$  گرم نفتالن داریم و جرم هیدروژن مورد نیاز را بر حسب  $x$  محاسبه می‌کنیم:

$$I) ? g H_2 = x g C_7H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6}{28g C_7H_6} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } C_7H_6} \times \frac{2g H_2}{1 \text{ mol } H_2} = \frac{x}{14} g H_2$$

$$II) ? g H_2 = (106-x)g C_{10}H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_8}{128g C_{10}H_8} \times \frac{5 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } C_{10}H_8} \times \frac{2g H_2}{1 \text{ mol } H_2} = \frac{(530-5x)}{64} g H_2$$

$$\frac{x}{14} + \frac{530-5x}{64} = 8 \Rightarrow x = 42g$$

سیس مجموع جرم هیدروژن مورد نیاز را برابر ۸ قرار می‌دهیم تا  $x$  به دست آید:

$$\frac{\text{مقدار مول اتن}}{\text{مقدار مول نفتالن}} = \frac{42}{64} = \frac{21}{32}$$

پس در مخلوط اولیه  $42g$  اتن و  $64g (106-42)$  نفتالن وجود دارد. نسبت خواسته شده برابر است با:

$$C_7H_6 \text{ در دوگانه} = 42g C_7H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6}{28g C_7H_6} \times \frac{1 \text{ mol } (C=C)}{1 \text{ mol } C_7H_6} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} (C=C)}{1 \text{ mol } (C=C)} = 9/0.3 \times 10^{23} (C=C)$$

قسمت دوم:

$$C_{10}H_8 \text{ در دوگانه} = 64g C_{10}H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_8}{128g C_{10}H_8} \times \frac{5 \text{ mol } (C=C)}{1 \text{ mol } C_{10}H_8} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} (C=C)}{1 \text{ mol } (C=C)} = 15/0.5 \times 10^{23} (C=C)$$

$$\text{مجموع شمار پیوندهای دوگانه در مخلوط} = 9/0.3 \times 10^{23} + 15/0.5 \times 10^{23} = 2/4 \times 10^{24}$$

۳ ۱۰۷۵ A همه عبارت‌ها به جز عبارت دوم نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت اول: مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون با توجه به عمق و موقعیت محلی میدان نفتی و زمان تشکیل آن متغیر است. عبارت سوم: آلکان‌ها بخش عمده هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند و به دلیل واکنش پذیری کم، اغلب به عنوان سوخت به کار می‌روند. عبارت چهارم: پالایش نفت خام، از سویی سوخت ارزان و مناسب را در اختیار صنایع قرار داد و از سویی دیگر، منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت شد.

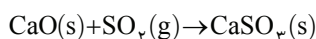
۴ ۱۰۷۶ A همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به شکل کتاب درسی، مقایسه اندازه مولکول‌های اجزای سازنده نفت خام به صورت مقابل است: نفت کوره < گازوئیل < نفت سفید < بنزین و خوراک پتروشیمی عبارت (ب): جرم و اندازه مولکول‌های نفت کوره بیشتر از سایر اجزای نفت خام بوده و بیشترین گرانروی را در میان آن‌ها دارد. بنابراین هرچه میزان نفت کوره در یک نمونه نفت بیشتر باشد، مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن خواهد داشت. عبارت (پ): هرچه درصد نفت کوره در یک نمونه نفت خام بیشتر باشد، چگالی آن بیشتر است. پس چگالی نفت سنگین کشورهای عربی بیشتر از نفت سنگین ایران است.

\* توجه مقایسه درصد نفت کوره، چگالی و گرانروی در انواع نفت خام به صورت زیر است:

نفت برنت دریای شمال > نفت سبک کشورهای عربی > نفت سنگین ایران > نفت سنگین کشورهای عربی توجه کنید که مقایسه قیمت و درصد بنزین و خوراک پتروشیمی انواع نفت خام برعکس مقایسه فوق است. عبارت (ت): درصد نفت سفید در نفت برنت دریای شمال برابر ۱۵٪ و در نفت سنگین ایران برابر ۱۳٪ است.

۲ ۱۰۷۷ A به جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. پس از جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب، نفت خام را پالایش می‌کنند. در این فرایند با استفاده از روش تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطه جوش نزدیک به هم جدا می‌کنند. برای این کار، نفت خام را درون محفظه‌ای بزرگ گرم می‌دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می‌کنند. برجی که در آن از پایین به بالا دما کاهش می‌یابد. هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فراتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. به تدریج که این مولکول‌ها بالاتر می‌روند، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج خارج می‌شوند. بدین ترتیب مخلوط‌هایی با نقطه جوش نزدیک به هم از نفت خام جداسازی می‌شوند.

۳ ۱۰۷۸ A از پالایش نفت خام، نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید، بنزین و خوراک پتروشیمی به دست می‌آید. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): در فرایند جداسازی ترکیب‌های مختلف نفت خام، مواد براساس تفاوت نقطه جوش و جرم مولکولی از یکدیگر جدا می‌شوند. گزینه (۲): هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج تقطیر وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فراتر از جمله مواد پتروشیمیایی از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. اجزای جدا شده از نفت خام در قسمت‌های بالایی برج تقطیر، گرانروی کمتر و فرارتری دارند. گزینه (۴): در نیروگاه‌ها در اثر مصرف زغال سنگ، گاز گوگرد دی‌اکسید ( $SO_2$ ) تولید می‌شود که با عبور دادن آن از روی کلسیم اکسید می‌توان آن را مطابق واکنش مقابل به دام انداخت.



**A 1079 P** موارد (الف) و (پ) برای تکمیل این جمله مناسب نیستند. **بررسی موارد: مورد (الف):** میزان گرمای آزاد شده به ازای سوختن ۱ گرم بنزین (۴۸kJ) بیشتر از این مقدار در سوختن ۱ گرم زغال سنگ (۳۰kJ) است. **موارد (ب) و (ت):** در اثر سوختن زغال سنگ علاوه بر فرآورده‌های حاصل از سوختن بنزین ( $H_2O$ ،  $CO$  و  $CO_2$ )، گازهای  $SO_2$  و  $NO_2$  نیز تولید می‌شود. از طرفی برای تولید انرژی یکسان، مقدار  $CO_2$  تولیدی در اثر سوختن زغال سنگ بیشتر از بنزین است. بنابراین تنوع فرآورده‌های سوختن و میزان آلاینده‌ی ناشی از سوختن زغال سنگ بیشتر از بنزین است. **مورد (ب):** با توجه به جدول زیر، مقدار  $CO_2$  تولیدی به ازای هر کیلوژول انرژی حاصل از سوختن زغال سنگ (۱۰۴٪) بیشتر از این مقدار در سوختن بنزین (۶۵٪) است.

نام سوخت	گرمای آزاد شده (kJ/g)	فرآورده‌های سوختن	مقدار کربن دی‌اکسید به ازای هر کیلوژول انرژی تولید شده (g)
بنزین	۴۸	$CO_2$ ، $CO$ ، $H_2O$	۰/۰۶۵
زغال سنگ	۳۰	$SO_2$ ، $NO_2$ ، $CO_2$ ، $CO$ ، $H_2O$	۰/۱۰۴

**B 1080 P** عبارتهای اول و دوم همانند جمله داده شده در صورت تست درست هستند. **بررسی جمله داده شده:** در فرایند تقطیر جزء به جزء (پالایش) نفت خام، هر چه نقطه جوش یک ترکیب بیشتر باشد، از سینی پایین‌تر برج خارج می‌شود. همان‌طور که می‌دانید در آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن، نقطه جوش افزایش می‌یابد؛ پس  $C_{15}H_{32}$  از بخش پایین‌تر برج تقطیر خارج می‌شود. **بررسی عبارتهای عبارت اول:** یکی از مشکلات زغال سنگ شرایط دشوار استخراج آن است. به گونه‌ای که در سده اخیر معدن‌کاران زیادی در سطح جهان در اثر انفجار گاز متان آزاد شده از زغال سنگ و فرو ریختن معدن جان خود را از دست داده‌اند. همان‌طور که می‌دانید در اثر سوختن زغال سنگ، فرآورده‌های  $CO$ ،  $CO_2$ ،  $H_2O$ ،  $NO_2$  و  $SO_2$  تولید می‌شود. پس این سوخت فسیلی دارای عنصرهای  $C$ ،  $H$ ،  $O$ ،  $N$  و  $S$  است.

**\* توجه** فرمول کلی زغال سنگ را به صورت  $C_{135}H_{96}O_2NS$  برآورد می‌کنند.

**عبارت دوم:** برای بهبود کارایی زغال سنگ و کاهش آلاینده‌ی ناشی از سوختن آن می‌توان گوگرد و ناخالصی‌های دیگر آن را با شست‌وشو حذف کرد. **عبارت سوم:** سوخت هواپیما به‌طور عمده از نفت سفید تهیه می‌شود. نفت سفید مخلوطی از آلکان‌هایی با ده تا پانزده کربن است. **عبارت چهارم:** زغال سنگ یکی از سوخت‌های فسیلی است. برآوردها نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد، از این‌رو زغال سنگ می‌تواند به‌عنوان سوخت جایگزین نفت شود، اما این جایگزینی سبب ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هوا کرده و باعث تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود.

**A 1081 1** عبارتهای (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارتهای عبارت (الف):** طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد. **عبارت (ب):** اگر مقدار متان در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال انفجار افزایش می‌یابد. **عبارت (پ):** یکی از مسائل مهم در تأمین سوخت، انتقال آن به مراکز توزیع و استفاده از آن است که در حدود ۶۶ درصد آن از طریق خطوط لوله و بقیه با استفاده از راه‌آهن، نفت‌کش جاده‌پیما و کشتی‌های نفتی انجام می‌شود. **عبارت (ت):** با استفاده از واکنش  $SO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaSO_3(s)$  می‌توان گاز گوگرد دی‌اکسید خروجی از نیروگاه‌ها را به دام انداخت. کلسیم یک فلز قلیایی خاکی است. **عبارت (ث):** در میان فرآورده‌های سوختن زغال سنگ،  $CO$  پیوند سه‌گانه دارد و  $NO_2$  اکسیدی از نیتروژن با رنگ قهوه‌ای است.

**A 1082 4** فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت (ت):** یکی از راه‌های بهبود کارایی زغال سنگ به دام انداختن گاز گوگرد دی‌اکسید خارج شده از نیروگاه‌ها با عبور دادن آن از روی کلسیم اکسید است:

فرآورده این واکنش یک ترکیب یونی است و کلسیم سولفیت نام دارد. توجه کنید که فرمول شیمیایی یون سولفات به صورت  $SO_4^{2-}$  است.

**B 1083 P** عبارتهای (الف)، (ت) و (ث) نادرست هستند. در برج تقطیر دما از پایین به بالا کاهش می‌یابد و ترکیب‌های با نقطه جوش کمتر از سینی‌های بالاتر برج خارج می‌شوند، بنابراین با توجه به مقایسه نقطه جوش اجزای سازنده نفت خام، ترکیب‌های  $A$  تا  $D$  به ترتیب نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید و بنزین هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):**  $A$ ، نفت کوره و  $D$ ، بنزین است. **عبارت (ب):** جرم و اندازه مولکول‌های گازوئیل بیشتر از مولکول‌های نفت سفید است. پس قدرت نیروهای جاذبه بین‌مولکولی (وان‌دروالسی) آن نیز بیشتر است. **عبارت (پ):** نفت سفید شامل آلکان‌هایی با ده تا پانزده کربن است. **عبارت (ت):** در تمام انواع نفت خام، نفت کوره ( $A$ ) بیشترین جزء سازنده است. **عبارت (ث):** شمار اتم‌های هیدروژن در آلکان‌ها از رابطه  $2n+2$  به دست می‌آید، بنابراین آلکانی با ۳۲ اتم هیدروژن، ۱۵ اتم کربن دارد. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکان‌ها از رابطه  $3n+1$  به دست می‌آید، بنابراین آلکانی با ۳۷ پیوند کووالانسی، ۱۲ اتم کربن دارد. آلکانی با ۱۲ اتم کربن نسبت به آلکانی با ۱۵ اتم کربن از قسمت‌های بالاتر برج تقطیر خارج می‌شود.

**B 1084 4** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** تعداد عناصر با رسانایی الکتریکی بالا در تناوب سوم برابر با ۳ و تعداد عناصر گروه ۱۴ که شکننده هستند نیز برابر ۳ است. **عبارت (ب):**

$Fe: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

$6+2=8$  = شمار الکترون‌های زیرلایه  $4s$  + شمار الکترون‌های زیرلایه  $3d$  = شمار الکترون‌های ظرفیت  
 $1=0$  مربوط به الکترون‌های زیرلایه  $s$  است. با توجه به اینکه در آرایش الکترونی این اتم‌ها ۴ زیرلایه  $1s$ ،  $2s$ ،  $3s$  و  $4s$  هر کدام ۲ الکترون دارند، مجموعاً ۸ الکترون با  $1=0$  در آرایش الکترونی این عنصر وجود دارد. **عبارت (پ):** هیدروکربنی که به عنوان ضد بید کاربرد دارد، نفتالان با فرمول مولکولی  $C_{10}H_8$  و گاز فندک، بوتان با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}$  است. **عبارت (ت):** هر چه یک هیدروکربن سنگین‌تر باشد، در فرایند پالایش نفت خام از سینی‌های تعبیه شده در قسمت‌های پایین‌تر برج خارج می‌شود. آلکانی با ۴ اتم کربن،  $C_4H_{10}$  و آلکانی با ۸ اتم هیدروژن،  $C_3H_8$  است.  $C_4H_{10}$  سنگین‌تر از  $C_3H_8$  است. بنابراین در برج تقطیر نسبت به  $C_3H_8$  از سینی‌های تعبیه شده در قسمت‌های پایین‌تر برج خارج می‌شود.

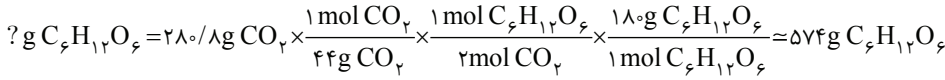


۱۰۸۵ B قسمت اول: جرم  $CO_2$  تولید شده به ازای تولید  $۷۲۰۰$  کیلوژول گرما با استفاده از دو سوخت به صورت زیر است:

$$CO_2 = 7200 \text{ kJ} \times \frac{104 \text{ g } CO_2}{1 \text{ kJ}} = 748 \text{ g } CO_2 \quad \text{بنزین: } CO_2 = 7200 \text{ kJ} \times \frac{65 \text{ g } CO_2}{1 \text{ kJ}} = 468 \text{ g } CO_2$$

در صورتی که برای تأمین این مقدار انرژی از بنزین به جای زغال سنگ استفاده کنیم، از ورود  $۲۸۰/۸ - ۶۴۸$  (۷۴۸/۸-۶۴۸) کربن دی اکسید به هوا کره جلوگیری کرده ایم.

قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش بی هوازی تخمیر گلوکز، به صورت مقابل است:



روش اول (کسر تبدیل):  $g \text{ } C_6H_{12}O_6 = 280/8 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{2 \text{ mol } CO_2} \times \frac{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 574 \text{ g } C_6H_{12}O_6$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_6H_{12}O_6 \text{ گرم}}{CO_2 \text{ گرم}} = \frac{x}{280/8} \Rightarrow x = \frac{280/8}{2 \times 44} \Rightarrow x = 574 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

+ توضیح محاسبات

## شیمی ۲: فصل دوم

## پاسخ تشریحی

۱۰۸۶ A همه موارد به جز (ب) درست هستند. بررسی عبارت (ب): کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می کند.

۱۰۸۷ A موارد اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی موارد: مورد دوم: بخش عمده اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن از غذایی که می‌خوریم، تأمین می‌شود. مورد سوم: سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین نشان می‌دهد. مورد پنجم: مطابق جدول سرانه مصرف سالانه مواد خوراکی، در ایران، نان و در جهان، شیر بیشترین سرانه مصرف را در بین مواد غذایی دارند.

۱۰۸۸ A فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): نمودارهای (۱) و (۲) به ترتیب تولید و بهره‌برداری و نمودار میله‌ای، میزان غلات ذخیره شده را نشان می‌دهد. مطابق نمودار میله‌ای در سال ۲۰۱۳ میزان غلات ذخیره شده در انبارها تقریباً به ۶۰۰ میلیون تن در سال رسیده است. عبارت (ب): میزان بهره‌برداری از غلات در دهه اخیر، روند صعودی داشته و همواره افزایش یافته است. اما روند تغییرات میزان غلات ذخیره شده، منظم نیست و با افزایش و کاهش مواجه بوده است. عبارت (ت): توجه کنید که مقیاس نمودار غلات ذخیره شده با مقیاس نمودار تولید و بهره‌برداری متفاوت است. به طوری که در سال ۲۰۱۱، میزان غلات ذخیره شده حدود ۵۵۰ میلیون تن بوده است، در حالی که میزان تولید غلات در حدود ۲۳۰۰ میلیون تن بوده است.

۱۰۸۹ A عبارت سوم نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. غذا انرژی لازم برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی و ... را تأمین می‌کند و همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن را فراهم می‌کند. همه این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می‌کنند. سایر گزینه‌ها درست هستند.

۱۰۹۰ A شیر و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به ویژه یون کلسیم است.

۱۰۹۱ A عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ت): ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست و به نوع و مقدار آن وابسته است. عبارت (ث): انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های مختلف از منابعی تأمین می‌شود که در آن‌ها تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد.

۱۰۹۲ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. روغن و چربی از جمله ترکیب‌های آلی هستند که به دلیل تفاوت در ساختار، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند. روغن دارای حالت فیزیکی مایع بوده اما چربی جامد است. از دیدگاه شیمیایی، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانه بیشتری وجود داشته و واکنش‌پذیری بیشتری نیز دارد. توجه کنید که چربی و روغن، هر دو سیر نشده هستند.

۱۰۹۳ B موارد اول، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی موارد نادرست: مورد دوم: انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک ماده است و مقدار آن علاوه بر دمای ماده به جرم (تعداد ذره‌ها) ماده نیز وابسته است. مورد سوم: یکای رایج دما، درجه سلسیوس ( $^{\circ}C$ ) است در حالی که یکای دما در SI، کلوین (K) می‌باشد.

۱۰۹۴ B ذره‌های سازنده یک ماده در هر سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در حال جنب و جوش هستند. اما میزان جنبش ذره‌ها با یکدیگر متفاوت است، به طوری که جنبش‌های نامنظم ذره‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. همچنین هر چه دما بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن شدیدتر است. در مجموع می‌توان گفت یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازنده آن‌هاست.

۱۰۹۵ A فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک ماده به دمای آن بستگی دارد. با توجه به شکل، میانگین انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره‌های سازنده در نمونه B بیشتر از A است و می‌توان گفت دمای هوا در شکل B بیشتر از دمای هوا در شکل A است. بنابراین شکل B می‌تواند مربوط به نمونه هوا در یک روز تابستانی باشد. عبارت‌های (ب) و (ت): انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک ماده است و به دما (میانگین انرژی جنبشی ذره‌ها) و جرم (تعداد ذره‌ها) ماده وابسته است. با توجه به برابر بودن جرم (تعداد ذره‌ها) دو نمونه A و B، نمونه B به دلیل داشتن دمای بیشتر، انرژی گرمایی بیشتری دارد.

۱۰۹۶ B فقط عبارت سوم درست است. بررسی موارد: مورد اول: انرژی گرمایی هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده است و به دمای ماده و همچنین تعداد ذره‌های سازنده ماده وابسته می‌باشد. ممکن است دمای یک جسم بالاتر باشد، اما انرژی گرمایی آن کمتر باشد؛ در واقع ممکن است میانگین انرژی جنبشی (دما) ذره‌های سازنده جسمی بیشتر باشد ولی به دلیل کمتر بودن تعداد ذره‌های آن، مجموع این انرژی‌ها کمتر است. به عنوان مثال انرژی گرمایی یک استخر آب با دمای  $20^{\circ}C$  از انرژی گرمایی یک لیوان آب با دمای  $100^{\circ}C$  بیشتر است. مورد دوم: نماد دما برحسب سلسیوس به صورت ( $\theta$ ) و نماد دما برحسب کلوین به صورت (T) است. مورد سوم: هر چه دمای ماده‌ای بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازنده آن شدیدتر است. بوی غذای گرم نیز به همین علت آسان‌تر و سریع‌تر به مشام می‌رسد. مورد چهارم: با توجه به هم‌دما بودن آب دو ظرف، در اثر افزودن آب از ظرف B به A، دما تغییری نمی‌کند و همچنان میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آب موجود در ظرف‌های A و B ثابت و با هم برابر است. اما توجه کنید که به دلیل کاهش تعداد ذره‌ها در ظرف B، انرژی گرمایی آن کاهش می‌یابد.

**B ۱۰۹۷ ۳** عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین انرژی جنبشی ذره‌ها و انرژی گرمایی یک ماده، هم‌ارز با مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن ماده است. **عبارت (ب):** دمای یک جسم برخلاف انرژی گرمایی آن به جرم (تعداد ذره‌ها) جسم بستگی ندارد. **عبارت (پ):** ذره‌های سازنده یک ماده در هر سه حالت فیزیکی پیوسته در حال جنبش‌های نامنظم هستند، اما میزان این جنبش‌ها با یکدیگر متفاوت است به طوری که میزان این جنبش‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. **عبارت (ت):** ارزش دمایی  $1^\circ\text{C}$  با  $1\text{K}$  برابر است، از این رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند،  $\Delta\theta = \Delta T$  می‌باشد. **\* توجه:** برای تبدیل دما در دو مقیاس سلسیوس و کلوین به یکدیگر از رابطه  $T = \theta + 273$  استفاده می‌شود.

**عبارت (ث):** گرما (Q) و تغییر دما ( $\Delta\theta$  یا  $\Delta T$ ) برای توصیف یک فرایند به کار می‌روند، این در حالی است که انرژی گرمایی از ویژگی‌های یک ماده است.

**B ۱۰۹۸ ۳** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** دقت کنید که دمای یک جسم، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن است. **عبارت (ب):** هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن بیشتر است؛ بنابراین میان دمای یک جسم و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن، رابطه مستقیم وجود دارد. **عبارت (پ):** دما از ویژگی‌های یک ماده است، این در حالی است که گرما از ویژگی‌های یک نمونه ماده نیست و برای توصیف یک فرایند به کار می‌رود. **عبارت (ت):** میزان انرژی گرمایی یک ماده علاوه بر دما، به جرم آن نیز بستگی دارد؛ بنابراین دو نمونه آب با دمای متفاوت، ممکن است انرژی گرمایی برابری داشته باشند.

**A ۱۰۹۹ ۴** عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ت):** از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرمای مبادله شده در یک فرایند استفاده می‌شود. ( $1\text{cal} = 4/18\text{J}$ ) **عبارت (ث):** انرژی گرمایی یک ماده به جرم و دمای ماده وابسته است. از آنجا که جرم آب موجود در استخر خیلی بیشتر از آب موجود در لیوان است، پس انرژی گرمایی آب استخر از آب لیوان بیشتر می‌باشد.

**B ۱۱۰۰ ۱** موارد (الف) و (ت) برای دو ظرف A و B قطعاً با یکدیگر برابرند. **بررسی موارد: موارد (الف) و (ت):** دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و سرعت حرکت ذرات سازنده آن ماده است. **موارد (ب) و (پ):** دقت کنید که انرژی گرمایی و مجموع انرژی جنبشی ذرات سازنده یک ماده، علاوه بر دما، به جرم آن ماده نیز وابسته است. **مورد (ج):** انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای نگه‌دارنده ذره‌های سازنده آن است. با توجه به اینکه در متن تست اشاره‌ای به نوع مایعات موجود در دو ظرف نشده، نمی‌توان اظهار نظر نمود.

**C ۱۱۰۱ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** ابتدا باید این دو آلکان را بیابیم: (فرمول عمومی آلکانها  $C_nH_{2n+2}$  است).

$$\text{جرم اتم کربن} = \frac{\text{جرم اتم کربن}}{\text{جرم آلکان}} \times 100 \Rightarrow \frac{500}{6} = \frac{n(12)}{n(12) + 2n(1) + 2(1)} \times 100 \Rightarrow n = 5$$

$$3n + 1 = 19 \Rightarrow n = 6$$

آلکان اول پنتان ( $C_5H_{12}$ ) و آلکان دوم هگزان ( $C_6H_{14}$ ) است. هر چه جرم یک آلکان بیشتر باشد، مقاومت بیشتری در برابر جاری شدن از خود نشان می‌دهد؛ بنابراین مقاومت هگزان در برابر جاری شدن بیشتر از پنتان است. **عبارت (ب):** گرمی یا سردی یک مایع بستگی به دما دارد و دما هم وابسته به میانگین انرژی جنبشی است نه مجموع انرژی جنبشی به عبارت دیگر ممکن است دمای مایع ظرف A کمتر از دمای مایع ظرف B باشد اما جرم مایع A به قدری بیشتر از مجموع انرژی جنبشی ذرات سازنده مایع B شود. **عبارت (پ):** سر گروه ترکیبات آروماتیک بنزن با فرمول مولکولی  $C_6H_6$  و هیدروکربن سیرنشده‌ای که در جوشکاری استفاده می‌شود، اتین با فرمول مولکولی  $C_2H_2$  است. جرم مولی این دو ترکیب برابر است با:

$$\frac{78}{26} = 3 \Rightarrow 2(12) + 2(1) = 26\text{g.mol}^{-1} \text{ جرم مولی اتین, } 6(12) + 6(1) = 78\text{g.mol}^{-1} \text{ جرم مولی بنزن}$$

**عبارت (ت):** هر چه یک ترکیب آلی سنگین‌تر باشد، از قسمت‌های پایین‌تر برج تقطیر خارج می‌شود. گازوئیل و نفت سفید هر دو مجموعه‌ای از آلکانها هستند و آلکان‌های سازنده گازوئیل سنگین‌تر از آلکان‌های سازنده نفت سفید هستند. در نتیجه گازوئیل نسبت به نفت سفید از قسمت‌های پایین‌تر برج تقطیر به دست می‌آید.

**A ۱۱۰۲ ۲** **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (پ):** در دما و فشار ثابت، ظرفیت گرمایی افزون بر نوع ماده به مقدار آن نیز بستگی دارد، در حالی که گرمای ویژه در دما و فشار ثابت، تنها به نوع ماده وابسته است. **عبارت (ت):** مطابق رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  در صورت برابر بودن جرم (m) و دریافت گرمای یکسان (Q)، هر چه ظرفیت گرمایی ویژه (c) بیشتر باشد، تغییرات دما ( $\Delta\theta$ ) کمتر خواهد بود.

**B ۱۱۰۳ ۴** همه عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** ظرفیت گرمایی (C)، مقدار گرمایی است که باید به یک جسم با هر جرمی داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش یابد. در حالی که ظرفیت گرمایی ویژه مقدار گرمایی است که باید به یک گرم از جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش یابد. بنابراین:

**عبارت (ب):** ظرفیت گرمایی در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار ماده (m) وابسته است. توجه کنید که دما و فشار نیز از عوامل مهم مؤثر بر ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی است. **عبارت (پ):** در فلزها هر چه جرم مولی بیشتر باشد ظرفیت گرمایی ویژه کمتر است. بنابراین مقایسه ظرفیت گرمایی ویژه این سه فلز به صورت «آلومینیم < نقره < طلا» است. **عبارت (ت):** ظرفیت گرمایی ویژه آب از روغن زیتون بیشتر است، پس مطابق رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  در جرم (m) و تغییر دمای ( $\Delta\theta$ ) یکسان، آب باید گرمای (Q) بیشتری آزاد کند تا با محیط هم‌دما شود، در حالی که روغن زیتون با آزاد کردن مقدار گرمای کمتری با محیط هم‌دما می‌شود، پس روغن زیتون زودتر به دمای محیط می‌رسد.

**B ۱۱۰۴ ۱** عبارت‌های سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** آب به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر، برای رسیدن به دمای  $75^\circ\text{C}$ ، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین انرژی گرمایی بیشتر سبب پختن تخم‌مرغ می‌شود. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر، توانایی پختن تخم‌مرغ را با این تغییر دما نخواهد داشت. **عبارت دوم:** ظرفیت گرمایی علاوه بر ظرفیت گرمایی ویژه به جرم جسم نیز وابسته است. بنابراین راجع به مقایسه ظرفیت گرمایی این دو ماده که جرم آن‌ها داده نشده، نمی‌توان اظهار نظر نمود و حتماً باید جرم آن‌ها را داشته باشیم. **عبارت سوم:** ظرفیت گرمایی ویژه آب بیشتر از سدیم کلرید و آن هم بیشتر از طلا است. پس مطابق رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  در جرم (m) و تغییر دمای ( $\Delta\theta$ ) یکسان، آب گرمای (Q) بیشتری جذب می‌کند. **عبارت چهارم:** ظرفیت گرمایی (C) در دما و فشار ثابت، به نوع و جرم جسم وابسته است و تغییر دمای جسم تأثیری در مقدار آن ندارد.





**نکته ترکیب:** ظرفیت گرمایی مولی فلزات: براساس یک قاعده تحت عنوان دولون وپتی، ظرفیت گرمایی یک مول از فلزات عدد ثابتی دارد؛ بنابراین برای دو فلز A و B داریم:

$$C_m(A) = C_m(B) \Rightarrow M_w(A) \times c_A = M_w(B) \times c_B$$

مثلاً اگر بدانیم ظرفیت گرمایی ویژه آلومینیم برابر  $0.9 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$  است، می‌توانیم به کمک جرم مولی آن‌ها، گرمای ویژه نقره را به دست آوریم:

$$C_m(\text{Al}) = C_m(\text{Ag}) \Rightarrow M_w(\text{Al}) \times c_{\text{Al}} = M_w(\text{Ag}) \times c_{\text{Ag}} \Rightarrow 27 \times 0.9 = 108 \times c_{\text{Ag}} \Rightarrow c_{\text{Ag}} = 0.225 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$$

**عبارت پنجم:** ظرفیت گرمایی یک مول از فلزات از رابطه مقابل به دست می‌آید:

ظرفیت گرمایی ویژه  $\times$  جرم مولی فلز = ظرفیت گرمایی یک فلز

اگر این مقدار برای همه فلزات یکسان باشد، پس هر چه جرم مولی یک فلز بیشتر باشد، ظرفیت گرمایی ویژه آن کمتر خواهد بود.

**۱۱۰۵ B ۴** همه عبارت‌ها به‌جز عبارت (پ) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در حالت‌های فیزیکی مختلف آب، نوع نیروهای جاذبه بین مولکول‌ها و میزان حرکت مولکول‌ها و اتم‌ها با هم متفاوت است، پس ظرفیت گرمایی آب در سه حالت یکسان نیست. **عبارت (ب):** ظرفیت گرمایی یک جسم در دما و فشار معین، افزون بر جرم، به نوع ماده نیز وابسته است و در ظرفیت گرمایی یک نمونه ناخالص هم مقدار و نوع ماده خالص و هم مقدار و نوع ناخالصی‌ها تأثیر دارند. **عبارت (پ):** ظرفیت گرمایی ویژه آب برابر ۱ کالری (۴/۱۸۴ ژول) است. **عبارت (ت):** ظرفیت گرمایی ویژه آب بیشتر از روغن زیتون است، پس مطابق رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  اگر به ازای تبادل گرمای یکسان، تغییر دمای یکسانی حاصل شود، جرم (m) نمونه روغن زیتون بیشتر بوده است.

**۱۱۰۶ A ۱** **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** ظرفیت گرمایی (C) برابر حاصل ضرب ظرفیت گرمایی ویژه (c) در جرم (m) ماده است. پس خواهیم داشت:

$$C_{\text{آب}} = C_{\text{آب}} \times M_{\text{آب}} = 4/18 \times 18 = 75/24 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$$

$$C_{\text{اتانول}} = C_{\text{اتانول}} \times M_{\text{اتانول}} = 2/4 \times 46 = 110/4 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$$

پس ظرفیت گرمایی یک مول اتانول، بیشتر از ظرفیت گرمایی یک مول آب است. **عبارت (ب):** در ساختار مولکول‌های چربی، پیوندهای دوگانه کمتری از مولکول‌های روغن وجود دارد، پس یک مول چربی برای سیر شدن کامل، به تعداد مول گاز هیدروژن کمتری نیاز دارد. **عبارت (پ):** درصد آب در سیب‌زمینی بیشتر از نان است، در نتیجه در جرم‌های یکسانی از این دو، ظرفیت گرمایی سیب‌زمینی بیشتر از نان است و در صورت تبادل گرمای برابر، تغییرات دمای سیب‌زمینی کمتر خواهد بود و دیرتر با محیط هم‌دما می‌شود.

**۱۱۰۷ A ۳** با توجه به دمای اولیه و نهایی قطعه‌ها، میزان تغییر دمای آن‌ها به‌صورت مقابل است:

	A	B	C	D
$\Delta\theta$	۱۰	۶	۲۴	۳

مطابق رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  در جرم و گرمای مبادله شده یکسان، هر چه ظرفیت گرمایی ویژه (c) بیشتر باشد، میزان تغییر دما ( $\Delta\theta$ ) کمتر است، پس مقایسه ظرفیت گرمایی ویژه فلزهای داده شده به‌صورت  $D > B > A > C$  است.

**۱۱۰۸ B ۱** تنها عبارت دوم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با توجه به اینکه مقدار آب موجود در ظرف B بیشتر است؛ بنابراین برای افزایش دمای محتویات ظرف B به میزان  $1^\circ\text{C}$ ، نسبت به ظرف A، به گرمای بیشتری نیاز است. **عبارت دوم:** میانگین انرژی جنبشی و میانگین تندی ذره‌های سازنده یک ماده، وابسته به دمای آن است. با توجه به دمای برابر دو ظرف، بنابراین میانگین انرژی جنبشی و میانگین تندی ذره‌های سازنده دو ظرف با یکدیگر برابر است. **عبارت سوم:** با توجه به یکسان بودن نوع ماده و دمای برابر محتویات موجود در ظرف A و B، بنابراین سرعت انتقال گرما در این دو ظرف و در نتیجه مدت زمان پختن تخم‌مرغ یکسان خواهد بود. **عبارت چهارم:** با توجه به دمای برابر و همچنین جرم بیشتر محتویات در ظرف B نسبت به ظرف A، بنابراین انرژی گرمایی آن بیشتر است. اما دقت کنید که شرط انتقال گرما بین دو جسم، وجود اختلاف دما بین آن دو جسم است. **عبارت پنجم:** با توجه به دمای برابر محتویات دو ظرف A و B، میانگین سرعت جنبش ذرات در هر دوی آن‌ها با یکدیگر برابر است و در اثر اضافه کردن محتویات این دو ظرف به یکدیگر، تغییری در سرعت جنبش ذرات، ایجاد نمی‌شود.

**۱۱۰۹ A ۳** مقدار گرمای جذب شده توسط هر دو ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_A = m_A \times c_A \times \Delta\theta_A = 100 \times c_A \times \Delta\theta_A$$

$$Q_B = m_B \times c_B \times \Delta\theta_B = 200 \times c_B \times (2\Delta\theta_A)$$

با توجه به اینکه گرمای جذب شده توسط دو ماده یکسان است می‌توان نتیجه گرفت:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow 100 \times c_A \times \Delta\theta_A = 400 \times c_B \times \Delta\theta_A \Rightarrow c_A = 4c_B$$

پس ظرفیت گرمایی ویژه ماده A چهار برابر ظرفیت گرمایی ویژه ماده B است.

**۱۱۱۰ A ۴** **فست اول:** ابتدا مقدار گرمای لازم را برحسب ژول محاسبه کرده و سپس آن را به کالری تبدیل می‌کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow Q = 31/5 \times 2/2 \times 20 = 1386 \text{ J}$$

$$? \text{ cal} = 1386 \text{ J} \times \frac{1 \text{ cal}}{4/2 \text{ J}} = 330 \text{ cal}$$

**قسمت دوم:**

**۱۱۱۱ B ۲** **قسمت اول:** ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، میزان گرمای جذب شده توسط سیلیسیم را به دست می‌آوریم:

$$Q = m.c.\Delta\theta = 25 \times 0.71 \times 20 = 355 \text{ J}$$

$$\text{درصد گرمای جذب شده} = \frac{355}{568} \times 100 = 62/5$$

سپس درصد گرمای جذب شده را محاسبه می‌کنیم:

**قسمت دوم:** مقدار گرمای تلف شده در این فرایند برابر  $213 \text{ J} (568 - 355)$  است:

$$? \text{ g CaCl}_2 = 213 \text{ J} \times \frac{1 \text{ kJ}}{10^3 \text{ J}} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{110 \text{ kJ}} \times \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{10^3 \text{ mg CaCl}_2}{1 \text{ g CaCl}_2} = 215 \text{ mg CaCl}_2$$

$$\frac{213 \times 111}{110} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{213 \times 111}{111} = 213$$

به جای عدد ۱۱۰، عدد ۱۱۱ قرار گیرد.

**+ توضیح محاسبات:** پاسخ به ۲۱۳ نزدیک است. (پاسخ ۲۱۵)

**۱۱۱۲ B ۱** با توجه به اینکه در هر مولکول کربن دی‌اکسید ( $\text{CO}_2$ )، دو اتم اکسیژن وجود دارد، ابتدا به کمک تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در نمونه، جرم گاز

کربن دی‌اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = 3/10 \times 1 \times 10^{24} \text{ atom O} \times \frac{1 \text{ mol atom O}}{6/02 \times 10^{23} \text{ atom O}} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol atom O}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 110 \text{ g CO}_2$$

اکنون به کمک رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$ ، دمای اولیه ( $\theta_1$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 4/62 \times 10^3 = 110 \times 0.84 \times (\gamma_3 - \theta_1) \Rightarrow \theta_1 = 23^\circ\text{C}$$



۴ ۱۱۱۳ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ابتدا مقدار گرمای مورد نیاز را برحسب ژول به دست می‌آوریم:

$$? J = 6/12 \text{ cal} \times \frac{4/2 J}{1 \text{ cal}} = 25/704 J$$

جرم منیزیم را به دست آورده و سپس به کمک تغییر دمای آن، ظرفیت گرمایی ویژه منیزیم را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Mg} = \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{12 \text{ g Mg}}{0.5 \text{ mol Mg}} = 12 \text{ g Mg} \quad Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 25/704 = 12 \times c \times (8/4 - 6/3) \Rightarrow c = 1/0.2 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$$

عبارت (ب): ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای کلسیم را به دست می‌آوریم:

سپس فرض می‌کنیم همین مقدار گرما به کبالت داده شود و به کمک تغییر دمای آن، جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$A = m.c.\Delta\theta = 105 \times 0.63 \times 36 = 2381/4 J$$

عبارت (پ): ظرفیت گرمایی یک مول ماده برابر با حاصل ضرب ظرفیت گرمایی ویژه آن در جرم مولی‌اش است. پس داریم:

$$C_{(\text{Mg})} = C_{(\text{Ti})} \Rightarrow c_{(\text{Mg})} \times M_{(\text{Mg})} = c_{(\text{Ti})} \times M_{(\text{Ti})} \Rightarrow c_{(\text{Mg})} \times 24 = c_{(\text{Ti})} \times 48 \Rightarrow \frac{c_{(\text{Ti})}}{c_{(\text{Mg})}} = \frac{24}{48} = 0.5$$

عبارت (ت): ابتدا به کمک اطلاعات مسئله، جرم گاز نئون را به دست می‌آوریم و سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP، حجم این گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 247/2 = m \times 1/0.3 \times 40 \Rightarrow m = 6 \text{ g} \quad ? L \text{ Ne} = 6 \text{ g Ne} \times \frac{1 \text{ mol Ne}}{20 \text{ g Ne}} \times \frac{22.4 \text{ L Ne}}{1 \text{ mol Ne}} = 6/22.4 \text{ L Ne}$$

۱ ۱۱۱۴ B

**نکته ترکیبی** تبادل گرما بین دو یا چند جسم: در مسائلی که دو یا چند جسم با دماهای مختلفی در مجاورت هم قرار می‌گیرند، با فرض اینکه از اتلاف گرما نداشته

باشیم، رابطه مقابل برای محاسبه پارامترهای مجهول برقرار است:

در واقع مقادیر Q برای اجسامی که دمای آنها افزایش می‌یابد مثبت و برای اجسامی که دمای آنها کاهش می‌یابد منفی است که در نهایت مجموع این گرماها برابر

صفر می‌شود. دقت کنید که در این فرایند، در نهایت تمامی اجسام به دمای یکسانی که همان دمای تعادلی است، می‌رسند:

$$m_1 c_1 (\theta_{\text{تعادلی}} - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_{\text{تعادلی}} - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_{\text{تعادلی}} - \theta_3) + \dots = 0$$

\* توجه در فرایندهای تعادل گرمایی، مجموع Q اجسام برابر صفر است.

$$Q_{\text{Au}} + Q_{\text{Na}} = 0 \Rightarrow m_{\text{Au}} \cdot c_{\text{Au}} \cdot \Delta\theta_{\text{Au}} + m_{\text{Na}} \cdot c_{\text{Na}} \cdot \Delta\theta_{\text{Na}} \Rightarrow 4/1 \times 0.128 \times (\theta_p - 90) + 6/4 \times 1/23 \times (\theta_p - 10) = 0 \Rightarrow \theta_p = 15^\circ \text{C}$$

۴ ۱۱۱۵ B اگر جرم آب با دمای ۹°C را m گرم در نظر بگیریم، مقدار گرمایی که ۷۵ گرم آب با دمای ۳۵°C از دست می‌دهد با مقدار گرمایی که m گرم آب

با دمای ۹°C جذب می‌کند برابر است: بنابراین:

$$Q_{\text{آب}} = m \cdot c_{\text{آب}} \cdot \Delta\theta_{\text{آب}} = 75 \times c_{\text{آب}} \times (19 - 35) = -120 \times c_{\text{آب}} \times 16 \Rightarrow m = \frac{75 \times c_{\text{آب}} \times 16}{c_{\text{آب}} \times 10} = 120 \text{ g}$$

با توجه به اینکه چگالی آب برابر ۱ g.mL<sup>-1</sup> است، پس حجم آب اضافه شده برابر ۱۲۰ mL می‌باشد.

قسمت دوم: جرم نهایی نمونه آب برابر ۱۹۵ (۷۵+۱۲۰) است.

۳ ۱۱۱۶ B همان‌طور که می‌دانید، مقدار گرمایی که در اثر کاهش دما، دو قطعه فلز از دست می‌دهند، با گرمای جذب شده توسط آب برابر است. بنابراین:

$$|Q_{\text{Al}} + Q_{\text{Fe}}| = Q_{\text{آب}}$$

از آنجا که دمای اولیه و نهایی هر دو فلز یکسان است، پس تغییرات دمای آنها نیز با یکدیگر برابر خواهد بود:

$$\Delta\theta_{\text{Al}} = \Delta\theta_{\text{Fe}} = \Delta\theta_{\text{فلزات}} \quad Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow (500 \times 0.9 + 2000 \times 0.45) \Delta\theta_{\text{فلزات}} = 2000 \times 4/2 \times \Delta\theta_{\text{آب}} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_{\text{فلزات}}}{\Delta\theta_{\text{آب}}} = 6/23$$

۱ ۱۱۱۷ B چنانچه گرمای آزاد شده از فلز به اندازه گرمای جذب شده توسط روغن باشد، یعنی « $Q_{\text{فلز}} = -Q_{\text{روغن}}$ »، مجموع تغییرات گرمایی ورقه فلزی و روغن صفر خواهد بود.

$$Q_{\text{روغن}} = -Q_{\text{فلز}} \Rightarrow Q_{\text{روغن}} + Q_{\text{فلز}} = 0$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): چون آب ظرفیت گرمایی ویژه بالاتری نسبت به روغن دارد، به ازای دریافت مقدار یکسانی از گرما، دمای آن کمتر افزایش پیدا می‌کند:

در نتیجه دمای پایانی آب کمتر از روغن خواهد بود. گزینه‌های (۳) و (۴): در تعادل‌های گرمایی، دمای تعادلی به دمای ماده‌ای نزدیک‌تر است که ظرفیت گرمایی بالاتری دارد:

$$C_{\text{فلز}} = m_{\text{فلز}} \times c_{\text{فلز}} = (40 \times 10^3) \times 0.5 = 2 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}, C_{\text{روغن}} = m_{\text{روغن}} \times c_{\text{روغن}} = (150 \times 10^3) \times 2/5 = 3/75 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$$

از آنجا که ظرفیت گرمایی روغن بیشتر است، پس دمای تعادل به دمای روغن نزدیک‌تر خواهد بود و در این فرایند، تغییرات دمای ورقه فلزی بیشتر از تغییرات دمای روغن می‌باشد.



**نکته ترکیب** دریافت گرما یا از دست دادن آن از سوی دو یا چند جسم: در برخی مسائل، به مخلوطی از چند ماده مقداری گرما داده می‌شود یا تحت شرایطی این مواد مقداری گرما از دست می‌دهند. رابطه زیر بین گرمای مبادله شده برقرار است:

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

توجه کنید که در این رابطه دمای اولیه مواد  $\theta_1$  و دمای نهایی آن‌ها  $\theta_2$  است:

$$Q_{\text{کل}} = m_1 c_1 (\theta_2 - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_2 - \theta_1) + m_3 c_3 (\theta_2 - \theta_1) + \dots$$

**قسمت اول:** فرض می‌کنیم آلیاژ برنز دارای  $m$  گرم فلز قلع است. پس جرم فلز مس برابر با  $(150 - m)$  گرم خواهد بود. حال به کمک رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$ ، گرمای آزاد شده توسط این دو فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{قلع}} = m.c_{\text{قلع}}.\Delta\theta = m \times 0.21 \times (35 - 95) = -12/6m$$

$$Q_{\text{مس}} = (150 - m) \times c_{\text{مس}} \times \Delta\theta = (150 - m) \times 0.38 \times (35 - 95) = 22/8m - 3420$$

گرمای آزاد شده توسط آلیاژ، برابر مجموع این دو گرما است:

$$Q_{\text{آلیاژ}} = Q_{\text{مس}} + Q_{\text{قلع}} \Rightarrow -3114 = 22/8m - 3420 - 12/6m \Rightarrow 306 = 10/2m \Rightarrow m = 306g$$

$$\text{اکنون درصد جرمی فلز قلع در این آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:} \quad \text{درصد جرمی قلع} = \frac{\text{جرم قلع}}{\text{جرم آلیاژ}} \times 100 = \frac{306}{150} \times 100 = 20.4\%$$

$$(m_{\text{Sn}} \cdot C_{\text{Sn}}) + (m_{\text{Cu}} \cdot C_{\text{Cu}}) = (306 \times 0.21) + (120 \times 0.38) = 51/9 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

**قسمت دوم:** ظرفیت گرمایی این آلیاژ برابر است با:

ابتدا جرم آب و اتیلن گلیکول را محاسبه می‌کنیم: **۴ ۱۱۱۹ B**

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_{\text{آب}} = \Delta L \times 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = \Delta \text{kg} = 5000 \text{ g}, m_{\text{اتیلن گلیکول}} = 2L \times 1/1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 2/2 \text{ kg} = 2200 \text{ g}$$

سپس گرمای لازم برای افزایش دمای هر کدام را به اندازه  $20^\circ \text{C}$  به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q_{\text{آب}} = 5000 \times 4/2 \times 20 = 420000 \text{ J} = 420 \text{ kJ}, Q_{\text{اتیلن گلیکول}} = 2200 \times 2/4 \times 20 = 105600 \text{ J} = 105/6 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{اتیلن گلیکول}} = 420 + 105/6 = 525/6 \text{ kJ}$$

در آخر مجموع گرمای لازم را محاسبه می‌کنیم:

ابتدا به کمک رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$  جرم اتانول را به دست می‌آوریم و سپس به کمک آن، جرم گلوکز را محاسبه می‌کنیم: **۳ ۱۱۲۰ B**

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 1676/7 = m \times 2/43 \times (42 - 12) \Rightarrow m = 23g$$

**قسمت اول:** در هر مولکول اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )، ۶ اتم هیدروژن وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{ atom H} = 23g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{6 \times 2 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{6 \text{ atom H}}{1 \text{ molecule}} = 1/8 \times 10^{24} \text{ atom H}$$



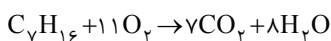
**قسمت دوم:** معادله موازنه‌شده واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به صورت مقابل است:

$$? \text{ گلوکز} = 23g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol گلوکز}}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{180g \text{ گلوکز}}{1 \text{ mol گلوکز}} = 45g \text{ گلوکز}$$

**قسمت اول:** ابتدا به کمک رابطه  $Q = m.c.\Delta\theta$ ، مقدار عملی گاز  $\text{CO}_2$  را به دست می‌آوریم: **۳ ۱۱۲۱ C**

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 646/8 = m \times 0.84 \times 5 \Rightarrow m = 154g$$

فرمول عمومی آلکان‌ها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  است. پس فرمول آلکانی با ۱۶ اتم هیدروژن به صورت  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  است و معادله موازنه‌شده سوختن آن به صورت زیر است:



ابتدا به کمک استوکیومتری، مقدار نظری  $\text{CO}_2$  را به دست می‌آوریم و سپس به کمک مقدار عملی آن، بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 (\text{مقدار نظری}) = 400g \text{ C}_7\text{H}_{16} \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{16}}{100g \text{ C}_7\text{H}_{16}} \times \frac{7 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{16}} \times \frac{44g \text{ CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1232g \text{ CO}_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{154}{1232} \times 100 = 12.5\%$$

**قسمت دوم:** ابتدا باید جرم بخار آب تولید شده در این واکنش را به دست آوریم:

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 154g \text{ CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44g \text{ CO}_2} \times \frac{8 \text{ mol H}_2\text{O}}{7 \text{ mol CO}_2} \times \frac{18g \text{ H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 72g \text{ H}_2\text{O} \rightarrow Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 72 \times 50 \times 1/86 = 6696 \text{ J} = 6/7 \text{ kJ}$$

$$72 \times 50 \times 1/86 = ? \xrightarrow[\text{تخمین زدن}]{\text{ضرب کردن با}} 70 \times 50 \times 2 = 7000 \text{ J} = 7 \text{ kJ}$$

کوچک کردن

بزرگ کردن

**+** توضیح محاسبات: پاسخ نزدیک به عدد ۷ است. (پاسخ ۶/۷)

۱۱۲۲ C ابتدا از گرمای داده شده و تغییرات دمای  $H_2O$  و  $CO_2$ ، جرم آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 2160 = m_{H_2O} \times 2 \times 10 \Rightarrow m_{H_2O} = 108g \quad \text{محاسبه جرم آب تولیدی:}$$

$$Q = mc\Delta\theta = 4224 = m_{CO_2} \times 0.8 \times 15 \Rightarrow m_{CO_2} = 352g \quad \text{محاسبه جرم } CO_2 \text{ تولیدی:}$$

اکنون از طریق جرم  $H_2O$  و  $CO_2$  به دست آمده، می‌توان جرم اولیه مخلوط  $CaCO_3$  و  $NaHCO_3$  را به دست آورد. از آنجا که  $H_2O$  فقط در واکنش تجزیه  $NaHCO_3$  تولید می‌شود، پس از جرم آب تولیدی به راحتی می‌توان جرم  $NaHCO_3$  تجزیه شده را به دست آورد:

$$?g NaHCO_3 = 108g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18g H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } NaHCO_3}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{84g NaHCO_3}{1 \text{ mol } NaHCO_3} = 1008g NaHCO_3$$

جرم  $CO_2$  به دست آمده با مجموع جرم  $CO_2$  تولید شده در واکنش (I) و (II) برابر است؛ بنابراین از جرم آب تولیدی، جرم  $CO_2$  حاصل از واکنش تجزیه  $NaHCO_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$?g CO_2(I) = 108g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18g H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{44g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 264g CO_2 \quad (I)$$

بنابراین جرم  $CO_2$  تولید شده در واکنش دوم برابر  $88g$  ( $352 - 264$ ) است. اکنون از جرم  $CO_2$  تولیدی در واکنش (II)، جرم  $CaCO_3$  را به دست می‌آوریم:

$$?g CaCO_3 = 88g CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44g CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{100g CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} = 200g CaCO_3$$

پس جرم مخلوط اولیه برابر است با:  $CaCO_3$  و  $NaHCO_3$  جرم مخلوط  $= 200g + 1008g = 1208g$

۱۱۲۳ C ابتدا به کمک رابطه تعادل گرمایی، جرم آب اضافه شده به نمونه حاوی آب و آلومینیم را به دست می‌آوریم:

$$Q_{(1)آب} + Q_{(2)آب} + Q_{Al} = 0$$

$$(m_{(1)آب} \times c_{(1)آب} + \Delta\theta_{(1)آب}) + (m_{(2)آب} \times c_{(2)آب} + \Delta\theta_{(2)آب}) + (m_{Al} \times c_{Al} \times \Delta\theta_{Al}) = 0$$

$$\Rightarrow (100 \times 4.2 \times (45 - 27)) + (m_{(2)آب} \times 4.2 \times (45 - 50)) + (20 \times 0.9 \times (45 - 100)) = 0$$

$$\Rightarrow 7560 - 21m_{(2)آب} - 990 = 0 \Rightarrow 21m_{(2)آب} = 6570 \Rightarrow m_{(2)آب} = 313g$$

اکنون درصد جرمی Al در مخلوط نهایی را محاسبه می‌کنیم:  $\%Al = \frac{20}{20 + 100 + 313} \times 100 = 4.6\%$

۱۱۲۴ C جرم طلا و نقره موجود در این قطعه فلز برابر  $400g$  است؛ پس:

$$m_{Au} + m_{Ag} = 400g \quad (I)$$

با توجه به صورت سؤال، تعداد مول اتم‌های طلا می‌بایست ۲۰ درصد از تعداد مول اتم‌های نقره بیشتر باشد؛ بنابراین:

$$\frac{n_{Au}}{n_{Ag}} = \frac{120}{100} \xrightarrow{n = \frac{m}{M}} \frac{\frac{m_{Au}}{198}}{\frac{m_{Ag}}{108}} = 1/2 \Rightarrow \frac{108m_{Au}}{198m_{Ag}} = 1/2 \Rightarrow \frac{m_{Au}}{m_{Ag}} = 2/2 \Rightarrow m_{Au} = 2/2 m_{Ag} \quad (II)$$

به کمک معادله‌های (I) و (II)، جرم طلا و نقره موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$m_{Au} + m_{Ag} = 400 \xrightarrow{m_{Au} = 2/2 m_{Ag}} 2/2 m_{Ag} + m_{Ag} = 400 \Rightarrow m_{Ag} = 125g, m_{Au} = 275g$$

گرمای جذب شده توسط طلا و نقره برابر  $459$  ژول بوده است، بنابراین:

$$Q_{کل} = Q_{Ag} + Q_{Au} \Rightarrow 459 = (m_{Ag} \times c_{Ag} \times \Delta\theta_{Ag}) + (m_{Au} \times c_{Au} \times \Delta\theta_{Au}) \Rightarrow (125 \times 0.23 \times (25/5 - 18)) + (275 \times c_{Au} \times (25/5 - 18)) = 459$$

$$\Rightarrow 215/625 + 2062/5c_{Au} = 459 \Rightarrow c_{Au} = 0.118 J.g^{-1}.C^{-1}$$

۱۱۲۵ A عبارتهای اول، دوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت سوم: در فرایندهای گرماده، انرژی از سامانه

به محیط منتقل شده و به همین دلیل انرژی سامانه، کاهش و انرژی محیط افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: در فرایندهای گرماگیر، گرما از محیط به سامانه وارد می‌شود و معادله چنین فرایندهایی به صورت مقابل است:

$$\text{حالت (۱)} + Q \rightarrow \text{حالت (۲)}$$

فرایند گرماگیر

۱۱۲۶ A عبارتهای (پ) و (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارتهای: عبارت الف: فرایند هم‌دما شدن بستنی با بدن با جذب انرژی همراه بوده و فرایندی گرماگیر است.

$(Q > 0, \Delta\theta > 0)$  عبارت (پ): در این فرایند انرژی از سامانه (شیر) به محیط (بدن) جاری می‌شود و دمای سامانه کاهش می‌یابد. بنابراین تغییر دما در این سامانه منفی است

$(\Delta\theta < 0)$  و با فرایند گرماده  $(Q < 0)$  سروکار داریم. عبارت (ت): واکنش‌های گرماده با تولید گرما همراه هستند و در معادله این واکنش‌ها، گرما درست راست واکنش نوشته می‌شود.

۱۱۲۷ A عبارتهای (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت و ساز به بدن می‌رسد. مجموعه واکنش‌های این فرایند، واکنش‌هایی گرماده  $(Q < 0)$  هستند که انرژی مورد نیاز برای متابولیسم یاخته‌ها را تأمین می‌کنند. توجه کنید که علامت  $Q$  در سمت راست معادله این واکنش‌ها قرار می‌گیرد. و سطح انرژی فرآورده‌های حاصل پایین‌تر از شیر است. همچنین توجه کنید که فرایند گوارش و سوخت و ساز در بدن در دمای ثابت انجام می‌شود، پس در این فرایند که گرماده است،  $\Delta\theta = 0$  می‌باشد.



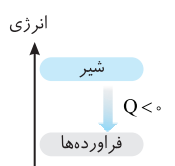
۱۱۲۸ A عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش‌های گرماگیر، انرژی از محیط به سامانه جاری می‌شود و علامت  $Q$  همواره مثبت است، اما دما ممکن است ثابت باشد.

\* توجه: مینای گرماده یا گرماگیر بودن واکنش‌ها، جهت تبادل انرژی (گرما) بین محیط و سامانه است.

عبارت (ب): گرمای مبادله شده در واکنش‌ها ناشی از عوامل مختلفی از جمله تفاوت انرژی گرمایی و تفاوت انرژی پتانسیل ذره‌ها، پیش و پس از فرایند است. مثلاً توجه کنید که در فرایند هم‌دما شدن شیر داغ با بدن، تبادل گرما ناشی از تفاوت دما است در حالی که در واکنش سوخت و ساز شیر در بدن، دما ثابت است و انرژی گرمایی ذره‌های واکنش‌دهنده و فراورده، تفاوت چندانی ندارد بلکه گرمای آزاد شده ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل شیمیایی شیر ( $37^\circ\text{C}$ ) و فراورده ( $37^\circ\text{C}$ ) است. عبارت (پ): در این فرایند سامانه ( $47^\circ\text{C}$ ) از محیط ( $6^\circ\text{C}$ ) گرما می‌گیرد، پس واکنش گرماگیر بوده و علامت  $Q$  در سمت واکنش‌دهنده قرار می‌گیرد. عبارت (ت): در این فرایند علامت  $Q$  منفی است، پس انرژی از سامانه به محیط منتقل می‌شود. عبارت (ث): بخش عمده انرژی شیر داغ هنگام فرایند گوارش و سوخت‌وساز در بدن به سلول‌ها می‌رسد.



۱۱۲۹ B فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در فرایند (I)، شیر  $6^\circ\text{C}$ ، مقداری گرما از دست داده تا با بدن هم‌دما شود و در فرایند (II) بستنی با جذب گرما با بدن هم‌دما می‌شود. عبارت دوم: دقت کنید که بخش عمده انرژی موجود در شیر و بستنی، طی فرایند گوارش در بدن مبادله می‌شود. عبارت سوم: طی گوارش شیر و بستنی در بدن، انرژی شیمیایی (پتانسیل) موجود در این دو ماده آزاد شده و تغییری در انرژی جنبشی مواد و در نتیجه دمای آن‌ها حاصل نمی‌شود. عبارت چهارم: در گوارش شیر همانند گوارش بستنی، انرژی نهفته در این دو ماده آزاد می‌شود و فرایند گوارش هر دو ماده در بدن، گرماده ( $Q < 0$ ) است.



۱۱۳۰ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دما، توصیفی از میانگین انرژی جنبشی ذرات سازنده یک ماده است. با توجه به ثابت بودن دما، بنابراین میانگین انرژی جنبشی ذرات نیز ثابت است. اما توجه کنید که مجموع انرژی جنبشی ذرات سازنده یک ماده، افزون بر دما، به مقدار آن ماده نیز وابسته است. عبارت (ب): ظرفیت گرمایی همانند ظرفیت گرمایی ویژه به نوع ماده، فشار و حالت فیزیکی و برخلاف آن به مقدار ماده بستگی دارد. عبارت (پ): فرایند گوارش شیر و بستنی در بدن، گرماده بوده و به همین دلیل سطح انرژی فراورده‌ها به نسبت مواد اولیه کمتر است. عبارت (ت): دقت کنید که فرایند گوارش شیر در بدن گرماده بوده و سطح انرژی فراورده‌ها از شیر  $37^\circ\text{C}$  کمتر است و بخش عمده انرژی شیر طی این فرایند آزاد می‌شود.

۱۱۳۱ C عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دقت کنید که گرمای ویژه یک ماده، تنها وابسته به نوع آن است و ارتباطی با جرم مولی آن ندارد. عبارت (ب): با توجه به اطلاعات داده شده، داریم:

$$M_A = 12 \text{g.mol}^{-1}, M_B = 48 \text{g.mol}^{-1}, c_A = 4c_B, n_A = n_B$$

$$Q_A = Q_B \xrightarrow{Q = mc\Delta\theta} m_A \times c_A \times \Delta\theta_A = m_B \times c_B \times \Delta\theta_B \xrightarrow{\frac{n=M}{c_A=4c_B}} n_A \times 12 \times 4c_B \times \Delta\theta_A = n_B \times 48 \times c_B \times \Delta\theta_B$$

$$\xrightarrow{n_A=n_B} \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

عبارت (پ): شیر گرم در فرایند هم‌دما شدن با بدن و همچنین گوارش، گرما از دست می‌دهد؛ بنابراین بدن گرما جذب کرده و اگر بدن را سامانه در نظر بگیریم،  $Q > 0$  است. عبارت (ت): شمار پیوندهای دوگانه و میزان سیرنشده بودن در روغن بیشتر از چربی است. به همین دلیل واکنش‌پذیری روغن، بیشتر از چربی است.

۱۱۳۲ A همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد اما یک ویژگی بنیادی در همه آن‌ها، داد و ستد گرما با محیط پیرامون است. از این رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد.

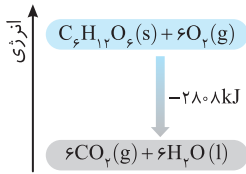
۱۱۳۳ A ترموشیمی (گرماشیمی) شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد. توجه کنید که مطالعه سرعت تبادل گرما در واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر آن در شاخه دیگری از شیمی به نام سینتیک شیمیایی بررسی می‌شود.

۱۱۳۴ A عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): مقدار گرمای آزاد شده در واکنش‌ها در دمای ثابت، ناشی از تفاوت انرژی گرمایی در مواد واکنش‌دهنده و فراورده نیست، زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آن‌ها وجود ندارد. عبارت (پ): در برخی منابع انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی یاد می‌شود. انرژی پتانسیل یک ماده، انرژی نهفته شده در آن است و ناشی از نیروهای نگهدارنده ذره‌های سازنده آن می‌باشد. توجه کنید که مجموع انرژی‌های جنبشی ذره‌های یک ماده هم‌ارز با انرژی گرمایی آن ماده است. عبارت (ث): در یک واکنش گرماده دمای فراورده‌ها می‌تواند پایین‌تر یا برابر با دمای واکنش‌دهنده‌ها باشد.

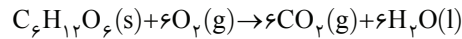
۱۱۳۵ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این سامانه هنگامی که دما پس از انجام واکنش به  $25^\circ\text{C}$  می‌رسد، گرمای آزاد شده به ازای تولید ۲ مول گاز هیدروژن کلرید برابر  $184 \text{kJ}$  است.

عبارت (ب): با توجه به گرماده بودن واکنش، سطح انرژی فراورده کمتر از واکنش‌دهنده‌هاست و پایداری آن بیشتر است. \* توجه: سطح انرژی با پایداری رابطه عکس دارد، به طوری که هر چه سطح انرژی ماده بالاتر باشد، آن ماده ناپایدارتر است.

عبارت (پ): در واکنش‌هایی که در دمای ثابت انجام می‌شوند، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها وجود ندارد. عبارت (ت): مطابق واکنش  $\text{H}-\text{H}(\text{g}) + \text{Cl}-\text{Cl}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}-\text{Cl}(\text{g})$  در هر مولکول از این مواد، دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل‌اند، اما نوع اتم‌های متصل در هر مولکول متفاوت با دیگری است. پس نیروهای نگهدارنده اتم‌ها در مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها با یکدیگر متفاوت می‌باشد.



۱۱۳۶ ۳ همه عبارت‌ها به جز عبارت اول درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: واکنش اکسایش گلوکز در بدن یک واکنش گرماده ( $Q < 0$ ) است و با تولید انرژی همراه است. نمودار این واکنش را می‌توان به صورت مقابل نمایش داد. عبارت دوم: در این واکنش دمای مواد واکنش دهنده با دمای مواد فرآورده برابر است ( $\Delta\theta = 0$ ). زیرا دمای بدن تغییر محسوسی نمی‌کند. در واقع واکنش در دمای ثابت انجام می‌شود. عبارت سوم: در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌ها وجود ندارد، بلکه با انجام واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها ایجاد شده که به شکل گرما ظاهر می‌شود. عبارت چهارم: معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت زیر است:



عبارت پنجم: با توجه به معادله موازنه شده بالا داریم:

$$? L CO_2 = 2/25 g C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180 g C_6H_{12}O_6} \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{22/4 L CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 1/68 L CO_2$$

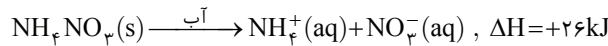
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم گلوکز مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } CO_2 \text{ تولیدی}}{1 \times 180} \Rightarrow \frac{2/25}{6 \times 22/4} = \frac{x L CO_2}{6 \times 22/4} \Rightarrow x = 1/68 L CO_2$$

روش دوم (تناسب):

۱۱۳۷ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت دوم: توجه کنید که تغییر حالت ماده از گاز به جامد را چگالش و از جامد به گاز را فرازش می‌گویند. همچنین تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است. عبارت سوم: فرآورده واکنش مورد نظر، مولکول‌های  $H_2O$  است که قطبی بوده و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های آن وجود دارد. در مقابل مولکول‌های  $O_2$  و  $H_2$  ناقطبی بوده و نیروهای بین‌مولکولی در میان آن‌ها ضعیف است؛ پس مجموع نیروهای جاذبه بین‌اتمی و بین‌مولکولی در مولکول‌های فرآورده ( $H_2O$ ) بیشتر از واکنش دهنده‌هاست. عبارت چهارم: یکی از ویژگی‌های بنیادی همه واکنش‌های شیمیایی، داد و ستد گرما است. شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده می‌دانند که اگر واکنش در دمای ثابت ( $\Delta\theta = 0$ ) انجام شود، در این واکنش گرما مبادله می‌شود که به دلیل تغییر در انرژی پتانسیل مواد شرکت کننده در واکنش است.

۱۱۳۸ ۱ بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): به ازای انحلال هر مول کلسیم کلرید در آب،  $83 kJ$  گرما آزاد و به ازای انحلال هر مول آمونیوم نیترات در آب،  $26 kJ$  گرما از محیط جذب می‌شود؛ بنابراین در اثر انحلال، مخلوطی با نسبت مولی برابر از این دو ماده در آب گرما آزاد می‌شود. گزینه (۲): واکنش انحلال آمونیوم نیترات در آب گرماگیر است و موجب سرد شدن محلول می‌شود. از آمونیوم نیترات در بسته‌های سرمازا استفاده می‌شود. گزینه (۳): معادله گرمایشیمیایی انحلال آمونیوم نیترات در آب به صورت زیر است:



$$? kJ = 2 \text{ mol } NH_4NO_3 \times \frac{26 kJ}{1 \text{ mol } NH_4NO_3} = 52 kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

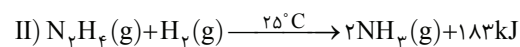
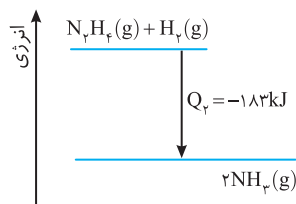
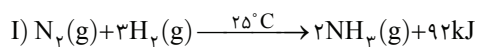
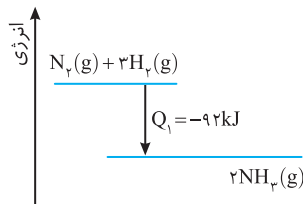
$$\frac{NH_4NO_3 \text{ تعداد مول}}{\text{ضریب}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{2}{1} = \frac{|Q|}{26} \Rightarrow Q = 52 kJ$$

روش دوم (تناسب):

گزینه (۴): از آنجایی که انحلال پذیری کلسیم کلرید در آب گرمازا است، بنابراین با افزایش دما انحلال پذیری آن کاهش می‌یابد، در حالی که انحلال پذیری اغلب نمک‌ها در آب گرماگیر است و با افزایش دما، انحلال پذیری آن‌ها افزایش می‌یابد.

نکته: انحلال اغلب نمک‌ها مانند  $KNO_3$ ،  $KCl$ ،  $NH_4NO_3$  و ... در آب گرماگیر است و به همین دلیل با افزایش دما انحلال پذیری آن‌ها در آب افزایش می‌یابد. این در حالی است که انحلال نمک‌های  $CaCl_2$  و  $Li_2SO_4$  در آب گرمازا بوده و با افزایش دما انحلال پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد.

۱۱۳۹ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. هر دو واکنش گرماده هستند و آمونیاک ( $NH_3$ ) فرآورده مشترک آن‌هاست. معادله واکنش‌ها و نمودار انرژی آن‌ها به صورت زیر است:

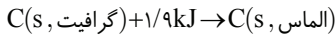


بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه واکنش‌ها در دمای ثابت انجام شده‌اند، پس گرمای مبادله‌شده در دو واکنش به طور عمده ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌های موجود در آن‌ها است. عبارت (ب): تفاوت سطح انرژی واکنش دهنده‌ها با فرآورده در واکنش (I) کمتر از واکنش (II) است، پس پایداری واکنش دهنده‌های واکنش (I) بیشتر از واکنش دهنده‌های واکنش (II) است. عبارت (پ): هر دو واکنش گرماده هستند و علامت  $Q$  در سمت راست معادله آن‌ها قرار دارد. عبارت (ت): شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده می‌دانند. این انرژی ناشی از نیروهای نگهدارنده ذره‌های سازنده آن‌هاست.

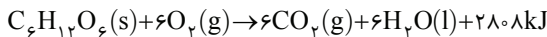




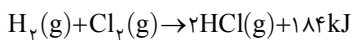
۱۱۴۰ B عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل داده شده نشان‌دهنده دو آلوتروپ عنصر کربن است. کربن در طبیعت دارای سه ایزوتوپ  $^{12}\text{C}$ ،  $^{13}\text{C}$  و  $^{14}\text{C}$  است که درصد فراوانی  $^{12}\text{C}$  حدود ۹۹٪ بوده و بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد. این ایزوتوپ معیار سنجش جرم اتمی است، به طوری که هر واحد جرم اتمی (amu)، معادل  $\frac{1}{12}$  جرم اتمی  $^{12}\text{C}$  است. عبارت‌های (ب) و (پ): آلوتروپ (۱) گرافیت و آلوتروپ (۲) الماس است. سطح انرژی الماس بیشتر از گرافیت بوده و گرافیت پایدارتر از الماس است، در نتیجه از سوختن یک مول الماس، گرمای بیشتری آزاد می‌شود. عبارت (ت): سطح انرژی الماس بیشتر از گرافیت است، پس گرافیت برای تبدیل شدن به الماس، باید گرما بگیرد و علامت Q در این واکنش مثبت است.



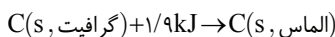
۱۱۴۱ B در واکنش‌های گرماده، واکنش‌دهنده‌ها با از دست دادن انرژی به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند، پس سطح انرژی فرآورده‌ها کمتر و میزان پایداری آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست. حال به بررسی واکنش‌ها می‌پردازیم:



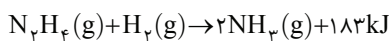
واکنش اکسایش گلوکز در بدن گرماده است:



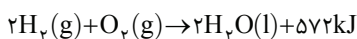
واکنش گازهای هیدروژن و کلر گرماده است:



واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماگیر است:

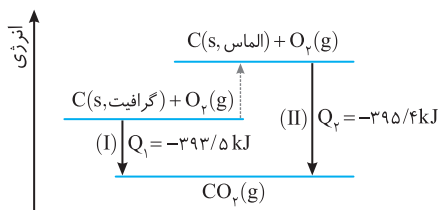


واکنش تولید آمونیاک از هیدروژن و هیدرازین گرماده است:

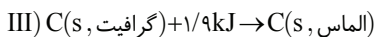
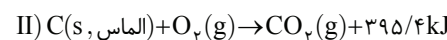
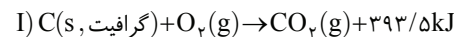


واکنش سوختن گاز هیدروژن گرماده است:

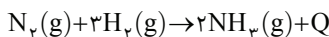
بنابراین همه واکنش‌ها به جز واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماده هستند و پایداری فرآورده‌ها در آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست.



\* توجه به کمک واکنش‌های سوختن الماس و گرافیت و نمودار انرژی مربوط به آن‌ها می‌توان پی برد که سطح انرژی یک مول الماس به اندازه ۱/۹ کیلوژول بیشتر از یک مول گرافیت است، پس گرافیت پایدارتر از الماس است و واکنش تبدیل گرافیت به الماس گرماگیر خواهد بود.



۱۱۴۲ B معادله واکنش به صورت زیر است:



ابتدا با توجه به حجم  $\text{H}_2$  مصرف شده و گرمای آزاد شده گرمای واکنش (Q) را به دست می‌آوریم، توجه کنید که گرمای این واکنش به ازای مصرف شدن ۳ مول  $\text{H}_2$  است.

$$Q = 3 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{1 \text{ L H}_2}{0.08 \text{ g H}_2} \times \frac{-7/44 \text{ kJ}}{6 \text{ L H}_2} = -93 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kJ} = 1/7 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{93 \text{ kJ}}{2 \text{ mol NH}_3} = 4/65 \text{ kJ}$$

در نهایت گرمای آزاد شده ضمن تولید ۱/۷ گرم آمونیاک را به دست می‌آوریم:

۱۱۴۳ B ابتدا گرمای لازم برای تجزیه ۲/۵ کیلوگرم کلسیم کربنات را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 2/5 \text{ kg CaCO}_3 \times \frac{1000 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ kg CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{180 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 4500 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{2500 \text{ g}}{1 \times 100} = \frac{Q}{180} \Rightarrow Q = 4500 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

سپس جرمی از متان که در واکنش اول باید بسوزد را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CH}_4 = 4500 \text{ kJ} \times \frac{100 \text{ kJ تولیدی}}{50 \text{ kJ مصرفی}} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{900 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 160 \text{ g CH}_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم CH}_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x \text{ g CH}_4 \times 50}{1 \times 16} = \frac{4500}{900} \Rightarrow x = 160 \text{ g CH}_4$$

روش دوم (تناسب):

$$4500 \times 100 \times 16 = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{4500 \times 100 \times 16}{900 \times 50} = 160$$

۱۱۴۴ B ابتدا گرمای لازم برای گرم کردن ۲/۰ تن آب را حساب می‌کنیم.  $Q = mc\Delta\theta = 0.2 \times 10^6 \text{ g} \times 4.2 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1} \times 50^\circ \text{C} = 42 \times 10^3 \text{ kJ} = 42/5 \times 10^3 \text{ kJ}$ .  
 با توجه به اینکه ۲۰ درصد انرژی تلف می‌شود، خواهیم داشت.

حال جرمی از پروپان که باید بسوزد تا  $42/5 \times 10^3 \text{ kJ}$  انرژی تولید شود را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2200 \text{ kJ}$$

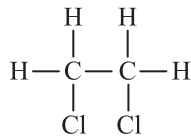
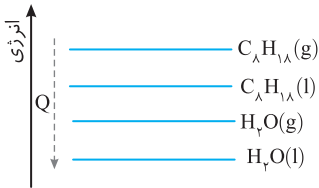
روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g C}_3\text{H}_8 = 42/5 \times 10^3 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{2200 \text{ kJ}} \times \frac{44 \text{ g C}_3\text{H}_8}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} = 1050 \text{ g C}_3\text{H}_8$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم پروپان مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \text{ g C}_3\text{H}_8}{1 \times 44} = \frac{42/5 \times 10^3}{2200} \Rightarrow x = 1050 \text{ g C}_3\text{H}_8$$

۱۱۴۵ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مقدار گرمای آزاد شده در واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  باید بیشتر از مقدار گرمای آزاد شده در واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  باشد، زیرا در این واکنش مقداری گرمای اضافی بر اثر میعان آب آزاد می‌شود. عبارت (ب): با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها ایجاد می‌شود که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود. عبارت (ت): با توجه به نمودار، بیشترین مقدار انرژی آزاد شده مربوط به زمانی است که حالت فیزیکی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به ترتیب به صورت گاز و مایع باشند. عبارت (ث): در فرایندهای گرماگیر از محتوای انرژی محیط کاسته می‌شود. در میان این سه فرایند، فقط انحلال آمونیوم نیترات در آب گرماگیر است و دو واکنش دیگر گرمازا هستند.



۱۱۴۶ C عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به تمرینات دوره‌ای فصل ۳ شیمی یازدهم، این واکنش در مجاورت کاتالیزگر  $\text{FeCl}_3(\text{s})$  انجام می‌شود. عبارت دوم: می‌دانیم که آلکن‌ها در واکنش با هالوژن‌ها به ترکیبات آلی سیر شده تبدیل می‌شوند؛ بنابراین نام فرآورده حاصل «۲،۱-دی کلرواتان» بوده و ساختار آن به صورت مقابل است:

عبارت سوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol Cl}_2 = 24/75 \text{ g C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}{99 \text{ g C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2} = 0.25 \text{ mol Cl}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{مول Cl}_2} = \frac{\text{جرم C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}{1} \Rightarrow \frac{x \text{ mol Cl}_2}{1} = \frac{24/75}{1 \times 99} \Rightarrow x = 0.25 \text{ mol Cl}_2$$

عبارت چهارم: با توجه به معادله واکنش، به ازای مصرف یک مول  $\text{C}_2\text{H}_4$  که ۲۸ گرم و یک مول  $\text{Cl}_2$  که ۷۱ گرم جرم دارد،  $178 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود. در واقع به ازای مصرف ۹۹ گرم از واکنش دهنده‌ها،  $178 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g واکنش دهنده‌ها} = 8/9 \text{ kJ} \times \frac{99 \text{ g واکنش دهنده‌ها}}{178 \text{ kJ}} = 4/95 \text{ g واکنش دهنده‌ها}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مجموع جرم واکنش دهنده‌ها}}{\text{جرم مولی}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{8/9}{99} = \frac{4/95}{178}$$

۱۱۴۷ C همه موارد درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به این دلیل که گرمای لازم برای تبخیر ۱g اتانول کمتر از ۱g آب است، نیروی بین مولکولی در اتانول ضعیف‌تر بوده و در اثر اعمال گرما، اتانول سریع‌تر شروع به تبخیر خواهد کرد. عبارت دوم: فرمول مولکولی اتانول به صورت  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  است:

$$? \text{ kJ} = 0.5 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{84 \text{ J}}{1 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 19.32 \text{ kJ}$$

عبارت سوم: در اثر تبخیر یک مایع در سامانه‌ای که با محیط مبادله انرژی ندارد، دمای سامانه به تدریج کاهش می‌یابد؛ زیرا در این شرایط، گرمای لازم برای تبخیر مایع از درون سامانه تأمین می‌شود. در عبارت تست، اشاره‌ای به نوع سامانه نشده است؛ به همین دلیل این عبارت برای بسیاری از دانش‌آموزان ابهام داشت. عبارت چهارم:

ابتدا گرمای لازم برای تبخیر ۱ مول آب و ۱ مول اتانول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{2280 \text{ J}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 41.04 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kJ (اتانول)} = 1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{84 \text{ J}}{1 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 38.64 \text{ kJ}$$

تفاوت گرمای تبخیر یک مول آب و اتانول برابر  $2/4 \text{ kJ}$  ( $41.04 - 38.64$ ) است.

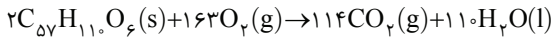
۱۱۴۸ A عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): کوزه، ظرفی سفالی است که از خاک رس ساخته می‌شود و در آن روزنه‌های بسیار ریزی وجود دارد. عبارت (ب): آب در بدنه ظرف سفالی به بیرون نفوذ می‌کند و به آرامی مطابق واکنش گرمایشیمیایی  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 44/1 \text{ kJ} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  تبخیر می‌شود. این معادله نشان می‌دهد که برای تبخیر یک مول آب به  $44/1$  کیلوژول گرما نیاز است، بنابراین برای محاسبه مقدار گرمای مورد نیاز برای تبخیر ۹ گرم آب خواهیم داشت:

$$? \text{ J} = 9 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{44/1 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 22050 \text{ J}$$



۴ ۱۱۴۹ B عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت سوم: شماره (۳) درپوش این دستگاه را نشان می‌دهد که پوششی نخی و مرطوب است و تهویه را به آسانی انجام می‌دهد. عبارت چهارم: آب از روزه‌های بسیار ریز بدنه بیرونی یخچال صحرایی به سطح بیرونی کوزه نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود. جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می‌کند. عبارت پنجم: به منظور عملکرد بهتر این دستگاه، باید آن را در جای خنک قرار داد تا گرمای لازم برای تبخیر آب از سطح ظرف بیرونی از مواد درون آن تأمین شود و این مواد خنک‌تر شود. با قرار دادن این دستگاه در زیر نور خورشید، دمای این وسیله ساده افزایش یافته و محتویات آن سریع‌تر خراب می‌شود.

۲ ۱۱۵۰ C عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. معادله موازنه شده واکنش اکسایش چربی کوهان شتر به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به معادله موازنه شده بالا داریم:

$$? g H_2O = \frac{2}{225} kg \text{ چربی} \times \frac{1000 g \text{ چربی}}{1 kg \text{ چربی}} \times \frac{1 mol \text{ چربی}}{890 g \text{ چربی}} \times \frac{110 mol H_2O}{2 mol \text{ چربی}} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol H_2O} = 2475 g$$

روش اول (کسر تبدیل):

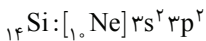
$$\frac{\text{جرم چربی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{H_2O \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2225}{2 \times 890} = \frac{x g H_2O}{110 \times 18} \Rightarrow x = 2475 g H_2O$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{2225 \times 110 \times 18}{890 \times 2} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{2225 \times 110 \times 9}{890 \times 2} = 2/5 \times 110 \times 9 = 2/5 \times 990 \xrightarrow{\text{ضرب یلکانی}} 2/5 \times (1000 - 10) = 2500 - 25 = 2475$$

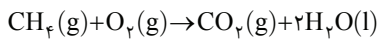
عبارت دوم: اختلاف ضریب استوکیومتری فرآورده‌های این واکنش برابر ۴ (۱۱۴-۱۱۰) است. عنصری با آرایش لایه ظرفیت  $3s^2 3p^2$ ، همان سیلیسیم (Si) با عدد اتمی ۱۴ می‌باشد:



بنابراین شماره یکان عدد اتمی این عنصر برابر ۴ است. عبارت سوم: فرمول شیمیایی چربی کوهان شتر و گلوکز به ترتیب به صورت  $C_{57}H_{110}O_6$  و  $C_6H_{12}O_6$  است:

$$\frac{C_{57}H_{110}O_6 \text{ شمار اتم‌های}}{C_{57}H_{110}O_6 \text{ شمار عناصر}} = \frac{173}{3} = 57.6 \quad \frac{C_6H_{12}O_6 \text{ شمار اتم‌های}}{C_6H_{12}O_6 \text{ شمار عناصر}} = \frac{24}{3} = 8$$

عبارت چهارم: گاز ناقطبی تولید شده در واکنش اکسایش چربی کوهان شتر، همان  $CO_2$  است:  $? L CO_2 = 5 mol \text{ چربی} \times \frac{114 mol CO_2}{2 mol \text{ چربی}} \times \frac{22.4 L}{1 mol CO_2} = 6384 L$  معادله موازنه شده واکنش سوختن متان به صورت زیر است:



$$? L \text{ گاز} = 96 g CH_4 \times \frac{1 mol CH_4}{16 g CH_4} \times \frac{1 mol CO_2}{1 mol CH_4} \times \frac{22.4 L CO_2}{1 mol CO_2} = 1344 L$$

عبارت پنجم: ابتدا گرمای حاصل از اکسایش ۱۷۸g از آن را به دست می‌آوریم:

$$? kJ = 178 g \text{ چربی} \times \frac{1 mol \text{ چربی}}{890 g \text{ چربی}} \times \frac{34000 kJ}{1 mol \text{ چربی}} = 6800 kJ$$

حال محاسبه می‌کنیم این مقدار گرما، دمای ۲۱/۶kg آب را به چه میزان افزایش می‌دهد:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 6800 = 21.6 \times 4 / 2 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 75^\circ C$$

۴ ۱۱۵۱ C ابتدا به کمک تغییر دمای آب، گرمای حاصل از سوختن کامل این مخلوط گازی را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = (121 \times 10^3 g) \times (4 / 2 J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}) \times 5^\circ C = 254 \times 10^3 J = 254 kJ$$

سیس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP که برابر  $22.4 L \cdot mol^{-1}$  است، تعداد مول گازی موجود در این مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$? mol \text{ gas} = 44 / 8 L \text{ gas} \times \frac{1 mol \text{ gas}}{22.4 L \text{ gas}} = 2 mol \text{ gas}$$

اگر تعداد مول گازهای متان و اتان را برابر با x مول در نظر بگیریم، تعداد مول اتین برابر  $(2-2x)$  مول است. در ادامه مجموع گرمای حاصل از سوختن این سه گاز باید برابر ۲۵۴۱ kJ باشد:

$$\text{متان} \quad x mol CH_4 \times \frac{890 kJ}{1 mol CH_4} = (890 \cdot x) kJ \quad \text{اتان} \quad x mol C_2H_6 \times \frac{1560 kJ}{1 mol C_2H_6} = (1560 \cdot x) kJ$$

$$\text{اتین} \quad (2-2x) mol C_2H_2 \times \frac{1300 kJ}{1 mol C_2H_2} = (2600 - 2600 \cdot x) kJ$$

مجموع گرمای حاصل را برابر ۲۵۴۱ kJ قرار داده و x را محاسبه می‌کنیم:

$$2541 kJ = (890 \cdot x) + (1560 \cdot x) + (2600 - 2600 \cdot x) \Rightarrow 150 \cdot x = 59 \Rightarrow x = 0.39$$

اکنون درصد حجمی گاز اتین که معادل درصد مولی آن در این مخلوط است را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار مول اتین} = 2 - 2x = 2 - 2(0.39) = 1.22 mol$$

$$C_2H_2 \text{ درصد حجمی} = \frac{1.22}{2} \times 100 = 61\%$$

**B 1152 ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت (پ) درباره آنتالپی درست هستند. بررسی عبارت (پ): آنتالپی (محتوای انرژی) یک ماده علاوه بر دما و فشار، به نوع ماده، مقدار آن و حالت فیزیکی ماده نیز وابسته است.

**B 1153 ۲** عبارت‌های دوم و چهارم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت دوم: یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود. مثلاً ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می‌توان یک نمونه ماده دانست. عبارت چهارم: تغییر آنتالپی ( $\Delta H$ ) یک واکنش یا یک فرایند برابر است با:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = H(\text{مواد فرآورده}) - H(\text{مواد واکنش دهنده})$$

اما حواستان باشد که از آنجا که محاسبه آنتالپی مواد امکان‌پذیر نیست، پس در عمل نمی‌توان از این فرمول برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش‌ها در آزمایشگاه استفاده نمود.

**B 1154 1** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): شیمی‌دان‌ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم‌ارز با گرمایی می‌دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون داد و ستد می‌کند و آن را با  $Q_p$  نشان می‌دهند.

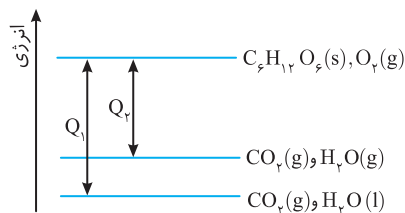
عبارت (پ): با انجام واکنش‌های شیمیایی گرماده ( $\Delta H < 0$ ) در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) بیشتر به مواد با محتوای انرژی کمتر تبدیل می‌شوند.

$$Q_p = \Delta H < 0 \Rightarrow H(\text{مواد فرآورده}) - H(\text{مواد واکنش دهنده}) < 0 \Rightarrow H(\text{مواد واکنش دهنده}) > H(\text{مواد فرآورده})$$

عبارت (ت): مقدار عددی یا قدرمطلق  $\Delta H$  یک فرایند، بزرگی آن را نشان می‌دهد. در حالی که علامت مثبت و منفی به ترتیب نشان‌دهنده گرماگیر و گرماده بودن آن یا به عبارتی جهت جریان گرما است. عبارت (ث): برای توصیف یک نمونه ماده باید فشار هم ذکر شود.

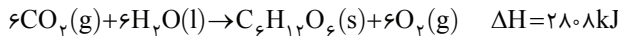
**B 1155 ۲** به جز عبارت اول و دوم، بقیه عبارت‌ها درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در واکنش‌های گرماده مانند اکسایش گلوکز در بدن، آنتالپی فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها کمتر است. عبارت دوم: با توجه به گرماده بودن این واکنش، محتوای انرژی فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌ها است؛ اما با توجه به سطح انرژی پایین‌تر فرآورده‌ها، پایداری آن‌ها بیشتر است. عبارت سوم: در واکنش‌های گرماده مانند اکسایش گلوکز در بدن، مقداری انرژی از سامانه به محیط (بدن) منتقل می‌شود. عبارت چهارم: شیر  $6^\circ\text{C}$  برای هم‌دما شدن با بدن ( $37^\circ\text{C}$ ) باید مقداری از انرژی خود را به صورت گرما از دست بدهد؛ در نتیجه این فرایند همانند فرایند اکسایش گلوکز در بدن، گرماده است و نمودار انرژی هر دو واکنش مشابه است. عبارت پنجم: همان‌طور که می‌دانید، واکنش‌هایی که در بدن انجام می‌شوند، همگی در دمای ثابت ( $37^\circ\text{C}$ ) صورت می‌گیرند، زیرا میزان گرمای آزاد شده در این واکنش‌ها، ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها است.

**C 1156 1** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): واکنش فتوسنتز یک واکنش گرماگیر است و با جذب انرژی همراه می‌باشد درحالی‌که واکنش اکسایش گلوکز یک واکنش گرماده است و با آزادسازی انرژی همراه است. عبارت (پ): مخلوط  $\text{CO}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  محتوای انرژی بالاتری نسبت به مخلوط  $\text{CO}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  دارد. با توجه به نمودار زیر، در صورتی که  $\text{H}_2\text{O}$  در حالت گازی باشد،  $\Delta H$  واکنش کمتر از  $280.8\text{kJ}$  خواهد شد و انرژی کمتری جذب خواهد شد.



$$\Delta H_1 = +280.8\text{kJ}, \Delta H_2 < \Delta H_1 \Rightarrow \Delta H_2 < 280.8$$

عبارت (ت): واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به صورت  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$  است. در این واکنش اتانول تولید می‌شود. (نه متانول!) عبارت (ث): معادله گرمایشیمیایی واکنش فتوسنتز به صورت مقابل است:



$$? \text{ g CO}_2 = 35/1 \text{ kJ} \times \frac{6 \text{ mol CO}_2}{280.8 \text{ kJ}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 3/3 \text{ g CO}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 35/1 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{280.8 \text{ kJ}} \times \frac{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 2/25 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{\text{مقدار گلوکز تولیدی}}{\text{مقدار مصرفی}} \Rightarrow \frac{35/1}{280.8} = \frac{x \text{ g CO}_2}{6 \times 44} = \frac{y \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \times 180} \Rightarrow x = 3/3 \text{ g CO}_2, y = 2/25 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

**B 1157 ۲** معادله واکنش شکل‌های داده شده و علامت آنتالپی آن‌ها به صورت زیر است:



بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در واکنش (پ)، گاز قهوه‌ای رنگ  $\text{NO}_2$  تولید می‌شود. این واکنش گرماگیر است و طی آن سامانه از محیط گرما دریافت می‌کند. گزینه (۲):

واکنش (الف)، مربوط به فرایند فرازش (تصعید)  $\text{CO}_2$  است. این واکنش گرماگیر است و در آن آنتالپی فرآورده بیشتر از آنتالپی واکنش دهنده است. گزینه (۳): واکنش (ت)،

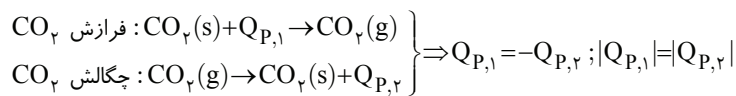
انجماد آب و تبدیل آب به یخ را نشان می‌دهد. میزان جنبش نامنظم ذره‌ها در یخ کمتر از آب است. گزینه (۴): با توجه به رنگ آبی شعله، واکنش (ب) سوختن کامل گاز

شهری را نشان می‌دهد. این واکنش همانند واکنش اکسایش گلوکز در بدن گرماده بوده و علامت  $\Delta H$  آن منفی است.

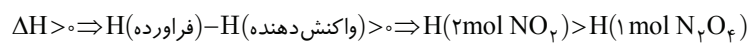


**۱ ۱۱۵۸ B** عبارت‌های (پ) و (ث) درست هستند. شکل داده شده مربوط به واکنش تبدیل گاز  $\text{NO}_p$  قهوه‌ای رنگ به گاز بی‌رنگ  $\text{N}_p\text{O}_f$  است. این واکنش گرماده است ( $\Delta H < 0$ ) و  $Q$  در سمت راست معادله (سمت فرآورده‌ها) قرار می‌گیرد. در واکنش‌های گرماده، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) بیشتر به مواد با محتوای انرژی کمتر تبدیل می‌شوند، پس سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر و پایداری آن‌ها کمتر از فرآورده‌هاست. توجه کنید که واکنش فتوسنتز گرماگیر و علامت  $\Delta H$  مثبت است. با توجه به معادله این واکنش که در بالا داده شده است، طی واکنش از شمار مول‌های گازی کاسته می‌شود.

**۳ ۱۱۵۹ B** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش‌های گرماگیر علامت  $\Delta H$  مثبت است: (واکنش دهنده)  $H > H$  (فرآورده)  $\Rightarrow H > H$  (واکنش دهنده)  $-H > H$  (فرآورده)  $\Rightarrow \Delta H > 0$  عبارت (ب): در دما و فشار ثابت، فرایند فرازش و چگالش برای یک ماده، وارون یکدیگرند. اگر یک واکنش شیمیایی یا فرایند وارونه شود، علامت  $\Delta H$  آن قرینه می‌شود اما بزرگی  $\Delta H$  آن ثابت می‌ماند.

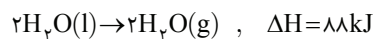


**عبارت (پ):** اگر این مخلوط گازی را در آب و یخ قرار دهیم، به دلیل کاهش دما، تعداد زیادی از مولکول‌های  $\text{NO}_p$  تبدیل به  $\text{N}_p\text{O}_f$  شده و از شدت رنگ قهوه‌ای مخلوط گازی کاسته می‌شود. این مورد در شکل کتاب درسی هم مشخص است. عبارت (ت): مطابق واکنش گرماگیر  $\text{N}_p\text{O}_f(\text{g}) + Q \rightarrow 2\text{NO}_p(\text{g})$  می‌توان گفت در دما و فشار ثابت، آنتالپی ۲ مول فرآورده بیشتر از آنتالپی ۱ مول واکنش‌دهنده است.

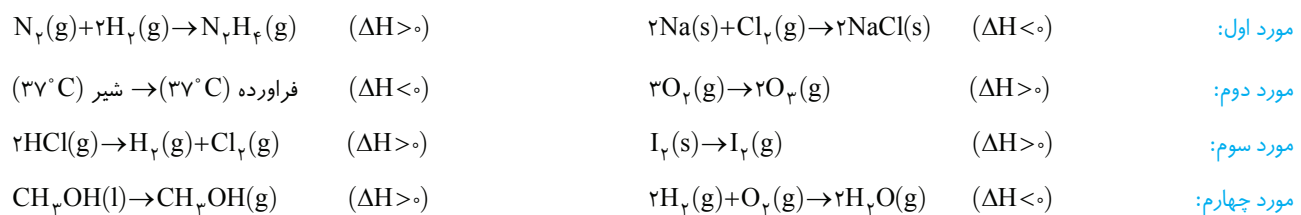


توجه کنید که جرم ۲ مول فرآورده با جرم ۱ مول واکنش‌دهنده برابر است. عبارت (ث): واکنش  $2\text{O}_p(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{O}_p(\text{g})$  یک واکنش گرماده بوده و واکنش‌پذیری  $\text{O}_p$  کمتر از  $\text{O}_p$  است.

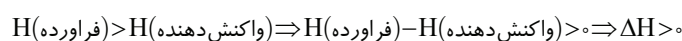
**۳ ۱۱۶۰ B** در واکنش‌های برگشت‌پذیر، مقدار آنتالپی واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر است ( $|\Delta H_1| = |\Delta H_2|$ ) اما علامت آن‌ها قرینه است؛ بنابراین آنتالپی واکنش تجزیه بخار آب به عناصر اولیه‌اش قرینه آنتالپی واکنش (I) بوده و برابر  $+484\text{kJ}$  است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در واکنش‌های گرماگیر، هر چه سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر و سطح انرژی فرآورده‌ها بالاتر باشد، گرمای بیشتری جذب می‌شود. گزینه (۲): هر دوی این واکنش‌ها گرماده هستند؛ بنابراین در هر دوی آن‌ها، سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است. گزینه (۴): دقت کنید که ضریب  $\text{H}_p\text{O}$  در هر دوی این واکنش‌ها برابر ۲ است؛ بنابراین تفاوت آنتالپی این دو واکنش برابر با آنتالپی دو مول آب می‌باشد:



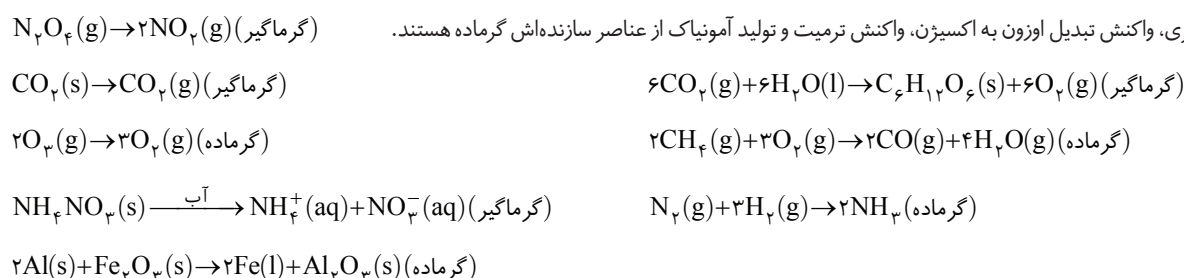
**۱ ۱۱۶۱ B** فقط در مورد سوم، در هر دو فرایند انجام شده، فرآورده‌ها ناپایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. در واکنش‌ها و فرایندهای گرماگیر ( $\Delta H > 0$ )، واکنش‌دهنده‌ها با جذب انرژی به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند و سطح انرژی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌هاست، بنابراین فرآورده‌ها ناپایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. در میان موارد، تنها در مورد سوم، هر دو واکنش داده شده، گرماگیر هستند. معادله هر یک از واکنش‌ها و علامت  $\Delta H$  آن‌ها به صورت زیر است:



**۲ ۱۱۶۲ C** با انجام واکنش‌های شیمیایی گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به مواد با محتوای انرژی بیشتر تبدیل می‌شوند که این تغییر آنتالپی هنگام انجام واکنش به شکل گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود.



از میان فرایند داده شده، واکنش تجزیه  $\text{N}_p\text{O}_f$  و تولید  $\text{NO}_p$ ، فرایند فرازش یخ خشک، واکنش فتوسنتز و فرایند انحلال آمونیوم نیترات در آب گرماگیر و واکنش سوختن ناقص گاز شهری، واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، واکنش ترمیت و تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش گرماده هستند.





۱۱۶۳ B با توجه به معادله موازنه شده واکنش،  $\Delta H$  آن نشان دهنده میزان گرمای آزاد شده به ازای مصرف ۵ مول گاز اکسیژن و ۱ مول گاز پروپان است که در مجموع می شود ۶ مول واکنش دهنده گازی. به کمک گرمای آزاد شده در واکنش کامل ۱۶/۸ لیتر مخلوطی از گازهای  $C_3H_8$  و  $O_2$  در شرایط STP،  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$\Delta H(\text{واکنش}) = 6 \text{ mol} \times \frac{22/4 \text{ L واکنش دهنده گازی}}{1 \text{ mol واکنش دهنده گازی}} \times \frac{-257 \text{ kJ}}{16/8 \text{ L واکنش دهنده گازی}} = -2056 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب): در واکنش های گازی می توان از تناسب زیر استفاده کرد:

$$\frac{\text{مجموع حجم واکنش دهنده ها (STP)}}{\Delta H} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{16/8}{6 \times 22/4} = \frac{-257}{\Delta H} \Rightarrow \Delta H = -2056 \text{ kJ}$$

تفکیک و ساده سازی  $\frac{257 \times 6 \times 22/4}{16/8} = ? \rightarrow \frac{257 \times 6 \times 22 \times 10^2}{168 \times 10^3} = \frac{257 \times 6 \times 4}{3} = 2056$

+ توضیح محاسبات

۱۱۶۴ B در این مسئله ابتدا به کمک  $\Delta H$  واکنش و گرمای آزاد شده، مقدار مول  $SO_3$  مصرفی را به یکی از دو روش زیر به دست می آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$? \text{ mol } SO_3 = 11 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{132 \text{ kJ}} = \frac{1}{12} \text{ mol } SO_3$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{مول}}{\Delta H} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{132} = \frac{11}{132} \Rightarrow x = \frac{1}{12} \text{ mol } SO_3$$

با توجه به اینکه این مقدار گاز  $SO_3$ ، ۲/۴ لیتر حجم دارد، پس حجم مولی آن در این شرایط برابر است با:

$$\text{حجم مولی} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{مول گاز}} = \frac{2/4 \text{ L}}{1/12 \text{ mol}} = 2/4 \times 12 = 28/8 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

توجه کنید که در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، یک مول از گازهای مختلف حجم برابری دارند.

۱۱۶۵ B قسمت اول: در این مسئله به کمک گرمای آزاد شده و  $\Delta H$  واکنش، حجم محلول سدیم هیدروکسید مصرفی را به یکی از دو روش زیر به دست می آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$? \text{ mol NaOH} = 40/6 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{58 \text{ kJ}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{5 \text{ mol NaOH}} = 1/4 \text{ L محلول} = 140 \text{ mL محلول}$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\Delta H} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \times 5}{58} = \frac{-40/6}{-58} \Rightarrow x = 1/4 \text{ L محلول} = 140 \text{ mL محلول}$$

قسمت دوم: باید مولاریته و تعداد مول NaCl را محاسبه کنیم: 
$$? \text{ mol NaCl} = 40/6 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58 \text{ kJ}} = 0/7 \text{ mol NaCl}$$

$$M = \frac{10 \text{ ad}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 10 \times 1/17}{58/5} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow M = \frac{\text{mol}}{V} \Rightarrow 2 = \frac{0/7}{V} \Rightarrow V = 0/35 \text{ L} = 35 \text{ mL}$$

۱۱۶۶ B معادله موازنه شده واکنش: 
$$4C_3H_5N_3O_9(l) \rightarrow 12CO_2(g) + 10H_2O(l) + 6N_2(g) + O_2(g)$$

$\Delta H$  این واکنش نشان دهنده گرمای آزاد شده به ازای تولید ۱۲ مول گاز کربن دی اکسید، ۶ مول گاز نیتروژن و ۱ مول گاز اکسیژن است که در مجموع ۱۹ مول فرآورده گازی در شرایط STP تولید می شود. اکنون به کمک گرمای آزاد شده به ازای ۲۶/۶ لیتر گاز تولیدی در شرایط STP،  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$\Delta H(\text{واکنش}) = 19 \text{ mol} \times \frac{22/4 \text{ L فرآورده گازی}}{1 \text{ mol فرآورده گازی}} \times \frac{143 \text{ kJ}}{26/6 \text{ L گاز}} \times \frac{1 \text{ MJ}}{1000 \text{ kJ}} = 22/88 \text{ MJ}$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{مجموع حجم فرآورده ها (STP)}}{\Delta H} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{26/6 \text{ L}}{19 \times 22/4} = \frac{143}{x} \Rightarrow x = 22880 \text{ kJ} = 22/88 \text{ MJ}$$

نکته یکی از اشتباهاتی که دانش آموزان در حل چنین تست هایی که در آن ها حجم فرآورده های گازی در شرایط STP، یعنی دمای  $0^\circ C$  و فشار ۱ atm، انجام می دهند این است که حالت فیزیکی  $H_2O$  را نیز به صورت گاز در نظر می گیرند. در صورتی که در این شرایط حالت فیزیکی  $H_2O$  به صورت مایع یا جامد است.

+ توضیح محاسبات

تفکیک و ساده سازی  $\frac{19 \times 22/4 \times 143}{26/6} = ? \rightarrow \frac{19 \times 22 \times 143 \times 10^2}{14 \times 10^3} = \frac{224 \times 143}{14} \times 10^0$   
 تخمین زدن و ساده کردن به جای ۱۴۳ عدد ۱۴۰ قرار گیرد.  $\frac{224 \times 140}{14} \times 10^0 = 2240 \text{ kJ} = 22/4 \text{ MJ}$

پاسخ اندکی بزرگ تر از ۲۲/۴ MJ است. (پاسخ: ۲۲/۸۸ MJ)



۱۱۶۷ ۳ قسمت اول: ابتدا به کمک  $\Delta H$  واکنش، مقدار گرمای مصرف شده به ازای مصرف ۱۱/۵۲ گرم  $FeO$  را به یکی از دو روش زیر به دست می آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):  

$$? \text{ kJ} = 11.52 \text{ g FeO} \times \frac{1 \text{ mol FeO}}{72 \text{ g FeO}} \times \frac{25 \text{ kJ}}{1 \text{ mol FeO}} = 4 \text{ kJ}$$
 (مقدار گرمای نظری)

روش دوم (تناسب):  

$$\frac{\text{جرم واکنش دهنده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{11.52}{1 \times 72} = \frac{x}{25} \Rightarrow x = 4 \text{ kJ}$$
 (مقدار گرمای نظری)

سپس بازده درصدی واکنش را محاسبه می کنیم:  

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار گرمای عملی}}{\text{مقدار گرمای نظری}} \times 100 = \frac{2/4 \text{ kJ}}{4 \text{ kJ}} \times 100 = 50\%$$

قسمت دوم: با توجه به اطلاعات مسئله، داریم:  

$$? \text{ mL } C_2H_6 = 2/4 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{1400 \text{ kJ}} \times \frac{22400 \text{ mL } C_2H_6}{1 \text{ mol } C_2H_6} = 38/4 \text{ mL } C_2H_6$$

۱۱۶۸ ۱ قسمت اول:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 24/6 \times 10^3 = 0.5 \times 10^3 \times c \Rightarrow c = 2/46 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$$

قسمت دوم: با توجه به اطلاعات مسئله،  $\Delta H$  واکنش:  $2O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$  برابر  $+295 \text{ kJ}$  است. اکنون محاسبه می کنیم که با  $24/6 \text{ kJ}$  چند گرم  $O_3$  را می توان به  $O_2$  تبدیل نمود: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g } O_3 = 24/6 \text{ kJ} \times \frac{3 \text{ mol } O_3}{295 \text{ kJ}} \times \frac{32 \text{ g } O_3}{1 \text{ mol } O_3} = 8 \text{ g } O_3$$

روش دوم (تناسب):  

$$\frac{\text{جرم مصرف شده}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{24/6}{3 \times 32} = \frac{x}{295} \Rightarrow x = 8 \text{ g } O_3$$

۱۱۶۹ ۴ معادله موازنه شده واکنش:

در این واکنش به ازای مصرف  $110 \text{ kJ}$  گرما، ۲ مول گاز  $N_2O_5$  مصرف و ۵ مول فرآورده گازی ( $O_2(g), NO_2(g)$ ) تولید می شود و در نتیجه ۳ مول گاز به گازهای موجود در ظرف افزوده می شود. بنابراین می توان مقدار مول گازهای اضافه شده به ازای مصرف  $77 \text{ kJ}$  گرما را به دست آورد:

$$\text{گاز} = 77 \text{ kJ} \times \frac{3 \text{ mol گاز}}{110 \text{ kJ}} \times \frac{27 \text{ L گاز}}{1 \text{ mol گاز}} = 56/7 \text{ L گاز}$$

۱۱۷۰ ۴ قسمت اول: ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای نمونه نقره به اندازه  $40^\circ \text{C}$  را محاسبه می کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta = 1250 \times 0.23 \times 40 = 11500 \text{ J}$$

این مقدار گرما توسط واکنش تولید آمونیاک تأمین شده است، پس می توانیم به کمک آنتالپی واکنش و چگالی گاز هیدروژن، حجم آن را تعیین کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):  

$$? \text{ L } H_2 = 11500 \text{ J} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{92 \text{ kJ}} \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{1 \text{ L } H_2}{0.075 \text{ g } H_2} = 1 \text{ L } H_2$$

روش دوم (تناسب):  

$$\frac{H_2 \text{ گاز}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \times 0.075}{3 \times 2} = \frac{11500}{92} \Rightarrow x = 1 \text{ L } H_2$$

قسمت دوم: معادله واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):  

$$? \text{ g } N_2H_4 = 1 \text{ L } H_2 \times \frac{0.075 \text{ g } H_2}{1 \text{ L } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{32 \text{ g } N_2H_4}{1 \text{ mol } N_2H_4} \times \frac{100}{6} = 20 \text{ g } N_2H_4$$

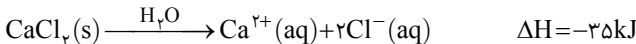
روش دوم (تناسب):  

$$\frac{H_2 \text{ لیتر} \times \text{چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{N_2H_4 \text{ جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1 \times 0.075}{2 \times 2} = \frac{x \times 60}{32 \times 1} \Rightarrow x = 20 \text{ g } N_2H_4$$

۱۱۷۱ ۱ ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای آب را محاسبه می کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta = 1500 \times 4/2 \times (15 - 10) = 31500 \text{ J} = 31/5 \text{ kJ}$$

از آنجایی که این مقدار گرما باید از انحلال کلسیم کلرید در آب تأمین شود، پس به کمک آنتالپی انحلال کلسیم کلرید، می توانیم جرم آن را به دست آوریم:



روش اول (کسر تبدیل):  

$$? \text{ g } CaCl_2 = 31/5 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CaCl_2}{35 \text{ kJ}} \times \frac{111 \text{ g } CaCl_2}{1 \text{ mol } CaCl_2} = 99/9 \text{ g } CaCl_2$$

روش دوم (تناسب):  

$$\frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 111} = \frac{31/5}{35} \Rightarrow x = 99/9 \text{ g } CaCl_2$$

$$\frac{31/5 \times 111}{35} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{31/5 \times 111}{35} = 99/9$$

۱۱۷۲ ۲ قسمت اول: ابتدا مقدار گرمای لازم برای تجزیه  $KClO_3$  را به دست می آوریم:

$$? kJ = 98g KClO_3 \times \frac{75g KClO_3 \text{ خالص}}{100g KClO_3 \text{ ناخالص}} \times \frac{1 mol KClO_3}{122/5g} \times \frac{90kJ}{2 mol KClO_3} \times \frac{60}{100} = 16/2 kJ$$

روش اول (کسر تبدیل): بازده درصدی

$$\frac{P}{100} \times \frac{R}{100} \times Q = \frac{98 \times 75 \times 60}{100 \times 100} = \frac{X}{2 \times 122/5} \Rightarrow X = 16/2 kJ$$

روش دوم (تناسب): جرم مولی × ضریب

این مقدار گرما از یک قطعه آهن به جرم  $75^\circ$  گرم جذب می شود. پس می توانیم به کمک جرم و ظرفیت گرمایی ویژه آهن، تغییرات دمای آن را محاسبه کنیم:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 16/2 \times 10^3 = 75 \times 0/45 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 48^\circ C$$

قسمت دوم: معادله واکنش اکسایش گلوکز به صورت  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2$  است.

$$? mol C_6H_{12}O_6 = 98g KClO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{75}{100} \times \frac{60}{100} \times \frac{1 mol KClO_3}{122/5g KClO_3} \times \frac{3 mol O_2}{2 mol KClO_3} \times \frac{1 mol C_6H_{12}O_6}{6 mol O_2} = 0/09 mol C_6H_{12}O_6$$

بازده درصدی درصد خلوص

$$\frac{98 \times 75 \times 60 \times 3}{100 \times 100 \times 122/5 \times 2 \times 6} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{100 \times 75 \times 60 \times 3}{100 \times 100 \times 12 \times 2 \times 6} = \frac{3}{4 \times 2 \times 2 \times 2} = \frac{3}{32} = 0/09$$

توضیح محاسبات: به جای ۹۸ و ۱۲۲/۵ اعداد ۱۰۰ و ۱۲۰ قرار گیرد.

پاسخ اندکی کوچکتر از ۰/۱ است. (پاسخ: ۰/۰۹)

۱۱۷۳ ۱ قسمت اول: معادله موازنه شده واکنشها:  $I) 2NaNO_3(s) \rightarrow 2NaNO_2(s) + O_2(g), II) 4NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2N_2O_5(g) + 110kJ$

$$? g NaNO_3 = 88kJ \times \frac{1 mol O_2}{110kJ} \times \frac{2 mol NaNO_3}{1 mol O_2} \times \frac{85g NaNO_3}{1 mol NaNO_3} = 136g NaNO_3$$

روش اول (کسر تبدیل): جرم  $NaNO_3$  مصرفی

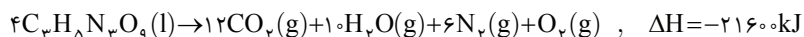
روش دوم (تناسب): با توجه به یکسان بودن ضرایب ماده مشترک در معادلهها، از روی گرمای آزاد شده (Q)، مقدار سدیم نیترات تجزیه شده را محاسبه می کنیم:

$$2NaNO_3 \sim 1 mol O_2 \sim 110kJ \quad \frac{جرم NaNO_3 \text{ مصرفی}}{ضریب \times جرم مولی} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{85 \times 2} = \frac{88}{110} \Rightarrow x = 136g NaNO_3$$

$$? L N_2O_5 = 88kJ \times \frac{2 mol N_2O_5}{110kJ} \times \frac{22/4 L N_2O_5}{1 mol N_2O_5} = 35/84 L N_2O_5$$

قسمت دوم:

۱۱۷۴ ۲ ابتدا گرمای آزاد شده در واکنش تجزیه نیترو گلیسرین را محاسبه می کنیم:



$$? kJ = 11/35g C_3H_5N_3O_9 \times \frac{1 mol C_3H_5N_3O_9}{227g C_3H_5N_3O_9} \times \frac{21600kJ}{4 mol C_3H_5N_3O_9} \times \frac{80}{100} = 216kJ$$

روش اول (کسر تبدیل): تکنیک دسته بندی و ساده سازی

$$\frac{C_3H_5N_3O_9 \text{ جرم} \times P}{جرم مولی \times ضریب} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{11/35 \times 80}{4 \times 227} = \frac{Q}{|-21600|} \Rightarrow Q = 216kJ$$

روش دوم (تناسب): تکنیک دسته بندی و ساده سازی

$$\frac{11/35 \times 21600 \times 80}{227 \times 4 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{تکنیک دسته بندی و ساده سازی}} \frac{1135 \times 216 \times 8}{227 \times 4} \times \frac{10}{100} = 216$$

توضیح محاسبات:

سپس مقدار گرمایی که در واکنش (۱) و (۲) مصرف می شود را به دست می آوریم:

$$1135 \times 216 \times \frac{75}{100} = 162kJ \quad 216kJ \times \frac{25}{100} = 54kJ$$

مقدار گرمای مصرف شده در واکنش دوم

$$I) \text{ واکنش (۱): } \frac{P_1 V_{n1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{4 \times V_{n2}}{3 \times 273} \Rightarrow V_{n2} = 16/8 L \cdot mol^{-1}$$

اکنون حجم مولی گازها در شرایط واکنش (۱) و (۲) را محاسبه می کنیم:

$$II) \text{ واکنش (۲): } \frac{P_1 V_{n1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{1/5 \times V_{n2}}{1/5 \times 273} \Rightarrow V_{n2} = 22/4 L \cdot mol^{-1}$$



در ادامه حجم گازهای تولیدی در واکنش (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:



اکنون نسبت حجم گاز تولیدی در دو واکنش را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{حجم گازهای تولید شده در واکنش (۱)}}{\text{حجم گازهای تولید شده در واکنش (۲)}} = \frac{\frac{162 \times 4 \times 16/8}{250}}{\frac{54 \times 2 \times 22/4}{180}} = \frac{180 \times 162 \times 4 \times 16/8}{250 \times 54 \times 2 \times 22/4} = \frac{3 \times 72 \times 3}{50 \times 4} = \frac{162}{50} = 3/24$$

$$\frac{180 \times 162 \times 4 \times 16/8}{250 \times 54 \times 2 \times 22/4} = ? \xrightarrow[\text{و ساده‌سازی}]{\text{تکنیک دسته‌بندی}} \frac{18 \times 162 \times 4 \times 168}{25 \times 54 \times 2 \times 224} = \frac{162 \times 2}{25 \times 4} = \frac{324}{100} = 3/24$$

توضیح محاسبات

همه عبارت‌ها درست هستند. **B 1175 4**

**B 1176 3** عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد از جمله محتوای انرژی (آنتالپی) آن‌ها منجر می‌شود. این توصیف از واکنش، اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آن‌ها را در واکنش نشان می‌دهد. عبارت (ب): انرژی لازم برای شکستن سه پیوند (N—H) در مولکول NH<sub>3</sub> با یکدیگر متفاوت است. از این رو واژه میانگین آنتالپی پیوند برای آن به کار می‌رود. عبارت (پ): آنتالپی پیوند با تعداد پیوندهای بین دو اتم رابطه مستقیم دارد؛ به بیان دیگر هر چه تعداد پیوند اشتراکی بین دو اتم بیشتر باشد، آنتالپی پیوند نیز بیشتر است اما این بدان معنا نیست که آنتالپی پیوند و تعداد پیوند به یک نسبت تغییر کنند. به عنوان مثال آنتالپی پیوند (C—C) برابر ۳۴۸ kJ.mol<sup>-1</sup>، آنتالپی پیوند (C=C) برابر ۶۱۴ kJ.mol<sup>-1</sup> و آنتالپی پیوند (C≡C) برابر ۸۳۹ kJ.mol<sup>-1</sup> است.

\* توجه: آنتالپی پیوندهای (C≡C) و (C=C) به ترتیب ۳ و ۲ برابر آنتالپی پیوند (C—C) نیستند.  $\frac{\Delta H(\text{C}\equiv\text{C})}{\Delta H(\text{C}-\text{C})} \approx 2/4$ ,  $\frac{\Delta H(\text{C}=\text{C})}{\Delta H(\text{C}-\text{C})} \approx 1/8$

عبارت (ت): با توجه به اینکه مقایسه شعاع اتمی سه عنصر C, N و O به صورت C > N > O می‌باشد و آنتالپی پیوند سه‌گانه بیشتر از پیوند دوگانه است، مقایسه انجام گرفته صحیح می‌باشد.

**B 1177 2** عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): انرژی لازم برای شکستن پیوندهای (C—H) در ترکیب اتان (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) یکسان نیست؛ زیرا هر یک از پیوندهای (C—H) در مرحله‌ای جداگانه می‌شکنند و بسته به پایداری و استحکام پیوندها در ترکیب باقی‌مانده، انرژی لازم برای هر مرحله متفاوت با مرحله بعدی است. عبارت (ب): در گروه هالوژن‌ها از پایین به بالا، واکنش‌پذیری اتم‌ها افزایش و شعاع اتمی آن‌ها کاهش می‌یابد. پس طول پیوند آن‌ها در مولکول‌های دواتمی کاهش و آنتالپی پیوند آن‌ها افزایش می‌یابد.  $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

\* توجه: به دلیل وجود مطالبی که خارج از محدوده کتاب درسی است، آنتالپی پیوند (F—F) با آنتالپی پیوند دیگر هالوژن‌ها مقایسه نمی‌شود.

عبارت (پ): یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول H<sub>2</sub>(g) و تبدیل آن به دو مول H(g) حدود ۴۳۶ kJ است.

$$? \text{ kJ} = \frac{436 \text{ kJ}}{2 \text{ g H(g)}} \times \frac{1 \text{ g H(g)}}{1} = 109 \text{ kJ}$$

عبارت (ت): پیوند (N—N) همانند پیوند (C=C) تنها در ساختار مولکول‌های چند اتمی یافت می‌شود، پس به کار بردن واژه میانگین آنتالپی پیوند برای آن‌ها مناسب‌تر است.

عبارت (ث): در میان عناصر نافلزتی تناوب دوم، هر چه شعاع اتمی نافلز کوچک‌تر باشد، خصلت نافلزتی و واکنش‌پذیری بیشتر شده و آنتالپی پیوند (C—X) هم بیشتر می‌شود.

**B 1178 1** بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مفهوم آنتالپی پیوند فقط برای پیوندهای کووالانسی موجود در ترکیب‌های مولکولی در حالت گازی به کار می‌رود.

\* توجه: در ترکیب‌های یونی و نیز برای نیروهای بین‌مولکولی مانند پیوند هیدروژنی، به کار بردن آنتالپی پیوند نادرست است.

عبارت (ب): برای پیوندهای (O—O)، (N—H) و (C≡C)، به کار بردن واژه میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. عبارت (پ): هرگاه پیوندی تشکیل شود، انرژی آزاد می‌شود و این انرژی آزاد شده به همان مقداری است که برای شکسته شدن پیوند لازم است؛ در واقع معادله تشکیل پیوند، وارون شکستن پیوند است، بنابراین



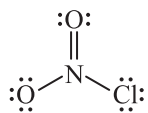
**B 1179 2** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به مقدار انرژی لازم برای تبدیل یک مول پیوند گازی به اتم‌های گازی و جداگانه، آنتالپی پیوند می‌گویند. انرژی لازم برای واکنش  $\text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{H}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g})$  معادل آنتالپی پیوند H—Cl است. عبارت (ب): در بین سه اتم نیتروژن، اکسیژن و فلوئور،

بیشترین و کمترین شعاع اتمی به ترتیب مربوط به N و F است. بنابراین مقایسه طول پیوند و آنتالپی پیوند O—H، N—H و F—H به صورت زیر خواهد بود:



عبارت (پ): در مولکول‌هایی مانند CO<sub>2</sub> که در آن اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است، از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌شود. دقت کنید که در

ساختار CO<sub>2</sub>، دو پیوند C=O یافت می‌شود. عبارت (ت): دقت کنید که برای محاسبه آنتالپی واکنش‌های گازی (واکنش‌هایی که تمامی مواد شرکت‌کننده در آن‌ها گازی هستند) می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود. CH<sub>3</sub>OH در این واکنش در حالت فیزیکی جامد است؛ پس نمی‌توانیم تنها با داشتن آنتالپی‌های پیوند، آنتالپی واکنش مورد نظر را محاسبه کنیم.



۱۱۸۰ ۳ A با توجه به ساختار لوویس مولکول  $\text{NO}_2\text{Cl}$ ، در ساختار آن یک پیوند  $(\text{N}-\text{Cl})$ ، یک پیوند  $(\text{N}=\text{O})$  و یک پیوند  $(\text{N}-\text{O})$  وجود دارد. در ابتدا به کمک مقدار مجموع آنتالپی پیوندها در ساختار  $\text{NOCl}$ ، آنتالپی پیوند  $(\text{N}-\text{Cl})$  را به دست می آوریم:

$$\Delta H(\text{N}-\text{Cl}) + \Delta H(\text{N}=\text{O}) + \Delta H(\text{N}-\text{O}) = 1013 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H(\text{N}-\text{Cl}) + 607 + 205 = 1013 \Rightarrow \Delta H(\text{N}-\text{Cl}) = 201 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

در واکنش  $\text{NCl}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}(\text{g}) + 3\text{Cl}(\text{g})$ ، سه پیوند  $(\text{N}-\text{Cl})$  شکسته می شود، پس آنتالپی واکنش برابر است با:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = 3\Delta H(\text{N}-\text{Cl}) = 3 \times 201 = 603 \text{ kJ}$$

۱۱۸۱ ۲ A به کمک واکنش اول می توان آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{H}$ ، واکنش دوم آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{Cl}$  و واکنش سوم آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{F}$  را مشخص نمود.

واکنش اول: در واکنش اول، به ازای شکستن ۴ مول پیوند  $\text{C}-\text{H}$ ،  $1660 \text{ kJ}$  گرما مصرف شده است. پس آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{H}$  برابر  $415 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  ( $\frac{1660 \text{ kJ}}{4 \text{ mol}}$ ) می باشد.

واکنش دوم: در واکنش دوم، به ازای شکستن ۲ مول پیوند  $\text{C}-\text{H}$  و ۲ مول پیوند  $\text{C}-\text{Cl}$ ،  $1490 \text{ kJ}$  گرما مصرف می شود، پس آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{Cl}$  برابر است با:

$$2\Delta H(\text{C}-\text{H}) + 2\Delta H(\text{C}-\text{Cl}) = 1490 \Rightarrow 2 \times 415 + 2\Delta H(\text{C}-\text{Cl}) = 1490 \Rightarrow \Delta H(\text{C}-\text{Cl}) = 330 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

واکنش سوم: در واکنش سوم، به ازای شکستن ۲ مول پیوند  $\text{C}-\text{Cl}$  و ۲ مول پیوند  $\text{C}-\text{F}$ ،  $1630 \text{ kJ}$  انرژی مصرف می شود، پس آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{F}$  برابر است با:

$$2\Delta H(\text{C}-\text{Cl}) + 2\Delta H(\text{C}-\text{F}) = 1630 \text{ kJ} \Rightarrow 2(330) + 2\Delta H(\text{C}-\text{F}) = 1630 \Rightarrow \Delta H(\text{C}-\text{F}) = 485 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

۱۱۸۲ ۲ B قسمت اول: ابتدا گرمای مصرف شده برای تجزیه کامل یک مول  $\text{C}_2\text{H}_2$  به اتم های سازنده اش را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_2 \times \frac{26 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_2} \times \frac{417 \text{ kJ}}{6/\text{g } \text{C}_2\text{H}_2} = 1668 \text{ kJ}$$

پس گرمای مورد نیاز برای واکنش  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \rightarrow 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{H}(\text{g})$  برابر  $1668 \text{ kJ}$  است. از طرفی این گرما صرف شکستن ۲ مول پیوند  $(\text{C}-\text{H})$  و

یک مول پیوند  $(\text{C}\equiv\text{C})$  شده است. بنابراین خواهیم داشت:

$$2\Delta H(\text{C}-\text{H}) + \Delta H(\text{C}\equiv\text{C}) = 1668 \Rightarrow (2 \times 415) + \Delta H(\text{C}\equiv\text{C}) = 1668 \Rightarrow \Delta H(\text{C}\equiv\text{C}) = 838 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

قسمت دوم: با توجه به محاسبات قسمت قبل، داریم:

$$? \text{ L } \text{C}_2\text{H}_2 = 208/\text{g} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_2}{1668 \text{ kJ}} \times \frac{22/4 \text{ L } \text{C}_2\text{H}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_2} = 2/8 \text{ L } \text{C}_2\text{H}_2$$

۱۱۸۳ ۱ B ابتدا مقدار مول  $\text{NH}_3$  تولیدی در واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$  را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol } \text{NH}_3 = 50/4 \text{ L } \text{N}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{N}_2}{22/4 \text{ L } \text{N}_2} \times \frac{2 \text{ mol } \text{NH}_3}{1 \text{ mol } \text{N}_2} = 4/5 \text{ mol } \text{NH}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

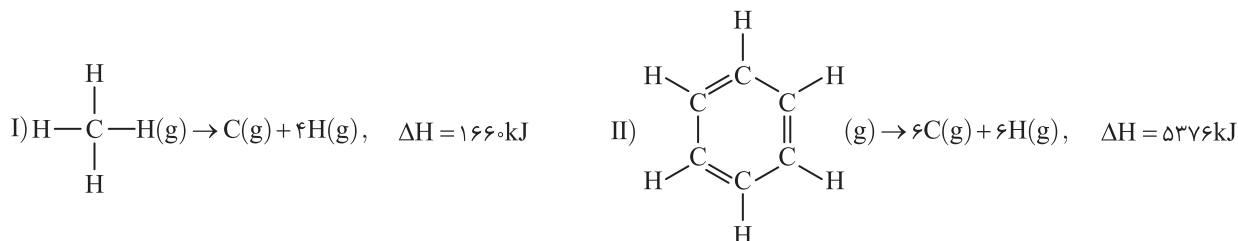
$$\frac{\text{حجم } \text{N}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول } \text{NH}_3}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{50/4}{1 \times 22/4} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = 4/5 \text{ mol } \text{NH}_3$$

روش دوم (تناسب):

در واکنش تبدیل ۱ مول  $\text{NH}_3(\text{g})$  به اتم های گازی سازنده اش، ۳ مول پیوند  $(\text{N}-\text{H})$  شکسته می شود و انرژی لازم برای آن معادل  $1170 \text{ kJ}$  ( $3 \times 390$ ) است. بنابراین برای تجزیه مقدار  $4/5$  مول  $\text{NH}_3$  به  $5265 \text{ kJ}$  ( $4/5 \times 1170$ ) انرژی نیاز است، اما در واکنش تجزیه داده شده مقدار  $585 \text{ kJ}$  مصرف شده است، پس

$$\text{بازده درصدی این واکنش برابر با } 90\% \text{ (} \frac{5265 \times 100}{585} \text{) است. بازده درصدی واکنش} = \frac{5265 \text{ kJ}}{585 \text{ kJ}} \times 100 = 90\%$$

۱۱۸۴ ۱ B ساختار متان و بنزن و معادله تبدیل آن ها به اتم های گازی به صورت زیر است:



با توجه به گرمای واکنش ها و پیوندهای شکسته شده در آن ها، رابطه  $\Delta H$  را برای هر واکنش می نویسیم:

$$\Delta H(\text{I واکنش}) = 4 \times \Delta H(\text{C}-\text{H}) = 1660 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H(\text{C}-\text{H}) = 415 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H(\text{II واکنش}) = 6 \times \Delta H(\text{C}-\text{H}) + 3 \times \Delta H(\text{C}-\text{C}) + 3 \times \Delta H(\text{C}=\text{C}) = 5376 \text{ kJ}$$

$$6 \times 415 + 3 \times 348 + 3 \times \Delta H(\text{C}=\text{C}) = 5376 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H(\text{C}=\text{C}) = 614 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

پس برای شکستن یک مول پیوند  $(\text{C}=\text{C})$  به  $614$  کیلوژول گرما نیاز داریم. اکنون گرمای مورد نیاز برای شکستن  $3/612 \times 10^{21}$  پیوند  $(\text{C}=\text{C})$  را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ kJ} = 3/612 \times 10^{21} \text{ پیوند} \times \frac{1 \text{ mol پیوند}}{6/0 \times 10^{23} \text{ پیوند}} \times \frac{614 \text{ kJ}}{1 \text{ mol پیوند}} = 3/684 \text{ kJ}$$



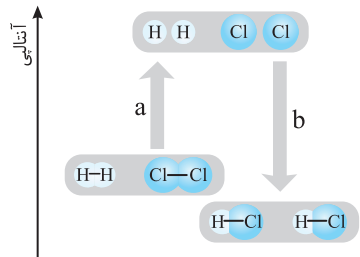


۱۱۸۵ B ۳ همه عبارت‌ها به جز عبارت چهارم درست هستند. بررسی عبارت چهارم:  $\Delta H$  یک واکنش را می‌توان از کم کردن مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده از مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده به دست آورد. [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده] - [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده] = (واکنش)  $\Delta H$

۱۱۸۶ B ۴ همه عبارت‌ها درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف) و (ب): معادله شیمیایی واکنش انجام گرفته به صورت  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$  است.

a برابر مجموع انرژی‌های مصرف شده برای شکستن یک مول از هر یک از پیوندهای (H—H) و (Cl—Cl) بوده و عددی مثبت است. در حالی که b برابر مجموع انرژی‌های آزاد شده در اثر تشکیل دو مول پیوند (H—Cl) بوده و مقداری منفی دارد. توجه کنید که آنتالپی تشکیل پیوند از نظر عددی، قرینه آنتالپی شکستن پیوند است. عبارت (پ): با توجه به اینکه a، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها و b مجموع آنتالپی تشکیل پیوند فراورده‌ها است، پس  $\Delta H$  واکنش برابر  $a+b$  است. عبارت (ت): از آنجا که a و b، به ترتیب آنتالپی شکستن پیوند و آنتالپی تشکیل پیوند هستند، اتم‌های H و Cl جدا از هم در این واکنش در حالت فیزیکی گازی قرار دارند. \* توجه آنتالپی پیوند، معادل انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند اشتراکی در حالت گازی و تبدیل آن به اتم‌های گازی سازنده آن است.

عبارت (ث): با توجه به نمودار که اندازه b بزرگ‌تر از a است می‌توان نتیجه گرفت که مجموع آنتالپی پیوند  $H_2$  و  $Cl_2$  از ۲ برابر آنتالپی پیوند HCl کوچک‌تر هستند.



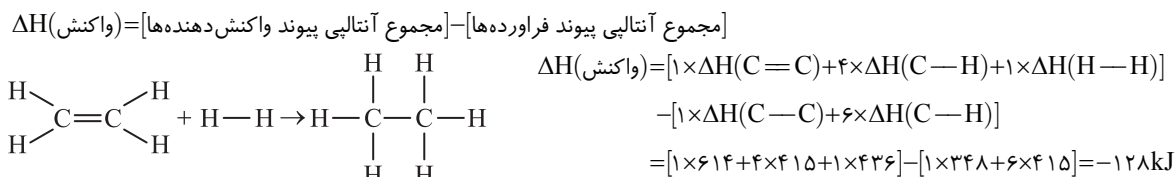
۱۱۸۷ B ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مطابق نمودار انرژی واکنش، می‌توانید پی‌بردید سطح انرژی اتم‌های گازی H و Cl بیشتر از مولکول‌های گازی  $H_2$  و  $Cl_2$  و سطح انرژی آن‌ها هم بیشتر از مولکول‌های گازی HCl است. از آنجا که پایداری با سطح انرژی رابطه عکس دارد، مقایسه میزان پایداری گونه‌ها به صورت داده شده، درست می‌باشد. عبارت (ب): در واکنش‌های گرماگیر ( $\Delta H > 0$ )، علامت Q در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد:  $\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] > 0$

[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده] > [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده]

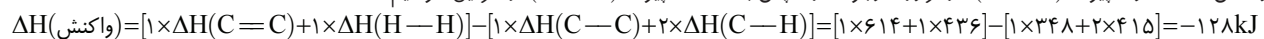
عبارت (پ): آنتالپی پیوند برای تعیین  $\Delta H$  واکنش‌هایی مناسب است که همه مواد شرکت‌کننده در آن به حالت گازی باشند. در این واکنش، نیتروگلیسرین ( $C_3H_5N_3O_9$ ) به حالت فیزیکی مایع است. پس از آنتالپی پیوندها نمی‌توان برای تعیین  $\Delta H$  واکنش استفاده کرد. عبارت (ت): مولکول‌های گازی  $NO_2$  و  $N_2O_5$  در واکنش (I) در مقایسه با مواد شرکت‌کننده در واکنش (II)، پیچیده‌تر هستند، پس به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین  $\Delta H$  در واکنش (I) تفاوت آشکاری با داده‌های تجربی دارد. عبارت (ث): واکنش تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش برخلاف واکنش تجزیه گاز دی‌نیتروژن تترااکسید گرماده است. در واکنش‌های گرماده داریم:

مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها > مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها  $\Rightarrow < [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}] < 0 \Rightarrow \Delta H < 0$

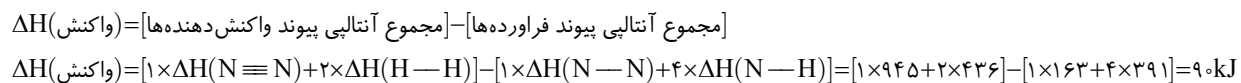
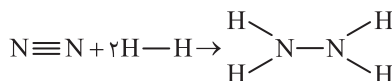
۱۱۸۸ B ۳ محاسبه  $\Delta H$  واکنش (I): ساختار مواد موجود در معادله واکنش به صورت زیر است:



\* توجه به منظور تسریع در حل سؤال، می‌توانیم پیوندهای مشترک در دو طرف معادله واکنش را ساده کرده و از نوشتن آن‌ها خودداری کنیم. در این واکنش ۴ پیوند (C—H) در واکنش‌دهنده‌ها و ۶ پیوند (C—H) در فراورده وجود دارد. پس با حذف ۴ پیوند (C—H) از طرفین خواهیم داشت:

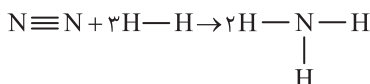


محاسبه  $\Delta H$  واکنش (II): ساختار مواد موجود در معادله واکنش به صورت مقابل است:



پس اختلاف  $\Delta H$  این دو واکنش برابر  $218 \text{ kJ}$  ( $90 - (-128)$ ) است.

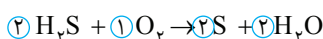
۱۱۸۹ B ۱ ساختار مواد موجود در معادله واکنش به صورت مقابل است:



اگر  $\Delta H(N-H)$  را برابر  $x \text{ kJ.mol}^{-1}$  در نظر بگیریم،  $\Delta H(H-H)$  برابر  $(x+48) \text{ kJ.mol}^{-1}$  و  $\Delta H(N \equiv N)$  برابر  $(x+556) \text{ kJ.mol}^{-1}$  است.

$$-92 = [1 \times (x+556) + 3 \times (x+48)] - [6 \times x] \Rightarrow 2x = 792 \text{ kJ.mol}^{-1} \Rightarrow x = 396 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۱۱۹۰ B ۴ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:



حال با استفاده از جدول آنتالپی پیوند،  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}] = \Delta H = (4 \times 340) + (4 \times 465) - (4 \times 340) = 3 \text{ kJ}$$

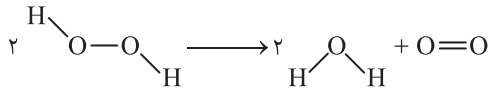
سپس گرمای مبادله شده به ازای تولید  $1000 \text{ g}$  گوگرد را محاسبه می‌نماییم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ kJ} = 1000 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} \times \frac{3 \text{ kJ}}{2 \text{ mol S}} = 46/875 \text{ kJ}$$

$$\frac{\text{جرم گوگرد تولیدی}}{\Delta H} = \frac{Q}{2 \times 32} \Rightarrow \frac{1000}{2 \times 32} = \frac{Q}{3 \text{ kJ}} \Rightarrow Q = 46/875 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

۱۱۹۱ B ابتدا معادله ساختاری واکنش را می نویسیم و  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می کنیم:



$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها}] \Rightarrow \Delta H = [4\Delta H_{(\text{O}-\text{H})} + 2\Delta H_{(\text{O}=\text{O})}] - [4\Delta H_{(\text{O}-\text{H})} + 2\Delta H_{(\text{O}=\text{O})}]$$

$$= (2 \times 204) - (498) = -90 \text{ kJ}$$

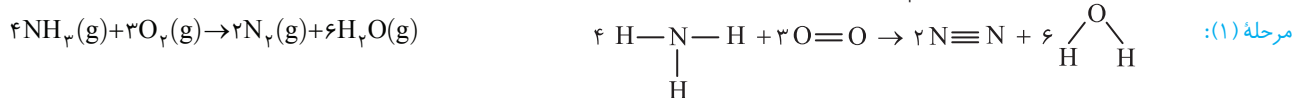
$$? \text{ kJ} = 5/6 \text{ LO}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ LO}_2} \times \frac{-90 \text{ kJ}}{1 \text{ mol O}_2} = -22/5 \text{ kJ}$$

سپس گرمای مبادله شده با محیط را به دست می آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{حجم O}_2 \text{ تولیدی}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{5/6}{1 \times 22/4} = \frac{Q}{-90 \text{ kJ}} \Rightarrow Q = -22/5 \text{ kJ}$$

**روش دوم (تناسب):**

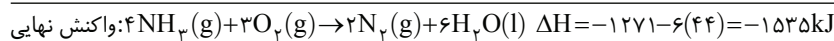
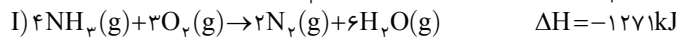
۱۱۹۲ C **قسمت اول:** ابتدا به کمک آنتالپی های پیوند،  $\Delta H$  واکنشی که همه مواد در آن به حالت گازی هستند را محاسبه می کنیم. سپس به کمک قانون هس،  $\Delta H$  واکنش مورد نظر سؤال را به دست می آوریم:



$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای مواد فرآورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای مواد واکنش دهنده}]$$

$$= [12\Delta H(\text{N}-\text{H}) + 3\Delta H(\text{O}=\text{O})] - [2\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 12\Delta H(\text{O}-\text{H})] = [(12 \times 390) + (3 \times 495)] - [(2 \times 940) + (12 \times 463)] = -1271 \text{ kJ}$$

**مرحله (۲):** استفاده از قانون هس: طبق این قانون، واکنش اول بدون تغییر، واکنش دوم را معکوس و در عدد ۶ ضرب می کنیم.



**قسمت دوم:** با توجه به معادله زیر، باید ببینیم  $1535 \text{ kJ}$ ، چند مول  $\text{FeO}$  را می تواند به  $\text{Fe}$  تبدیل کند:  $\Delta H = 25 \text{ kJ}$ ،  $\text{FeO}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$? \text{ mol FeO} = 1535 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol FeO}}{25 \text{ kJ}} = 61/4 \text{ mol FeO}$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{مول FeO}}{\text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x \text{ mol FeO}}{1} = \frac{1535}{25} \Rightarrow x \text{ mol FeO} = 61/4 \text{ mol FeO}$$

**روش دوم (تناسب):**

۱۱۹۳ B برای تبدیل ۱ گرم مولکول گازی هیدروژن به اتم های گازی هیدروژن مطابق معادله  $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}(\text{g})$  به  $218 \text{ kJ}$  انرژی نیاز است. پس آنتالپی پیوند

$$\Delta H(\text{H}-\text{H}) = 1 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{218 \text{ kJ}}{1 \text{ g H}_2} = 436 \text{ kJ}$$

( $\text{H}-\text{H}$ ) برابر است با:



ساختار مواد موجود در معادله واکنش داده شده به صورت مقابل است:

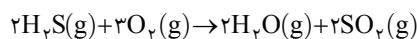
$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها}]$$

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [1 \times \Delta H(\text{H}-\text{H}) + 1 \times \Delta H(\text{Br}-\text{Br})] - [2 \times \Delta H(\text{H}-\text{Br})] \Rightarrow -99 = [1 \times 436 + 1 \times \Delta H(\text{Br}-\text{Br})] - [2 \times 364]$$

$$\Rightarrow \Delta H(\text{Br}-\text{Br}) = 193 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

اکنون به کمک آنتالپی پیوند ( $\text{Br}-\text{Br}$ )، گرمای لازم برای تبدیل ۱ گرم  $\text{Br}_2(\text{g})$  به اتم های  $\text{Br}(\text{g})$  مطابق معادله  $\text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Br}(\text{g})$  را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ g Br}_2 \times \frac{1 \text{ mol Br}_2}{160 \text{ g Br}_2} \times \frac{193 \text{ kJ}}{1 \text{ mol Br}_2} = 1/2 \text{ kJ}$$



۱۱۹۴ B معادله موازنه شده واکنش:



ساختار مواد موجود در معادله واکنش به صورت مقابل است:

ابتدا به کمک آنتالپی پیوندها،  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می کنیم:

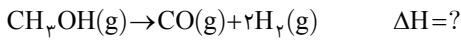
$$\Delta H(\text{واکنش}) = [4 \times \Delta H(\text{S}-\text{H}) + 3 \times \Delta H(\text{O}=\text{O})] - [4 \times \Delta H(\text{O}-\text{H}) + 2 \times \Delta H(\text{S}=\text{O}) + 2 \times \Delta H(\text{S}=\text{O})]$$

$$= [4 \times 340 + 3 \times 495] - [4 \times 463 + 2 \times 412 + 2 \times 545] = -921 \text{ kJ}$$

سپس گرمای آزاد شده به ازای سوختن گاز  $\text{H}_2\text{S}$  که در شرایط STP،  $11/2$  لیتر حجم دارد را به دست می آوریم:

$$? \text{ kJ} = 11/2 \text{ L H}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{S}}{22/4 \text{ L H}_2\text{S}} \times \frac{-921 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} = 230/25 \text{ kJ}$$

اکنون جرمی از گاز  $\text{Cl}_2$  که با  $230/25 \text{ kJ}$  گرما به اتم های مجزا تبدیل می شود را محاسبه می کنیم:  $? \text{ g Cl}_2 = 230/25 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{230/25 \text{ kJ}} \times \frac{71 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 71 \text{ g Cl}_2$



۴ ۱۱۹۵ B معادله موازنه شده واکنش:

ابتدا به کمک گرمای آزاد شده و حجم گاز هیدروژن تولیدی، آنتالپی واکنش را به یکی از دو روش زیر به دست می آوریم:

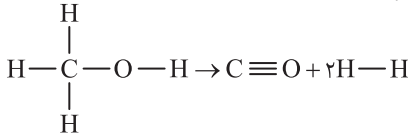
روش اول (کسر تبدیل):

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم H}_2}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{28}{2 \times 22/4} = \frac{90 \text{ kJ}}{\Delta H} \Rightarrow \Delta H = 144 \text{ kJ}$$

$$\Delta H(\text{واکنش}) = 2 \text{ mol H}_2 \times \frac{22/4 \text{ L}}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{90 \text{ kJ}}{28 \text{ L}} = 144 \text{ kJ}$$

اکنون رابطه محاسبه آنتالپی واکنش را به کمک آنتالپی پیوندها نوشته و آنتالپی پیوند (C≡O) را محاسبه می کنیم:



$$\Delta H(\text{واکنش}) = [3 \times \Delta H(\text{C}-\text{H}) + 1 \times \Delta H(\text{C}-\text{O}) + 1 \times \Delta H(\text{O}-\text{H})] - [1 \times \Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) + 2 \times \Delta H(\text{H}-\text{H})]$$

$$144 = [3 \times 415 + 1 \times 380 + 1 \times 463] - [1 \times \Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) + 2 \times 436] \Rightarrow \Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) = 1072 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$[3 \times 415 + 1 \times 380 + 1 \times 463] - [\Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) + 2 \times 436] = 144 \xrightarrow{\text{استفاده از رقم سمت راست}} [5 + 0 + 3] - [\Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) + 2] = 4$$

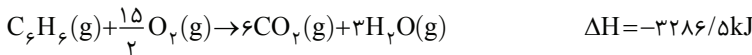
$$\Rightarrow \Delta H(\text{C} \equiv \text{O}) = 5 + 3 - 2 - 4 = +2 \text{ یا } -8$$

رقم سمت راست (+2) یا (-8) است. (پاسخ: +1072)

۲ ۱۱۹۶ B ابتدا گرمای حاصل از سوختن یک مول بنزن را محاسبه می کنیم:

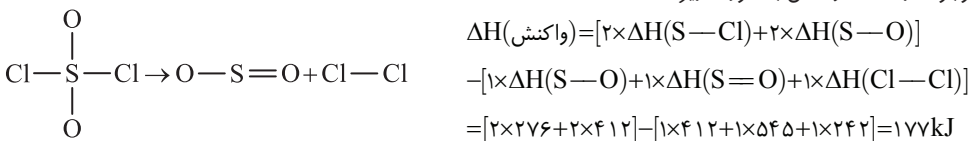
$$1 \text{ mol} \times \frac{78 \text{ g C}_6\text{H}_6}{1 \text{ mol}} \times \frac{-4175 \text{ kJ}}{1 \text{ g}} = -3256 / 5 \text{ kJ/mol}$$

باید توجه داشت که برای محاسبه آنتالپی سوختن با کمک آنتالپی پیوند باید همه گونه‌ها در حالت گازی شکل باشند. از آنجا که برای تبخیر یک مول بنزن، 30 kJ انرژی لازم است، پس گرمای حاصل از سوختن یک مول بنزن برابر  $-3256/5 + (-30) = -3286/5 \text{ kJ}$  است. اکنون به کمک میانگین آنتالپی‌های پیوند، آنتالپی پیوند (C=C) را به دست می آوریم:



$$-3286/5 = [(6 \times 415) + 3(\text{C}=\text{C}) + (3 \times 348) + (\frac{15}{2} \times 495)] - [(12 \times 799) + (6 \times 463)] \Rightarrow 1833 = 3\Delta H(\text{C}=\text{C}) \Rightarrow \Delta H(\text{C}=\text{C}) = 611 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۴ ۱۱۹۷ C قسمت اول: ساختار مواد موجود در معادله واکنش به صورت زیر است:



پس در این واکنش به ازای تولید یک مول گاز Cl<sub>۲</sub> و یک مول گاز SO<sub>۲</sub>، ۱۷۷ kJ گرما مصرف می‌شود. اکنون به کمک گرمای مصرف شده و آنتالپی واکنش، حجم گاز تولیدی را محاسبه می کنیم:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \text{گاز } (\text{SO}_2, \text{Cl}_2) = 265/5 \text{ kJ} \times \frac{2 \text{ mol گاز } (\text{SO}_2, \text{Cl}_2)}{177 \text{ kJ}} \times \frac{22/4 \text{ L گاز } (\text{SO}_2, \text{Cl}_2)}{1 \text{ mol گاز } (\text{SO}_2, \text{Cl}_2)} = 67/2 \text{ L گاز}$$

$$\frac{\text{حجم گازهای فراورده}}{\text{مجموع ضرایب گازهای فراورده}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x \text{ L}}{2 \times 22/4} = \frac{265/5 \text{ kJ}}{177 \text{ kJ}} \Rightarrow x = 67/2 \text{ L}$$

قسمت دوم: معادله حذف SO<sub>۲</sub> توسط آهک (CaO) به صورت مقابل است:

$$\text{CaO}(s) + \text{SO}_2(g) \rightarrow \text{CaSO}_3(s)$$

$$? \text{ g CaO} = 67/2 \text{ L گاز} \times \frac{1 \text{ mol گاز SO}_2}{22/4 \text{ L گاز}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{2 \text{ mol گاز}} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol SO}_2} \times \frac{56 \text{ g CaO}}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{100}{100} = 112 \text{ g CaO}$$

روش دوم (تناسب): نیمی از ۶۷/۲ لیتر گاز تولیدی SO<sub>۲</sub> است، پس حجم SO<sub>۲</sub> تولیدی برابر ۳۳/۶ L (۶۷/۲) می‌باشد.

$$\frac{\text{جرم CaO مصرفی}}{100} = \frac{\text{حجم SO}_2 \text{ مصرفی}}{22/4} \Rightarrow \frac{x \text{ g CaO} \times \frac{56}{100}}{1 \times 56} = \frac{33/6}{1 \times 22/4} \Rightarrow x = 112 \text{ g CaO}$$

۱۱۹۸ ۲ ابتدا گرمای آزاد شده در واکنش (۱) را به دست می‌آوریم؛ برای این کار لازم است با توجه به آنتالپی پیوندهای داده شده و معادله موازنه شده زیر،  $\Delta H$  واکنش (۱) را محاسبه کنیم:

$$2C \equiv O + O = O \rightarrow 2O = C = O \quad \Delta H(1) = (2 \times 1072 + 495) - (4 \times 800) = -561 \text{ kJ}$$

حال با استفاده از آنتالپی واکنش (۱) و جرم CO مصرفی، مقدار نظری گرمای آزاد شده را محاسبه می‌کنیم:

در ادامه با استفاده از بازده درصدی واکنش، مقدار عملی گرمای آزاد شده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{مقدار عملی گرما}}{\text{مقدار نظری گرما}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{x}{140/25} \times 100 \Rightarrow x = \frac{50 \times 140/25}{100} = 70/125 \text{ kJ}$$

بنابراین طبق گفته سؤال گرمای آزاد شده در واکنش (۲) نیز برابر  $70/125 \text{ kJ}$  است؛ پس از موازنه واکنش (۲) حجم گاز نیتروژن را به دست می‌آوریم:



۱۱۹۹ ۳ ابتدا  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می‌کنیم؛ معادله موازنه شده واکنش:

$N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده}] = [96] - [(159) + 4(389)] = -96 \text{ kJ}$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مقدار  $N_2H_4$  تولیدی که همان  $x$  مول در نظر گرفته شده را به دست می‌آوریم:

مول اولیه	$112 = 4 \text{ mol}$	$48/16 \times 10^{23} = 8 \text{ mol}$	۰	مول اولیه مواد $\frac{\Delta}{\epsilon} =$ مجموع مول مواد موجود در ظرف
مول نهایی	$4 - x$	$8 - 2x$	$x$	$\Rightarrow (4-x) + (8-2x) + x = \frac{\Delta}{\epsilon} (4+8) \Rightarrow 12-2x=10 \Rightarrow x=1$

گرمای آزاد شده به ازای تولید یک مول  $N_2H_4$  برابر همان  $\Delta H$  واکنش ( $96 \text{ kJ}$ ) می‌باشد و نسبت مول  $H_2$  به  $N_2$  برابر  $2 (\frac{\epsilon}{\delta})$  است.

استفاده از رقم سمت راست  $\rightarrow [1+0] - [9+6] = 1-5 = -4$  یا  $+6$  **توضیح محاسبات**

رقم سمت راست پاسخ  $(+6)$  یا  $(-4)$  است. (پاسخ: ۹۶)

۱۲۰۰ ۱ ابتدا میانگین آنتالپی پیوندهای  $(C-H)$ ،  $(C-C)$  و  $(O-H)$  را حساب می‌کنیم:

محاسبه آنتالپی پیوند  $C-H$ : در یک مول متان، ۴ مول پیوند  $C-H$  وجود دارد؛ بنابراین میانگین آنتالپی پیوند برابر است با:

$$\Delta H(C-H) = \frac{164 \text{ kJ}}{4} = 41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

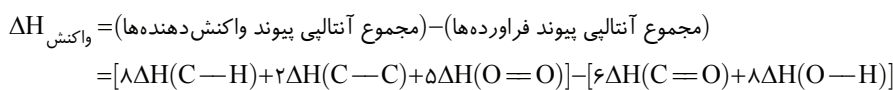
محاسبه آنتالپی پیوند  $C-C$ : در یک مول اتان، یک مول پیوند  $C-C$  و ۶ مول پیوند  $C-H$  وجود دارد؛ پس میانگین آنتالپی پیوند  $C-C$  برابر است با:

$$6\Delta H(C-H) + \Delta H(C-C) = (6 \times 41) + \Delta H(C-C) = 246 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H(C-C) = 35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

محاسبه آنتالپی پیوند  $O-H$ : در یک مول آب، ۲ مول پیوند  $O-H$  وجود دارد؛ از این رو میانگین آنتالپی پیوند  $O-H$  برابر است با:

$$\Delta H(O-H) = \frac{92 \text{ kJ}}{2} = 46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

سپس معادله واکنش سوختن پروپان را موازنه کرده و آنتالپی آن را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H(\text{واکنش}) = (8 \times 41) + (2 \times 35) + (5 \times 495) - (6 \times 800) - (8 \times 46) = -2025 \text{ kJ}$$

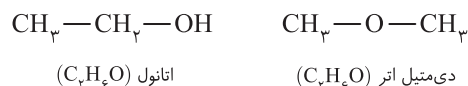
حال گرمای حاصل از سوختن ۱۱ گرم پروپان را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$? \text{ kJ} = 11 \text{ g } C_3H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{44 \text{ g } C_3H_8} \times \frac{2025 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 506/25 \text{ kJ}$$

$\frac{\text{جرم پروپان مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{11 \text{ g}}{1 \times 44} = \frac{Q}{2025 \text{ kJ}} \Rightarrow Q = 506/25 \text{ kJ}$

**روش دوم (تناسب):**

۱۲۰۱ ۲ عبارتهای اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت دوم:



گروه‌های عاملی ترکیب‌هایی هستند که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن، کربن و اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. عبارت پنجم: به ترکیب‌هایی که فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی دارند، ایزومر (هم‌پار) می‌گویند در حالی که به شکل‌های مختلف یک عنصر، آلوتروپ یا دیگر شکل گفته می‌شود. به عنوان مثال اتانول و دی‌متیل اتر ایزومر یکدیگرند و گرافیت و الماس دو آلوتروپ عنصر کربن هستند.



**۱ ۱۲۰۲ A** فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن به صورت  $(\text{—C=O—})$ ، نشانه گروه عاملی کربونیل است که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص ویژه‌ای می‌بخشد. همچنین این آرایش از اتم‌ها می‌تواند بخشی از مولکول‌های آلی دیگر نیز باشد. عبارت (ب): در ساختار گروه عاملی اتری  $(\text{—O—})$ ، اتم اکسیژن به دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. عبارت (پ): فرمول عمومی الکل‌ها و اترهای یک عاملی سیر شده با  $n$  اتم کربن به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  است. پس الکل‌ها و اترهای هم کربن فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوت دارند و ایزومر یکدیگرند. عبارت (ت): آلدهیدها و کتون‌های سیر شده زنجیری یک عاملی دارای فرمول عمومی یکسان  $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})$  و فرمول ساختاری متفاوت هستند، بنابراین می‌توان گفت آلدهیدها و کتون‌های سیر شده یک عاملی با تعداد اتم‌های کربن برابر، ایزومر یکدیگرند.

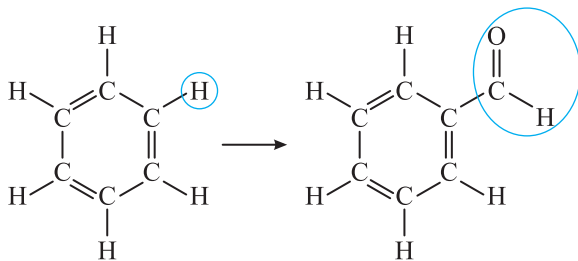
**۲ ۱۲۰۳ B**

**نکته ترکیب:** ترکیبات آلی راست‌زنجیر سیر شده تک‌عاملی:

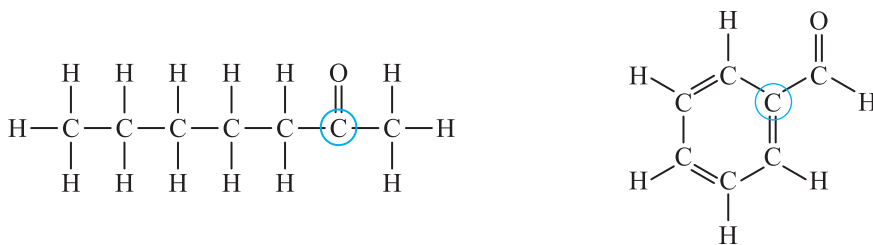
گروه عاملی	ساختار	فرمول عمومی	نخستین عضو
اتر	$\text{R}'\text{—O—R}$	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$	دی‌متیل اتر $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
الکل	$\text{H—O—R}$		متانول $\text{CH}_3\text{OH}$
کربونیل	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H—C—R} \end{array}$	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$	فرمالدهید $\text{HCOH}$
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}'\text{—C—R} \end{array}$		پروپانون یا استون $\text{CH}_3\text{COCH}_3$

**بررسی موارد:** مورد (الف): ساده‌ترین آلدهید، دارای فرمول مولکولی  $\text{CH}_2\text{O}$  است که فرمول ساختاری آن به صورت مقابل می‌باشد.  
 $\begin{array}{c} \text{H—C—H} \\ || \\ \text{O} \end{array}$   
 مورد (ب): ساده‌ترین الکل، دارای فرمول مولکولی  $\text{CH}_4\text{O}$  است و فرمول ساختاری آن به صورت مقابل می‌باشد. مورد (پ): ساده‌ترین

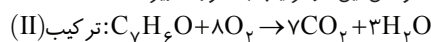
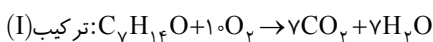
کتون، دارای فرمول مولکولی  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  است و فرمول ساختاری آن به صورت  $\text{CH}_3\text{—C(=O)—CH}_3$  می‌باشد. در هر مولکول از این کتون، ۶ اتم H و ۳ اتم C وجود دارد. مورد (ت): ساده‌ترین اتر، دارای فرمول مولکولی  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  بوده و ۶ اتم هیدروژن دارد. مولکول بنزن  $(\text{C}_6\text{H}_6)$  نیز در ساختار خود ۶ اتم هیدروژن دارد.



**۲ ۱۲۰۴ B** عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. ترکیب آلی موجود در میخک، ۲-هپتانون و ترکیب آلی موجود در بادام، بنزالدهید می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی ۲-هپتانون به صورت  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$  و فرمول مولکولی بنزالدهید به صورت  $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}$  است. عبارت (ب): گروه عاملی موجود در میخک، کتونی و گروه عاملی موجود در بادام، آلدهیدی است که هر یک به ترکیب خود خواص ویژه‌ای بخشیده‌اند. عبارت (پ): با جایگزینی یکی از اتم‌های هیدروژن بنزن  $(\text{C}_6\text{H}_6)$  با گروه عاملی آلدهیدی، بنزالدهید به دست می‌آید. عبارت (ت): مطابق ساختار ترکیب‌های آلی زیر، در هر ترکیب یک اتم کربن وجود دارد که به هیچ اتم هیدروژنی متصل نشده است.



**عبارت (ث):** معادله موازنه شده واکنش سوختن این دو ترکیب به صورت زیر است:



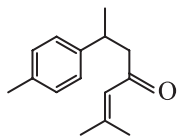
مقدار اکسیژن مورد نیاز برای سوزاندن هر مول از ترکیب (I)، ۲۰ مول بیشتر از ترکیب (II) است.

$$?L \text{ O}_2 = 2 \text{ mol O}_2 \times \frac{22/4L \text{ O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 44/8L \text{ O}_2$$

**۳ ۱۲۰۵ B** ترکیب (III) در ساختار گشیز وجود دارد و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$  است و نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به شمار اتم‌های کربن در این ترکیب

برابر  $\frac{18}{10}$  است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): ترکیب (I) در ساختار دارچین یافت می‌شود و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}$  است. گزینه (۲): ترکیب (II) در ساختار زردچوبه وجود دارد. این ترکیب همانند ۲-هپتانون دارای یک گروه عاملی کتونی و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}$  است. گزینه (۴): طعم و بوی رازیانه به‌طور عمده وابسته به گروه عاملی اتری موجود در ترکیب (IV) است. فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$  است و در هر واحد فرمولی آن  $(10+18+1)$  اتم وجود دارد.



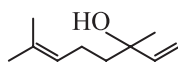


**۱۲۰۶** فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول عمومی آلدهیدها و کتون‌های یک عاملی، سیر شده و زنجیری به صورت  $C_nH_{2n}O$  است. پس آلدهید و کتون هم کربن ایزومر یکدیگر می‌باشند. اما به دلیل تفاوت در ساختار، محتوای انرژی آن‌ها با هم متفاوت است. عبارت (ب): یکی از ترکیب‌های آلی موجود در میخک، ۲-هپتانون می‌باشد که روی کربن شماره ۲ خود دارای یک گروه عاملی کتونی است. عبارت (پ): یکی از ترکیب‌های آلی موجود در زردچوبه، دارای یک حلقه بنزنی است و در ساختار آن یک گروه عاملی کتونی وجود دارد. عبارت (ت): هر دو ترکیب دارای فرمول مولکولی  $C_8H_{18}O$  هستند، اما ساختار آن‌ها متفاوت است، پس این دو ترکیب، ایزومر ساختاری یکدیگر هستند. توجه کنید که نقطه جوش ترکیب (I) به دلیل توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود، بیشتر از ترکیب (II) است.

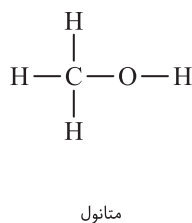
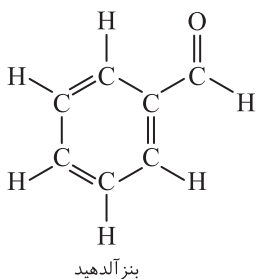
**نکته** نقطه جوش الکل‌ها بیشتر از نقطه جوش اترهای ایزومر است، زیرا الکل‌ها به دلیل داشتن اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن، می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار کنند، اما مولکول اترها فاقد این توانایی بوده و نیروهای بین‌مولکولی در آن‌ها ضعیف می‌باشد.

عبارت (ث): فرمول کلی الکل‌ها و اترهای تک‌عاملی و n کربنی که دارای گروه‌های (های) R سیر شده و خطی هستند، به صورت  $C_nH_{2n+2}O$  است.

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(C \times 4) + (H \times 1) + (O \times 2)}{2} = \frac{(n \times 4) + ((2n+2) \times 1) + (1 \times 2)}{2} = \frac{4n + 2n + 4}{2} = 3n + 2$$



**۱۲۰۷** عبارت‌های (الف) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ساختار ترکیب آلی موجود در گشنیز به صورت مقابل می‌باشد. این ترکیب در ساختار خود فاقد حلقه بنزنی است. عبارت (ب): بنزآلدهید در ساختار خود فاقد اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های O، F و N است، پس توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های خود را ندارد، در حالی که نخستین عضو خانواده الکل‌ها، متانول با ساختار  $(CH_3 - OH)$  است که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بوده و می‌تواند بین مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار نماید. عبارت (پ): فرمول مولکولی کتونی با ۳ اتم کربن به صورت  $C_3H_6O$  است و ساختار آن به صورت  $CH_3 - C(=O) - CH_3$  می‌باشد.



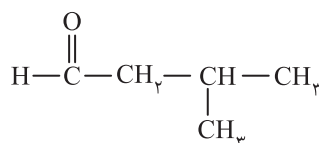
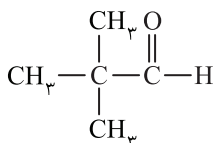
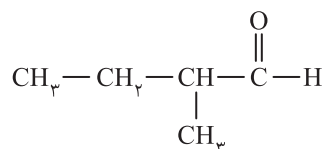
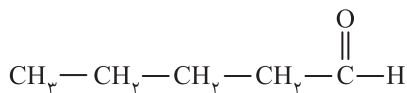
از طرفی پروپن، دومین عضو خانواده آلکن‌ها بوده و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_3H_6$  است. عبارت (ت): فرمول عمومی الکل‌ها و اترهای سیر شده تک عاملی زنجیری یکسان و به صورت  $C_nH_{2n+2}O$  است. پس فرمول مولکولی دو ترکیب داده شده به صورت  $C_4H_{10}O$  می‌باشد. عبارت (ث): در ساختار ترکیب آلی رازیانه، ۴ پیوند دوگانه وجود دارد و هر مول از این ترکیب با ۴ مول  $Br_2(l)$  واکنش می‌دهد.

$$? g Br_2 = \frac{4}{1} \text{ mol } Br_2 \times \frac{160 g Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 640 g Br_2$$

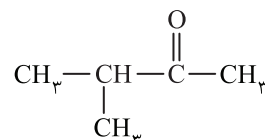
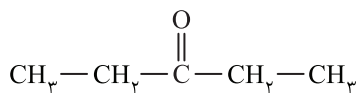
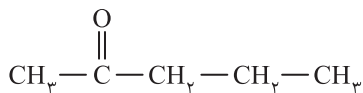
**۱۲۰۸** ایزومرها دارای فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوت هستند. بررسی ترکیب‌ها: ترکیب (الف): فرمول مولکولی ترکیب‌ها به صورت  $C_4H_{10}O$  و  $C_4H_8O$  می‌باشد. ترکیب (ب): فرمول مولکولی هر دو ترکیب به صورت  $C_8H_{16}O$  است، اما ساختار آن‌ها با هم متفاوت است، پس این دو ترکیب ایزومر یکدیگرند. ترکیب (پ): فرمول مولکولی ترکیب‌ها به ترتیب به صورت  $C_8H_{18}$  و  $C_8H_{16}$  است. ترکیب (ت): فرمول مولکولی هر دو ترکیب به صورت  $C_6H_{12}$  است، اما ساختار آن‌ها با هم متفاوت است. پس این دو ترکیب ایزومر یکدیگرند.

\* توجه سیکلوآلکان‌ها با آلکن‌های هم کربن ایزومر هستند و فرمول عمومی آن‌ها به صورت  $C_nH_{2n}$  است.

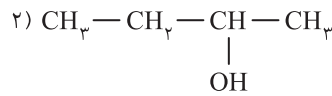
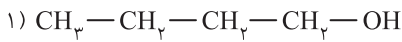
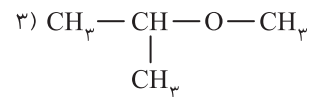
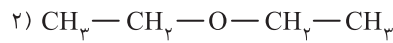
**۱۲۰۹** ساختارهای آلدهیدی:



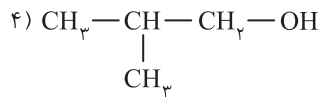
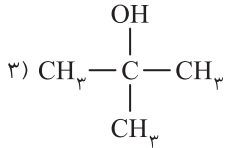
ساختار کتونی:



۱۲۱۰ ۳ ساختارهای اتری: B

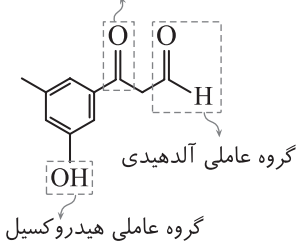


ساختارهای الکلی:



نسبت خواسته شده برابر  $\frac{۳}{۴}$  است.

گروه عاملی کتون



۱ ۱۲۱۱ B همه عبارت‌ها درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: این مولکول دارای سه گروه عاملی آلدهیدی، کتون و هیدروکسیل است. عبارت دوم: فرمول مولکولی ترکیب داده شده  $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3$  است و جرم مولی آن برابر با  $178 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.

$$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3 \text{ جرم مولی} = 10(12) + 10(1) + 3(16) = 178 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

عبارت سوم: شمار هرکدام از اتم‌های کربن و هیدروژن در هر مولکول از این ترکیب ( $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3$ ) برابر ۱۰ است. عبارت چهارم: فرمول مولکولی پنتن به صورت  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  است. شمار اتم‌های هیدروژن پنتن با شمار اتم‌های هیدروژن ترکیب صورت تست ( $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3$ ) برابر است.

۴ ۱۲۱۲ B فقط عبارت چهارم نادرست است، پس نسبت مورد نظر برابر  $\frac{۴}{۱}$  است. عبارت اول: فرمول مولکولی این

ترکیب به صورت  $\text{C}_{16}\text{H}_{21}\text{O}_2\text{N}$  است. این گزینه را به عنوان آخرین گزینه بررسی نمایید. عبارت دوم: این ترکیب در ساختار خود دارای گروه‌های عاملی اتری، الکلی و آمینی است. عبارت سوم: نفتالن همانند این ترکیب دارای ۲ حلقه کربنی متصل به هم است. عبارت چهارم: مولکول‌های پروپرانولول از سمت اتم‌های اکسیژن و نیتروژن خود و از سمت اتم‌های هیدروژن متصل به این اتم‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.

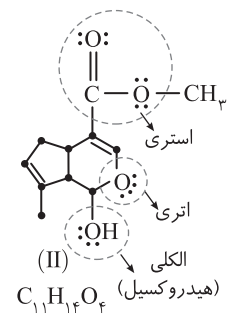
$$\text{عبارت پنجم:} = \frac{(\text{C} \times 4) + (\text{H} \times 1) + (\text{O} \times 2) + (\text{N} \times 3)}{2} = \frac{(16 \times 4) + (21 \times 1) + (2 \times 2) + (1 \times 3)}{2} = 46$$

۳ ۱۲۱۳ B فرمول مولکولی هر دو ترکیب یکسان و به صورت  $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_4$  است. نسبت جرم هیدروژن به جرم کربن در

$$\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم کربن}} = \frac{14 \times 1}{11 \times 12} = 0.106$$

ترکیب (II) به تقریب ۰/۱۰۶ است:

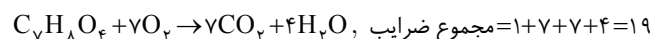
بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): ترکیب (II) گروه عاملی کتون ندارد. این ترکیب دارای گروه‌های عاملی استری، اتری و الکلی است. گزینه (۲): ترکیب (I) دارای ۲ پیوند دوگانه است، در حالی که ترکیب (II) دارای ۳ پیوند دوگانه است. گزینه (۴): فرمول مولکولی هر دو ترکیب یکسان و فرمول ساختاری آن‌ها متفاوت است؛ بنابراین این دو ترکیب ایزومرنند. در ایزومرها شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌ها و همچنین تعداد پیوندهای کووالانسی برابر است.



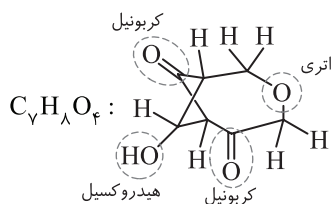
★ نکته همان‌طور که می‌دانید، شمار و نوع اتم‌های سازنده ایزومرهای یک ترکیب کاملاً یکسان است. از این رو تفاوت خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به علت تفاوت در ساختار آن‌ها است. همچنین به علت یکسان نبودن موقعیت اتم‌ها در فضا و متفاوت بودن نوع پیوندهای اشتراکی در ایزومرهای یک ترکیب، محتوای انرژی آن‌ها نیز یکسان نیست. در جدول مقابل به چند نمونه از شباهت‌ها و تفاوت‌های ایزومرهای یک ترکیب اشاره شده است:

تفاوت‌ها	شباهت‌ها
فرمول ساختاری	نوع عنصرها
خواص فیزیکی و شیمیایی	شمار اتم‌ها
محتوای انرژی	فرمول مولکولی

۱ ۱۲۱۴ C همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف): واکنش سوختن این ترکیب به صورت زیر می‌باشد:



عبارت (ب):



$$\left. \begin{aligned} \text{تعداد جفت الکترون‌های پیوندی} &= \frac{(7 \times 4) + (8 \times 1) + (4 \times 2)}{2} = 22 \\ \text{تعداد الکترون‌های ناپیوندی} &= 16 = \frac{8}{1} \\ \text{تعداد جفت الکترون‌های ناپیوندی} &= 4 \times 2 = 8 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{16}{22} = \frac{8}{11}$$

عبارت (پ): ترکیب (A) یک ترکیب  $\gamma$  کربنه است که دارای دو گروه عاملی کربونیل ( $\text{—C—O}$ )، یک گروه اتری ( $\text{—O—}$ ) و یک گروه عاملی هیدروکسیل ( $\text{—OH}$ ) است. عبارت (ت): مجموع آنتالپی پیوندها در یک مول A را برابر  $x \text{ kJ}$  در نظر می‌گیریم:

$$A \text{ ترکیب مولی } C_7H_8O_4 = 156 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad 3/12 \text{ g } C_7H_8O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_8O_4}{156 \text{ g } C_7H_8O_4} \times \frac{x \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_7H_8O_4} = 0.2x$$

برای رسیدن به پاسخ باید  $x$  را پیدا کنیم! برای تبدیل  $C_7H_8O_4(g)$  به اتم‌های تشکیل‌دهنده آن در حالت گازی، باید محاسبه کنیم که چند کیلوژول انرژی برای شکستن تمامی پیوندهای ترکیب (A) نیاز داریم:

$$\Delta H = \gamma \Delta H(C-C) + \gamma \Delta H(C-H) + 3 \Delta H(C-O) + 2 \Delta H(C=O) + \Delta H(O-H)$$

$$= (7 \times 614) + (7 \times 415) + (3 \times 380) + (2 \times 745) + (1 \times 436) = 10269 \text{ kJ} \Rightarrow 0.2x \xrightarrow{x=10269} 0.2 \times 10269 = 2053.8 \text{ kJ}$$

۱۲۱۵ فرمول مولکولی بنزآلدئید و ترکیب داده شده به ترتیب به صورت  $C_7H_6O$  و  $C_{10}H_{18}O$  است. معادله موازنه شده سوختن کامل این دو ترکیب

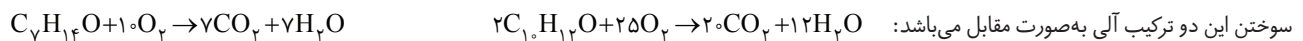


اگر در این مخلوط،  $x$  مول بنزآلدئید و  $y$  مول  $C_{10}H_{18}O$  وجود داشته باشد، در واکنش سوختن بنزآلدئید،  $7x$  مول  $CO_2$  و  $3x$  مول  $H_2O$  در واکنش سوختن  $C_{10}H_{18}O$ ،  $10y$  مول  $CO_2$  و  $9y$  مول  $H_2O$  تولید می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} \text{مجموع مول } H_2O \text{ حاصل} = 3x + 9y = 7/8 \\ \text{مجموع مول } CO_2 \text{ حاصل} = 7x + 10y = 9/4 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0.2, y = 0.8$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{مقدار مول بنزآلدئید} \\ \text{مقدار مول مخلوط} \end{array} \right\} \times 100 = \frac{0.2}{0.2+0.8} \times 100 = 20\%$$

۱۲۱۶ فرمول مولکولی ۲-هپتانون به صورت  $C_7H_{14}O$  و فرمول مولکولی ترکیب آلی موجود در رازیانه به صورت  $C_{10}H_{16}O$  می‌باشد. معادله موازنه شده



فرض می‌کنیم که در این مخلوط،  $x$  مول  $C_7H_{14}O$  و  $y$  مول  $C_{10}H_{16}O$  وجود دارد. جرم این دو ترکیب برابر است با:

$$? \text{ g } C_7H_{14}O = x \text{ mol } C_7H_{14}O \times \frac{114 \text{ g } C_7H_{14}O}{1 \text{ mol } C_7H_{14}O} = 114x \text{ g } C_7H_{14}O, ? \text{ g } C_{10}H_{16}O = y \text{ mol } C_{10}H_{16}O \times \frac{148 \text{ g } C_{10}H_{16}O}{1 \text{ mol } C_{10}H_{16}O} = 148y \text{ g } C_{10}H_{16}O$$

$$114x + 148y = 102/5 \text{ g} \Rightarrow 114x + 148y = 102/5 \text{ (I)}$$

با توجه به واکنش‌های سوختن، باید مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه کنیم:

$$? \text{ mol } CO_2 = 15/2 \text{ L } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4 \text{ L } CO_2} = 6/75 \text{ mol } CO_2$$

$$\left. \begin{array}{l} ? \text{ mol } CO_2 = x \text{ mol } C_7H_{14}O \times \frac{7 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_7H_{14}O} = 7x \text{ mol } CO_2 \\ ? \text{ mol } CO_2 = y \text{ mol } C_{10}H_{16}O \times \frac{20 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_{10}H_{16}O} = 10y \text{ mol } CO_2 \end{array} \right\} \Rightarrow 7x + 10y = 6/75 \text{ (II)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 114x + 148y = 102/5 \\ 7x + 10y = 6/75 \end{array} \right. \Rightarrow x = 0.25, y = 0.5$$

به کمک دستگاه دو معادله، دو مجهول مقادیر  $x$  و  $y$  را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } O_2 = 0.25 \text{ mol } C_7H_{14}O \times \frac{10 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_7H_{14}O} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 8 \text{ g } O_2$$

مقدار اکسیژن مورد نیاز برای سوزاندن این مخلوط برابر است با:

$$? \text{ g } O_2 = 0.5 \text{ mol } C_{10}H_{16}O \times \frac{25 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_{10}H_{16}O} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 20 \text{ g } O_2 \Rightarrow \text{مجموع جرم گاز اکسیژن مورد نیاز} = 20 + 8 = 28 \text{ g}$$

۱۲۱۷ در صورتی که تست را به درستی حل نکردید، درسنامه را با دقت مطالعه نمایید.

۱۲۱۸ همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مطابق جدول

مقابل، ارزش سوختی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها با هم برابر و کمتر از نصف ارزش سوختی چربی‌هاست. عبارت چهارم: ارزش سوختی معادل مقدار گرمای آزاد شده به ازای سوختن یک گرم از ماده سوختنی است و برخلاف  $\Delta H$  واکنش سوختن، در منابع علمی معتبر با علامت مثبت گزارش می‌شود. مثلاً ارزش سوختی یک گرم نان، برابر  $11/5 \text{ kJ}$  است. یعنی در اثر سوختن یک گرم نان،  $11/5$  کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

پروتئین	چربی	کربوهیدرات	ماده غذایی
۱۷	۳۸	۱۷	ارزش سوختی ( $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ )



**۱ ۱۲۱۹ A** عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ارزش سوختی مواد غذایی، برابر انرژی حاصل از اکسایش یک گرم از ماده غذایی است. معمولاً این انرژی برحسب کیلوژول (kJ) بیان می‌شود. پس یکای ارزش سوختی  $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$  است. عبارت (ب): ارزش سوختی چربی  $(38 \frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  بیشتر از مجموع ارزش سوختی کربوهیدرات  $(17 \frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  و پروتئین  $(17 \frac{\text{kJ}}{\text{g}})$  است. عبارت (پ): سوخت رایج یاخته‌ها در بدن گلوکز است اما این تنها منبع تأمین انرژی سلول‌ها نیست بلکه در شرایط خاص، بدن می‌تواند چربی‌ها، پروتئین‌ها و حتی اسیدهای نوکلئیک را بسوزاند و از انرژی آن‌ها استفاده کند. عبارت (ت): قند خون همان گلوکز  $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$  است که در ساختار آن، ۶ اتم C، ۱۲ اتم H وجود دارد. عبارت (ث): هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

**۳ ۱۲۲۰ B** ابتدا باید مقدار انرژی که از این مواد غذایی به بدن می‌رسد را به‌دست آوریم (باید حواسمان باشد که در جدول، ارزش سوختی به ازای ۱۰۰ گرم از مواد داده شده است):  

$$1533 \times 10^3 \text{ J} = 250 \text{ kcal} \times \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{4/2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \times 146 \text{ g} \text{ نان} \quad ? \text{ J} \quad 5881 \times 10^3 \text{ J} = 14 \text{ kcal} \times \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{4/2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \times 100 \text{ g} \text{ تخم‌مرغ}$$

$$2268 \times 10^3 \text{ J} = (588 + 1533 + 147) \times 10^3 \text{ J} \Rightarrow \text{مجموع انرژی مواد غذایی} = 147 \times 10^3 \text{ J} = 7 \text{ kcal} \times \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{4/2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \times 50 \text{ g} \text{ سیب زمینی}$$
 سپس محاسبه می‌کنیم که این مقدار انرژی، انرژی لازم برای چند روز تپش قلب یک شخص را فراهم می‌کند:  

$$\text{روز} = 21 = \frac{\text{روز} \times 24 \text{ ساعت} \times 60 \text{ دقیقه}}{2268 \times 10^3 \text{ J}} \times \frac{1 \text{ دقیقه}}{75} \times \frac{1 \text{ ساعت}}{1 \text{ J}}$$

**۱ ۱۲۲۱ B** قسمت اول: محاسبه ارزش سوختی:

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{(17 \times \text{جرم کربوهیدرات}) + (17 \times \text{جرم پروتئین}) + (38 \times \text{جرم چربی})}{\text{جرم نمونه ماده}}$$

$$= \frac{(17 \times \frac{6}{100} \times \text{ماده غذایی } 30 \text{ g}) + [30 \text{ g ماده غذایی } \times \frac{2}{100} \times (17)] + [(38 \times \frac{60}{100}) \times 30 \text{ g}]}{30 \text{ g}} = \frac{408 \text{ kJ}}{30 \text{ g}} = 13.6 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$$

**قسمت دوم:** ابتدا انرژی وارد شده به بدن از طریق خوردن ۳۰ گرم از این ماده غذایی را به‌دست می‌آوریم و سپس محاسبه می‌کنیم که با این مقدار انرژی چند دقیقه می‌توان پیاده‌روی کرد.

$$408 \text{ kJ} = [30 \text{ g ماده غذایی} \times \frac{17 \text{ kJ}}{1 \text{ g کربوهیدرات}} \times \frac{60 \text{ g کربوهیدرات}}{100 \text{ g ماده غذایی}}] + [30 \text{ g ماده غذایی} \times \frac{17 \text{ kJ}}{1 \text{ g پروتئین}} \times \frac{20 \text{ g پروتئین}}{100 \text{ g ماده غذایی}}] = 408 \text{ kJ}$$

$$? \text{ min} = 408 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ h}}{800 \text{ kJ}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 30.6 \text{ min}$$

$$? \text{ kJ} = 10 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{2070 \text{ kJ}}{1 \text{ h}} = 345 \text{ kJ}$$

**۴ ۱۲۲۲ B** ابتدا انرژی لازم برای ۱۰ دقیقه دویدن را محاسبه می‌کنیم:

سپس انرژی حاصل از مصرف ماده غذایی را به‌دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = [50 \text{ g ماده} \times \frac{60 \text{ g کربوهیدرات}}{100 \text{ g ماده}} \times \frac{17 \text{ kJ}}{1 \text{ g کربوهیدرات}}] + [50 \text{ g ماده} \times \frac{10 \text{ g پروتئین}}{100 \text{ g ماده}} \times \frac{17 \text{ kJ}}{1 \text{ g پروتئین}}] + [50 \text{ g ماده} \times \frac{38 \text{ kJ}}{100 \text{ g ماده}} \times \frac{5 \text{ g چربی}}{1 \text{ g چربی}}] = 690 \text{ kJ}$$

$$\text{درصد انرژی مصرفی ماده غذایی} = \frac{345}{690} \times 100 = 50\%$$

**۱ ۱۲۲۳ B** ابتدا مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۶۰/۱ کیلوگرم روغن زیتون را حساب می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 60/1 \times 2100 \times 120 = 1202000 \text{ J} = 1202 \text{ kJ}$$

انرژی حاصل از مصرف ۲۰۰ گرم تخم‌مرغ، به دلیل ۲۳ درصد مواد تولید کننده انرژی یعنی چربی، پروتئین و کربوهیدرات موجود در آن است؛ جرم این مواد برابر  $(\frac{23}{100} \times 200 \text{ g}) = 46 \text{ g}$  است. چون درصد چربی و پروتئین یکسان است، پس جرم آن‌ها نیز برابر می‌باشد. جرم چربی، پروتئین و کربوهیدرات موجود را به ترتیب X، X و  $(46 - 2X)$  گرم فرض می‌کنیم:

$$1202 \text{ kJ} = (46 - 2X) \text{ g} \times 17 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1} + (X) \text{ g} \times 17 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1} + (X) \text{ g} \times 38 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1} \Rightarrow X = 20 \text{ g}$$

در این تخم مرغ ۲۰ گرم چربی، ۲۰ گرم پروتئین و ۶ گرم کربوهیدرات وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:  $\frac{\text{جرم کربوهیدرات}}{\text{جرم چربی} + \text{جرم پروتئین}} = \frac{6}{20 + 20} = 0.15$

**۴ ۱۲۲۴ C** همه موارد درست هستند. بررسی موارد: عبارت (الف): با توجه به درصد جرمی کربوهیدرات، چربی و پروتئین در این ماده، جرم هر کدام از این مواد را در ۱۰۰ گرم از این نمونه ماده به ترتیب برابر ۴۰g، ۳۵g و ۱۵g است.

$$\text{ارزش سوختی ماده} = \frac{\text{مجموع انرژی حاصل از سوختن ماده}}{\text{جرم ماده}} = \frac{(40 \times 17) + (35 \times 38) + (15 \times 17)}{100} = 22.65 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$$

**عبارت (ب):** ابتدا به کمک ارزش سوختی که در قسمت قبل محاسبه شد، گرمای حاصل از سوختن ۲۰g ماده را محاسبه می‌کنیم:  $Q = 20 \text{ g} \times 22.65 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1} = 453 \text{ kJ}$

اکنون محاسبه می‌کنیم که با ۴۵۳kJ گرما، چند مولکول  $\text{O}_2$  را می‌توان به اتم تبدیل کرد:  $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}(\text{g}), \Delta H = 495 \text{ kJ}$

$$? \text{ molecule } O_2 = 453 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{495 \text{ kJ}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 5.51 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{تعداد مولکول اکسیژن}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 6.02 \times 10^{23} \times 495} = \frac{453}{495} \Rightarrow x = 5.51 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$Q = 40 \text{ g} \times 22/65 \text{ kJ.g}^{-1} = 906 \text{ kJ}$$

عبارت (ب): ابتدا گرمای حاصل از مصرف ۴۰ گرم از این ماده را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ min} = 906 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ h}}{207 \text{ kJ}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 262/6 \text{ min}$$

حال مدت زمانی را که با مصرف این مقدار ماده می‌توان دوید را محاسبه می‌کنیم:

عبارت (ت): ابتدا انرژی حاصل از مصرف ۳۰ گرم ماده مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$$Q_{\text{چربی}} = 30 \text{ g ماده} \times \frac{38 \text{ kJ}}{10 \text{ g ماده}} = 114 \text{ kJ}, Q_{\text{پروتئین}} = 30 \text{ g ماده} \times \frac{17 \text{ kJ}}{10 \text{ g ماده}} = 51 \text{ kJ} \Rightarrow Q_{\text{کل}} = 114 + 51 = 165 \text{ kJ}$$

$$Q' = 50 \text{ g} \times 22/65 \text{ kJ.g}^{-1} = 167/5 \text{ kJ}$$

سپس گرمای حاصل از مصرف ۵۰ گرم ماده صورت تست را به دست می‌آوریم:

پس در صورت استفاده از ۳۰ گرم ماده، گرمای کمتری تأمین می‌شود.

۱۲۲۵ (ب) عبارتهای اول و چهارم درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت اول و دوم: شیمی دانها آنتالپی سوختن یک ماده را هم ارز با آنتالپی واکنشی می‌دانند که

در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به‌طور کامل می‌سوزد. یکی از فرآورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق و فشار ۱ atm،  $H_2O$  است که حالت مایع دارد.

آنتالپی سوختن همواره عددی منفی و آنتالپی پیوند همواره عددی مثبت است. عبارت سوم: هر چه جرم مولی یک هیدروکربن بیشتر باشد، آنتالپی سوختن آن بیشتر است.

در آلکانها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش و ارزش سوختی کاهش می‌یابد. در میان آلکانها، متان ( $CH_4$ ) بیشترین ارزش سوختی را دارد. آنتالپی سوختن

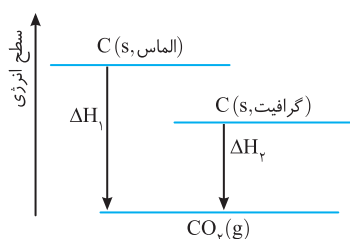
اتان بیشتر از متان است، اما ارزش سوختی ( $\frac{\text{kJ}}{\text{g}}$ ) متان بیشتر از اتان می‌باشد.

$$\text{ارزش سوختی متان} = \frac{|-890 \text{ kJ.mol}^{-1}|}{16 \text{ g.mol}^{-1}} = 55/625 \text{ kJ.g}^{-1} \Rightarrow \text{آنتالپی سوختن متان} = -890 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\text{ارزش سوختی اتان} = \frac{|-1560 \text{ kJ.mol}^{-1}|}{30 \text{ g.mol}^{-1}} = 52 \text{ kJ.g}^{-1} \Rightarrow \text{آنتالپی سوختن اتان} = -1560 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

عبارت چهارم: متان یکی از سوخت‌های فسیلی است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی، به‌طور کامل می‌سوزد و افزون بر

$CO_2$  و  $H_2O$ ، مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند.



۱۲۲۶ (ب) عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) نادرست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): سطح انرژی الماس

بیشتر از گرافیت است، پس طی واکنش گرماده سوختن و تبدیل شدن به  $CO_2(g)$ ، تغییر سطح انرژی الماس

بیشتر و در نتیجه مقدار آنتالپی سوختن آن منفی‌تر است. عبارت (ب): انرژی پتانسیل ماده سوختنی طی واکنش

سوختن، به دلیل ایجاد تغییر در شیوه اتصال اتمها کاهش می‌یابد و این تفاوت انرژی به‌صورت گرما آزاد می‌شود.

توجه کنید که در واکنش‌های سوختن، بخشی (نه همه!) از انرژی پتانسیل ماده سوختنی به‌صورت نور و گرما آزاد

می‌شود. عبارت (پ): در دمای اتاق، آب حالت فیزیکی مایع دارد. عبارت (ت): دومین عضو خانواده آلکانها، اتانول

( $C_2H_5O$ ) است که جزء سوخت‌های سبز می‌باشد. سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن،

اکسیژن نیز دارند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.

۱۲۲۷ (ب) با افزایش جرم هیدروکربن، گرمای آزاد شده در اثر سوختن آن افزایش می‌یابد. ترکیب‌های داده شده در گزینه‌های (۱) تا (۴) به ترتیب جرمی برابر ۲۵/۲، ۳۳، ۲۹ و

۳۰ گرم دارند. پس مقایسه گرمای حاصل از سوختن آنها به‌صورت «۳۵/۰ مول پنتان > ۵/۰ مول بوتان > ۱ مول اتان > ۷۵/۰ مول پروپان» است.

۱۲۲۸ (ب) موارد (ب) و (ت) درست هستند.

★ نکته در مورد آنتالپی سوختن و ارزش سوختی هیدروکربن‌ها و آلکانها به موارد زیر توجه کنید:

(الف) در هیدروکربن‌ها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش می‌یابد. (ب) آنتالپی سوختن آلکانهای راست‌زنجیر و تک عاملی از آلکانها و آلکن‌های هم کربن خود

کمتر و از آلکین هم کربن خود بیشتر است. آلکین > آلکن > آلکان : مقایسه آنتالپی سوختن (گونه‌های هم کربن)

(پ) در هیدروکربن‌ها، با افزایش جرم مولی، ارزش سوختی کاهش می‌یابد. (ت) در آلکانها با افزایش جرم مولی، آنتالپی سوختن افزایش می‌یابد. (ث) ارزش سوختی آلکانها

از آلکانهای هم کربن آنها بیشتر است.

بررسی موارد: مورد (الف): ارزش سوختی بوتان از پنتان بیشتر است. مورد (ب): مقایسه آنتالپی سوختن اتان، اتن و اتین به‌صورت  $C_2H_2 < C_2H_4 < C_2H_6$  است.

مورد (پ): مقایسه آنتالپی سوختن اتان، متانول و اتانول به‌صورت «اتان < اتانول < متانول» است. مورد (ت): در بین آلکانها و آلکانهای هم کربن، ارزش سوختی

آلکانها بیشتر است. پس ارزش سوختی اتان از اتانول بیشتر است. مورد (ث): آنتالپی سوختن آلکانها از آلکینها (در صورت داشتن کربن برابر) بیشتر است، بنابراین

آنتالپی سوختن اتانول بیشتر از اتین است.





۱۲۲۹ B ارزش سوختی مقدار گرمای آزاد شده به ازای سوختن یک گرم از ماده سوختنی است و با یکای  $\text{kJ.g}^{-1}$  بیان می‌شود. با توجه به جرم مولی ترکیب‌های داده شده، ارزش سوختی آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_5\text{OH}}{96 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_5\text{OH}} \times 2970 \text{ kJ.g}^{-1} = 309.375 \text{ kJ.g}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g } \text{CH}_3\text{OH}} \times 2270 \text{ kJ.g}^{-1} = 70.9375 \text{ kJ.g}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6}{96 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_6} \times 1560 \text{ kJ.g}^{-1} = 16.25 \text{ kJ.g}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6}{96 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_6} \times 2058 \text{ kJ.g}^{-1} = 21.4375 \text{ kJ.g}^{-1}$$

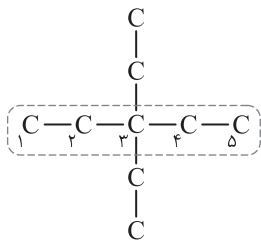
بنابراین ارزش سوختی اتان بیشتر از سه ترکیب دیگر است.

۱۲۳۰ B عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مقدار آنتالپی سوختن به ازای یک مول از ماده سوختنی تعریف می‌شود و مقدار ماده آلی تأثیری در آن ندارد. در واقع آنتالپی سوختن به جرم و مقدار ماده بستگی ندارد. عبارت (ب): جرم مولی پروپین ( $\text{C}_3\text{H}_4$ ) برابر  $40 \text{ g.mol}^{-1}$  است.

بنابراین ارزش سوختی آن برابر  $48/45 \text{ kJ.g}^{-1}$  است. عبارت (پ): مقایسه ارزش سوختی آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌های هم‌کربن به صورت  $40 \text{ g.mol}^{-1}$

«آلکان < آلکن < آلکین» است. از طرفی ارزش سوختی در آلکان‌ها، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، کاهش می‌یابد. پس بیشترین ارزش سوختی در میان آن‌ها متعلق به نخستین عضو این خانواده یعنی متان است. عبارت (ت): جرم مولی اوکتان ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) کمتر از جرم مولی نونن ( $\text{C}_9\text{H}_{18}$ ) است. پس مقدار (قدرمطلق) آنتالپی سوختن اوکتان کمتر از نونن می‌باشد. عبارت (ث): سوخت‌های سبز مثل اتانول ارزش سوختن پایین‌تری نسبت به هیدروکربن‌هایی مثل اتان، متان، اتن و... دارند.

۱۲۳۱ B فقط مورد دوم درست است. بررسی موارد: مورد اول: معادله واکنش آنتالپی سوختن اتان به ازای یک مول نوشته می‌شود و در دما و فشار اتاق، حالت فیزیکی آب نیز باید مایع باشد. مورد دوم: در میان هیدروکربن‌ها هر چه جرم مولی یک هیدروکربن بیشتر باشد، مقدار آنتالپی سوختن آن نیز بیشتر است. برای مقایسه ارزش سوختی در آلکن‌ها، اولویت شمار اتم‌های کربن است؛ هر چه شمار اتم‌های کربن کمتر باشد، ارزش سوختی بیشتر است. مورد سوم: گرمای واکنش سوختن یک مول الماس نسبت به گرمای واکنش سوختن یک مول گرافیت بیشتر است، یعنی الماس ناپایدارتر از گرافیت است. مورد چهارم: در فرایند برگشت‌پذیر  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، با افزایش دما، واکنش در جهت تولید  $\text{NO}_2$  جابه‌جا می‌شود و واکنش گرمگیر است، بنابراین  $\text{NO}_2$  پایداری کمتری دارد.

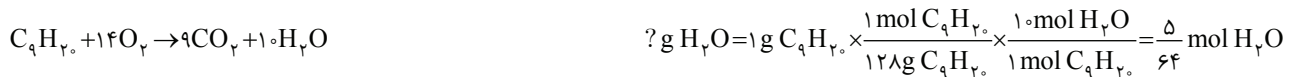
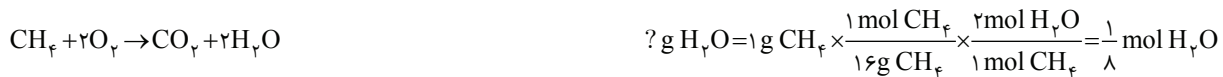


۱۲۳۲ C موارد اول، دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: به دلیل افزایش تعداد کربن‌های ترکیب ایجاد شده، گرانی، نقطه جوش و آنتالپی سوختن آن افزایش می‌یابد. مورد دوم: ترکیب حاصل به صورت مقابل است و نام آیوپاک آن «۳، ۳-دی‌اتیل پنتان» می‌باشد. مورد سوم: درصد جرمی اتم C را در  $(\text{C}_9\text{H}_{20})$  و بنزن ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) محاسبه می‌کنیم:

$$\%C(\text{C}_9\text{H}_{20}) = \frac{9 \times 12}{128} \times 100 = 84.37\%$$

$$\%C(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{6 \times 12}{78} \times 100 = 92.3\%$$

مورد چهارم: معادله موازنه شده واکنش سوختن متان و ترکیب ایجاد شده را می‌نویسیم و مقدار آب تولیدی را حساب می‌کنیم:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، میزان آب تولیدی کاهش می‌یابد. مورد پنجم: با افزایش تعداد اتم‌های کربن، مقدار آنتالپی سوختن نیز افزایش خواهد یافت و بنابراین اختلاف پایداری مواد واکنش دهنده و فراورده در واکنش سوختن کامل یک مول آن افزایش می‌یابد.

۱۲۳۳ C ابتدا به کمک گرمای مصرف شده به ازای تولید  $25/2$  گرم Fe، گرمای لازم برای تجزیه  $87$  گرم  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 87 \text{ g } \text{Fe}_3\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{Fe}_3\text{O}_4}{232 \text{ g } \text{Fe}_3\text{O}_4} \times \frac{3 \text{ mol } \text{Fe}}{1 \text{ mol } \text{Fe}_3\text{O}_4} \times \frac{56 \text{ g } \text{Fe}}{1 \text{ mol } \text{Fe}} \times \frac{168 \text{ kJ}}{25/2 \text{ g } \text{Fe}} = 420 \text{ kJ}$$

این مقدار گرما از سوختن متان تأمین می‌شود. اکنون با توجه به آنتالپی سوختن متان، جرم مورد نیاز آن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } \text{CH}_4 = 420 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CH}_4}{896 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g } \text{CH}_4}{1 \text{ mol } \text{CH}_4} = 7.5 \text{ g } \text{CH}_4$$

$$\frac{420 \times 16}{896} = ? \rightarrow \frac{45 \times 16}{900} = 8$$

تخمین زدن و ساده کردن به جای ۴۲۰ و ۸۹۶ اعداد ۹۰۰ و ۴۵۰ قرار گیرد.

+ توضیح محاسبات پاسخ نزدیک به ۸ است. (پاسخ: ۷/۵)

۱۲۳۴ B ابتدا گرمای لازم برای تبخیر  $1035$  گرم اتانول را به دست می‌آوریم و سپس به جرم و آنتالپی سوختن ترکیب آلی، جرم مولی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 1035 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_6\text{O} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}}{96 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}} \times \frac{38 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}} = 405 \text{ kJ}$$

$$\text{جرم مولی ترکیب} = \frac{18 \text{ g}}{405 \text{ kJ}} \times \frac{190 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 8.5 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی ترکیب مورد نظر برابر  $40$  گرم بر مول است، پس این ترکیب می‌تواند  $\text{C}_3\text{H}_4$  باشد.

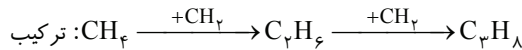
۱ ۱۲۳۵ B ابتدا گرمای لازم برای افزایش دمای نمونه آمالگام به اندازه  $25^\circ\text{C}$  را به دست می‌آوریم و سپس به کمک آنتالپی سوختن اتان، جرم اتان مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم.

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow Q_{\text{نقره}} = (2 \times 10^3 \times \frac{6}{100}) \times 0.24 \times 25 = 7200 \text{ J}, Q_{\text{جیوه}} = (2 \times 10^3 \times \frac{4}{100}) \times 0.14 \times 25 = 2800 \text{ J}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_{\text{نقره}} + Q_{\text{جیوه}} = 7200 + 2800 = 10000 \text{ J} = 10 \text{ kJ}$$

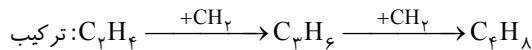
$$? \text{ g } C_2H_6 = 10 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{1560 \text{ kJ}} \times \frac{30 \text{ g } C_2H_6}{1 \text{ mol } C_2H_6} = 0.19 \text{ g } C_2H_6$$

۴ ۱۲۳۶ C در این سؤال باید با استفاده از آنتالپی سوختن هیدروکربن‌های موجود در جدول، آنتالپی سوختن  $C_3H_8$  و  $C_4H_{10}$  را تعیین کنیم. به توضیحات زیر توجه کنید: تفاوت  $CH_4$ ،  $C_2H_6$  و  $C_3H_8$  در یک گروه  $CH_2$  است. بنابراین اختلاف آنتالپی سوختن این ترکیب‌ها نیز تقریباً یکسان است.



$$-2230 \text{ kJ.mol}^{-1} \xrightarrow{-670} -1560 \text{ kJ.mol}^{-1} \xrightarrow{-670} -890 \text{ kJ.mol}^{-1} \text{ آنتالپی سوختن}$$

بنابراین آنتالپی سوختن پروپان تقریباً برابر  $-2230 \text{ kJ.mol}^{-1}$  است. تفاوت  $C_2H_6$ ،  $C_3H_8$  و  $C_4H_{10}$  نیز در یک گروه  $CH_2$  می‌باشد. مشابه محاسبات قبلی می‌توان نوشت:



$$-2706 \text{ kJ.mol}^{-1} \xrightarrow{-648} -2058 \text{ kJ.mol}^{-1} \xrightarrow{-648} -1410 \text{ kJ.mol}^{-1} \text{ آنتالپی سوختن}$$

بنابراین آنتالپی سوختن ۱- بوتن تقریباً برابر  $-2706 \text{ kJ.mol}^{-1}$  است. اختلاف خواسته شده برابر است با:

$$476 \text{ kJ} = -2230 - (-2706)$$

۲ ۱۲۳۷ B در هر خانواده از ترکیبات آلی مانند آلکان‌ها، تفاوت آنتالپی سوختن عضوهای متوالی یکسان است؛ بنابراین تفاوت آنتالپی سوختن متان و اتان با تفاوت آنتالپی سوختن اتان و پروپان برابر است؛ پس خواهیم داشت:

$$b - (-1560) = -2230 - (-890) \Rightarrow b = -2230 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

از تقسیم قدرمطلق آنتالپی سوختن هر ماده به جرم مولی آن، ارزش سوختی آن ماده به دست می‌آید:

$$\text{ارزش سوختی } C_3H_8 = \frac{|\text{آنتالپی سوختن } C_3H_8|}{\text{جرم مولی } C_3H_8} = \frac{2230}{44} = 50.7 \text{ kJ.g}^{-1}$$

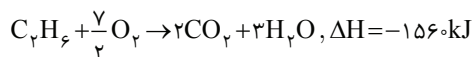
۲ ۱۲۳۸ B با توجه به جرم چربی، کربوهیدرات و پروتئین مصرفی، مقدار انرژی لازم برای هر دقیقه پیاده‌روی را حساب می‌کنیم:

$$Q_{\text{کل}} = 190 + 255 = 445 \text{ kJ} \Rightarrow 445 \text{ kJ} = 15 \text{ g} \times 17 \text{ kJ.g}^{-1} = 255 \text{ kJ} \text{ حاصل از کربوهیدرات و پروتئین, } 190 \text{ kJ} = 5 \text{ g} \times 38 \text{ kJ.g}^{-1} \text{ حاصل از چربی}$$

پس انرژی لازم برای هر دقیقه پیاده‌روی برابر  $445 \text{ kJ}$  است، از این رو در ۱۰ دقیقه پیاده‌روی  $4450 \text{ kJ}$  گرما مصرف می‌شود:

$$Q = 10 \text{ min} \times 445 \text{ kJ.min} = 4450 \text{ kJ}$$

اکنون مقدار اتان مصرفی برای تولید این میزان انرژی را حساب می‌کنیم:



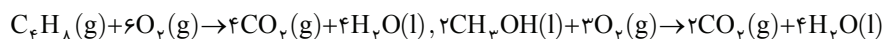
$$? \text{ g } C_2H_6 = 4450 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{1560 \text{ kJ}} \times \frac{30 \text{ g } C_2H_6}{1 \text{ mol } C_2H_6} = 85.6 \text{ g } C_2H_6$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم اتان مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 30 \times 1560} = \frac{4450}{1560} \Rightarrow x = 85.6 \text{ g } C_2H_6$$

روش دوم (تناسب):

۲ ۱۲۳۹ B قسمت اول: معادله موازنه‌شده واکنش‌ها:



ابتدا گرمای آزاد شده به ازای مصرف  $4/816 \times 10^{23}$  مولکول  $O_2$  در واکنش اول و تولید  $1/2$  مول  $CO_2$  و  $H_2O$  در واکنش دوم را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 4/816 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_{10}}{6 \text{ mol } O_2} \times \frac{2700 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_4H_{10}} = 360 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kJ} = 1/2 \text{ mol } (CO_2, H_2O) \times \frac{2 \text{ mol } CH_3OH}{(2+4) \text{ mol } (CO_2, H_2O)} \times \frac{730 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } CH_3OH} = 292 \text{ kJ}$$

$$\text{اکنون اختلاف آن‌ها را محاسبه می‌کنیم: } 360 - 292 = 68 \text{ kJ}$$

اکنون اختلاف آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:



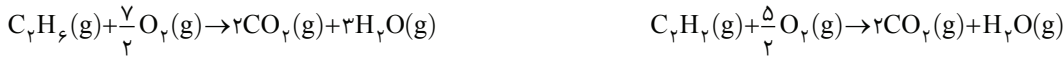
قسمت دوم:

$$? g C_4H_{10} = 4/11 \times 10^{23} O_2 \text{ مولکول} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{6/0.2 \times 10^{23} O_2 \text{ مولکول}} \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_{10}}{6 \text{ mol } O_2} \times \frac{56 g C_4H_{10}}{1 \text{ mol } C_4H_{10}} = 7/46 g C_4H_{10}$$

$$? g CH_3OH = 1/2 \text{ mol } (CO_2 + H_2O) \times \frac{2 \text{ mol } CH_3OH}{(2+4) \text{ mol } (CO_2 + H_2O)} \times \frac{32 g CH_3OH}{1 \text{ mol } CH_3OH} = 12/8 g CH_3OH$$

$CH_3OH$  و  $C_4H_{10}$  جرم اختلاف  $= 12/8 - 7/46 = 5/349$

معادله موازنه شده واکنش سوختن یک مول از اتان و اتین به صورت زیر است:



با توجه به ساختار مواد موجود در واکنش‌ها، اختلاف آنتالپی پیوندهای  $(C \equiv C)$  و  $(C - C)$  را به کمک میانگین آنتالپی پیوندهای داده شده، به دست می‌آوریم. از آنجا که آنتالپی سوختن اتان منفی‌تر از اتین است، پس خواهیم داشت:

$$\Delta H(\text{سوختن اتان}) - \Delta H(\text{سوختن اتین}) = -188 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

[مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده] - [مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش دهنده] =  $\Delta H(\text{واکنش})$

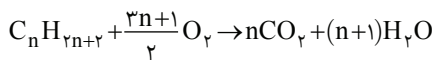
$$-188 = \left[ [1 \times \Delta H(C-C) + 6 \times \Delta H(C-H) + \frac{7}{2} \times \Delta H(O=O)] - [4 \times \Delta H(C=O) + 6 \times \Delta H(O-H)] \right] - \left[ [1 \times \Delta H(C \equiv C) + 2 \times \Delta H(C-H) + \frac{5}{2} \times \Delta H(O=O)] - [4 \times \Delta H(C=O) + 2 \times \Delta H(O-H)] \right]$$

پیش از جای گذاری آنتالپی‌های پیوند، عبارت بالا را تا حد امکان ساده می‌کنیم:

$$-188 = \Delta H(C-C) - \Delta H(C \equiv C) + 4 \times \Delta H(C-H) + \frac{7}{2} \times \Delta H(O=O) - 4 \times \Delta H(O-H)$$

$$-188 = \Delta H(C-C) - \Delta H(C \equiv C) + 4 \times 415 + 1 \times 495 - 4 \times 463 \Rightarrow \Delta H(C \equiv C) - \Delta H(C-C) = 491 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ابتدا باید فرمول مولکولی این آلکان را به دست آوریم:



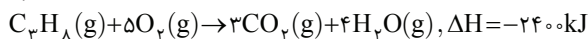
معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل آلکان‌ها:

در این واکنش به ازای سوختن ۶/۶ گرم آلکان، ۱۰/۸ گرم آب تولید می‌شود. بنابراین:

$$6/6 g C_n H_{2n+2} \times \frac{1 \text{ mol } C_n H_{2n+2}}{(14n+2) g C_n H_{2n+2}} \times \frac{(n+1) \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_n H_{2n+2}} \times \frac{18 g}{1 \text{ mol } H_2O} = 10/8 g H_2O$$

$$6/6 \times 18(n+1) = 10/8(14n+2) \Rightarrow 11n+11 = 14n+2 \Rightarrow n=3$$

بنابراین، این آلکان پروپان است و با توجه به صورت سؤال، آنتالپی سوختن آن برابر با  $-2400$  کیلوژول بر مول است. اکنون گرمای حاصل از سوختن کامل ۱۱ گرم از این آلکان را حساب می‌کنیم:



$$11 g C_3H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_8}{44 g C_3H_8} \times \frac{2400 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 600 \text{ kJ} \Rightarrow Q = 600000 \text{ J}$$

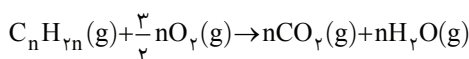
اکنون تغییرات دمای  $3000 \text{ g}$  آب را پس از جذب این مقدار گرما به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c} \Rightarrow \frac{600000}{3000 \times 4} \Rightarrow \Delta\theta = 5^\circ C$$

با داشتن دمای اولیه ( $25^\circ C$ ) و تغییرات دما، دمای نهایی آب را به دست می‌آوریم:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \Rightarrow 5 = \theta_2 - 25 \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ C$$

ابتدا باید فرمول مولکولی الکن را به دست آوریم. معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل آلکن‌ها به صورت زیر است:



$$? L O_2 = 10^{23} C_n H_{2n} \text{ مولکول} \times \frac{1 \text{ mol } C_n H_{2n}}{6 \times 10^{23} C_n H_{2n} \text{ مولکول}} \times \frac{\frac{3}{2} n \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n}} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{1 L O_2}{1/28 g O_2} = 18/7 \text{ L } O_2 \Rightarrow n=3$$

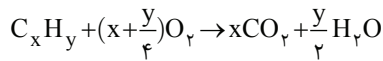
فرمول مولکولی مورد نظر،  $C_3H_6$  است.

باید جرمی از این آلکن که در واکنش سوختن شرکت کرده و مقدار گرمای حاصل از سوختن آن را به دست آوریم:

$$? g C_3H_6 = 0/45 \text{ mol } C_3H_6 \times \frac{42 g C_3H_6}{1 \text{ mol } C_3H_6} = 18/9 g C_3H_6 \quad Q = mc\Delta\theta = 34/3 \times 10^3 \times 30 \times 0/9 = 926100 \text{ J} = 926/1 \text{ kJ}$$

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{Q}{m} = \frac{926/1}{18/9} = 49 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

۱۲۴۳ C فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر را  $C_xH_y$  در نظر می‌گیریم، بنابراین  $x+y=12$  و معادله موازنه‌شده واکنش به صورت زیر است:



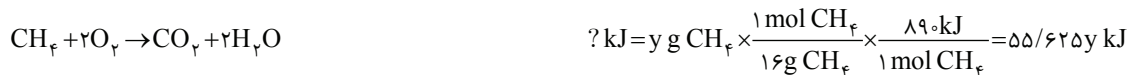
ابتدا به کمک حجم گاز  $CO_2$  و جرم آب تولیدی، مول  $C_xH_y$  مصرفی را به دست آورده و مساوی هم قرار می‌دهیم:

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ mol } C_xH_y = 33/6L CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4L} \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{x \text{ mol } CO_2} &= \frac{3}{2x} \text{ mol } C_xH_y \\ ? \text{ mol } C_xH_y = 13/5g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18g H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{\frac{y}{2} \text{ mol } H_2O} &= \frac{3}{2y} \text{ mol } C_xH_y \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{3}{2x} &= \frac{3}{2y} \Rightarrow x=y \xrightarrow{x+y=12} x=y=6 \end{aligned}$$

پس هیدروکربن مورد نظر  $C_6H_6$  است و به ازای سوختن  $0.25 \text{ mol}$  ( $\frac{3}{2x} = \frac{3}{2y} = \frac{3}{2 \times 6}$ ) از آن ۸۱۷ کیلوژول گرما تولید می‌شود. پس آنتالپی سوختن آن برابر است با:

$$\Delta H(C_6H_6 \text{ سوختن}) = \frac{817 \text{ kJ}}{0.25 \text{ mol } C_6H_6} = 3268 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۲۴۴ C قسمت اول: فرض کنیم در مخلوط اولیه  $x$  گرم  $H_2$  و  $y$  گرم  $CH_4$  داریم و گرمای آزاد شده در اثر سوختن هر یک را محاسبه می‌کنیم:



$$\begin{cases} x+y=50 \text{ g} \\ 285x+55.625y=5075 \end{cases} \Rightarrow y=40, x=10$$

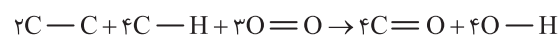
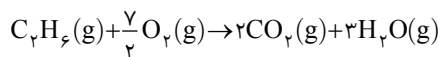
انکون با توجه به مجموع جرم هیدروژن و متان و مجموع گرمای آزاد شده در واکنش سوختن آن‌ها خواهیم داشت:  $x=10, y=40$

بنابراین در این مخلوط  $40$  گرم متان و  $10$  گرم هیدروژن داریم و درصد جرمی گاز هیدروژن در مخلوط برابر  $20\%$  است. درصد جرمی  $H_2$   $= \frac{10 \text{ g}}{10 \text{ g} + 40 \text{ g}} \times 100 = 20\%$

$$? \text{ kJ} = 0.89 \text{ mol } H_2 \times \frac{570 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } H_2} = 507 \text{ kJ} \quad ? \text{ g } CH_4 = 50.7/3 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{890 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 9.12 \text{ g } CH_4$$

قسمت دوم:

۱۲۴۵ C ابتدا تفاوت آنتالپی سوختن دو ترکیب را محاسبه می‌کنیم: به این منظور ابتدا تفاوت پیوندهای واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها در دو واکنش را تعیین می‌کنیم.



تفاوت پیوندها در معادله دو واکنش:

سپس به کمک مقادیر آنتالپی‌های پیوند،  $\Delta H$  واکنش فرضی بالا را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H \text{ واکنش} = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها}] = [2(348) + 4(414) + 3(495)] - [4(800) + 4(463)] = -1215 \text{ kJ}$$

این مقدار تفاوت، مربوط به سوختن یک مول از هر کدام از ترکیبات است. برای محاسبه تفاوت گرمای حاصل از سوختن  $5/10$  مول از هر کدام کافی است، عدد  $-1215$

$$? \text{ kJ} = 0.5 \text{ mol} \times \frac{1215 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 607.5 \text{ kJ}$$

از هر ترکیب (از هر ترکیب)  $607.5 \text{ kJ}$  می‌رسیم که در گزینه (۱) آمده است.

۱۲۴۶ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل صورت تست، گرماسنج لیوانی را نشان می‌دهد. گرماسنج لیوانی یک

روش تجربی و عملی برای اندازه‌گیری  $\Delta H$  یک واکنش است.

\* توجه: گرماسنجی برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش‌ها در روش پیشنهاد می‌کند: ۱- گرماسنجی که روش مستقیم اندازه‌گیری  $\Delta H$  یک واکنش است. ۲- روش‌های

غیرمستقیم تعیین  $\Delta H$  (استفاده از قانون هس و میانگین آنتالپی پیوندها)

عبارت (ب): گرماسنج لیوانی، گرمای واکنش را در فشار ثابت تعیین می‌کند (نه در حجم ثابت) و در واقع گرمای اندازه‌گیری شده در این گرماسنج، هم‌ارز با آنتالپی واکنش ( $\Delta H$ ) می‌باشد. ( $Q_p = \Delta H =$  گرمای واکنش در فشار ثابت) عبارت (پ): با توجه به ثابت بودن فشار در گرماسنج لیوانی می‌توان نتیجه گرفت که این

گرماسنج برای تعیین گرمای واکنش‌هایی که منجر به تولید فرآورده‌های گازی می‌شوند، مناسب نیست. به‌طور کلی گرماسنج لیوانی برای تعیین  $\Delta H$  فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است. عبارت (ت): اگر دو لیوان یکبار مصرف را درون هم قرار دهیم و درون آن مقدار معینی آب یا محلول ریخته و آن را به یک درپوش عایق که در آن دماسنج و میله همزن شیشه‌ای تعبیه شده مجهز کنیم، یک گرماسنج لیوانی ساخته‌ایم. عبارت (ث): دو لیوان یک‌بار مصرف و درپوش یونولیتی بخش عمده‌ای از گرما را در گرماسنج نگه می‌دارند و مانع از اتلاف آن می‌شوند.



قسمت اول: در اثر انحلال  $\text{CaCl}_2$  در آب، دمای آب افزایش یافته است. بنابراین انحلال این نمک در آب گرماده است ( $\Delta H < 0$ ). ابتدا گرمای آزاد

$$Q = \underbrace{m \cdot c \cdot \Delta\theta}_{\text{محلول}} = (444 + 1216) \times 4 \times 5 = 332 \times 10^3 \text{ J}$$

شده طی این انحلال را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ mol CaCl}_2 \times \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{332 \times 10^3 \text{ J}}{444 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{1 \text{ kJ}}{10^3 \text{ J}} = 83 \text{ kJ}$$

اکنون گرمای آزاد شده به ازای انحلال یک مول  $\text{CaCl}_2$  را به دست می‌آوریم:

$$\frac{111 \times 332 \times 10^3}{444 \times 10^3} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{111 \times 332 \times 10^3}{444 \times 10^3} = \frac{332}{4} \xrightarrow{\text{تقسیم یکنای}} \frac{75}{4} + \frac{8}{4} = 75 + 8 = 83$$

+ توضیح محاسبات

قسمت دوم: ارزش سوختی متان برابر  $-890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است؛ یعنی در اثر سوختن یک مول متان ( $\text{CH}_4$ )،  $890$  کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

$$? \text{ g CH}_4 = 83 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{890 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 1.5 \text{ g CH}_4$$

$$\frac{83 \times 16}{890} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{83 \times 16}{900} = 1.44$$

به جای  $83$  و  $890$  اعداد  $81$  و  $900$  قرار گیرد

+ توضیح محاسبات پاسخ اندکی بزرگ‌تر از  $1/44$  است. (پاسخ:  $1/5$ )

قسمت اول: ابتدا گرمای حاصل از انحلال  $108$  گرم  $\text{NH}_4\text{Cl}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ J} = 108 \text{ g NH}_4\text{Cl} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{54 \text{ g NH}_4\text{Cl}} \times \frac{15.3 \text{ kJ}}{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 30600 \text{ J}$$

این مقدار گرما سبب گرم شدن کل محتویات گرماسنج یعنی  $\text{NH}_4\text{Cl}$  و آب می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{نمک}} = 30600 = ((150 \times 4/2) \times (\theta_p - 25)) + (108 \times 1/25) \times (\theta_p - 25) \Rightarrow 765(\theta_p - 25) = 30600 \Rightarrow \theta_p - 25 = 40 \Rightarrow \theta_p = 65^\circ \text{C}$$

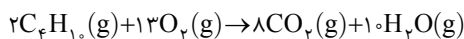
قسمت اول: ابتدا گرمای حاصل از انحلال  $63$  گرم نمک  $\text{KOH}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ J} = 63 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{56 \text{ kJ}}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 63000 \text{ J}$$

این مقدار گرما سبب افزایش دمای محلول به اندازه  $5^\circ \text{C}$  ( $73 - 23$ ) می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$Q = \underbrace{m \cdot c \cdot \Delta\theta}_{\text{محلول}} \Rightarrow 63000 = (63 + m) \times 4/2 \times 5 \Rightarrow m = 237 \text{ g}$$

قسمت دوم: سنگین‌ترین آلکان راست‌زنجیر که در دمای اتاق به صورت گاز است، بوتان ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) می‌باشد:



$$? \text{ g C}_4\text{H}_{10} = 237 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{10 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} = 153$$

قسمت اول: در اثر انحلال  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ، دمای محلول کاهش یافته است. بنابراین انحلال این نمک در آب گرماگیر است ( $\Delta H > 0$ ). ابتدا گرمای جذب شده طی

$$? = 50/4 \text{ g NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{26 \text{ kJ}}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 16380 \text{ J}$$

این انحلال را به دست می‌آوریم:

این گرما از محلول و اجزای سازنده گرماسنج گرفته می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{محلول}} + Q_{\text{گرماسنج}} = (m \cdot c \cdot \Delta\theta) + (C \cdot \Delta\theta)$$

$$16380 = [(199/6 \text{ g آب} + 50/4 \text{ g NH}_4\text{NO}_3) \times 4/2 \times (21 - 8)] + [C \cdot \text{گرماسنج} \times (21 - 8)] \Rightarrow C_{\text{گرماسنج}} = 210 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = ((750 \times 1/2) + (250 \times 1/4)) \times 4/2 \times (29 - 25) = 21000 \text{ J}$$

قسمت اول: گرمای حاصل از واکنش برابر است با:

روش اول (کسر تبدیلی): با توجه به آنتالپی واکنش داده شده، مقدار مول  $\text{NaOH}$  مصرفی برابر است با:

$$? \text{ mol NaOH} = 21000 \text{ J} \times \frac{1 \text{ kJ}}{10^3 \text{ J}} \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{280 \text{ kJ}} = 0.15 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.15 \text{ mol}}{(750 \times 10^{-3}) \text{ L}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

پس غلظت مولی محلول سدیم هیدروکسید برابر است با:

$$\text{غلظت مولار} \times \text{لیتر محلول} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow (750 \times 10^{-3}) \times x = \frac{21}{280} \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):



۱۲۵۲ C ابتدا گرمایی که صرف افزایش دمای محلول شده است (مقدار عملی) را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید که جرم نهایی محلول، برابر با مجموع جرم دو محلول اولیه است.

$$V \text{ محلول} = 150 \text{ mL Sr(OH)}_2 + 250 \text{ mL HBr} = 400 \text{ mL} \xrightarrow{d=\frac{m}{V}} m \text{ محلول} = 400 \text{ mL محلول} \times \frac{\text{محلول g}}{\text{mL محلول}} = 400 \text{ g محلول}$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 400 \times 4 / 2 \times 4 / 5 = 7560 \text{ J} = 7 / 56 \text{ kJ}$$

حال مقدار نظری گرمای آزاد شده را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 150 \text{ mL Sr(OH)}_2 \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{0.6 \text{ mol Sr(OH)}_2}{1 \text{ L Sr(OH)}_2 \text{ محلول}} = \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Sr(OH)}_2} \times \frac{56 \text{ kJ}}{1 \text{ mol OH}^-} = 10 / 8 \text{ kJ}$$

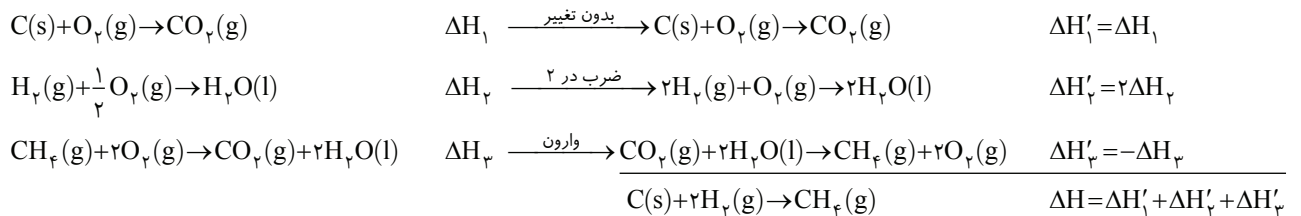
در نهایت می‌توان بازده درصدی را محاسبه کرد:  $\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{7 / 56}{10 / 8} \times 100 = 75\%$

**نکته** در تعیین گرمای واکنش بین اسیدها و بازها، آنچه که مهم است واکنش  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  می‌باشد و سایر یون‌های موجود در واکنش (مثل  $\text{Sr}^{2+}$  یا  $\text{Br}^-$ ) به اصطلاح تماشاچی هستند و تأثیری بر نتیجه نهایی ندارند. لذا صرفاً با داشتن آنتالپی واکنش بین یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید می‌توان مسئله را حل کرد.

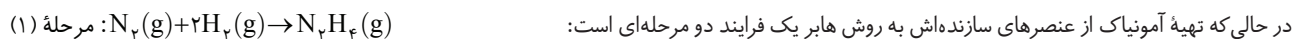
۱۲۵۳ B عبارتهای (الف) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): آزمایش‌ها نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای تولید متان از واکنش گرافیت و گاز هیدروژن بسیار دشوار و پرهزینه است. به همین دلیل از روش‌های مستقیم و تجربی نمی‌توان برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش استفاده کرد. عبارت (پ): روش‌های محاسباتی مانند قانون هس، از روش‌های محاسباتی (غیرتجربی) و دقیق تعیین  $\Delta H$  واکنش‌ها هستند. عبارت (ت): استفاده از آنتالپی‌های پیوند موجود در واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها، یک روش محاسباتی و غیرتجربی برای تعیین  $\Delta H$  واکنش‌هاست.

۱۲۵۴ B همه موارد جزء یافته‌های هنری هس هستند. نتایج پژوهش‌های هنری هس به این صورت است: (۱) گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست. به عبارت دیگر اگر چند مسیر مختلف برای انجام یک واکنش شیمیایی وجود داشته باشد، مقدار  $\Delta H$  در همه این روش‌ها یکسان است. (۲) استفاده از روش‌های غیرمستقیم برای تعیین  $\Delta H$  یک واکنش در صورتی مجاز است که شرایط انجام همه واکنش‌ها یکسان باشد. (۳) اگر معادله یک واکنش را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.

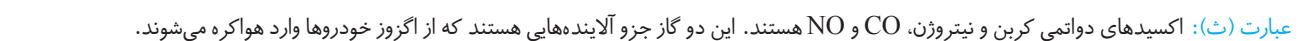
۱۲۵۵ B عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی در زیر آب، گاز متان تولید می‌شود. عبارت (ت): برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش می‌توان بر اساس قانون هس از واکنش‌های دیگری بهره برد که  $\Delta H$  آن‌ها از پیش تعیین شده است. به منظور تعیین  $\Delta H$  واکنش تهیه متان از عنصرهای سازنده‌اش می‌توان از واکنش سوختن گرافیت، گاز هیدروژن و گاز متان استفاده نمود؛ زیرا می‌توان با جمع کردن معادله‌های این واکنش‌ها (پس از اعمال تغییرات لازم) به واکنش تولید متان از عنصرهای سازنده‌اش رسید.



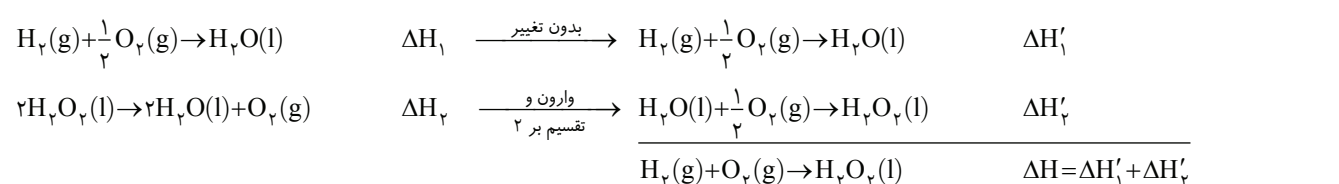
۱۲۵۶ B عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هیدروژن پراکسید ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد. عبارت (ب): شیمی‌دان‌ها برای تبدیل گازهای NO و CO به گازهایی پایدارتر و با آلاینده‌گی کمتر، واکنش  $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$  را طراحی کرده‌اند که یکی از فرآورده‌های آن ( $\text{N}_2$ ) گاز دواتمی و فرآورده دیگر آن ( $\text{CO}_2$ ) یک گاز سه‌اتمی است. عبارت (پ): متان ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان‌هاست. این گاز نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد؛ از این رو به گاز مرداب معروف است. عبارت (ت): واکنش تولید گاز CO از سوختن گرافیت یک واکنش یک مرحله‌ای است:



در حالی که تهیه آمونیاک از عنصرهای سازنده‌اش به روش هابر یک فرایند دو مرحله‌ای است:

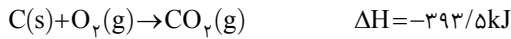
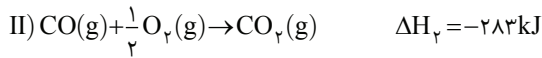
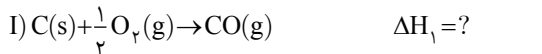


عبارت (ث): اکسیدهای دواتمی کربن و نیتروژن، CO و NO هستند. این دو گاز جزو آلاینده‌هایی هستند که از آگزوز خودروها وارد هوا کره می‌شوند.





۳ ۱۲۵۸ B عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به نمودار، واکنش تبدیل گاز کربن مونوکسید به کربن دی‌اکسید یک واکنش گرماده است ( $\Delta H < 0$ )، پس سطح انرژی واکنش دهنده‌ها بیشتر از فراورده است. عبارت (ب): واکنش سوختن کامل گرافیت فرایندی دو مرحله‌ای است:



$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \Rightarrow -393/5 = \Delta H_1 + (-283) \Rightarrow \Delta H_1 = -110/5 \text{ kJ}$

مطابق قانون هس خواهیم داشت:

اکنون با توجه به حجم گاز CO تولیدی، گرمای آزاد شده در واکنش (I) را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

$? \text{ kJ} = 13/44 \text{ L CO} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{22/4 \text{ L}} \times \frac{110/5 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CO}} = 66/3 \text{ kJ}$

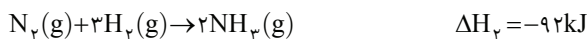
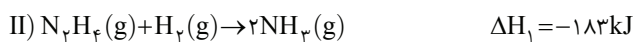
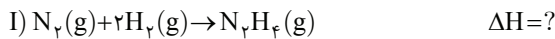
روش اول (کسر تبدیل):

$\frac{\text{حجم گاز CO}}{\text{حجم گاز ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{13/44 \text{ L CO}}{1 \times 22/4} = \frac{x \text{ kJ}}{110/5 \text{ kJ}} \Rightarrow x = 66/3 \text{ kJ}$

روش دوم (تناسب):

عبارتهای (پ) و (ت): تهیه آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن یک واکنش دو مرحله‌ای است. واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$  همانند هر دو مرحله واکنش سوختن کامل گرافیت، گرماده است.

۴ ۱۲۵۹ C همه عبارت‌ها نادرست هستند. تهیه آمونیاک به روش هابر یک فرایند دو مرحله‌ای است:



$\Delta H_2 = \Delta H + \Delta H_1 \Rightarrow -92 = \Delta H + (-183) \Rightarrow \Delta H = +91 \text{ kJ}$

مطابق قانون هس برای آنتالپی واکنش‌ها خواهیم داشت:

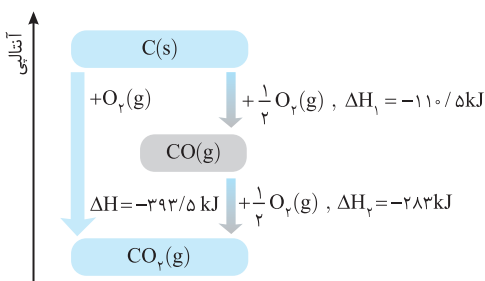
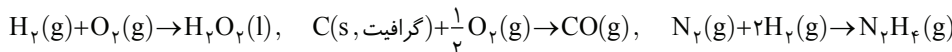
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سطح انرژی هیدرازین ( $N_2H_4$ ) بیشتر از آمونیاک ( $NH_3$ ) است، پس به جای گونه (۱)،  $N_2H_4$  و به جای گونه (۲)،  $NH_3$  قرار می‌گیرد. عبارت (ب): مرحله اول این فرایند واکنش تولید هیدرازین از گازهای  $N_2$  و  $H_2$  و مرحله دوم آن، واکنش تولید آمونیاک از هیدرازین است:

$\Delta H = |\Delta H_2| - |\Delta H_1| = |91| - |-183| = -92 \text{ kJ}$  تفاوت

عبارت (پ): در فرایند هابر، مرحله اول، گرماگیر ( $\Delta H_1 = +91 \text{ kJ}$ ) و مرحله دوم، گرماده ( $\Delta H_2 = -183 \text{ kJ}$ ) است. از آنجا که میزان گرمای آزاد شده در مرحله دوم بیشتر از گرمای مصرف شده در مرحله اول است، واکنش کلی، گرماده ( $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ ) بوده و در آن گرما از سامانه به محیط پیرامون منتقل می‌شود. عبارت (ت): با توجه به نمودار واکنش، تبدیل گازهای  $N_2$  و  $H_2$  به هیدرازین فرایندی گرماگیر است و سطح انرژی یک مول هیدرازین به اندازه ۹۱ kJ بیشتر از مجموع سطح انرژی یک مول  $N_2$  و دو مول  $H_2$  است. عبارت (ث): با توجه به اینکه  $\Delta H$  واکنش  $N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$  برابر  $+91 \text{ kJ}$  است، داریم:

$? \text{ kJ} = 24 \text{ g } N_2H_4 \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4}{32 \text{ g } N_2H_4} \times \frac{91 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } N_2H_4} = 68/25 \text{ kJ}$

۳ ۱۲۶۰ B در بین واکنش‌های داده شده،  $\Delta H$  واکنش‌های زیر به روش تجربی قابل تعیین نیستند و باید به کمک قانون هس محاسبه شوند.

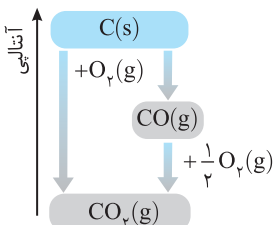


۱ ۱۲۶۱ B فقط عبارت سوم نادرست است؛ پس نسبت شمار عبارت‌های نادرست به درست

برابر  $\frac{1}{3}$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت سوم: فراورده مرحله اول و دوم فرایند هابر، به ترتیب  $N_2H_4$  و  $NH_3$  هستند.  $N_2H_4$  نسبت به  $NH_3$  جرم و حجم بیشتری دارد و همچنین شمار پیوندهای N—H در  $N_2H_4$  بیشتر از  $NH_3$  است، بنابراین احتمال تشکیل پیوند هیدروژنی در  $N_2H_4$  بالاتر است و نقطه جوش آن بیشتر می‌باشد. عبارت چهارم: با توجه به نمودار مقابل که مربوط به واکنش سوختن گرافیت است، اندازه  $\Delta H$  واکنش مرحله اول (تولید CO) کوچک‌تر از اندازه  $\Delta H$  واکنش مرحله دوم (تولید  $CO_2$ ) است.

۲ ۱۲۶۲ B موارد اول و دوم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: آنتالپی بسیاری از واکنش‌های

شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی اندازه‌گیری کرد، زیرا برخی از آن‌ها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آن‌ها بسیار دشوار است. شیمی‌دان‌ها برای تعیین  $\Delta H$  چنین واکنش‌هایی از روش‌های دقیق دیگری همانند قانون هس بهره می‌برند و آنتالپی واکنش را به روش غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌کنند. مورد دوم: از واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید، در شرایط مناسب آب و گاز اکسیژن تولید می‌شود:



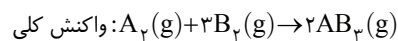
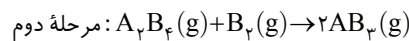
**مورد سوم:** آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام واکنش گرافیت و هیدروژن و تولید متان، بسیار دشوار و پرهزینه است؛ به همین دلیل برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش می‌توان از روش هس استفاده کرد. **مورد چهارم:** واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار بالا دانست. گرماسنج لیوانی برای تعیین  $\Delta H$  فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است. **مورد پنجم:** واکنش میان دو آلایند  $\text{CO}$  و  $\text{NO}$  به صورت مقابل بوده و منجر به تولید گازهای کم‌ضررتر  $\text{CO}_2$  و  $\text{N}_2$  می‌شود:

**۱۲۶۳ B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):** ارزش سوختی مقدار گرمای آزاد شده برحسب  $\text{kJ}$  به ازای یک گرم از هر ماده است نه یک مول از آن. **عبارت (ب):** در مقایسه اندازه آنتالپی سوختن ترکیبات آلی (هیدروکربن‌ها) به تعداد اتم‌های  $\text{C}$  توجه می‌کنیم. ترکیبی که اتم کربن بیشتری داشته باشد، آنتالپی سوختن بیشتری دارد، اما در مقایسه آنتالپی سوختن آلکان‌ها و الکل‌های هم کربن، آنتالپی سوختن آلکان‌ها بیشتر است. مقایسه اندازه آنتالپی سوختن به صورت  $\text{C} < \text{B} < \text{A}$  است. **عبارت (پ):** تفاوت اتان ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) و پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) در یک گروه  $\text{CH}_3$  است. پس اختلاف آنتالپی سوختن آن‌ها به  $\text{CH}_3$  مربوط می‌شود.  $2220 - 1560 = 660 \text{ kJ}$ . پس آنتالپی سوختن بوتان  $660$  کیلوژول منفی‌تر از پروپان خواهد بود ( $-2880 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ).

$$1 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{58 \text{ g}} \times \frac{2220 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 38.28 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \quad \text{ارزش سوختی بوتان}$$

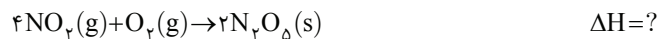
$$1 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} \times \frac{2220 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 50.45 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \quad \text{ارزش سوختی پروپان}$$

**۱۲۶۴ B** موارد اول، سوم و چهارم درست هستند. نمودار مربوط به یک واکنش دو مرحله‌ای است. **مرحله اول:**  $\text{A}_p(\text{g}) + 2\text{B}_p(\text{g}) \rightarrow \text{A}_p\text{B}_p(\text{g})$  معادله هر مرحله و معادله واکنش کلی را می‌نویسیم.



**بررسی موارد:** **مورد اول:** با توجه به معادله مرحله اول و موازنه آن،  $\text{X}$  که در نمودار نمایش داده شده، همان « $2\text{B}_p$ » است. **مورد دوم:** با توجه به توضیحات، نمودار به یک واکنش ۲ مرحله‌ای مانند واکنش تولید آمونیاک از  $\text{N}_2$  و  $\text{H}_2$  مربوط است. **مورد سوم:** با توجه به نمودار، آنتالپی یا همان محتوای انرژی از  $\text{A}_p\text{B}_p$  از  $\text{A}_p$  کمتر و از  $\text{AB}_p$  بیشتر است. **مورد چهارم:** با توجه به نمودار و جهت فلش‌ها، واکنش تشکیل  $\text{A}_p\text{B}_p$ ، یعنی واکنش مرحله (۱) گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) و واکنش تشکیل  $\text{AB}_p$ ، یعنی واکنش کلی، گرماده ( $\Delta H < 0$ ) است. **مورد پنجم:** با توجه به نمودار، سطح انرژی مولکول‌های  $\text{A}_p\text{B}_p$  از  $\text{AB}_p$  بالاتر است؛ از این رو مولکول  $\text{A}_p\text{B}_p$  از  $\text{AB}_p$  ناپایدارتر می‌باشد.

**۱۲۶۵ B** معادله واکنش هدف:



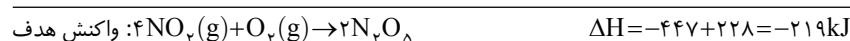
در معادله واکنش هدف،  $\text{N}_p\text{O}_p(\text{s})$  با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (I) را معکوس می‌کنیم:



در معادله واکنش هدف،  $\text{NO}_p(\text{g})$  با ضریب ۴ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

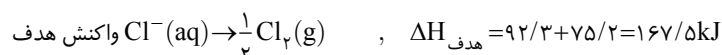
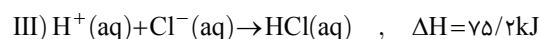
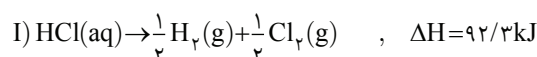


اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده به واکنش هدف می‌رسیم:



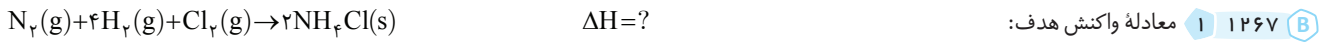
**۱۲۶۶ B** معادله فرایند تبدیل  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  به  $\frac{1}{p}\text{Cl}_p(\text{g})$  به صورت  $\frac{1}{p}\text{Cl}_p(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})$  است. (در این معادله برای ساده‌تر شدن، از نوشتن الکترون‌ها صرف نظر شده است).

به منظور رسیدن به واکنش مورد نظر، واکنش اول را معکوس و در  $\frac{1}{p}$  ضرب می‌کنیم، واکنش دوم را در  $\frac{1}{p}$  ضرب می‌کنیم و واکنش سوم را نیز معکوس می‌کنیم:



علامت مثبت  $\Delta H$ ، به معنای گرماگیر بودن این واکنش است.

\* **توجه:** از آنجایی که  $\Delta H$  واکنش دوم برابر با صفر بود، بنابراین تأثیری در آنتالپی واکنش هدف نداشته و می‌توانستیم از آن صرف نظر کنیم.



در معادله هدف،  $N_2(g)$  با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (I) را بدون تغییر می‌نویسیم:



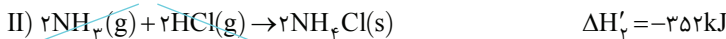
در معادله واکنش هدف،  $NH_4Cl(s)$  با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:



در معادله واکنش هدف،  $Cl_2(g)$  با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (III) را بدون تغییر می‌نویسیم:



اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده، به واکنش هدف می‌رسیم:

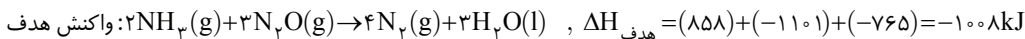
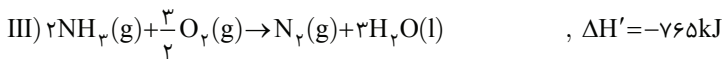
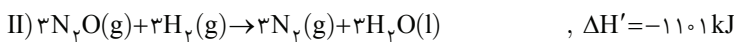


+ توضیح محاسبات

رقم آخر پاسخ برابر ۸ بوده و عدد پاسخ منفی است. (پاسخ: ۶۲۸-)

$-92 - 352 - 184 = ? \xrightarrow{\text{استفاده از رقم سمت راست}} -2 - 2 - 4 = -8$

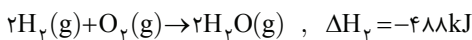
۴ ۱۲۶۸ B به منظور رسیدن به واکنش هدف، واکنش اول را در  $\frac{3}{2}$ ، واکنش دوم را در ۳ و واکنش سوم را در  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم:



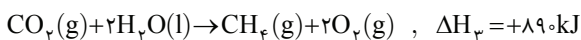
در معادله واکنش هدف، (گرافیت، C(s)) با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش ۱ را بدون تغییر می‌نویسیم:



در معادله واکنش هدف،  $H_2(g)$  با ضریب ۲ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش ۲ را در ۲ ضرب می‌کنیم:

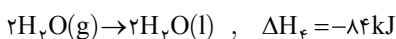


در معادله واکنش هدف،  $CH_4(g)$  با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش ۳ را برعکس می‌کنیم:

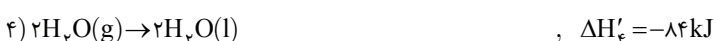
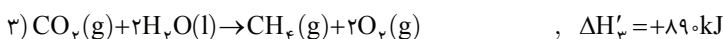


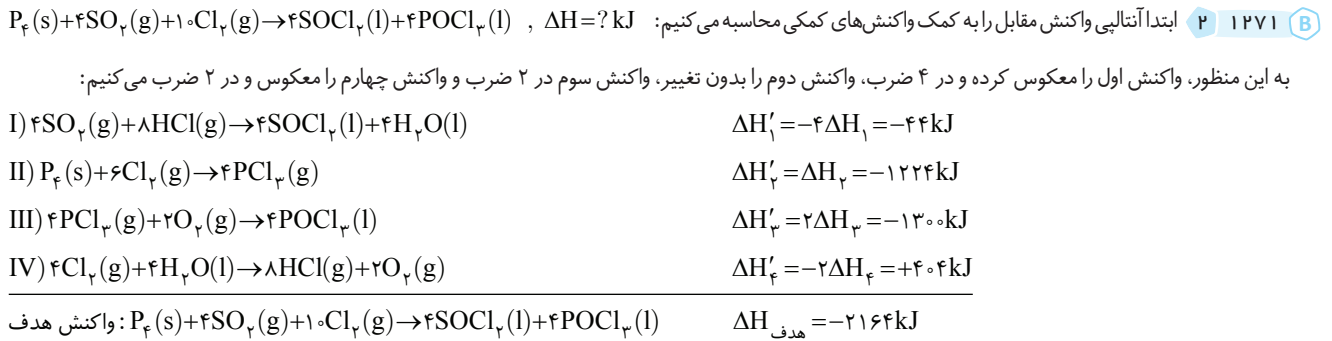
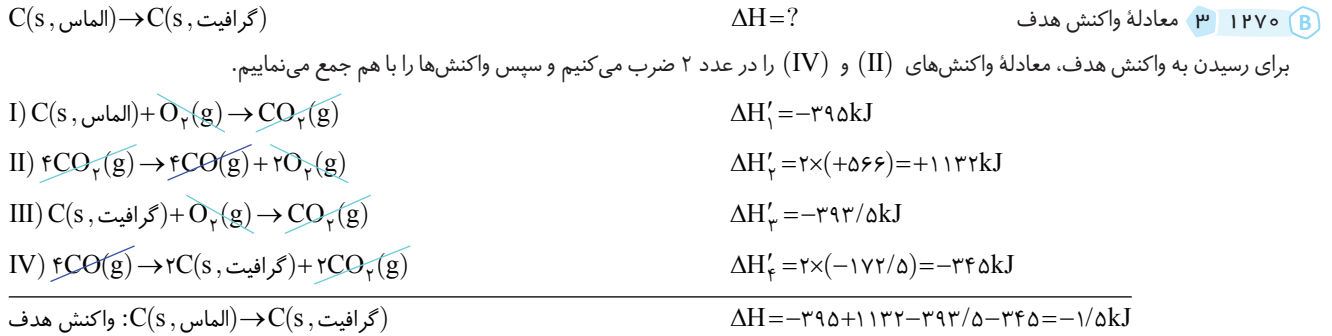
با توجه به تغییرات انجام شده، ۲ مول  $H_2O(l)$  در سمت واکنش‌دهنده‌ها و ۲ مول  $H_2O(g)$  در سمت فراورده‌ها قرار دارند که در واکنش هدف وجود ندارند، پس

نیاز به ۲ مول  $H_2O(l)$  در سمت فراورده‌ها و ۲ مول  $H_2O(g)$  در سمت واکنش‌دهنده‌ها داریم، به این منظور، واکنش ۴ را برعکس کرده و در ۲ ضرب می‌کنیم:



اکنون با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده به واکنش هدف می‌رسیم:

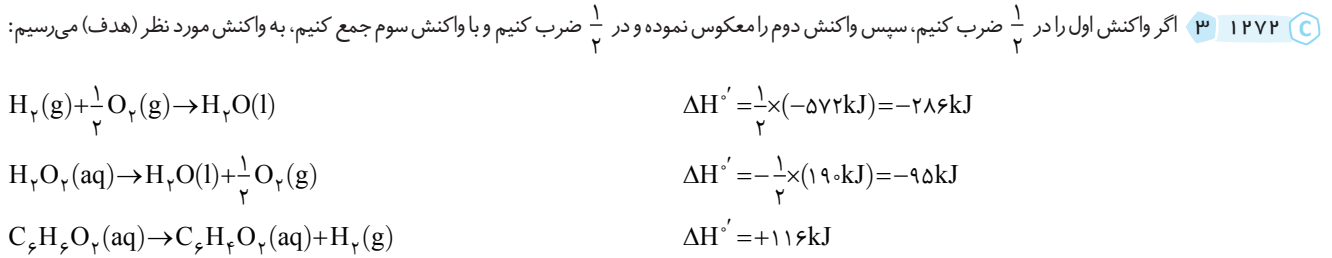




سپس گرمای حاصل از تشکیل ۱/۱ مول  $POCl_3$  را به یکی از دو روش زیر به دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ kJ} = \frac{1}{1 \text{ mol } POCl_3} \times \frac{2164 \text{ kJ}}{4 \text{ mol } POCl_3} = 541 \text{ kJ}$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{مول تولیدی } POCl_3}{\text{ضریب}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{Q}{2164 \text{ kJ}} \Rightarrow Q = 541 \text{ kJ}$



واکنش هدف:  $C_2H_6O_2(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow C_2H_4O_2(aq) + 2H_2O(l)$   $\Delta H^\circ_{\text{هدف}} = (-286) + (-95) + 116 \Rightarrow \Delta H^\circ_{\text{هدف}} = -265 \text{ kJ}$

حال گرمای حاصل از مصرف ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲/۵ مولار هیدروژن پراکسید را محاسبه کنیم:

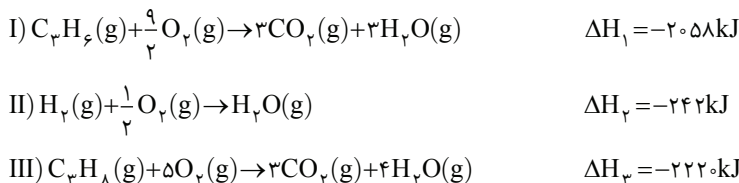
$100 \text{ mL } H_2O_2 = 100 \text{ mL } H_2O_2 \times \frac{2/5 \text{ mol } H_2O_2}{1000 \text{ mL } H_2O_2} \times \frac{265 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } H_2O_2} = 66/25 \text{ kJ}$

انکون محاسبه می‌کنیم که با  $66/25 \text{ kJ}$  گرما، چند گرم کربن دی‌اکسید جامد را می‌توان به گاز تبدیل کرد:

$? \text{ g } CO_2 = 66/25 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CO_2(s)}{50 \text{ kJ}} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2(g)} = 58/3 \text{ g } CO_2$



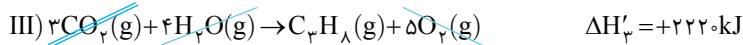
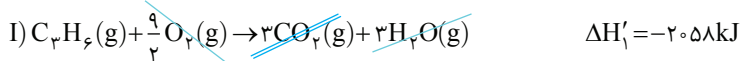
معادله واکنش‌های سوختن ترکیب‌های داده شده به صورت زیر است:



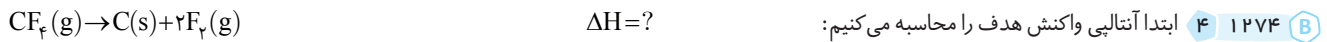
واکنش (۱): در واکنش هدف،  $C_3H_6$  و  $H_2$  در سمت چپ با ضریب یک قرار گرفته‌اند، پس واکنش‌های (I) و (II) را تغییر نمی‌دهیم. واکنش (۳): در واکنش

هدف،  $C_3H_8$  با ضریب یک در سمت راست قرار گرفته، پس واکنش (III) را معکوس می‌کنیم.

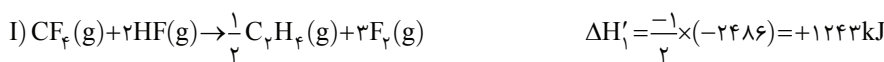




★ نکته در واکنش‌هایی که واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها قابلیت سوختن را داشته باشند، می‌توانیم از رابطه زیر برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش استفاده کنیم.  
 [مجموع آنتالپی سوختن فرآورده‌ها] - [مجموع آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده‌ها] =  $\Delta H$  (واکنش)  
 $\Delta H$  (واکنش) = [ $\Delta H$  سوختن ( $C_3H_6$ )] + [ $\Delta H$  سوختن ( $H_2$ )] - [ $\Delta H$  سوختن ( $C_3H_8$ )] = [(-2058) + (-242)] - [(-2220)] = -8 kJ



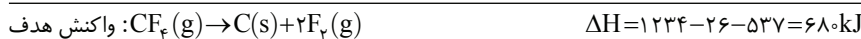
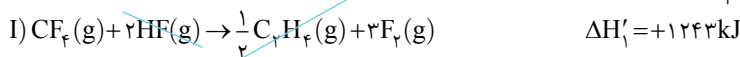
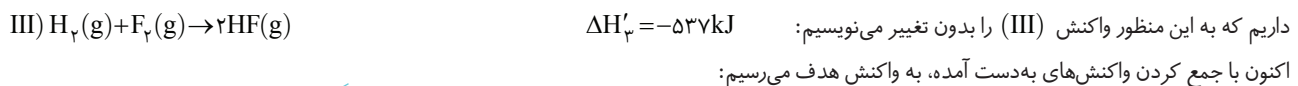
در معادله واکنش هدف، CF<sub>4</sub>(g) با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (I) را معکوس و در عدد  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم:



در معادله واکنش هدف، C(s) با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را معکوس و در عدد  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم:



با توجه به تغییرات انجام شده، ۲ مول HF(g) در طرف واکنش‌دهنده‌ها وجود دارد که در واکنش هدف موجود نیست، پس نیاز به ۲ مول HF(g) در فرآورده‌ها داریم که به این منظور واکنش (III) را بدون تغییر می‌نویسیم:



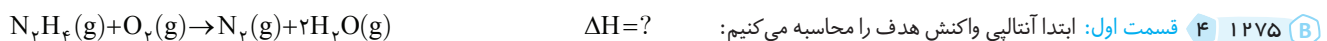
سپس به کمک گرمای آزاد شده، درصد خلوص CF<sub>4</sub> را به‌دست می‌آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$CF_4 \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم } CF_4}{\text{جرم } CF_4 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{105/6}{165} \times 100 = 64\%$$

$$CF_4 \text{ درصد خلوص} = 105/6 \text{ g } CF_4, CF_4 \text{ درصد خلوص} = \frac{1 \text{ mol } CF_4}{680 \text{ kJ}} \times \frac{88 \text{ g } CF_4}{1 \text{ mol } CF_4} = 12.8 \text{ g } CF_4$$

$$\frac{\text{جرم } CF_4 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{165 \times \frac{P}{100}}{1 \times 88} = \frac{816 \text{ kJ}}{680 \text{ kJ}} \Rightarrow P = 64\%$$

روش دوم (تناسب):



در معادله واکنش هدف، N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (I) را معکوس می‌کنیم:



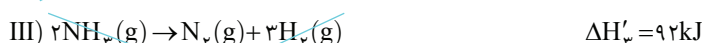
در معادله واکنش هدف، O<sub>2</sub>(g) با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را بدون تغییر می‌نویسیم:



در معادله واکنش هدف، N<sub>2</sub>(g) با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (III) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:



با جمع کردن واکنش‌های به‌دست آمده، به واکنش هدف می‌رسیم:



قسمت اول: اکنون درصد خلوص  $N_2H_4$  را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):  

$$? g N_2H_4 = -115/4 kJ \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4}{-577 kJ} \times \frac{32 g N_2H_4}{1 \text{ mol } N_2H_4} = 6/4 g N_2H_4$$

$$N_2H_4 \text{ درصد خلوص} = \frac{\text{جرم } N_2H_4 \text{ خالص}}{\text{جرم } N_2H_4 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{6/4 g}{8 g} \times 100 = 7.5\%$$

روش دوم (تناسب):  

$$\frac{\text{جرم } N_2H_4 \text{ ناخالص} \times P}{100} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{8 \times P}{100} = \frac{-115/4 kJ}{-577 kJ} \Rightarrow P = 7.5\%$$

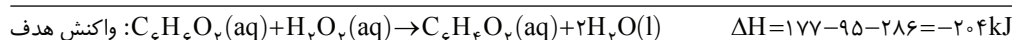
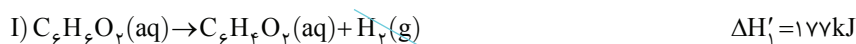
قسمت دوم: واکنش تولید  $N_2H_4$  از گازهای  $H_2$  و  $N_2$  به صورت  $N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$  است.

$$? L N_2 = 6/4 g N_2H_4 \text{ خالص} \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4 \text{ خالص}}{32 g N_2H_4 \text{ خالص}} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{1 \text{ mol } N_2H_4} \times \frac{28 g N_2}{1 \text{ mol } N_2} \times \frac{1 L N_2}{1/4 g N_2} = 4 L N_2$$



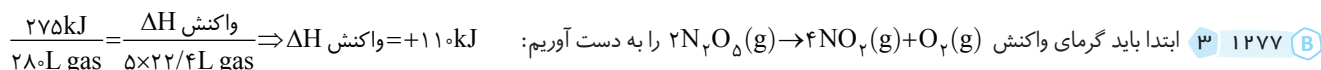
(I) فقط در واکنش (I) وجود دارد، پس واکنش (I) را تغییر نمی‌دهیم. (II) فقط در واکنش (II) وجود دارد، پس واکنش (II) را در

$\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم. (III) با توجه به تغییرات صورت گرفته، به منظور حذف  $H_2(g)$  به وجود آمده در واکنش (I)، واکنش (III) را معکوس و در عدد  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم.

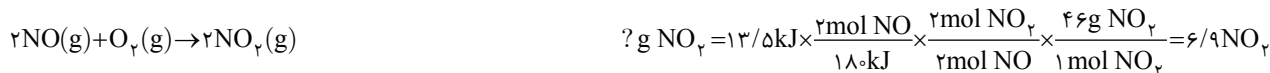
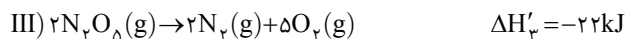
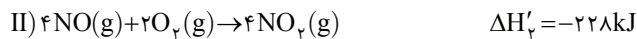


اکنون گرمای آزاد شده به ازای مصرف  $1/7$  گرم  $H_2O_2$  را به دست می‌آوریم:  
 $? kJ = 1/7 g H_2O_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2O_2}{34 g H_2O_2} \times \frac{-204 kJ}{1 \text{ mol } H_2O_2} = -10/7 kJ$

اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما دمای چند گرم هلیوم را به اندازه  $60^\circ C$  افزایش می‌دهد.  $Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 10/7 \times 10^3 = m \times 5/1 \times 60 \Rightarrow m = 33/3 g$



باید به کمک واکنش‌های داده شده،  $\Delta H$  واکنش را به دست آوریم. واکنش (I) را در ۲ ضرب می‌کنیم. واکنش (II) را معکوس کرده و در ۲ ضرب می‌کنیم و واکنش (III)



به کمک آنتالپی‌های پیوند داده شده، می‌توانیم آنتالپی این واکنش را حساب کنیم:

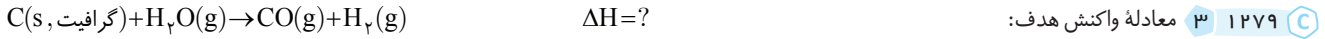
$\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فرآورده}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش دهنده})$

$\Delta H = [2\Delta H(C \equiv O) + 2\Delta H(N = O)] - [\Delta H(N \equiv N) + 4\Delta H(C = O)]$

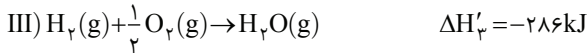
$\Delta H = [2(1070) + 2(607)] - [945 + 4(800)] = 3354 - 4145 = -791 kJ$

\* توجه احتمالاً در این تست، طراح در نظر داشته که به کمک آنتالپی‌های پیوند داده شده، ابتدا آنتالپی واکنش‌های کمکی را محاسبه کرده و سپس به کمک قانون هس، به

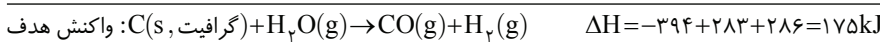
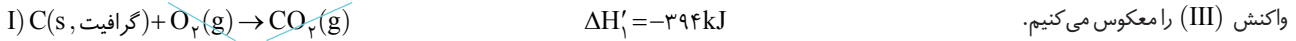
آنتالپی واکنش کلی برسیم ولی در این سؤال بدون نیاز به واکنش‌های (۱) و (۲) و تنها با توجه به آنتالپی پیوندهای مواد شرکت کننده در واکنش اصلی، می‌توان به پاسخ مسئله رسید.



ابتدا به کمک آنتالپی‌های سوختن داده شده، آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم:



در معادله واکنش هدف، (گرافیت) C(s) با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (I) بدون تغییر می‌ماند. در معادله واکنش هدف، CO(g) با ضریب ۱ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را معکوس می‌کنیم. در معادله واکنش هدف، H<sub>2</sub>O(g) با ضریب ۱ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله



اکنون با توجه به گرمای مبادله شده در واکنش ۸ گرم گرافیت، بازده درصدی واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 8 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{175 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}} = 116.7 \text{ kJ}$$

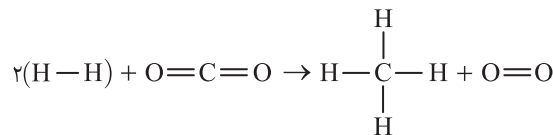
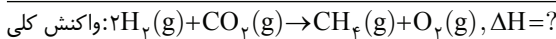
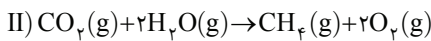
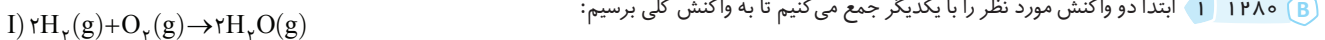
روش اول (کسر تبدیل):  $\frac{Q \text{ عملی}}{Q \text{ نظری}} \times 100 = \frac{35 \text{ kJ}}{116.7 \text{ kJ}} \times 100 = 30\%$

$$\frac{\text{جرم گرافیت} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{8 \times \frac{R}{100}}{1 \times 12} = \frac{35}{175} \Rightarrow R = 30\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{12 \times 35 \times 100}{8 \times 175} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{12 \times 35 \times 100}{8 \times 175} = \frac{3 \times 100}{2 \times 5} = 30$$

+ توضیح محاسبات



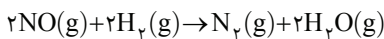
فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده در واکنش به صورت زیر است:

سپس ΔH این واکنش را به کمک آنتالپی پیوندها به دست می‌آوریم:

ΔH = [مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها] - [مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها]

$$\Delta H = [2(\Delta H_{\text{H}-\text{H}}) + 2(\Delta H_{\text{C}=\text{O}})] - [4(\Delta H_{\text{C}-\text{H}}) + 1(\Delta H_{\text{O}=\text{O}})] = [2(435) + 2(790)] - [4(414) + 1(494)] = 2450 - 2110 = +340 \text{ kJ}$$

۳ ۱۲۸۱ B پس از جمع معادله همه واکنش‌های داده شده، به واکنش کلی انجام شده می‌رسیم که معادله آن به صورت زیر است:



اکنون به کمک آنتالپی پیوندهای داده شده، ΔH واکنش کلی را محاسبه می‌کنیم:

ΔH واکنش = [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده] - [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده]

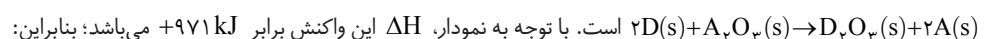
$$\Delta H \text{ واکنش} = [2\Delta H(\text{N}=\text{O}) + 2\Delta H(\text{H}-\text{H})] - [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 4\Delta H(\text{O}-\text{H})] = [(2 \times 607) + (2 \times 436)] - [944 + (4 \times 463)] = -710 \text{ kJ}$$



اکسید می‌شود. عبارت دوم: با توجه به نمودار، گرمای حاصل از اکسایش کامل A(s) و تولید D(s) معادل گرمای حاصل از سه مرحله است که هر سه گرماده هستند؛ بنابراین:

$$-971 = (-852) + 2\Delta H_{\text{انجماد}}(D) + (-91) \Rightarrow 2\Delta H_{\text{انجماد}}(D) = -28 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H_{\text{انجماد}}(D) = -14 \text{ kJ}$$

از آنجا که آنتالپی انجماد یک ماده قرینه آنتالپی ذوب آن است؛ پس آنتالپی ذوب D برابر ۱۴ kJ.mol<sup>-1</sup> است. عبارت سوم: واکنش مورد نظر این عبارت،



$$? \text{ kJ} = 1 \text{ mol A} \times \frac{971 \text{ kJ}}{2 \text{ mol A}} = 485.5 \text{ kJ}$$

به این ترتیب، با صرف ۴۸۵/۵ kJ انرژی، می‌توان یک مول A را از اکسید آن در واکنش با D تهیه کرد.

۱۴۸۳ ۱ همه موارد درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: با توجه به مرحله سوم واکنش:  $۳CO_۲(g) + ۴H_۲(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow ۳CO_۲(g) + ۴H_۲O(l)$  با حذف

$۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l)$  از دو طرف معادله، به واکنش  $۴H_۲(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow ۴H_۲O(l)$  با آنتالپی  $-۱۱۴۳ kJ$  می‌رسیم؛ بنابراین آنتالپی واکنش

برابر  $\frac{(-۱۱۴۳)}{۲} - ۵۷۱/۵ kJ$  است. مورد دوم: با توجه به مرحله اول واکنش:  $C_۳H_۸(g) + ۵O_۲(g) \rightarrow ۳C(s, \text{گرافیت}) + ۴H_۲(g) + ۵O_۲(g)$

با حذف  $۵O_۲(g)$  از دو طرف معادله، به واکنش  $C_۳H_۸(g) \rightarrow ۳C(s, \text{گرافیت}) + ۴H_۲(g)$  می‌رسیم؛ بنابراین واکنش تولید  $C_۳H_۸(g)$

به صورت مقابل است:  $۳C(s, \text{گرافیت}) + ۴H_۲(g) \rightarrow C_۳H_۸(g)$  ،  $\Delta H = -۱۰۳ kJ$

حال مقدار گرمای تولیدی را به ازای تولید  $۵/۱۰$  مول  $C_۳H_۸(g)$  حساب می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): روش دوم (تناسب):

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{Q}{-۱۰۳ kJ} \Rightarrow Q = -۵۱/۵ kJ \quad ? kJ = \frac{۱۰۳ kJ}{1 \text{ mol } C_۳H_۸(g)} \times \frac{۵}{10} = ۵۱/۵ kJ$$

مورد سوم: واکنش کلی به صورت:  $C_۳H_۸(g) + ۵O_۲(g) \rightarrow ۳CO_۲(g) + ۴H_۲O(l)$  بوده و آنتالپی آن با توجه به نمودار برابر است با:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = +۱۰۳ - ۱۱۸۱ - ۱۱۴۳ = -۲۲۲۱ kJ \quad \Delta H_{\text{واکنش}} = \frac{۲۲۲۱ kJ \cdot \text{mol}^{-1}}{۴۴ g \cdot \text{mol}^{-1}} = ۵۰/۴۸ kJ \cdot g^{-1}$$

مورد چهارم: با توجه به مرحله دوم واکنش:  $۳C(s, \text{گرافیت}) + ۴H_۲(g) + ۵O_۲(g) \rightarrow ۳CO_۲(g) + ۴H_۲O(l)$

با حذف  $۴H_۲(g)$  و  $۲O_۲(g)$  از دو طرف معادله، به واکنش  $۳C(s, \text{گرافیت}) + ۳O_۲(g) \rightarrow ۳CO_۲(g)$  می‌رسیم. حال مقدار گرمای

تولیدی را به ازای مصرف ۱۸ گرم گرافیت محاسبه می‌کنیم:

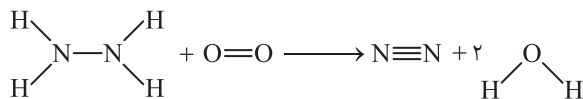
$$? kJ = ۱۸ g C \times \frac{1 \text{ mol } C}{۱۲ g C} \times \frac{۱۱۸۱ kJ}{۳ \text{ mol } C} = ۵۹۰/۵ kJ \quad \text{روش اول (کسر تبدیل):}$$

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{Q}{-۱۱۸۱ kJ} \Rightarrow Q = -۵۹۰/۵ kJ \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

۱۴۸۴ ۳ معادله موازنه شده واکنش سوختن هیدرازین به صورت مقابل است:

زمانی می‌توانیم از آنتالپی پیوندها استفاده کنیم که همه مواد در حالت فیزیکی گاز باشند. بنابراین باید آنتالپی واکنش  $N_۲H_۴(g) + O_۲(g) \rightarrow N_۲(g) + ۲H_۲O(g)$

را به دست آوریم.



$$\Delta H = \left( \begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوند} \\ \text{واکنش دهنده‌ها} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوند} \\ \text{فراورده‌ها} \end{array} \right) \Rightarrow \Delta H = [\Delta H(N-N) + 4\Delta H(N-H) + \Delta H(O=O)] - [\Delta H(N \equiv N) + 4\Delta H(H-O)]$$

$$\Rightarrow -۵۷۵ = [۱۶۳ + 4x + ۴۹۵] - [۹۴۵ + 4(۴۶۳)] \Rightarrow x = ۳۹۱ kJ \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۴۸۵ ۴ قسمت اول: ابتدا آنتالپی سوختن یک مول  $CO$ ،  $H_۲$  و  $CH_۳OH$  را به دست می‌آوریم:

$$? kJ = ۱ \text{ mol } CO \times \frac{۲۸ g CO}{1 \text{ mol } CO} \times \frac{-۱۰ kJ}{1 g CO} = -۲۸۰ kJ \quad ? kJ = ۱ \text{ mol } H_۲ \times \frac{۲ g H_۲}{1 \text{ mol } H_۲} \times \frac{-۱۲۱ kJ}{1 g H_۲} = -۲۴۲ kJ$$

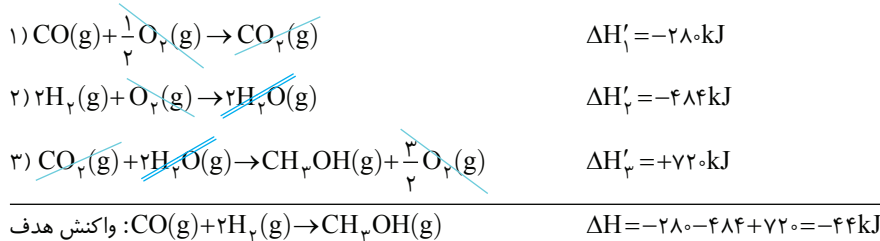
$$? kJ = ۱ \text{ mol } CH_۳OH \times \frac{۳۲ g CH_۳OH}{1 \text{ mol } CH_۳OH} \times \frac{-۲۲/۵ kJ}{1 g CH_۳OH} = -۷۲۰ kJ$$

معادله واکنش‌های کمکی: ۱)  $CO(g) + \frac{1}{۲} O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g)$ ،  $\Delta H'_1 = -۲۸۰ kJ$  ۲)  $H_۲(g) + \frac{1}{۲} O_۲(g) \rightarrow H_۲O(g)$ ،  $\Delta H_۲ = -۲۴۲ kJ$

۳)  $CH_۳OH(g) + \frac{۳}{۲} O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g)$ ،  $\Delta H'_۳ = -۷۲۰ kJ$



روش اول (قانون هس): (۱) CO در واکنش اول سمت چپ وجود دارد، پس این واکنش بدون تغییر خواهد ماند. (۲) H<sub>۲</sub> در واکنش دوم سمت چپ وجود دارد، پس این واکنش را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. (۳) CH<sub>۳</sub>OH در واکنش سوم در سمت راست وجود دارد، پس این واکنش را معکوس می‌کنیم.



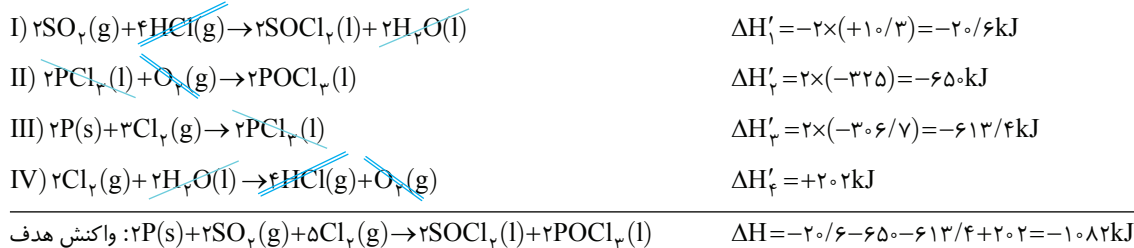
روش دوم: با استفاده از نکته بیان شده در پاسخ سؤال قبل، می‌توانیم  $\Delta H$  واکنش مورد نظر را به سادگی تعیین کنیم:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{CO(g)}) + ۲\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{H}_۲\text{(g)})] - [\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{CH}_۳\text{OH(g)})] = [(-۲۸۰) + ۲ \times (-۲۴۲)] - [(-۷۲۰)] = -۴۴ \text{kJ}$$

قسمت دوم:  $4/8 \text{g CH}_۳\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol CH}_۳\text{OH}}{۳۲ \text{g CH}_۳\text{OH}} \times \frac{۴۴ \text{kJ}}{1 \text{ mol CH}_۳\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol C}_۲\text{H}_۵\text{OH}}{۳۸ \text{kJ}} \times \frac{۴۶ \text{g C}_۲\text{H}_۵\text{OH}}{1 \text{ mol C}_۲\text{H}_۵\text{OH}} = ۸ \text{g C}_۲\text{H}_۵\text{OH}$



(۱) در واکنش هدف، SOCl<sub>۲</sub>(l) با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (I) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. (۲) در واکنش هدف، POCl<sub>۳</sub>(l) با ضریب ۲ در سمت راست قرار دارد، پس معادله واکنش (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. (۳) در واکنش هدف، P(s) با ضریب ۲ در سمت چپ قرار دارد، پس معادله واکنش (III) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. (۴) با توجه به تغییرات انجام شده، ۳ مول Cl<sub>۲</sub> در سمت چپ واکنش‌ها وجود دارد که در واکنش هدف برابر ۵ مول است، پس به ۲ مول Cl<sub>۲</sub> در سمت چپ نیاز داریم، بدین منظور معادله واکنش (IV) را معکوس می‌کنیم.



به ازای تولید ۱۰۸۲kJ گرما در این واکنش، ۲ مول P مصرف و ۲ مول SOCl<sub>۲</sub> تولید می‌شود.

$$? \text{ g P} = ۲ \text{ mol P} \times \frac{۳۱ \text{ g P}}{1 \text{ mol P}} = ۶۲ \text{ g P}$$

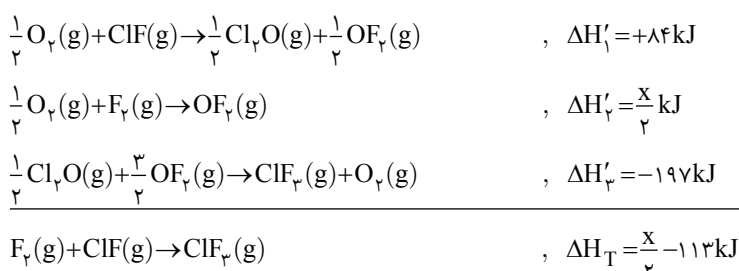
$$? \text{ g SOCl}_۲ = ۲ \text{ mol SOCl}_۲ \times \frac{۱۱۹ \text{ g SOCl}_۲}{1 \text{ mol SOCl}_۲} = ۲۳۸ \text{ g SOCl}_۲ \quad \text{اختلاف جرم} = ۲۳۸ - ۶۲ = ۱۷۶ \text{g}$$

$$? \text{ g اختلاف جرم} = ۵۴/۱ \text{ kJ} \times \frac{۱۷۶ \text{ g}}{۱۰۸۲ \text{ kJ}} = ۸/۸ \text{ g}$$

۱۲۸۷ (C) ابتدا  $\Delta H$  واکنش اول را محاسبه می‌کنیم: (دقت کنید که چون گرما از محیط گرفته شده،  $\Delta H > ۰$  است.)

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ mol O}_۲ \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ molecule O}_۲}{1 \text{ mol O}_۲} \times \frac{۶/۷۲ \text{ kJ}}{۲/۴۰۸ \times ۱۰^{۲۲} \text{ molecule O}_۲} = ۱۶۸ \text{ kJ}$$

حال باید  $\Delta H$  واکنش  $\text{F}_۲\text{(g)} + \text{ClF(g)} \rightarrow \text{ClF}_۳\text{(g)}$  را به کمک واکنش‌های داده شده به دست آوریم. واکنش اول را تقسیم بر ۲، و واکنش دوم را تقسیم بر ۲ و واکنش سوم را معکوس و تقسیم بر ۲ می‌کنیم.



به کمک گرمای آزاد شده در واکنش  $F_p + ClF \rightarrow ClF_p$  در ازای مصرف ۱/۹ گرم  $F_p$ ، دمای ۲/۵kg نیکل به اندازه  $6^\circ C$  افزایش یافته است. بنابراین:

$$Q = mc\Delta\theta = 2/5 \times 10^3 \times 6 \times 0.45 = 6750 J = 6/75 kJ \quad ? kJ = 1 \text{ mol } F_p \times \frac{38g F_p}{1 \text{ mol } F_p} \times \frac{6/75 kJ}{1/9g F_p} = 135 kJ$$

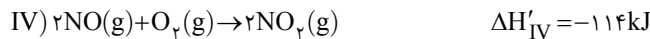
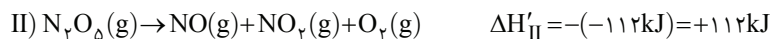
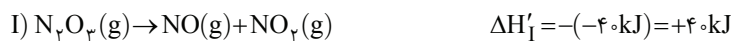
$\Delta H$  واکنش  $F_p + ClF \rightarrow ClF_p$  برابر  $-135 kJ$  است. به کمک این عدد می‌توانیم  $\Delta H$  واکنش  $O_p(g) + 2F_p(g) \rightarrow 2OF_p(g)$  را محاسبه کنیم:

$$-135 = \frac{x}{2} - 113 \Rightarrow x = -44 kJ \Rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}} = -44 kJ$$

به کمک رابطه محاسبه انرژی پیوند، داریم:  $\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوند در مواد فرآورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند در مواد واکنش دهنده‌ها})$

$$|\Delta H(O=O) + 2\Delta H(F-F)| - |\Delta H(O-F)| = -44 \Rightarrow 494 + 2(155) - 4\Delta H(O-F) = -44 \Rightarrow \Delta H(O-F) = 212 kJ \cdot mol^{-1}$$

برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش هدف، واکنش‌های اول و دوم را معکوس کرده و واکنش سوم را هم در ۲ ضرب می‌کنیم. واکنش‌های چهارم و پنجم را بدون تغییر می‌نویسیم: **۱ ۱۲۸۸ C**

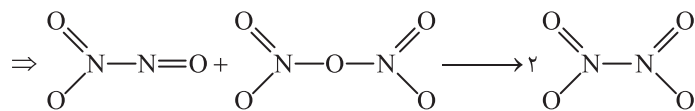
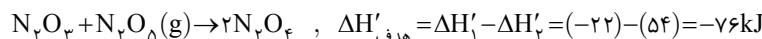


$$\begin{aligned} N_p O_p(g) + N_p O_p(s) \rightarrow 2N_p O_p(g) \quad \Delta H_{\text{هدف}} &= -\Delta H'_I - \Delta H'_V + 2\Delta H'_{III} + \Delta H'_IV + \Delta H'_V \\ \Rightarrow \Delta H_{\text{هدف}} &= -(-40) - (-112) + 2(-57) + (-114) + (54) = -22 kJ \end{aligned}$$

برای محاسبه بخش دوم سؤال، نخست باید آنتالپی پیوند  $N-N$  را به دست آوریم که در ساختار اجزای واکنش هدف وجود دارد. نکته‌ای که باید به آن توجه کنیم این است که  $\Delta H$  فعلی واکنش هدف مربوط به وضعیتی است که حالت یکی از اجزای آن  $(N_p O_p(s))$  به صورت جامد است در حالی که برای محاسبه آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی پیوند، باید تمامی اجزای واکنش به حالت گازی باشند. بنابراین باید استفاده از واکنش پنجم که مربوط به واکنش فرازش  $N_p O_p$  است. همه اجزای واکنش را به حالت گازی ببریم:



در اینجا واکنش دوم را معکوس می‌کنیم و با واکنش اول جمع می‌بندیم:



(مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها) - (مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش دهنده‌ها) =  $\Delta H$  (واکنش)

$$[(2N=O + N-N + N-N-O) + (2N=O + 4N-O)] - 2 \times [2N=O + 2N-O + N-N]$$

$$\Rightarrow \Delta H(\text{واکنش}) = (N-O) - (N-N) = -76 \Rightarrow 140 - (N-N) = -76 \Rightarrow \Delta H(N-N) = 216 kJ$$

با توجه به محاسبات انجام شده، انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند  $N-N$  به اتم‌های گازی برابر ۲۱۶ کیلوژول است.

$$? \text{ mol } CH_4 = 2/4 \times 10^2 (N-N) \times \frac{1 \text{ mol}}{6.02} \times \frac{216 kJ}{1 \text{ mol } (N-N)} \times \frac{1 g CH_4}{54 kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{16 g CH_4} = 1 \text{ mol } CH_4$$

عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که غذا حداکثر چه مدتی

سالم می‌ماند و قابل مصرف است. عبارت (ب): خشک کردن میوه‌ها، تهیه ترشی و نمک سود کردن از جمله روش‌های قدیمی برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی است که در حال حاضر نیز از برخی از آنها استفاده می‌شود.

عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت (پ): گرد تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... به دلیل سطح تماس بیشتر با

عوامل اکسنده، زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود.

مورد دوم، سوم، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی مورد اول: در محیط خشک امکان رشد و تکثیر میکروب‌ها وجود ندارد. این در حالی است که رشد

میکروب‌ها در محیط‌های گرم بیشتر می‌شود.

همه عبارت‌ها به‌جز عبارت دوم درست‌اند. آهنگ واکنش معیاری برای زمان ماندگاری مواد است. کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه

گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. هر چه گستره زمانی انجام آن کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام واکنش تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود. شیمی‌دان‌ها، آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند. توجه کنید که گستره زمانی انجام واکنش‌ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در برمی‌گیرد.





**۱۲۹۳** **A** ۲ عبارات‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** سینتیک شیمیایی، شاخه‌ای از شیمی است که به بررسی شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی، آهنگ تغییر شیمیایی واکنش‌ها (سرعت) و عوامل مؤثر بر آن می‌پردازد. **عبارت (ب):** واکنش‌های انفجار، تشکیل رسوب سفید رنگ  $AgCl$ ، زنگ زدن اشیای آهنی و زرد و پوسیده شدن کاغذ (تجزیه سلولز) به ترتیب جزء واکنش‌های بسیار سریع، کند و بسیار کند هستند. **عبارت (پ):** افزودن محلول سدیم کلرید، به محلول نقره نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفید رنگ نقره کلرید می‌شود. **عبارت (ت):** اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولید شده در این واکنش، ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.

**۱۲۹۴** **B** ۱ فقط عبارت (پ) درست است. شکل سؤال، انفجار را نشان می‌دهد. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** انفجار یک واکنش شیمیایی بسیار سریع است. **عبارت (ب):** انفجار یک واکنش گرماده است که در آن مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. به همین دلیل سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بسیار بیشتر از فرآورده‌هاست. **عبارت (پ):** در واکنش انفجار، از مقدار کمی ماده منفجرشونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود. **عبارت (ت):** همه واکنش‌هایی که در آن‌ها در کسری از ثانیه، گرمای زیادی آزاد می‌شود، جزء واکنش‌های انفجاری هستند. برای نمونه اکسایش چربی کوهان شتر، علی‌رغم تولید گرمای زیاد، به کندی انجام می‌شود و طبیعی است که جزء واکنش‌های انفجاری نیست. ☺

**۱۲۹۵** **B** ۱ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** شکل (I)، انفجار را نشان می‌دهد. در این واکنش از مقدار کمی ماده منفجرشونده، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود. **عبارت (ب):** شکل (II)، تولید سریع رسوب نقره کلرید را در اثر افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات نشان می‌دهد. رسوب نقره کلرید  $(AgCl)$  سفید رنگ و در هر واحد فرمولی آن شمار آنیون‌ها  $(Cl^-)$  با شمار کاتیون‌ها  $(Ag^+)$  مساوی و برابر یک است. **عبارت (پ):** شکل (III)، زنگ زدن اشیای آهنی را نشان می‌دهد که در هوای مرطوب به کندی به انجام می‌رسد. **عبارت (ت):** شکل (IV)، تجزیه سلولز کاغذ (نه اکسایش!) را نشان می‌دهد که بسیار کند رخ می‌دهد.

**۱۲۹۶** **B** ۳ فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** تراشه‌های چوب نسبت به تکه‌های چوب سطح تماس بیشتری با اکسیژن دارند و سریع‌تر می‌سوزند. **عبارت (ب):** غلظت اکسیژن در یک ارلن پر از اکسیژن بیشتر از هوا است، پس الیاف آهن داغ و سرخ شده در ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد اما در هوا نمی‌سوزد. **عبارت (پ):** واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع‌تر است، زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد. پس عامل مؤثر بر سرعت این واکنش، کاتالیزگر است. **عبارت (ت):** واکنش‌پذیری (فعالیت شیمیایی) پتاسیم بیشتر از سدیم است. به همین دلیل سرعت واکنش پتاسیم با گاز کلر بیشتر است و در آن نور و گرما با شدت بیشتری آزاد می‌شود. پس عامل مؤثر بر اختلاف سرعت این دو واکنش، تفاوت ماهیت واکنش‌دهنده‌هاست.

**۱۲۹۷** **B** ۳ عبارات‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** هر دو واکنش به بررسی اثر سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها می‌پردازد. شکل (I) نشان می‌دهد که پاشیدن گرد آهن بر روی شعله، به دلیل افزایش سطح تماس، باعث سوختن آن می‌شود. قاووت، گرد تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است که به دلیل سطح تماس بیشتر با اکسیژن، زودتر از مغزهای تشکیل‌دهنده‌اش فاسد می‌شود. **عبارت (ب):** هر دو واکنش به بررسی اثر دما می‌پردازد. شکل (II) نشان می‌دهد که با افزایش دما سرعت واکنش پتاسیم پرمنگنات با اسید آلی افزایش می‌یابد و محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. برای نگهداری طولانی مدت فرآورده‌های گوشتی و پروتئینی، آن‌ها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند تا سرعت فاسد شدن را به حداقل برسانند. **عبارت (پ):** شکل (III)، به بررسی اثر غلظت و واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه، به بررسی اثر کاتالیزگرها می‌پردازد. **عبارت (ت):** هر دو واکنش به بررسی اثر کاتالیزگر می‌پردازد. شکل (IV) نشان می‌دهد که افزودن دو قطره از محلول  $KI$ ، سرعت واکنش تجزیه محلول هیدروژن پراکسید را به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در واقع یون دیدید در این واکنش نقش کاتالیزگر را دارد. برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را کامل و سریع هضم کند.

**\* توجه:** آنزیم‌ها، کاتالیزگرهای زیستی هستند که به‌صورت اختصاصی باعث افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شوند. **عبارت (ث):** هر دو مورد به بررسی اثر غلظت می‌پردازند. علت استفاده بیماران تنفسی از کپسول، بیشتر بودن غلظت گاز اکسیژن در هوای کپسول است.

**۱۲۹۸** **B** ۴ موارد اول، دوم و چهارم سبب کاهش زمان لازم برای پرتاب شدن در قوطی می‌شود. با خرد کردن قرص جوشان به علت افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها، با افزایش دمای آب به علت افزایش جنبش و تعداد برخوردهای مؤثر ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها و با اضافه کردن مقدار بیشتری قرص جوشان به ظرف، سرعت واکنش افزایش یافته و گاز حاصل از واکنش در مدت زمان کمتری تولید می‌شود، پس درب قوطی زودتر پرتاب می‌شود. با انتقال واکنش به یک ظرف بزرگ‌تر، گازهای تولیدی در فضای بیشتری پخش می‌شوند. پس فشار داخل ظرف دیرتر به فشار لازم برای پرتاب کردن درب قوطی می‌رسد و با اضافه کردن آب به ظرف و زمان پرتاب شدن در قوطی تغییر چندانی نمی‌کند.

**۱۲۹۹** **B** ۲

**★ نکته:** برای حل این تست به این سه نکته توجه کنید:

۱- افزایش دمای واکنش‌دهنده‌ها، سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. ۲- افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها با یک‌دیگر، سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. ۳- افزایش مقدار واکنش‌دهنده جامد یا مایع خالص، تأثیری بر سرعت واکنش ندارد.

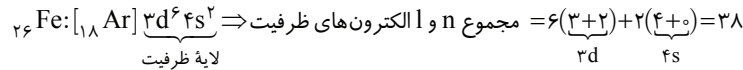
عبارات‌های اول و سوم درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت اول:** با توجه به یکسان بودن مقدار و حالت هر دو قرص جوشان و بیشتر بودن دما در آزمایش (۳) نسبت به آزمایش (۱)، سرعت واکنش در آزمایش (۳) از آزمایش (۱) بیشتر است. **عبارت دوم:** در آزمایش (۲)، حالت قرص به‌صورت پودر است و به علت افزایش سطح تماس، سرعت واکنش در آزمایش (۲) بیشتر از آزمایش (۱) است. حواستان باشد که افزایش مقدار واکنش‌دهنده جامد، تأثیر چندانی بر سرعت واکنش ندارد. **عبارت سوم:** هر چه دما و سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود. آزمایش (۴) نسبت به آزمایش‌های (۱) و (۲) در دمای بالاتری انجام می‌شود و نسبت به آزمایش‌های (۱) و (۳)، واکنش‌دهنده‌ها در آن سطح تماس بیشتری دارند. **عبارت چهارم:** مقدار نهایی فرآورده به سرعت واکنش بستگی نداشته و به مقدار واکنش‌دهنده‌ها وابسته است. در نتیجه حجم گاز جمع‌آوری شده در آزمایش (۲) و (۴) یکسان و کمتر از آزمایش‌های (۱) و (۳) است.

**۱۳۰۰** **B** ۴ همه عبارات‌ها نادرست‌اند. **بررسی موارد: مورد اول:** هر دو فلز قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند. **مورد دوم:** بیماری‌هایی که مشکلات تنفسی دارند، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند، زیرا غلظت اکسیژن در کپسول گاز اکسیژن، بسیار بیشتر از غلظت اکسیژن در هوا می‌باشد و به همین دلیل میزان اکسیژن بیشتری به بیمار می‌رسد و سرعت واکنش اکسیژن با گلبول‌های قرمز افزایش می‌یابد. **مورد سوم:** محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند. **مورد چهارم:** محلول پتاسیم پرمنگنات، بنفش‌رنگ است و با اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد و با گرم شدن محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.

**\* توجه:** فرمول شیمیایی پتاسیم پرمنگنات به‌صورت  $(KMnO_4)$  بوده و از دو یون  $(MnO_4^-, K^+)$  تشکیل شده و دارای بلورهای بنفش‌رنگ است. در حالی که فرمول شیمیایی پتاسیم منگنات به‌صورت  $(K_2MnO_4)$  است و از دو یون  $(MnO_4^{2-}, K^+)$  تشکیل شده و دارای بلورهای سبزرنگ می‌باشد.

۱۳۵۱ (ب) عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای (ب):** شکل سمت راست مربوط به فلز پتاسیم و شکل سمت چپ مربوط به فلز سدیم است. فلز پتاسیم در گروه ۱ و تناوب ۴ جدول دوره‌ای و پایین‌تر از فلز سدیم قرار دارد. در یک گروه از بالا به پایین شعاع اتمی و خصلت فلزی افزایش می‌یابد. پس واکنش‌پذیری فلز پتاسیم بیشتر از فلز سدیم است و در شرایط یکسان، واکنش فلز پتاسیم با آب سرد شدت بیشتری دارد و نور و گرمای بیشتری آزاد می‌کند. **عبارت (ت):** کاتالیزگر واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید، ترکیب یونی پتاسیم بی‌دید (KI) است، از آنجا که این ترکیب یونی، متشکل از دو عنصر است یک ترکیب یونی دوتایی بوده و آرایش الکترونی آن شباهت زنون است. **عبارت (ث):** افزایش فشار سرعت واکنش‌هایی را افزایش می‌دهد که حداقل یک واکنش دهنده گازی داشته باشند. دو واکنش ذکر شده واکنش دهنده گازی ندارند.

۱۳۵۲ (ب) همه عبارتهای همانند جمله داده شده نادرست هستند. در فرایند تهیه آمونیاک از گازهای  $N_2$  و  $H_2$ ، از فلز آهن (Fe) به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** الیاف آهن به دلیل غلظت کم اکسیژن در هوا نمی‌سوزد. **عبارت (ب):** با افزایش غلظت اسید، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، اما تأثیری در  $\Delta H$  واکنش ندارد.

\* **توجه** افزایش غلظت  $HCl(aq)$  از دو طریق می‌تواند اعمال شود:

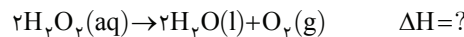
• **کاهش حجم آب ظرف:** در این حالت  $\Delta H$  واکنش هیچ تغییری نمی‌کند چرا که مول  $HCl$  و  $Ca$  مصرفی ثابت است و فقط سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

• **افزایش مول  $HCl$ :** در این حالت بسته به مقدار  $Ca$ ،  $\Delta H$  می‌تواند افزایش یابد. یعنی اگر به مقدار کافی  $Ca$  در ظرف موجود باشد،  $HCl$  اضافه شده به ظرف با آن واکنش می‌دهد و به دلیل افزایش مقدار مصرفی واکنش‌دهنده‌ها، مقدار  $\Delta H$  افزایش می‌یابد. اما اگر  $Ca$  کافی برای واکنش با  $HCl$  اضافه شده به ظرف موجود نباشد چون مقدار  $Ca$  و  $HCl$  مصرفی تغییری نمی‌کند،  $\Delta H$  واکنش ثابت می‌ماند.

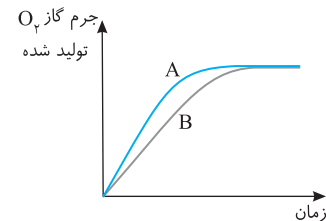
**عبارت (پ):** با کم کردن حجم ظرف (افزایش فشار)، مولکول‌های گازی در فضای کمتری پخش شده و غلظت گاز افزایش می‌یابد. در نتیجه سرعت واکنش افزایش پیدا می‌کند.

**عبارت (ت):** واکنش  $Fe(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$  فاقد واکنش دهنده گازی است، پس تغییر فشار (تغییر حجم) تأثیری بر سرعت آن ندارد در حالی که افزودن آب به ظرف باعث کاهش غلظت  $H^+(aq)$  شده و سرعت واکنش کاهش می‌یابد.

۱۳۵۳ (ب) معادله واکنش تجزیه آب اکسیژنه به صورت مقابل است:



واکنش A در حضور کاتالیزگر مناسب این واکنش به انجام می‌رسد، پس سرعت واکنش انجام شده در ظرف A بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است، زیرا در واکنش انجام شده در ظرف A، سرعت تولید  $H_2O(l)$  و  $O_2(g)$  و سرعت مصرف  $H_2O_2(aq)$  بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است. اما از آنجا که جرم  $H_2O_2$  مصرفی در هر دو واکنش با هم برابر است، در نهایت مقدار فراورده تولیدی و مقدار گرمای آزاد شده در دو واکنش با هم برابر خواهد بود. به عبارت دیگر اگر در واکنش A، x مول  $O_2$  و y kJ گرما تولید شود، در واکنش B نیز همین مقدار  $O_2$  و گرما، اما در طی زمان بیشتری تولید می‌شود.



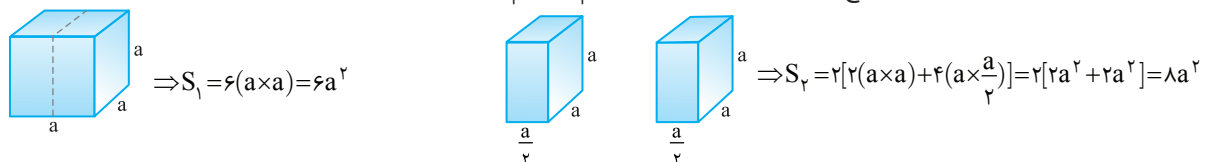
**بررسی نمودارها: نمودار (الف):** مطابق نمودار، آهنگ تولید گرما در واکنش انجام شده در ظرف A بیشتر از واکنش انجام شده در ظرف B است، اما مقدار گرمای آزاد شده در دو واکنش در نهایت با هم برابر است. **نمودار (ب):** آهنگ تولید گاز  $O_2$  در واکنش ظرف A بیشتر از ظرف B است. اما جرم گاز اکسیژن تولیدی در دو واکنش در نهایت با هم برابر باشد، پس نمودار صحیح به صورت مقابل است. **نمودار (پ):** مطابق نمودار، جرم‌های برابر آب اکسیژنه در واکنش انجام شده در ظرف‌های A و B در نهایت به اتمام می‌رسند، اما آهنگ مصرف در واکنش ظرف A بیشتر است و  $H_2O_2$  در زمان کمتری مصرف می‌شود.

۱۳۵۴ (ب) موارد (ب)، (پ) و (ت) سبب افزایش سرعت و شیب نمودار می‌شوند؛ در حالی که مورد (ث) سبب کاهش سرعت و کم شدن شیب نمودار می‌شود. عواملی مانند دما، غلظت و نوع مواد واکنش دهنده، کاتالیزگر و سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها سرعت واکنش را تغییر می‌دهند. با افزایش سرعت واکنش، شیب نمودار تولید گاز  $H_2$  بیشتر شده و با کاهش سرعت واکنش، شیب نمودار تولید گاز  $H_2$  کاهش خواهد یافت. **بررسی موارد: مورد (الف):** چون در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ماده‌ای با حالت گازی وجود ندارد، افزایش حجم ظرف واکنش، تأثیری بر سرعت واکنش ندارد. **مورد (ب):** با استفاده از پودر روی به جای یک قطعه روی، سبب افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها شده و سرعت واکنش افزایش می‌یابد. **مورد (پ):** با افزایش دما، سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد. **مورد (ت):** با افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. **مورد (ث):** با کاهش دمای واکنش، سرعت آن کاهش می‌یابد.

۱۳۵۵ (ب) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. با توجه به نمودار مول-زمان، شیب منحنی B بیشتر از A و آن هم بیشتر از C است، یعنی تغییر تعداد مول یکسان در منحنی B در زمان کمتری از منحنی A و آن هم در زمان کمتری از منحنی C رخ می‌دهد. به عبارت دیگر آهنگ و سرعت واکنش B بیشتر از A و آن هم بیشتر از C است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سدیم خصلت فلزی و واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به لیتیم دارد و سرعت واکنش آن با آب سرد بیشتر از سرعت واکنش لیتیم با آب سرد است. **عبارت (ب):** محلول پتاسیم بی‌دید، کاتالیزگر واکنش تجزیه  $H_2O_2$  است، پس با افزودن آن به محلول، سرعت واکنش افزایش می‌یابد. **عبارت (پ):** با افزایش حجم محلول یک

مولار  $HCl$ ، سرعت واکنش تغییر نمی‌کند، زیرا سرعت واکنش به غلظت واکنش‌دهنده‌ها بستگی دارد و به مقدار آن‌ها وابسته نیست. **عبارت (ت):** دماهای  $35^\circ C$ ،  $38^\circ C$  و  $30^\circ C$  می‌توانند به ترتیب مربوط به نمودارهای A، B و C باشند. **عبارت (ث):** با توجه به اینکه مقایسه واکنش‌پذیری  $F_2$ ،  $Cl_2$  و  $Br_2$  به صورت  $F_2 > Cl_2 > Br_2$  است، نمودارهای A، B و C را می‌توان به واکنش سدیم با  $F_2$ ،  $Cl_2$  و  $Br_2$  نسبت داد. دقت کنید که در هر سه واکنش مقدار مول نهایی فراورده‌ها یکسان است.

۱۳۵۶ (ب) فقط مورد (پ) درست است. **بررسی موارد: عبارت (الف):** چون در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ماده‌ای به حالت گازی وجود ندارد، تغییر حجم ظرف تأثیری در سرعت واکنش ندارد. **عبارت (ب):** اگر اندازه هر ضلع این قطعه آهن را a در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

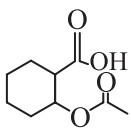
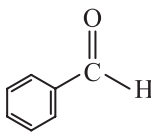
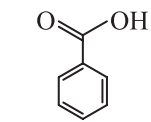




سرعت واکنش متناسب با سطح تماس افزایش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش  $\frac{1}{33} \left(\frac{8a^2}{6a^2}\right)$  برابر می‌شود. عبارت (ب): از آنجا که واکنش‌پذیری فلز آلومینیم از آهن بیشتر است، در نتیجه سرعت واکنش فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات بیشتر از آهن است. عبارت (ت): افزایش دمای محلول و استفاده از محلول غلیظ‌تر مس (II) سولفات، هر دو سبب افزایش سرعت واکنش می‌شوند. عبارت (ث): واکنش‌پذیری فلز نقره کمتر از آهن است؛ بنابراین انتظار می‌رود سرعت واکنش آن با محلول مس (II) کمتر باشد، اما باید حواسمان باشد که چون واکنش‌پذیری فلز نقره کمتر از مس می‌باشد، واکنش بین فلز نقره و محلول مس (II) سولفات اصلاً انجام نمی‌شود.

۱۳۰۷ ۲ **B** کربوکسیلیک اسیدها گروهی از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختار آن‌ها گروه‌های عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) وجود دارد. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد ماده غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. (نه اینکه آن را به صفر برسانند!) گزینه (۳): در ساختار هر عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها، یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) وجود دارد. گزینه (۴): آشناترین عضو این خانواده، اتانویک (استیک) اسید با فرمول مولکولی  $\text{CH}_3\text{COOH}$  است.

۱۳۰۸ ۴ **B** همه عبارت‌ها درست هستند. کربوکسیلیک اسید موجود در تمشک و توت‌فرنگی، بنزوئیک اسید با فرمول مولکولی  $(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)$  و فرمول ساختاری مقابل است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): افزودنی‌ها مواد شیمیایی نگهدارنده، رنگ‌دهنده، طعم‌دهنده ... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند. برای نمونه، نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مواد غذایی می‌شود را کاهش می‌دهند. یکی از این مواد بنزوئیک اسید است. عبارت (پ): بنزآلدهید با فرمول مولکولی  $(\text{C}_7\text{H}_6\text{O})$  و فرمول ساختاری مقابل، تنها یک اکسیژن کمتر از بنزوئیک اسید دارد و اختلاف جرم مولی آن‌ها برابر جرم مولی اتم اکسیژن  $(16\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$  است. عبارت (ت): بنزوئیک اسید در ساختار خود دارای حلقه بنزنی بوده و یک ترکیب آروماتیک است. این ترکیب به دلیل دارا بودن اتم هیدروژن متصل به اکسیژن (در ساختار گروه کربوکسیل) قادر است با مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی برقرار نماید. عبارت (ث): بنزوئیک اسید  $(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)$  همانند اتانول  $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})$  دارای ۶ اتم هیدروژن و همانند ۲-هیتانول  $(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O})$  دارای ۷ اتم کربن است.



۱۳۰۹ ۱ **B** فرمول مولکولی این ترکیب  $\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}_2$  است و هیدروکربن سیرشده زنجیری هم کربن آن، آلکانی ۹ کربنی با فرمول  $\text{C}_9\text{H}_{20}$  است. تفاوت شمار اتم‌های هیدروژن این دو ترکیب برابر ۱۲ می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): اگر به جای حلقه آروماتیک این ترکیب، حلقه سیکلوهگزان قرار دهیم، ترکیب مقابل با فرمول مولکولی  $\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}_2$  حاصل می‌شود که شمار اتم‌های هیدروژن آن ۶ عدد بیشتر از ترکیب اولیه یعنی  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$  است.

**\* توجه** دقت داشته باشید که برای بررسی درستی این عبارت، نیازی به رسم ساختار نیست، زیرا می‌دانید که سیکلوهگزان نسبت به بنزن، ۶ اتم هیدروژن بیشتر دارد، پس با جایگزین کردن آن در مولکول، شمار اتم‌های هیدروژن ۶ واحد افزایش می‌یابد.

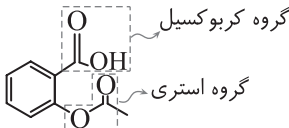
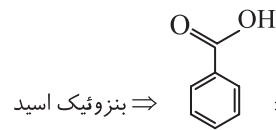
گزینه (۳): بنزوئیک اسید یک حلقه بنزن است که یکی از اتم‌های هیدروژن آن با یک گروه عاملی کربوکسیل جایگزین شده است:

$$\Rightarrow 7(12) + 6(1) + 2(16) = 122\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

جرم مولی ترکیب مورد نظر یعنی  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$  برابر است با:

$$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2 \text{ جرم مولی} = 9(12) + 8(1) + 2(16) = 180\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

در نتیجه تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر  $58\text{g}$  ( $180 - 122$ ) است. گزینه (۴): همان‌طور که در ساختار این ترکیب نشان دادیم، این ترکیب دارای یک گروه عاملی کربوکسیل و یک گروه عاملی استری است.



۱۳۱۰ ۲ **B** فرمول شیمیایی بنزوئیک اسید به صورت  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  است. ابتدا گرمای حاصل از سوختن  $61\text{g}$  بنزوئیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = 61\text{g C}_7\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{1\text{mol C}_7\text{H}_6\text{O}_2}{122\text{g C}_7\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{3/22 \times 10^3\text{kJ}}{1\text{mol C}_7\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{10^3\text{J}}{1\text{kJ}} = 16100\text{J}$$

سپس ظرفیت گرمایی گرماسنج را محاسبه می‌کنیم:  $416\text{J}\cdot\text{C}^{-1} = \text{گرماسنج} \times (2/5) + C \Rightarrow C = 16100 = (1000 \times 4/184 \times 2/5) + (C \times 2/5) \Rightarrow C = 416\text{J}\cdot\text{C}^{-1}$

۱۳۱۱ ۱ **C** فقط مورد چهارم درست است. با توجه به اینکه نمودار صعودی بوده و حجم را برحسب زمان نشان می‌دهد، پس این نمودار مربوط به حجم  $\text{CO}_2$  تولیدی در واکنش است. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: افزودن مواد جامد و مایع خالص که غلظت آن‌ها ثابت است، اثری بر سرعت واکنش ندارد و چون در سمت واکنش دهنده‌ها ماده گازی وجود ندارد، تغییر فشار تأثیری در زمان اتمام این واکنش نخواهد داشت. اما دقت کنید که با نصف شدن فشار، حجم  $\text{CO}_2$  دو برابر می‌شود و نمودار از A به D تغییر می‌کند. مورد دوم: از آنجا که از اسید غلیظ‌تر استفاده شده، باید شیب نمودار تولید گاز  $\text{CO}_2$  افزایش یابد و همچنین چون مقدار مول اسید تغییری نکرده و در هر دو حالت ۲/۰ مول می‌باشد، بنابراین حجم گاز تولیدی هم تغییری نمی‌کند. در نمودار C هیچ کدام از این دو مورد نسبت به نمودار A رعایت نشده است. مورد سوم: چون غلظت اسید کمتر شده باید شیب نمودار تولید گاز کاهش یابد و همچنین چون مقدار مول اسید افزایش یافته است.

$$M_{\text{نانویه}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(0/1 \times 0/2 + 0/1 \times 0/2)}{0/1 + 0/2} \approx 0/133\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

مقدار مول اسید ۲ برابر شده، پس حجم گاز تولیدی هم باید ۲ برابر شود، که در نمودار C حجم گاز  $\text{CO}_2$  تولیدی در انتهای واکنش نسبت به نمودار A ۱/۵ برابر شده است.

اسید  $0/4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0/3\text{ L} \times 0/133\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0/4\text{ mol}$  اسید در حالت B، اسید  $0/1\text{ L} \times 0/2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0/2\text{ mol}$  اسید در حالت A

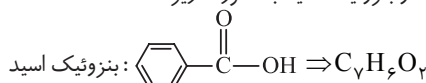
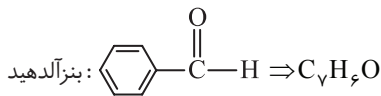
مورد چهارم: چون غلظت اسید بیشتر شده است، شیب نمودار تولید گاز نیز افزایش می‌یابد و همچنین چون مقدار مول اسید دو برابر شده، مقدار حجم گاز تولیدی نیز دو برابر می‌شود. در نمودار D، هر دو این ویژگی‌ها نسبت به نمودار A رعایت شده است.

$$M_{\text{نانویه}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(0/2 \times 0/1 + 0/4 \times 0/5)}{0/15} = 0/26\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

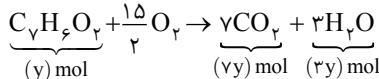
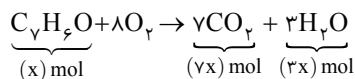
۱ ۱۳۱۲ C ابتدا از چگالی اکسیژن ( $O_2$ ) حجم مولی گازها در شرایط آزمایش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی} = \frac{\text{حجم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1/6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = \frac{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{(V) \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow V = 20 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

فرمول ساختاری و مولکولی بنزآلدهید و بنزوئیک اسید به صورت زیر است:



ابتدا مقدار مول بنزآلدهید را  $x$  و مقدار مول بنزوئیک اسید را  $y$  فرض کرده و خواهیم داشت:



سپس از حجم کربن دی‌اکسید تولیدی داریم:  $? L CO_2 = (yx + yy) \text{ mol } CO_2 \times \frac{20 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 210 \text{ L } CO_2 \Rightarrow x + y = 1/5 \text{ mol} \quad (I)$

حال با توجه به جرم مخلوط اولیه، خواهیم داشت:

$$? \text{ g مخلوط} = [x \text{ mol } C_7H_6O \times \frac{106 \text{ g } C_7H_6O}{1 \text{ mol } C_7H_6O}] + [y \text{ mol } C_7H_6O_2 \times \frac{122 \text{ g } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } C_7H_6O_2}] = 106x + 122y = 167 \quad (II)$$

اکنون با حل دستگاه دو معادله - دو مجهول، مقدار  $x$  و  $y$  را به دست می‌آوریم:

قسمت اول: در ادامه درصد جرمی بنزوئیک اسید در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی بنزوئیک اسید} = \frac{0/5 \text{ mol } C_7H_6O_2 \times \frac{122 \text{ g } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } C_7H_6O_2}}{167 \text{ g}} \times 100 = \frac{61}{167} \times 100 = 36/5\%$$

قسمت دوم: برای حل قسمت دوم تست، ابتدا مقدار آب تولیدی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mL } H_2O = 4/5 \text{ mol } H_2O \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1 \text{ mL } H_2O}{1 \text{ g } H_2O} = 144 \text{ mL } H_2O$$

سپس حجم محلول اولیه که قرار است غلظت آن ۶۷٪ کاهش یابد را محاسبه می‌کنیم:

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 \Rightarrow M_1 \times V_1 = 0/33 M_1 \times (V_1 + 144 \text{ mL}) \Rightarrow 2V_1 = 144 \text{ mL} \Rightarrow V_1 = 72 \text{ mL}$$

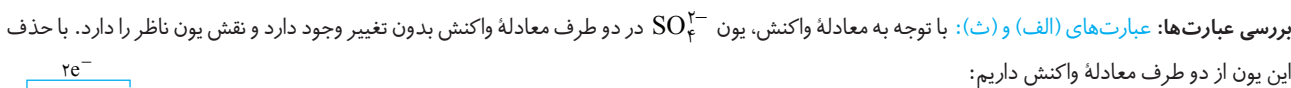
**نکته ترکیبی** ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی:

- ترمودینامیک شیمیایی (گرماشیمی): شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد.
- سینتیک شیمیایی: شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی سرعت واکنش‌های شیمیایی، عوامل مؤثر بر سرعت و نحوه انجام آن‌ها می‌پردازد.

موارد چهارم و پنجم توسط علم سینتیک بررسی نمی‌شود. شیمی‌دان‌ها از یک سو در پی یافتن راه‌هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فرآورده‌های گوناگونی با صرفه اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید درباره شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آن‌ها آگاهی داشته باشند. سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می‌گذارد.

\* توجه: ترموشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارند، می‌پردازد.

۴ ۱۳۱۴ B همه عبارت‌ها درست‌اند. معادله واکنش به صورت مقابل است:



در واقع با انتقال الکترون از اتم‌های فلز روی به یون‌های  $Cu^{2+}$  درون محلول، اتم‌های روی به صورت یون‌های  $Zn^{2+}(\text{aq})$  وارد محلول می‌شوند و از جرم فلز روی کاسته می‌شود. از طرفی یون‌های  $Cu^{2+}$  درون محلول، به شکل اتم‌های  $Cu(s)$  روی تیغه یا کف ظرف رسوب می‌کنند و غلظت یون‌های  $Cu^{2+}$  رفته‌رفته کمتر می‌شود.

\* توجه: رنگ آبی محلول به دلیل حضور یون‌های  $Cu^{2+}$  است که به تدریج و با مصرف این یون‌ها، از شدت رنگ آبی محلول کاسته شده و به دلیل تولید محلول بی‌رنگ  $ZnSO_4$ ، محلول مدام کم‌رنگ‌تر شده و در پایان واکنش بی‌رنگ می‌شود.

عبارت (ب): مطابق معادله واکنش، به ازای مصرف یک مول واکنش‌دهنده جامد ( $Zn(s)$ )، یک مول فرآورده جامد ( $Cu(s)$ ) تولید می‌شود. بنابراین با توجه به بیشتر بودن جرم مولی فلز روی نسبت به مس، با گذشت زمان، جرم مواد جامد موجود در ظرف کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با فرض کامل بودن واکنش و مصرف همه مس (II) سولفات خواهیم داشت:

$$\bar{R}(Cu^{2+}) = \bar{R}(CuSO_4) = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0 - 0/9)}{120} = 0/075 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

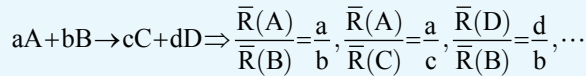
عبارت (ت): با توجه به معادله واکنش، فلز روی فعال‌تر از فلز مس است و به همین دلیل جایگزین یون‌های مس در محلول مس (II) سولفات می‌شود.





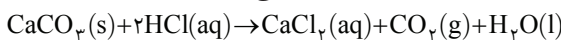
۱۳۱۵ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها، در این واکنش طی مدت زمانی مشخص به ازای تولید ۳ مول D، ۲ مول C تولید می‌شود، پس سرعت متوسط تولید ماده D، ۱/۵ برابر سرعت متوسط تولید ماده C است.

★ نکته نسبت سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد در یک واکنش برابر با نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌ها است؛ یعنی:



عبارت (ب): فرآورده‌های این واکنش شامل  $\text{CaCl}_2(\text{aq})$ ،  $\text{CO}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  می‌باشند. عبارت (پ): از آنجا که با گذشت زمان، سرعت انجام واکنش کاهش می‌یابد، در بازه‌های زمانی یکسان، سرعت متوسط بازه زمانی اول از سرعت متوسط بازه زمانی دوم بزرگ‌تر و سرعت متوسط در بازه زمانی سوم بیشتر است و ... به‌طور مثال در واکنش  $A \rightarrow 2B$ ، سرعت واکنش در دقیقه اول بیشتر از دقیقه دوم، در دقیقه دوم بیشتر از دقیقه سوم، ... و در دقیقه پنجم بیشتر از دقیقه ششم است، اما توجه کنید که نسبت خطی بین آن‌ها برقرار نیست. در صورتی که سؤال چنین اطلاعاتی را از شما بخواهد باید جدول یا نمودار ارائه دهد تا بتوانید با انجام محاسبات به آن برسید. عبارت (ت): در این واکنش ضریب استوکیومتری  $\text{HCl}(\text{aq})$  برابر ۲ و ضریب استوکیومتری  $\text{CO}_2(\text{g})$  برابر یک است، پس سرعت متوسط مصرف  $\text{HCl}$ ، ۲ برابر سرعت متوسط تولید  $\text{CO}_2$  می‌باشد.

۱۳۱۶ B عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به معادله موازنه‌شده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در آن برابر ۶ است.



عبارت (ب): با گذشت زمان به دلیل خروج گاز  $\text{CO}_2$  از ظرف واکنش، از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود. عبارت (پ): در این واکنش نمودار مول - زمان برای هر سه فرآورده از هر لحاظ یکسان است؛ زیرا ضرایب استوکیومتری آن‌ها با هم برابر است، اما  $\text{HCl}$ ، واکنش دهنده و دارای ضریب ۲ می‌باشد، پس نمودار مول - زمان آن با فرآورده‌ها کاملاً متفاوت است. عبارت (ت): در واکنش‌های شیمیایی با گذشت زمان، سرعت تولید فرآورده‌ها کاهش می‌یابد. عبارت (ث): خارج کردن مقداری آب از محلول  $\text{HCl}$ ، باعث افزایش غلظت  $\text{HCl}$  و افزایش سرعت واکنش می‌شود و با افزایش سرعت واکنش، منحنی (مول زمان) کربن‌دی‌اکسید سریع‌تر به‌صورت افقی درمی‌آید. \* توجه سرعت تولید فرآورده در یک واکنش، تابع سرعت مصرف واکنش دهنده است. هنگامی که با پیشرفت تدریجی یک واکنش، غلظت واکنش دهنده کاهش می‌یابد، سرعت واکنش و در نتیجه سرعت تولید فرآورده به مرور زمان کاهش می‌یابد.

۱۳۱۷ B عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): معادله موازنه‌شده واکنش به‌صورت زیر است:



در این واکنش فرآورده نامحلول در آب تولید نمی‌شود. توجه کنید که انحلال‌پذیری  $\text{CO}_2$  در آب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، بیشتر از ۱g در ۱۰۰ گرم آب است، پس  $\text{CO}_2$  ترکیبی محلول در آب به حساب می‌آید. عبارت (ب): سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش، با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب است، به‌طوری که هر چه ضریب استوکیومتری ماده‌ای کوچک‌تر باشد، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن کمتر است. برای مثال در واکنش  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$  مقایسه سرعت متوسط به‌صورت  $\bar{R}(\text{H}_2) > \bar{R}(\text{NH}_3) > \bar{R}(\text{N}_2)$  است. عبارت (پ): واکنش میان یک قطعه فلز روی و محلول دارای یون مس (II) تا جایی پیش می‌رود که تقریباً همه یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  به اتم‌های مس تبدیل شوند یا اینکه همه فلز روی به یون  $\text{Zn}^{2+}$  تبدیل شود و فلز روی به اتمام برسد. عبارت (ت): از آنجا که سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست، رابطه گفته شده تنها در صورت برابر بودن مجموع ضرایب استوکیومتری دو طرف معادله واکنش برقرار است. عبارت (ث): معادله موازنه‌شده این واکنش به‌صورت  $2\text{NH}_3 + 2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HCN} + 6\text{H}_2\text{O}$  است، بنابراین سرعت متوسط تولید  $\text{H}_2\text{O}$ ، ۳ برابر سرعت متوسط مصرف  $\text{CH}_4$  و  $\text{NH}_3$  است.

۱۳۱۸ B با توجه به جدول صورت تست، غلظت گونه A در حال افزایش و غلظت گونه‌های B و C در حال کاهش است، پس A فرآورده و B و C واکنش دهنده هستند. می‌دانیم که ضرایب استوکیومتری گونه‌ها، نسبت تغییر غلظت گونه‌ها را نشان می‌دهد، از این‌رو برای پیدا کردن این ضرایب در یک بازه زمانی مشخص، برای مثال بین ۵ تا ۱۰ ثانیه، تغییرات غلظت هر ماده را محاسبه می‌کنیم و سپس به کوچک‌ترین مقدار تقسیم می‌کنیم.

$$\Delta[A] = [A]_2 - [A]_1 = 3/7 - 1 = 2/7 \text{M} \Rightarrow \text{ضریب ماده A} = \frac{2/7}{0/9} = 3$$

$$\Delta[B] = [B]_2 - [B]_1 = 2/8 - 3/7 = -0/9 \text{M} \Rightarrow \text{ضریب ماده B} = \frac{-0/9}{0/9} = -1, \Delta[C] = [C]_2 - [C]_1 = 3/8 - 5/6 = -1/8 \text{M} \Rightarrow \text{ضریب ماده C} = \frac{-1/8}{0/9} = -2$$

بنابراین معادله موازنه‌شده واکنش به‌صورت  $B + 2C \rightarrow 3A$  است. با توجه به اعداد جدول داریم:

$$t = 15 \text{ تا } t = 10 \text{ در A مول تغییرات} = 5/8 - 3/7 = 2/1, t = 15 \text{ تا } t = 10 \text{ در B مول تغییرات} = b - 2/8 \Rightarrow |b - 2/8| = \frac{2/1}{3} = 0/7 \Rightarrow b = 2/1$$

$$t = 20 \text{ تا } t = 15 \text{ در B مول تغییرات} = 1/7 - 2/1 = -0/4, t = 20 \text{ تا } t = 15 \text{ در C مول تغییرات} = c - 2/4 \Rightarrow \frac{|c - 2/4|}{2} = |-0/4| \Rightarrow c = 1/6$$

$$t = 20 \text{ تا } t = 15 \text{ در A مول تغییرات} = a - 5/8, t = 20 \text{ تا } t = 15 \text{ در B مول تغییرات} = 1/7 - 2/1 = -0/4 \Rightarrow \frac{|a - 5/8|}{3} = |-0/4| \Rightarrow a = 7$$

$$a + b + c = 2/1 + 1/6 + 7 = 10/7$$

اکنون مجموع a، b و c را محاسبه می‌کنیم:

۱۳۱۹ B با توجه به زمان سنج موجود در شکل سؤال، واکنش طی مدت ۵ دقیقه به انجام رسیده است. سرعت متوسط مصرف رنگ غذا در این واکنش برابر  $3/96 \text{g} \cdot \text{min}^{-1}$  می‌باشد، یعنی به‌طور متوسط به ازای سپری شدن هر دقیقه از واکنش، ۳/۹۶ گرم رنگ غذا مصرف می‌شود. بنابراین طی مدت ۵ دقیقه، مقدار  $19/8$  ( $5 \times 3/96$ ) گرم از این ماده به مصرف می‌رسد. اکنون به کمک جرم مولی، مقدار مول مصرفی این ماده را به دست می‌آوریم:

$$\text{رنگ غذا} = 0/25 \text{mol} = \frac{1 \text{mol}}{792 \text{g}} \times \text{رنگ غذا} = 19/8 \text{g} \text{ رنگ غذا} = 19/8 \text{mol} ?$$

**۳ ۱۳۲۰** کاهش جرم مخلوط واکنش، ناشی از خروج گاز  $CO_2$  تولیدی از ظرف واکنش است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ت): کاهش جرم مخلوط واکنش در بازه ۱۰ تا ۳۰ ثانیه برابر  $0.66g$  است، پس مقدار B برابر  $1/32g$  خواهد بود که معادل  $0.3$  مول از آن است. از طرفی جرم کل  $CO_2$  تولیدی تا ثانیه ۴۰ برابر  $1/43g$  است، پس جرم  $CO_2$  تولیدی در بازه ۳۰ تا ۴۰ ثانیه برابر  $1/43 - 1/32$  است و A برابر  $64/55g$  خواهد بود. عبارت (ب): تا ثانیه ۵۰، جرم مخلوط واکنش کاهش می‌یابد، اما بعد از ثانیه ۵۰ (در بازه ۵۰ تا ۶۰ ثانیه)، جرم مخلوط واکنش ثابت مانده است. پس واکنشی در این بازه زمانی رخ نداده و واکنش در همان ثانیه ۵۰ به اتمام رسیده است. عبارت (پ): از ابتدای واکنش تا پایان آن، یعنی ثانیه ۵۰، جرم گاز  $CO_2$  تولید شده برابر  $1/48g$  است. پس سرعت متوسط تولید  $CO_2$  در این بازه زمانی برابر است با:

$$\Delta n(CO_2) = 1/48g CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44g CO_2} = 0.0011 \text{ mol } CO_2, \quad \bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{0.0011 \text{ mol}}{1 \text{ min}} = 0.0011 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

عبارت (ث): با توجه به معادله واکنش، ضریب سه ماده فراورده که طی واکنش تولید می‌شوند یکسان است؛ پس سرعت متوسط تولید سه ماده یکسان می‌باشد:

$$\bar{R}(CaCl_2) = \bar{R}(H_2O) = \bar{R}(CO_2)$$

با توجه به محاسبه سرعت تولید  $CO_2$  در عبارت (پ)، خواهیم داشت:

$$\bar{R}(CaCl_2) = \bar{R}(H_2O) = \bar{R}(CO_2) = 0.0011 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1.83 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

**۳ ۱۳۲۱** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش زنگ آهن با هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:

$$Fe_2O_3(s) + HCl(aq) \rightarrow 2FeCl_3(aq) + 3H_2O(l)$$

نمک تولید شده در این واکنش  $FeCl_3$  است و کاتیون سازنده آن  $Fe^{3+}$  می‌باشد.

$$Fe: [Ar] 3d^6 4s^2 \xrightarrow{-3e^-} Fe^{3+}: [Ar] 3d^5$$

زیر لایه نیمه‌پر

عبارت (ب): ششمین عضو خانواده آلکین‌ها،  $C_6H_{10}$  و ششمین عضو خانواده آلکان‌ها  $C_6H_{14}$  است. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکین‌ها از رابطه  $3n-1$  و در آلکان‌ها از رابطه  $3n+1$  به دست می‌آید. اختلاف  $1 = 19 - 18 = 1$ ، شمار پیوندهای کووالانسی  $C_6H_{14}$ ،  $3(6) = 18$ ، شمار پیوندهای کووالانسی  $C_6H_{10}$ ،  $3(6) - 1 = 17$  است.

عبارت (پ): اگر سرعت متوسط مصرف  $SF_6$  را برابر  $x \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$  در نظر بگیریم، سرعت متوسط تولید HF برابر  $4x \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$  است.

$$\bar{R}(SF_6) = x \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}} \times 16 \text{ L} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{4}{15} x \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(HF)}{\bar{R}(SF_6)} = \frac{4x \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}}{\frac{4}{15} x \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}} = 15$$

پس نسبت سرعت متوسط دو ماده برابر است با:

عبارت (ت):  $Ge$  یک شبه فلز و یک عنصر نیمه‌رسانا است. همان‌طور که می‌دانید، پیشرفت صنعت الکترونیک مبتنی بر نیم‌رساناهاست.

**۳ ۱۳۲۲** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل مربوط به واکنش میان پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی است که این واکنش در دمای اتاق به کندی انجام می‌شود، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ب): واکنش میان گازهای  $CO$  و  $NO$  به صورت  $2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$  است. واکنش‌پذیرترین گاز موجود در هوا، گاز اکسیژن است که جزء فراورده‌های این واکنش نمی‌باشد.

عبارت (پ): قند موجود در جوانه گندم، مالتوز است.

$$C_{12}H_{22}O_{11} \Rightarrow \text{مجموع شمار اتم‌ها} = 45 \Rightarrow \frac{45}{15} = 3$$

$$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow \text{مجموع شمار اتم‌ها} = 18 \Rightarrow \frac{18}{15} = 1.2$$

فرمول مولکولی مالتوز

عبارت (ت): در فرایند گرماگیر، گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود. انحلال کلسیم کلرید در آب و تولید آمونیاک از هیدرازین گرماده بوده و فرایند فتوسنتز و تولید  $NO_2$  از  $N_2O_4$  گرماگیر هستند. (دو فرایند گرماگیر) عبارت (ث): معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت  $3H_2S + 2HNO_3 \rightarrow 3S + 2NO + 4H_2O$  است. عبارت (ب):  $\bar{R}(HNO_3) + \bar{R}(NO) = \bar{R}(H_2O)$  با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش می‌توان گفت:

**۳ ۱۳۲۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به اینکه تعداد مول رنگ غذا در حال کاهش است، شیب نمودار (مول - زمان) برای آن منفی است. عبارت دوم: طی واکنش، تعداد مول رنگ غذا، در حال کاهش است و به همین دلیل از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. عبارت سوم: برای محاسبه سرعت متوسط مصرف یک واکنش‌دهنده از رابطه  $\bar{R} = \frac{-\Delta n(\text{واکنش دهنده})}{\Delta t}$  استفاده می‌شود. عبارت چهارم: با توجه به نمودار، واکنش در ثانیه ۳۰ به پایان رسیده است:

$$\bar{R}(\text{رنگ غذا}) = \frac{-\Delta n(\text{رنگ غذا})}{\Delta t} = \frac{0.05 \text{ mol}}{30 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

عبارت پنجم: در واکنش‌های شیمیایی، معمولاً با گذشت زمان، سرعت متوسط تولید و مصرف مواد کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار داده شده، با گذشت زمان، اندازه شیب نمودار کم می‌شود؛ پس با گذشت زمان، سرعت متوسط مصرف رنگ غذا کاهش می‌یابد.





**۱۳۲۴ ۳** همه نمودارها به جز نمودار (ت) را می‌توان به واکنش مورد نظر نسبت داد. در یک واکنش، تغییرات مول مواد متناسب با ضرایب استوکیومتری آنهاست و مقدار مول واکنش دهنده‌ها کاهش و مقدار مول فراورده‌ها افزایش می‌یابد. ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$2Al_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Al(s) + 3CO_2(g)$$

بررسی نمودارها: نمودار (الف): تغییرات مول مواد به ترتیب برابر با  $(-2)$ ،  $(-3)$ ،  $(+4)$  و  $(+3)$  است که متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش می‌باشند. ولی مقدار مول هیچ کدام از واکنش دهنده‌ها صفر نمی‌شود. نمودار (ب): تغییرات مول مواد به ترتیب برابر با  $(-1/6)$ ،  $(-2/4)$ ،  $(+3/2)$  و  $(+2/4)$  است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب  $(\times 8)$  هستند.

$$\frac{+2/4}{\times 8} = +3 \quad \frac{+3/2}{\times 8} = +4 \quad \frac{-2/4}{\times 8} = -3 \quad \frac{-1/6}{\times 8} = -2$$

نمودار (پ): تغییرات مول مواد به ترتیب برابر با  $(-2/4)$ ،  $(-3/6)$ ،  $(+4/8)$  و  $(+3/6)$  است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب  $(\times 2)$  هستند.

$$\frac{+3/6}{\times 2} = +3 \quad \frac{+4/8}{\times 2} = +4 \quad \frac{-3/6}{\times 2} = -3 \quad \frac{-2/4}{\times 2} = -2$$

نمودار (ت): تغییرات مول مواد به ترتیب برابر با  $(-1/5)$ ،  $(-2)$ ،  $(+1/5)$  و  $(+2)$  است. این اعداد متناسب با ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های واکنش از مضرب  $(\times 5)$  هستند، اما متناسب با ضرایب استوکیومتری واکنش نیستند.

$$\frac{-1/5}{\times 5} = -3 \quad \frac{-2}{\times 5} = -4 \quad \frac{+1/5}{\times 5} = +3 \quad \frac{+2}{\times 5} = +4$$

در واقع معادله موازنه شده واکنش مربوط به این نمودار به صورت  $3A + 4B \rightarrow 3C + 4D$  است.

**۱۳۲۵ ۴** با توجه به نمودار درمی‌یابیم که متعلق به واکنشی با یک واکنش دهنده و دو فراورده است. برای یافتن معادله واکنش باید تغییرات مول مواد شرکت کننده در واکنش را نسبت به یکدیگر محاسبه کنیم تا از این طریق به ضریب استوکیومتری ترکیب در معادله واکنش موازنه شده آن برسیم. دقیقه ۶ را ملاک محاسبات خود قرار می‌دهیم: (تغییرات مول هر گونه را بر کوچک‌ترین آن‌ها تقسیم می‌کنیم و در صورت لزوم در عددی ضرب می‌کنیم تا غیرکسری شود.)

$$\frac{1/6 - 0}{1/6} = 1 \quad \frac{2/4 - 0}{1/6} = 3 \quad \frac{1/6 - 0}{1/6} = 1 \quad \frac{2/4 - 0}{1/6} = 3$$

$$\frac{1/6}{1/6} = 1 \quad \frac{1/6}{1/6} = 1$$

$$\frac{2/4}{1/6} = 3 \quad \frac{2/4}{1/6} = 3$$

اکنون اعداد به دست آمده را در ۲ ضرب می‌کنیم تا ضرایب صحیح گونه‌های شرکت کننده در واکنش به دست آید.

$$\frac{1}{2} = 1 \quad \frac{1}{2} = 1$$

$$\frac{3}{2} = 3 \quad \frac{3}{2} = 3$$

در نتیجه معادله واکنش را می‌توان به صورت  $2A \rightarrow 2B + 3C$  نمایش داد که فقط واکنش  $2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$  متناسب با آن است.

**۱۳۲۶ ۴** فقط نمودار (پ) را می‌توان به این واکنش نسبت داد. در نمودار (پ)، اگر تعداد مول  $H_2$  را برابر با ۳ و تعداد مول  $O_2$  را برابر با یک در نظر بگیریم، با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $H_2$  با  $H_2O$  برابر است، باید تعداد مول  $H_2$  مصرفی برابر با تعداد مول  $H_2O$  تولید شده باشد. یعنی اگر ۲ مول  $H_2$  مصرف شده است، ۲ مول  $H_2O$  تولید شده باشد. در نمودار (الف)، مقدار مول هیچ کدام از واکنش دهنده‌ها صفر نشده است در نمودار (ب)، مقدار مول  $H_2$  سه برابر مقدار مول  $O_2$  است، ولی تغییرات تعداد مول  $H_2$  دو برابر  $O_2$  نیست. و در نمودار (ت)، مقدار مول  $H_2$  سه برابر مقدار مول  $O_2$  نیست و تغییرات تعداد مول  $H_2$  نیز دو برابر  $O_2$  نمی‌باشد.

**۱۳۲۷ ۲** مقایسه‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$  است. بررسی

موارد: مورد (الف): با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری  $Cu$  و  $Zn$  با هم برابر است، سرعت متوسط مصرف روی در ۵ دقیقه ابتدایی واکنش برابر با سرعت متوسط تولید مس در ۵ دقیقه ابتدایی واکنش است. مورد (ب): هر چه واکنش به پایان خود نزدیک‌تر می‌شود، از سرعت متوسط تولید و مصرف مواد در آن کاسته می‌شود. بنابراین سرعت بی‌رنگ شدن محلول در ۳ دقیقه اول ( $t=0$  تا  $t=3 \text{ min}$ ) بیشتر از ۳ دقیقه دوم ( $t=3 \text{ min}$  تا  $t=6 \text{ min}$ ) است. مورد (پ): هر چه واکنش به انتهای خود نزدیک می‌شود، از سرعت آن کاسته می‌شود، بنابراین تغییرات غلظت  $CuSO_4$  در ۲ دقیقه اول بیشتر از تغییرات غلظت  $CuSO_4$  در ۲ دقیقه دوم است. مورد (ت): بین مقدار کاهش جرم فلز روی در ۴ و ۸، یک رابطه خطی برقرار نیست. تنها می‌توانیم بگوییم: مقدار کاهش جرم فلز روی در دقیقه هشتم  $>$  مقدار کاهش جرم فلز روی در دقیقه چهارم

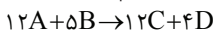
**۱۳۲۸ ۱** برای رسیدن به معادله موازنه شده واکنش از روی نمودار، باید تغییرات مول مواد و نسبت آن‌ها به یکدیگر را محاسبه کنیم. توجه کنید که ضریب استوکیومتری مواد در معادله یک واکنش متناسب با تغییرات مول مواد است. در معادله واکنش، همه ضرایب باید صحیح باشند. بررسی گزینه‌ها:

گزینه (۱):  $3-0=3, 1-0=1$  تغییرات مول فراورده  $3-4=-4$  تغییرات مول واکنش دهنده

معادله واکنش را می‌توان به صورت  $4A \rightarrow B + 3C$  نمایش داد. در این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها با هم برابر است، بنابراین مجموع سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده‌ها برابر با مجموع سرعت متوسط تولید فراورده‌هاست.

گزینه (۲):  $6-0=6, 2-0=2$  تغییرات مول فراورده  $6-6=-6, 0-2/5=-2/5$  تغییرات مول واکنش دهنده

معادله واکنش را می‌توان به صورت  $6A + 2/5B \rightarrow 6C + 2D$  نمایش داد که برای رسیدن به معادله موازنه شده آن باید ضرایب را در (۲) ضرب کنیم.



مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

گزینه (۳):  $3-0=3$  تغییرات مول فراورده  $1-5=-4, 0-4=-4$  تغییرات مول واکنش دهنده

معادله واکنش را می‌توان به صورت  $4A + 4B \rightarrow 3C$  نشان داد. مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

گزینه (۴):  $3-0=+3, 5-0=+5$  تغییرات مول فراورده  $3-7=-4, 0-3=-3$  تغییرات مول واکنش دهنده

معادله واکنش را می‌توان به صورت  $3A + 4B \rightarrow 3C + 5D$  نشان داد. مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها با مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر نیست.

$$P = \frac{-\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{-(X+Y)}{2} \Rightarrow Z+T > P$$

۱ ۱۳۲۹ B همه موارد به جز مورد (ب) نادرست اند. بررسی موارد: مورد (الف):

$$Z = \frac{-\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{-X}{1}$$

$$T = \frac{-\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{-Y}{1}$$

مورد (ب):

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری A دو برابر ضریب استوکیومتری B است، پس (-Y) دو برابر (W) است، از طرفی سرعت واکنش در ۱۰ دقیقه اول بیشتر از ۱۰ دقیقه دوم است (یعنی -X بزرگتر از -Y)، مقدار (-X) بزرگتر از (۲W) می باشد.

\* توجه: دقت کنید که A واکنش دهنده و B فرآورده است، بنابراین  $\Delta n(A)$  یک عدد منفی و  $\Delta n(B)$  یک عدد مثبت است، به همین علت از (-X) و (-Y) استفاده کردیم تا دو عدد مثبت را با هم مقایسه کنیم.

مورد (پ): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری A دو برابر ضریب استوکیومتری B است،  $Y = -2W$  می باشد. (علامت منفی به این خاطر است که Y منفی می باشد).  
مورد (ت): سرعت واکنش همواره مقدار مثبتی دارد، بنابراین  $P > 0$  است.

۴ ۱۳۳۰ C توجه داشته باشید که در هر جدول، در یک بازه زمانی، تغییر مول هر گونه باید متناسب با گونه دیگر باشد و با نزدیک شدن به انتهای واکنش باید سرعت متوسط و تغییرات مول کاهش یابد. بررسی گزینه ها:

$$t=2 \text{ تا } t=1 \text{ در } A: \frac{2}{2-5} = -2/3, t=2 \text{ تا } t=1 \text{ در } B: \frac{4}{4-3} = 1/1 \Rightarrow \bar{R}(A) = 2\bar{R}(B)$$

گزینه (۱):

$$t=3 \text{ تا } t=2 \text{ در } A: \frac{1-2}{2-4} = -1/2, t=3 \text{ تا } t=2 \text{ در } B: \frac{5}{5-4} = 1/1 \Rightarrow \bar{R}(A) = \bar{R}(B)$$

با توجه به عدم تناسب رابطه بین سرعت متوسط دو ماده در بازه زمانی  $t=2$  تا  $t=1$  و  $t=3$  تا  $t=2$ ، اطلاعات این گزینه درست نمی باشد. گزینه (۲): از آنجا که هر چه واکنش به انتهای خود نزدیک می شود، سرعتش کمتر می شود، ممکن نیست تغییرات مول بین دقایق ۱ و ۲ از تغییرات مول بین دقایق ۲ و ۳ کمتر باشد.

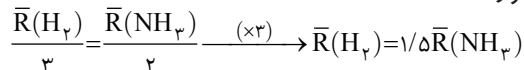
$$2-2/4 = -0/4$$

$$1/55-2 = -0/45$$

گزینه (۳): مانند گزینه قبل، این گزینه هم نادرست است.  $3-1/8 = 1/2$  تغییر مول ماده A بین دقایق ۲ و ۳،  $1/8-0/8 = 1/8$  تغییر مول ماده A بین دقایق ۱ و ۲

گزینه (۴): اطلاعات موجود در جدول گزینه (۴)، ایرادی ندارد و پاسخ صحیح این گزینه است.

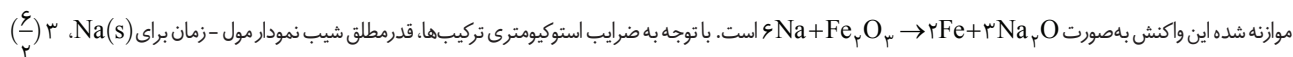
۳ ۱۳۳۱ C عبارت های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) برای تکمیل این جمله مناسب هستند. بررسی موارد:



عبارت (الف): معادله موازنه شده به صورت  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  است.

عبارت (ب): معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + 2SO_2$  است. با توجه به برابری ضرایب استوکیومتری فرآورده ها، شیب نمودار مول - زمان برای هر دو فرآورده یکسان است. عبارت (پ): معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $4C_3H_8 + 10NO \rightarrow 12CO + 10H_2O + 6N_2 + O_2$  است. با توجه به

اینکه بیشترین ضریب استوکیومتری بین فرآورده ها متعلق به  $CO_2$  است، بیشترین سرعت متوسط تولید هم در بین فرآورده ها متعلق به  $CO_2$  است. عبارت (ت): معادله



برابر شیب نمودار مول - زمان برای Fe(s) است. عبارت (ث): معادله موازنه شده واکنش سوختن نفتالن به صورت  $(C_{10}H_8 + 12O_2 \rightarrow 10CO_2 + 4H_2O)$  است.

$$\bar{R}(O_2) = 1/2 \bar{R}(CO_2)$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری، می توان گفت:

۳ ۱۳۳۲ B کاتالیزگر باعث افزایش سرعت واکنش می شود، اما بر مقدار نهایی فرآورده ها تأثیر ندارد، بنابراین نمودار B باید نسبت به نمودار A شیب بیشتری داشته باشد، اما تعداد مول فرآورده ها در هر دو نمودار A و B یکسان است (رد گزینه های (۲) و (۴)). اگر دمای محیطی که واکنش در آن به انجام می رسد کاهش یابد، شیب نمودار و سرعت واکنش کاهش می یابد، اما مقدار نهایی فرآورده ها دستخوش تغییر نمی شود (رد گزینه (۱)). بنابراین هر سه نمودار باید در یک نقطه به پایان برسند و

مقایسه شیب آن ها به صورت  $(C < A < B)$  باشد.

۱ ۱۳۳۳ B با توجه به اطلاعات جدول، تعداد مول A در حال کاهش و تعداد مول B و C در حال افزایش است، بنابراین A واکنش دهنده و B و C فرآورده است. برای محاسبه X، باید رابطه بین تغییرات مول A و B را محاسبه کنیم:

$$\left. \begin{aligned} t=15 \text{ تا } t=5 \text{ در } A: 5-9 = -4 \\ t=15 \text{ تا } t=5 \text{ در } B: 3-2 = +1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow -\Delta n(A) = 4\Delta n(B), \quad \left. \begin{aligned} t=10 \text{ تا } t=5 \text{ در } A: 6-9 = -3 \\ t=10 \text{ تا } t=5 \text{ در } B: X-2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 3 = 4(X-2) \Rightarrow X = 2/75$$

برای محاسبه Y باید رابطه بین تغییرات مول A و C را محاسبه کنیم:

$$\left. \begin{aligned} t=10 \text{ تا } t=5 \text{ در } A: 6-9 = -3 \\ t=10 \text{ تا } t=5 \text{ در } C: 8/25-6 = 2/25 \end{aligned} \right\} \Rightarrow -3\Delta n(A) = 4\Delta n(C), \quad \left. \begin{aligned} t=15 \text{ تا } t=5 \text{ در } A: 5-9 = -4 \\ t=15 \text{ تا } t=5 \text{ در } C: Y-6 \end{aligned} \right\} \Rightarrow -3(-4) = 4(Y-6) \Rightarrow Y = 9$$

$$X+Y = 9 + 2/75 = 11/75$$

اکنون مجموع X و Y را به دست می آوریم:

۲ ۱۳۳۴ C عبارت های (الف)، (پ) و (ت) درست است. معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $B_2O_3 + 3C + 3Cl_2 \rightarrow 2BCl_3 + 3CO$  است. بررسی عبارت ها:

$$\frac{-\Delta n(C)}{3\Delta t} = \frac{\Delta n(BCl_3)}{2\Delta t} \xrightarrow{(\times 6)} \frac{-2\Delta n(C)}{\Delta t} = \frac{3\Delta n(BCl_3)}{\Delta t}$$

عبارت (الف):

عبارت (ب): شیب نمودار مول - زمان برای CO، ۱/۵ برابر  $BCl_3$  است. عبارت (پ): این نمودار مربوط به دو واکنش دهنده و یک فرآورده است.

$$\left\{ \begin{aligned} 3/2-4 = -0/8 \xrightarrow{\div 8} \text{ ضریب } = 1 \\ 1/6-4 = -2/4 \xrightarrow{\div 4} \text{ ضریب } = 3 \end{aligned} \right.$$

$$2 = \text{ضریب} \rightarrow 1/6-0 = 1/6 \xrightarrow{\div 6} = 1/6 \text{ تغییرات مول فرآورده}$$



ضریب‌های (۱)، (۳) و (۲) را می‌توان به ترتیب به  $(B_2O_3)$ ،  $(Cl_2)$  یا  $(C)$  و  $(BCl_3)$  نسبت داد. **عبارت (ت):** با توجه به معادله موازنه‌شده این واکنش، روابط مقابل برقرار است:

$$\bar{R}(CO) = 3\bar{R}(B_2O_3) \quad \bar{R}(C) = 3\bar{R}(B_2O_3) \quad \bar{R}(BCl_3) = 2\bar{R}(B_2O_3) \quad \bar{R}(Cl_2) = 3\bar{R}(B_2O_3)$$

$$\begin{cases} \bar{R}(BCl_3) + \bar{R}(Cl_2) + \bar{R}(B_2O_3) = 6\bar{R}(B_2O_3) \\ \bar{R}(CO) + \bar{R}(C) = \bar{R}(BCl_3) + \bar{R}(Cl_2) + \bar{R}(B_2O_3) \end{cases} \Rightarrow \bar{R}(CO) + \bar{R}(C) = 6\bar{R}(B_2O_3)$$

عبارت دوم درست و سایر عبارات‌ها نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: **عبارت اول:**

$$\Delta n(CO_2) = 1/1 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g}} = 0.0225 \text{ mol } CO_2 \quad \Delta t = 20 \text{ s} \Rightarrow \bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{0.0225 \text{ mol}}{20 \text{ s}} = 1.125 \times 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$$

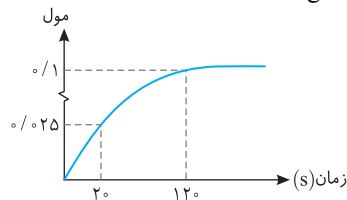
**عبارت دوم:** در این واکنش تا ثانیه ۲۰، ۱/۱ گرم گاز  $CO_2$  تولید می‌شود. جرم کلسیم کربنات مصرفی تا ثانیه ۲۰ را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } CaCO_3 = 1/1 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{100 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} = 2.5 \text{ g } CaCO_3$$

بنابراین در این بازه زمانی، تنها ۲/۵ گرم از ۱۰ گرم کلسیم کربنات اولیه مصرف می‌شود و میزان پیشرفت واکنش برابر ۲۵٪ است. **عبارت سوم:** پس از

$$? \text{ mol } H_2O = 10 \text{ g } CaCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{100 \text{ g } CaCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } CaCO_3} = 0.1 \text{ mol } H_2O$$

اتمام واکنش مقدار  $H_2O(l)$  تولیدی برابر است با:



بنابراین نمودار صحیح مول - زمان برای  $H_2O$  تولیدی به صورت مقابل است:

**عبارت چهارم:** با کاهش دمای محلول، به دلیل کاهش جنبش ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها و کاهش تعداد برخوردهای مؤثر بین آن‌ها، سرعت واکنش کاهش می‌یابد. همچنین با افزودن آب به محلول واکنش، غلظت  $HCl(aq)$  کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت واکنش کاهش خواهد یافت.

موارد دوم و سوم درست هستند. برای تعیین ضرایب اجزای واکنش فرضی:  $aA + cC + dD$  می‌توان تغییرات غلظت مواد در بازه زمانی ۲ - ۰ دقیقه را بررسی کرد:

$$\frac{-\Delta[A]}{a\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{b\Delta t} = \frac{-\Delta[C]}{c\Delta t} = \frac{\Delta[D]}{d\Delta t} \Rightarrow \frac{0.08}{a} = \frac{0.04}{b} = \frac{0.12}{c} = \frac{0.16}{d} \Rightarrow \frac{a}{2} = \frac{c}{3} = \frac{d}{4} = \frac{b}{1}$$

با توجه به نسبت‌های به دست آمده بین ضرایب اجزاء می‌توان  $b=1$  فرض کرد و به این ترتیب معادله موازنه شده واکنش، به شکل  $2A + 3C \rightarrow B + 4D$  خواهد بود.

$$\begin{cases} R_{C[4-6]} = \frac{-\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{-(0.03 - 0.09)}{2} = 0.03 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ R_{B[0-6]} = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{-(0.03 - 0.03)}{3 \times 6} = 0.015 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases} \Rightarrow \frac{R_{C[4-6]}}{R_{B[0-6]}} = \frac{0.03}{0.015} = 2$$

**بررسی موارد: مورد اول:** کل زمان انجام واکنش، برابر ۶ دقیقه است.

**مورد دوم:** مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر است. **مورد سوم:** برای محاسبه بازده درصدی می‌توان غلظت اولیه و تغییرات غلظت  $A$  را به ترتیب به عنوان مقدار نظری و مقدار عملی در نظر گرفت. دقت کنید که واکنش در  $t=6$  متوقف شده است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{مقدار نظری} = 0.2 \text{ mol } A \\ \text{مقدار عملی} = 0.2 - 0.02 = 0.18 \text{ mol } A \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{0.18}{0.2} \times 100 = 90\%$$

**مورد چهارم:** در این آزمایش، غلظت اولیه  $D$  برابر ۰/۱ است که در نمودار لحاظ نشده است.

فقط مورد چهارم درست است. **بررسی عبارات‌ها: عبارت اول:** ریزمغذی‌ها ترکیب‌های آلی سیرنشده هستند. **عبارت دوم:** برخی از ریزمغذی‌ها به عنوان

بازدارنده از انجام واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند. **عبارت سوم:** در ساختار رادیکال‌ها، الکترون‌ها هم به صورت تک و هم به صورت جفت شده هستند و از قاعده هشتایی پیروی نمی‌کنند.

**\* توجه** همه گونه‌هایی که در ساختار آن‌ها مجموع شمار الکترون‌های ظرفیتی فرد باشد، رادیکال هستند.

**عبارت پنجم:** خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها دارای رادیکال‌های پرانرژی نیستند، بلکه رادیکال‌های پرانرژی را به دام می‌اندازند.

عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. ترکیب نشان داده شده لیکوپن است. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** هندوانه و گوجه‌فرنگی محتوی لیکوپن بوده

که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد. **عبارت (ب):** این ترکیب ۱۳ پیوند  $(C=C)$  دارد. هر پیوند  $(C=C)$  در اثر جذب یک مولکول هیدروژن می‌شکند و به پیوندهای یگانه تبدیل می‌شود، بنابراین این مولکول در اثر جذب ۱۳ مولکول  $H_2$  به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شود. **عبارت (پ):** تعداد شاخه‌های فرعی متیل در این ترکیب برابر با ۸ و در ترکیب

«۳، ۴، ۳-۴-تترامتیل‌هگزان» برابر با ۴ است. **عبارت (ت):** فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_{16}H_{26}$  است. **عبارت (ث):** هر مول از این ترکیب ۱۳ مول  $Br_2$  ترکیب می‌شود.

$$? \text{ g } Br_2 = 67 \text{ g } C_{16}H_{26} \times \frac{1 \text{ mol } C_{16}H_{26}}{226 \text{ g } C_{16}H_{26}} \times \frac{13 \text{ mol } Br_2}{1 \text{ mol } C_{16}H_{26}} \times \frac{160 \text{ g } Br_2}{1 \text{ mol } Br_2} = 260 \text{ g } Br_2$$

بنابراین جرم  $Br_2$  مصرفی برابر است با:

$$\frac{67 \times 13 \times 160}{226} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{67 \times 13 \times 160}{226} = \frac{67 \times 13 \times 20}{226} = 13 \times 20 = 260$$

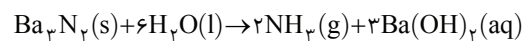
**B ۱۳۳۹ ۲** موارد (ب) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیواره مویرگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکنه می‌شود. هر مولکول کلسترول دارای یک پیوند دوگانه بوده و سیر نشده است. **عبارت (ب):** رادیکال، گونه‌ای فعال و ناپایدار است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده ندارد. در واقع محتوی اتم‌هایی است که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کند. بدیهی است که رادیکال‌ها واکنش‌پذیری بالایی دارند. **عبارت (پ):** لیکوپن نوعی بازدارنده است که در هندوانه و گوجه‌فرنگی وجود دارد و سبب می‌شود که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آن‌ها از سرعت واکنش‌های ناخواسته کاسته شود. هر مولکول لیکوپن دارای ۱۳ پیوند دوگانه بوده و سیر نشده می‌باشد. **عبارت (ت):** محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود. **عبارت (ث):** سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می‌آید. این مواد زیست تخریب‌پذیرند. از این رو به وسیله جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند. اتانول و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.

**A ۱۳۴۰ ۱** موارد (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (پ):** غلظت مواد جامد و مایع خالص به مقدار آن‌ها وابسته نیست. از این رو نمی‌توان سرعت آن‌ها را با یکای مول بر لیتر بر زمان بیان نمود. **عبارت (ت):** سرعت متوسط تولید یا مصرف دو یا چند ماده برابر با نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها است و اگر ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر باشد، سرعت متوسط آن‌ها نیز برابر خواهد بود، اما الزاماً برابر با سرعت متوسط واکنش نیست.

**A ۱۳۴۱ ۳** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فرمول مولکولی مالتوز به صورت  $C_{12}H_{22}O_{11}$  است. در این ترکیب شمار اتم‌های کربن یک عدد بیشتر از شمار اتم‌های اکسیژن است. **عبارت (پ):** معادله واکنش مالتوز با آب به صورت  $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$  است. در این واکنش گلوکز تولید می‌شود که به قند خون معروف است. **عبارت (ت):** فرمول شیمیایی مالتوز و گلوکز به ترتیب  $C_{12}H_{22}O_{11}$  و  $C_6H_{12}O_6$  است.  $22 - 22 = 24 - 24 = 2(12) = 24$ : دو برابر تعداد اتم‌های هیدروژن در گلوکز ، ۲۲: تعداد اتم‌های هیدروژن در مالتوز

**A ۱۳۴۲ ۱** **قسمت اول:** می‌دانیم که سرعت تولید یا مصرف مواد (با تغییر غلظت) در یک واکنش موازنه شده، با ضریب استوکیومتری آن‌ها رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین با توجه به تغییر غلظت بیشتر ماده A در یک بازه زمانی، می‌توان نتیجه گرفت که ضریب استوکیومتری A از D بزرگ‌تر است. **قسمت دوم:** با توجه به اینکه سرعت متوسط واکنش، از سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده بر ضریب استوکیومتری آن بدست می‌آید؛ بنابراین می‌توان گفت که هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در واکنش کوچک‌تر باشد، سرعت متوسط تغییر غلظت آن ماده به سرعت واکنش نزدیک‌تر است. از آنجا که سرعت متوسط تغییر غلظت ماده X به سرعت واکنش در بازه زمانی معین نزدیک‌ترین است، پس کوچک‌ترین ضریب برای ماده X است. به این ترتیب، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین ضریب استوکیومتری به ترتیب مربوط به مواد A و X است.

**B ۱۳۴۳ ۱** عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. با توجه به نمودار می‌توان نتیجه گرفت که معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت زیر است.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** از آنجا که ضریب استوکیومتری  $H_2O(l)$  سه برابر ضریب استوکیومتری  $NH_3$  است، اندازه شیب نمودار مول - زمان برای  $H_2O(l)$ .

۳ برابر شیب نمودار مول - زمان برای  $NH_3(g)$  است. **عبارت (ب):** با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $Ba(OH)_2$ ، سه برابر ضریب استوکیومتری  $Ba_3N_2$  است، سرعت متوسط تولید  $Ba(OH)_2$  نیز سه برابر سرعت متوسط مصرف  $Ba_3N_2$  است. **عبارت (پ):**  $H_2O$  در این واکنش حالت مایع دارد، بنابراین غلظت آن ثابت است و نمودار غلظت - زمان برای آن به صورت یک خط راست است که شیب آن برابر با صفر می‌باشد. **عبارت (ت):** در معادله موازنه‌شده این واکنش مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۷ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها برابر ۵ است. **عبارت (ث):** همان‌طور که می‌دانید، سرعت متوسط گونه‌های گازی یا محلول را می‌توان با یکای  $mol.L^{-1}.min^{-1}$  گزارش کرد. با توجه به معادله واکنش  $NH_3$  و  $Ba(OH)_2$  به ترتیب حالت گاز و محلول دارند.

**B ۱۳۴۴ ۳** فقط عبارت (ب) درست است. واکنش تولید آمونیاک در فرایند هابر به صورت  $3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$  است. **بررسی عبارت‌ها:**

$$\bar{R}(NH_3) = \frac{\Delta n}{\Delta t \cdot V} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0.5} = 8 \times 10^{-2} mol.L^{-1}.s^{-1}, R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(NH_3)}{2} = \frac{8 \times 10^{-2} mol.L^{-1}.s^{-1}}{2} = 4 \times 10^{-2} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

**عبارت دوم:** با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $N_2$  برابر با یک است، سرعت متوسط مصرف آن برابر با سرعت واکنش است.

$$\frac{\bar{R}(N_2)}{1} = \frac{\bar{R}(H_2)}{3} = \frac{\bar{R}(NH_3)}{2} \times 6 \rightarrow 6\bar{R}(N_2) = 2\bar{R}(H_2) = 3\bar{R}(NH_3)$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{-\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = \frac{-\Delta n(N_2)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t}$$

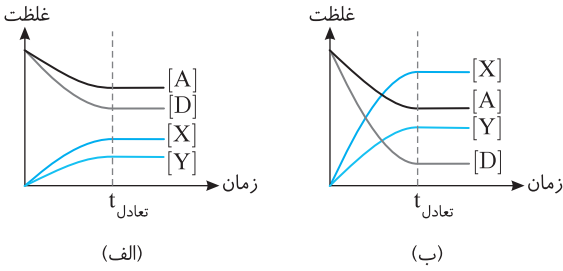
**B ۱۳۴۵ ۴** ابتدا عبارت را تقسیم بر ۴ می‌کنیم تا ضرایب صورت کسرها ساده شود.

$$\frac{-2\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-4\Delta[B]}{5\Delta t} = \frac{4\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{4\Delta[D]}{3\Delta t} \xrightarrow{\text{تقسیم بر ۴}} \frac{-\Delta[A]}{2\Delta t} = \frac{-\Delta[B]}{5\Delta t} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{\Delta[D]}{3\Delta t}$$

معادله موازنه شده این واکنش می‌تواند  $2A + 5B \rightarrow C + 3D$  یا  $C + 3D \rightarrow 2A + 5B$  باشد. از آنجا که در صورت سؤال گفته شده فشار مخلوط گازی افزایش می‌یابد، باید تعداد مول فراورده‌ها بیشتر باشد. بنابراین معادله صحیح به صورت  $C + 3D \rightarrow 2A + 5B$  است.



۴ ۱۳۴۶ B برای واکنش تعادلی  $A(g) + 2D(g) \rightleftharpoons 2X(g) + Y(g)$ ، با توجه به مقدار عددی ثابت تعادل، دو نوع نمودار غلظت - زمان می‌توان رسم کرد:



الف) اگر  $K$  کوچک باشد (ب) اگر  $K$  بزرگ باشد.  
با توجه به نمودار (ب) که در آن  $A$  و  $X$  یکدیگر را قطع کرده‌اند، غلظت نهایی (تعادلی) گونه  $X$  قطعاً از غلظت نهایی  $A$  بیشتر خواهد بود. بررسی سایر گزینه‌ها:  
گزینه (۱): در لحظه تعادل و پس از آن، شیب نمودار همه گونه‌ها یکسان و برابر صفر است.  
گزینه (۲): در هیچکدام از دو حالتی که در بالا رسم شد، نمودارهای  $A$  و  $D$  یکدیگر را قطع نمی‌کنند. گزینه (۳): با توجه به یکسان بودن ضرایب  $D$  و  $X$  در معادله واکنش، قبل از رسیدن به تعادل، نمودار  $D$  که یک واکنش دهنده است، نزولی بوده و شیب آن قرینه شیب نمودار  $X$  است.

۳ ۱۳۴۷ B بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): از آنجایی که  $E$  فراورده و  $M$  واکنش دهنده است؛ بنابراین شیب نمودار «مول-زمان»  $E$  مثبت (یعنی تعداد مول آن در حال افزایش است) و شیب نمودار «مول-زمان»  $M$  منفی (یعنی تعداد مول‌های آن در حال کاهش است). است؛ بنابراین نسبت شیب نمودار  $E$  به  $M$  برابر  $\frac{4}{3}$  خواهد بود. گزینه (۲): در واکنش‌های شیمیایی با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش مورد نظر در  $30$  ثانیه دوم، قطعاً کمتر از  $30$  ثانیه اول خواهد بود و مدت زمان انجام واکنش قطعاً بیش از  $60$  ثانیه خواهد بود. گزینه (۳): مقدار واکنش دهنده اولیه  $A$  در هر دو واکنش یکسان است، بنابراین تغییرات سرعت دو ماده  $X$  و  $Y$  را بررسی می‌کنیم:

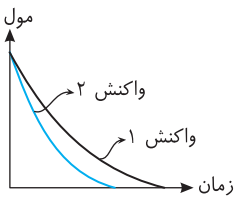
$$\bar{R}(A) = \frac{\bar{R}(X)}{1} \xrightarrow{A \text{ مقدار اولیه } a} \bar{R}(X) = \frac{a}{\Delta t} \quad \text{در واکنش (۱) در عدم حضور کاتالیزگر:}$$

$$\bar{R}(X) = 2\left(\frac{a}{\Delta t}\right) \Rightarrow \Delta \bar{R}(X) = \frac{2a}{\Delta t} - \frac{a}{\Delta t} = \frac{a}{\Delta t} \quad \text{در واکنش (۱) در حضور کاتالیزگر:}$$

$$\bar{R}(A) = \frac{\bar{R}(Y)}{3} \Rightarrow \bar{R}(Y) = \frac{3}{2} \bar{R}(A) \xrightarrow{A \text{ مقدار اولیه } a} \bar{R}(Y) = \frac{1/5a}{\Delta t} \quad \text{در واکنش (۲) در عدم حضور کاتالیزگر:}$$

$$\bar{R}(Y) = 2\left(\frac{1/5a}{\Delta t}\right) \Rightarrow \Delta \bar{R}(Y) = \frac{3a}{\Delta t} - \frac{1/5a}{\Delta t} = \frac{1/5a}{\Delta t} \quad \text{در واکنش (۲) در حضور کاتالیزگر:}$$

بنابراین با استفاده از کاتالیزگر، تغییرات سرعت  $Y$  از  $X$  بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر، در واکنش‌های شیمیایی، هر چه ضریب استوکیومتری ماده‌ای بزرگ‌تر باشد، اندازه شیب نمودار «مول-زمان» آن نیز بیشتر خواهد بود. با توجه به متن عبارت، در صورت استفاده از کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها دو برابر می‌شود، پس شیب نمودار «مول-زمان»، ماده  $Y$  بیشتر از ماده  $X$  تغییر می‌کند. گزینه (۴): از آنجایی که نسبت ضریب استوکیومتری  $A$  به  $E$  در هر دو واکنش برابر  $\frac{1}{3}$  است، پس نسبت تغییر مولی این دو ماده در هر دو واکنش یکسان است. با توجه به اینکه مقدار اولیه  $A$  در هر دو واکنش یکسان بوده و ضریب استوکیومتری  $A$  در واکنش دوم بیشتر است؛ بنابراین شیب نمودار «مول-زمان» ماده  $A$  در واکنش دوم دو برابر واکنش اول خواهد بود و این دو نمودار در هیچ نقطه‌ای یکدیگر را قطع نمی‌کنند.



۱ ۱۳۴۸ B عبارت‌های الف)، ب)، ت) و (ث) درست هستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت الف): جرم گاز اکسیژن در ثانیه  $20$ ، برابر با  $35/2g$  است:

عبارت ب): برای محاسبه غلظت  $NO$  در ثانیه  $15$ ، از تغییرات جرم  $NO_2$  استفاده می‌کنیم:

$$\Delta m = 41/4 - 64/4 = -23g NO_2$$

$$-\Delta[NO_2] = \Delta[NO] \Rightarrow \frac{-(-23g NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46g NO_2})}{4L} = \frac{\Delta n(NO)}{4L} \Rightarrow \Delta n(NO) = 0.5 \text{ mol}$$

$$0.5 = (x - 42g NO) \times \frac{1 \text{ mol } NO}{30g NO} \Rightarrow x = 57g$$

$$t = 15s \Rightarrow [NO] = \frac{\text{جرم } NO}{\text{جرم مولی } NO \times \text{حجم}} = \frac{57g}{30g \cdot \text{mol}^{-1} \times 4L} = 0.475 \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad \text{غلظت } NO \text{ در ثانیه } 15 \text{ برابر است با:}$$

$$\bar{R}(NO_2) = -\frac{(t=25 \text{ در } NO_2 \text{ جرم}) - (t=5 \text{ در } NO_2 \text{ جرم})}{\text{زمان} \times \text{حجم} \times \text{جرم مولی}} = \frac{-(18/4 - 92)}{46 \times 4 \times 20} = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad \text{عبارت (ب):}$$

$$\bar{R}(NO) = \frac{(t=30 \text{ در } NO \text{ جرم}) - (t=5 \text{ در } NO \text{ جرم})}{\text{زمان} \times \text{حجم} \times \text{جرم مولی}} = \frac{75 - 24}{30 \times 4 \times 25} = 1/7 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad \text{عبارت (ت):}$$

$$\frac{\Delta n(NO)(t=20 \text{ تا } t=25)}{\Delta n(O_2)(t=20 \text{ تا } t=25)} = 2 \Rightarrow \frac{(72 - 66)g NO}{(x - 35/2)g O_2} = 2 \Rightarrow x = 38/4g O_2 \quad \text{عبارت (ث): ابتدا باید جرم گاز اکسیژن را در ثانیه } 25 \text{ به دست آوریم:}$$

$$? L NO_2 = 38/4g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32g O_2} \times \frac{2 \text{ mol } NO_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{22/4L NO_2}{1 \text{ mol } NO_2} = 53/76L NO_2 \quad \text{اکسید قهوه‌ای نیتروژن، } NO_2 \text{ است.}$$



**B ۱۳۴۹ ۲ قسمت اول:** در غیاب کاتالیزگر در هر ۳۰ دقیقه، ۱۰ درصد مقدار اولیه  $AB_p$  مصرف می‌شود؛ بنابراین پس از ۱۵۰ دقیقه ( $5 \times 30 \text{ min}$ )، ۵۰ درصد مقدار اولیه  $AB_p$  مصرف می‌شود. اما در مجاورت کاتالیزگر، در هر ۵ دقیقه، ۱۰ درصد مقدار اولیه  $AB_p$  مصرف می‌شود؛ بنابراین در حضور کاتالیزگر، پس از ۲۵ دقیقه ( $5 \times 5 \text{ min}$ )، ۵۰ درصد مقدار اولیه  $AB_p$  مصرف می‌شود. پس اختلاف زمان این دو روند برابر  $125 \text{ min} (150 - 25)$  است. **قسمت دوم:** همان طور که می‌دانید، کاتالیزگرها سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهند و سبب می‌شوند یک فرایند، در زمان کوتاه‌تری انجام شود. در این مسئله نیز زمان انجام یک فرایند از  $150 \text{ min}$  به  $25 \text{ min}$  رسیده است، یعنی کاتالیزگر زمان فرایند را  $\frac{1}{6}$  کرده و در واقع سرعت فرایند را ۶ برابر کرده است.

**B ۱۳۵۰ ۱ موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. معادله موازنه شده واکنش، به صورت زیر است:**



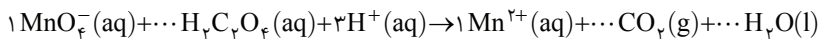
**بررسی موارد: عبارت (الف):** چون ضریب استوکیومتری  $\text{CaCO}_3(s)$  برابر یک است، پس سرعت متوسط مصرف آن برابر با سرعت متوسط واکنش است. اما چون حالت فیزیکی کلسیم کربنات جامد بوده، سرعت متوسط مصرف آن را نمی‌توان با یکای  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  بیان کرد. **عبارت (ب):** با افزایش دما، سرعت متوسط واکنش و سرعت خروج گاز افزایش می‌یابد. اما با افزایش حجم محلول اسید با آب مقطر، غلظت محلول کاهش یافته و سرعت تولید و خروج گاز کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** سرعت واکنش در لحظه‌های ابتدایی واکنش به دلیل غلظت بالای واکنش دهنده‌ها، بیشتر بوده و به مرور کاهش می‌یابد؛ بنابراین در لحظات ابتدایی، گاز بیشتری تولید شده و تغییر جرم بیشتری رخ می‌دهد. **عبارت (ت):** با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $\text{H}_2\text{O}$  برابر ۱ است، پس سرعت واکنش با سرعت متوسط تولید  $\text{H}_2\text{O}$  برابر است:

$$\Delta n(\text{H}_2\text{O}) = 10/18 \text{H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.6 \text{ mol H}_2\text{O} \quad \bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\Delta t} = \frac{0.6 \text{ mol}}{1/5 \text{ min}} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**B ۱۳۵۱ ۱** با توجه به معادله واکنش، ضریب A در معادله برابر ۱ است، پس سرعت مصرف A با سرعت واکنش برابر است. با توجه به اینکه طی افزایش دما، سرعت واکنش از  $0.4$  به  $3/2$  افزایش یافته و ۸ برابر ( $\frac{3/2}{0.4}$ ) شده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش سه مرتبه دو برابر شده است و اگر برای هر مرتبه دو برابر شدن سرعت، دما  $10^\circ\text{C}$  افزایش یافته باشد، به این ترتیب در این فرایند، دما  $30^\circ\text{C}$  افزایش یافته است. پس خواهیم داشت:

$$n = \frac{\Delta\theta}{10^\circ\text{C}}, \quad \text{سرعت ثانویه واکنش} = 2n, \quad \text{سرعت اولیه واکنش} = n \Rightarrow 2n = \frac{\Delta\theta}{10^\circ\text{C}} \Rightarrow \Delta\theta = 30^\circ\text{C}$$

**C ۱۳۵۲ ۲ موارد (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. برای حل تست ابتدا باید معادله داده شده را موازنه کنیم. به این منظور ابتدا تا آنجا که امکان دارد با روش وارسی پیش می‌رویم و هر جا به بن بست خوردیم با روش جبری ادامه می‌دهیم. به این منظور ابتدا اتم‌های Mn و سپس بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم:**



در ادامه ضریب‌های مجهول را به روش جبری به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{H: } 2a + 3 = 2c \\ \text{C: } 2a = b \\ \text{O: } 4 + 4a = 2b + c \end{cases} \Rightarrow a = 2/5, b = 5, c = 4$$

مقادیر a, b و c را در معادله قرار داده و ضرایب را دو برابر می‌کنیم:  $2\text{MnO}_4^- (aq) + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (aq) + 6\text{H}^+ (aq) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} (aq) + 10\text{CO}_2 (g) + 8\text{H}_2\text{O} (l)$  **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** چون ضریب استوکیومتری گاز  $\text{CO}_2$ ، دو برابر اگزالیک اسید است، بنابراین سرعت تولید آن دو برابر سرعت مصرف اگزالیک اسید خواهد بود. **عبارت‌های (ب) و (پ):** محلول بنفش رنگ حاوی یون پرمنگنات با یک اسید آلی (مثل اگزالیک اسید) در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد و محلول (حاوی یون  $\text{Mn}^{2+}$ ) به آهستگی بی‌رنگ می‌شود. **عبارت (ت):** سرعت متوسط تولید و مصرف هر ماده با هر حالت فیزیکی را می‌توان با یکای  $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$  تعیین کرد؛ بنابراین سرعت متوسط واکنش را براساس هر یک از مواد شرکت کننده می‌توان با یکای  $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$  بیان نمود. **عبارت (ث):** با توجه به معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌های باردار ( $\text{Mn}^{2+}$  و  $\text{H}^+$ ،  $\text{MnO}_4^-$ ) برابر ۱۰ است.

**C ۱۳۵۳ ۱** فقط عبارت سوم نادرست است. سرعت متوسط واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  یا سرعت متوسط تولید  $\text{Al}_2\text{O}_3$  است. در بازه زمانی

$$t = 0 \text{ s} \text{ تا } t = 25 \text{ s}, \quad \text{گرمای آزاد شده در واکنش آزاد شده است: (مبنای محاسبه‌ها را سرعت متوسط تولید } \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ قرار می‌دهیم.)}$$

$$? \text{ mol Al}_2\text{O}_3 = 512/5 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3}{820 \text{ kJ}} = 0.625 \text{ mol Al}_2\text{O}_3 \quad \bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{\Delta n(\text{Al}_2\text{O}_3)}{\Delta t} = \frac{0.625 \text{ mol}}{25 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

سرعت متوسط واکنش در بازه زمانی  $t = 0 \text{ s}$  تا  $t = 25 \text{ s}$  برابر با  $1.5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$  است. **بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت اول:**

$$? \text{ kJ} = 1 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{820 \text{ kJ}}{2 \text{ mol Al}} = 15/2 \text{ kJ}$$

**عبارت دوم:** به ازای مصرف یک مول  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  در واکنش، در عمل  $738 \text{ kJ}$  و از نظر تئوری  $820 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود.

$$\text{مقدار عملی گرمای آزاد شده} = \frac{738}{820} \times 100 = 90\% \quad \text{بازده درصدی واکنش}$$

**عبارت چهارم:** با توجه به نمودار، پس از گذشت ۶۰ ثانیه از آغاز واکنش،  $640 \text{ kJ}$  گرما تولید می‌شود.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 640 \times 10^3 \text{ J} = m_{\text{Au}} \times 62/5 \times 0/128 \Rightarrow m_{\text{Au}} = 8000 \text{ g} = 8 \text{ kg}$$



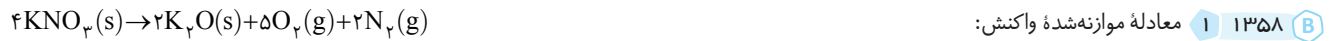


۱ ۱۳۵۴ A فقط مورد دوم جزء چهره پنهان ردپای غذا نیست. چهره آشکار ردپای غذا نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود.

۴ ۱۳۵۵ A سهم تولید گاز کربن دی‌اکسید در ردپای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.

۳ ۱۳۵۶ A عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ب): آمارها نشان می‌دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است که این مورد مربوط به چهره آشکار ردپای غذا است.

۱ ۱۳۵۷ A عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود، به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود. عبارت (ب): هدر رفتن منابع اقتصادی مربوط به چهره آشکار ردپای غذاست. عبارت (پ): براساس الگوی مصرف کنونی در سال ۲۰۴۰ مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذای همه مردم جهان، ۲ برابر مساحت فعلی کره زمین است.



ابتدا باید تعداد مول گاز اکسیژن تولید شده را محاسبه کنیم:

$$? \text{ mol O}_2 = 20/16 \text{ LO}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ LO}_2} = 0/9 \text{ mol O}_2$$

قسمت اول:

$$? \text{ mol N}_2 = 0/9 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{5 \text{ mol O}_2} = 0/36 \text{ mol N}_2$$

$$\Delta[\text{N}_2] = \frac{\Delta n(\text{N}_2)}{V(\text{ظرف})} = \frac{(0/36 - 0) \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0/09 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{N}_2) = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} = \frac{0/09 \text{ mol.L}^{-1}}{36 \text{ s}} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

قسمت دوم:

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{\text{ضریب استوکیومتری O}_2} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{5 \times \Delta t} = \frac{0/9 \text{ mol}}{5 \times (36 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})} = 0/3 \text{ mol.min}^{-1}$$

۴ ۱۳۵۹ B ابتدا با استفاده از تغییرات تعداد مولکول‌های  $\text{N}_2\text{O}_5$  در ۶ دقیقه نخست این واکنش، به حجم گاز اکسیژن تولید شده در شرایط STP می‌رسیم:

$$\text{N}_2\text{O}_5 \text{ molecule} = 9/03 \times 10^{23} - 5/418 \times 10^{23} = 3/612 \times 10^{23} \text{ molecule N}_2\text{O}_5$$

$$\text{حجم گاز O}_2 \text{ تولیدی} = \Delta V(\text{O}_2) = 3/612 \times 10^{23} \text{ molecule N}_2\text{O}_5 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule N}_2\text{O}_5} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol N}_2\text{O}_5} \times \frac{22/4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 6/72 \text{ LO}_2$$

تخمین زدن و ساده کردن به جای ۳/۶۱۲ و ۲۲/۴ به جای ۳/۶ و ۲۲/۴ قرار گیرد.

$$\frac{3/612 \times 10^{23} \times 22/4}{2 \times 6/02 \times 10^{23}} = ? \rightarrow \frac{3/6 \times 10^{23} \times 22/4}{2 \times 6 \times 10^{23}} = 0/3 \times 22/4 = 6/72$$

+ توضیح محاسبات

اکنون سرعت متوسط تولید گاز  $\text{O}_2$  را برحسب  $\text{L.min}^{-1}$  محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{O}_2) = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{6/72 \text{ L}}{6 \text{ min}} = 1/12 \text{ L.min}^{-1}$$

۲ ۱۳۶۰ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $3\text{NaBH}_4 + 4\text{BF}_3 \rightarrow 3\text{NaBF}_4 + 2\text{B}_2\text{H}_6$  است. ابتدا مقدار مول  $\text{B}_2\text{H}_6$  تولید شده در بازه زمانی ۷۵s را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol B}_2\text{H}_6 = 95 \text{ g NaBH}_4 \times \frac{1 \text{ mol NaBH}_4}{38 \text{ g NaBH}_4} \times \frac{2 \text{ mol B}_2\text{H}_6}{3 \text{ mol NaBH}_4} = 1/6 \text{ mol B}_2\text{H}_6$$

$$? \text{ min} = 75 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1/4 \text{ min}$$

$$\bar{R}(\text{B}_2\text{H}_6) = \frac{\Delta n}{\Delta t \cdot V} \Rightarrow 0/8 = \frac{1/6}{1/4 \times V} \Rightarrow V = 1/6 \text{ L}$$

۳ ۱۳۶۱ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2\text{Na}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g)$  است. ابتدا باید سرعت متوسط مصرف سدیم را محاسبه کرده و از طریق آن به سرعت متوسط مصرف  $\text{H}_2\text{O}$  برسیم:

$$52/9 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} = 2/3 \text{ mol Na}, \quad \bar{R}(\text{Na}) = \frac{-\Delta n(\text{Na})}{\Delta t} = \frac{-(2/3 - 0)}{72 \text{ s}} = 1/108 \text{ mol.s}^{-1}$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $\text{Na}$  و  $\text{H}_2\text{O}$  با هم برابر است، سرعت متوسط مصرف  $\text{H}_2\text{O}$  برابر با  $1/108 \text{ mol.s}^{-1}$  می‌باشد.

اکنون مقدار مول و جرم آب مصرفی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{-\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\Delta t} \Rightarrow \frac{1}{108} = \frac{-\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{144 \text{ s}} \Rightarrow \Delta n(\text{H}_2\text{O}) = -1/8 \text{ mol}$$

$$\text{جرم آب مصرفی} = 1/8 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 32/4 \text{ g H}_2\text{O}$$

۱ ۱۳۶۲ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2\text{NaClO}_3(s) \rightarrow 2\text{NaCl}(s) + 3\text{O}_2(g)$  است. کاهش جرم مواد جامد موجود در ظرف، مربوط به خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش است. ابتدا باید سرعت متوسط تولید  $\text{O}_2$  در این واکنش را محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(\text{O}_2) = \frac{\bar{R}(\text{NaClO}_3)}{3} \Rightarrow \bar{R}(\text{O}_2) = \frac{3}{2} \times \frac{0.18}{18} = 0.015 \text{ mol.s}^{-1}$$

اکنون جرم گاز اکسیژن تولید شده و کاهش جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم } \text{O}_2 = \bar{R}(\text{O}_2) \times \Delta t = 0.015 \text{ mol.s}^{-1} \times 1 \text{ s} = 0.015 \text{ mol} \times 32 \text{ g mol}^{-1} = 0.48 \text{ g}$$

\* توجه: جرم سدیم کلرات که در صورت تست داده شده هیچ تأثیری در روند محاسبات این سؤال ندارد.

۴ ۱۳۶۳ B ابتدا تغییرات مول  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  را در مدت زمان ۱۰s پس از آغاز واکنش محاسبه کرده و از طریق آن به تغییرات مول  $\text{SO}_3$  در این بازه زمانی می‌رسیم:

$$\Delta n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 3/25 - 1/95 = 1/3 \text{ mol}$$

$$\Delta n(\text{SO}_3) = 3 \text{ mol SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 3 \text{ mol SO}_3$$

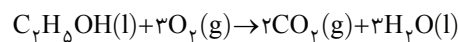
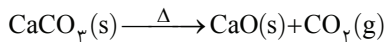
$$\bar{R}(\text{SO}_3) = \frac{\Delta n(\text{SO}_3)}{\Delta t} = \frac{3 \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 0.3 \text{ mol.s}^{-1}$$

سپس سرعت متوسط تولید  $\text{SO}_3$  را به دست می‌آوریم:

واکنش زمانی به پایان می‌رسد که همه  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  باقی‌مانده، مصرف شود. پس:

$$\bar{R}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{\bar{R}(\text{SO}_3)}{3} = 0.1 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{-\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.13 = \frac{-(0 - 1/95)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 15 \text{ s}$$

۱ ۱۳۶۴ B معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



ابتدا از جرم اتانول، مقدار مول  $\text{CO}_2$  تولیدی در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol CO}_2 = 92 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_5\text{OH}}{96 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_5\text{OH}} = 4 \text{ mol CO}_2$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{4 \text{ mol}}{2 \text{ h}} = 2 \text{ mol.h}^{-1}$$

قسمت اول: محاسبه سرعت واکنش تجزیه کلسیم کربنات:

$$? \text{ g CaCO}_3 = 4 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 400 \text{ g CaCO}_3$$

قسمت دوم: محاسبه جرم کلسیم کربنات مصرف شده:

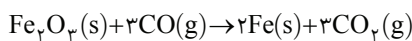
۴ ۱۳۶۵ B دو دقیقه سوم، بازه زمانی  $t = 4 \text{ min}$  تا  $t = 6 \text{ min}$  را شامل می‌شود.

$$R(\text{واکنش})_{(t=4 \text{ تا } t=6)} = \frac{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})}{4} = \frac{[\text{H}_2\text{O}]_{t=6} - [\text{H}_2\text{O}]_{t=4}}{\Delta t \times 4} = \frac{4/6 - 4}{2 \times 4} = 0.075 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

چهار دقیقه دوم، بازه زمانی  $t = 4 \text{ min}$  تا  $t = 8 \text{ min}$  را شامل می‌شود. با توجه به اینکه سرعت واکنش در این بازه زمانی برحسب  $\text{mol.s}^{-1}$  خواسته شده، باید مول  $\text{H}_2\text{O}$  را در دقیقه ۴ و ۸ به دست آوریم.

$$? \text{ mol H}_2\text{O}_{(t=4 \text{ min})} = M.V = 4 \times 1/5 = 0.8, \quad ? \text{ mol H}_2\text{O}_{(t=8 \text{ min})} = M.V = 4 \times 1/5 = 0.8 \Rightarrow \Delta n(\text{H}_2\text{O})_{(t=4 \text{ تا } t=8)} = 0.8 - 0.8 = 0 \text{ mol}$$

$$R(\text{واکنش})_{(t=4 \text{ تا } t=8)} = \frac{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})}{4} = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{4 \times \Delta t} = \frac{1/2 \text{ mol}}{4 \times (4 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}})} = 1/240 \text{ mol.s}^{-1}$$



۴ ۱۳۶۶ B معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

اختلاف حجم گاز تولیدی از ابتدا تا ثانیه دوم و از ابتدا تا ثانیه چهارم در واقع همان حجم گاز تولیدی در دو ثانیه دوم این واکنش است:

$$\Delta V(\text{CO}_2(g)) = 7/5 \text{ L} - 1/25 \text{ L} = 6/25 \text{ L}$$

$$? \text{ g CO}_2 = 6/25 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{25 \text{ L CO}_2} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1 \text{ g CO}_2$$

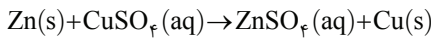
قسمت اول: جرم گاز  $\text{CO}_2$  تولیدی در دو ثانیه دوم واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{1 \text{ g}}{2 \text{ s}} = 0.5 \text{ g.s}^{-1}$$

حال سرعت متوسط تولید گاز  $\text{CO}_2$  را برحسب  $\text{g.s}^{-1}$  به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{CO}_2)}{\text{ضریب CO}_2} = \frac{\Delta V(\text{CO}_2)}{\Delta t \times \text{ضریب CO}_2} = \frac{6/25 \text{ L}}{2 \times 60} = 0.02 \text{ L.min}^{-1}$$

قسمت دوم: سرعت متوسط واکنش برحسب  $\text{L.min}^{-1}$  برابر است با:



۲ ۱۳۶۷ B معادله واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

قسمت اول: با توجه به معادله واکنش، به ازای مصرف یک مول فلز روی (۶۵g)، یک مول از یونهای  $\text{Cu}^{2+}$  به اتمهای مس تبدیل می‌شود که ۶۴ گرم جرم دارد و روی تیغه روی قرار می‌گیرد؛ بنابراین طی این فرایند جرم تیغه یک گرم کاهش می‌یابد. اکنون با توجه به این توضیحات داده شده، تغییرات جرم تیغه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{اختلاف جرم } \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mol CuSO}_4} \times \frac{1/25 \text{ mol CuSO}_4}{1 \text{ L CuSO}_4} \times \frac{1 \text{ L CuSO}_4 \text{ محلول}}{1000 \text{ mL}} \times \text{اختلاف جرم } = 0/25 \text{ g}$$

قسمت دوم: با توجه به یکسان بودن ضرایب Zn و  $\text{CuSO}_4$  داریم:  $\bar{R}(\text{Zn}) = \bar{R}(\text{CuSO}_4) = \frac{-[\text{CuSO}_4]}{\Delta t} = \frac{-\Delta(-1/25)}{50} = 0/25 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

متأسفانه طرح کنکور به این نکته توجه نکرده که سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد جامد و مایع خالص را نمی‌توان برحسب  $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  بیان نمود؛ زیرا در دمای ثابت، غلظت این مواد به مقدار آنها وابسته نیست.

۲ ۱۳۶۸ B قسمت اول: ابتدا باید محاسبه کنیم که به ازای مصرف چند مول گاز کلر در این واکنش،  $460/8 \text{ kJ}$  گرما آزاد می‌شود:

$$? \text{ mol Cl}_2 = 460/8 \text{ kJ گرما} \times \frac{6 \text{ mol Cl}_2}{1280 \text{ kJ گرما}} = 2/16 \text{ mol Cl}_2$$

$$\bar{R}(\text{Cl}_2) = \frac{-\Delta n(\text{Cl}_2)}{\Delta t \times V} \Rightarrow 0/25 = \frac{-(0-2/16)}{\Delta t \times 4/8} \Rightarrow \Delta t = 1/8 \text{ min} \Rightarrow \Delta t = 1/8 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 7.5 \text{ s}$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 460/8 = m(\text{kg}) \times 4/2 \times 50 \Rightarrow m = 2/2 \text{ kg}$$

قسمت دوم:

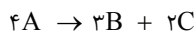
۲ ۱۳۶۹ B با توجه به ضرایب استوکیومتری، سرعت متوسط تولید  $\text{Cl}_2$  با سرعت متوسط مصرف  $\text{PCl}_5$  برابر است. ابتدا باید محاسبه کنیم که در مدت زمان ۵۰ ثانیه،

$$\bar{R}(\text{Cl}_2) = \bar{R}(\text{PCl}_5) = 0/12 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \Delta n(\text{PCl}_5) = \bar{R}(\text{PCl}_5) \times V \times \Delta t = 0/12 \times 6 \times \frac{50}{60} = 0/6 \text{ mol}$$

چند مول  $\text{PCl}_5$  در واکنش مصرف شده است: برای محاسبه مقدار مول اولیه  $\text{PCl}_5$ ، باید تعداد مول  $\text{PCl}_5$  باقی‌مانده در ظرف را محاسبه کنیم:

$$\text{مقدار مول اولیه } \text{PCl}_5 = 0/6 + 2/4 = 3 \text{ mol}$$

$$\text{درصد تجزیه شده } \text{PCl}_5 = \frac{\text{مول تجزیه شده}}{\text{مول اولیه}} \times 100 = \frac{0/6}{3} \times 100 = 20\%$$



۱ ۱۳۷۰ B جدول تغییرات مول گونه‌های موجود در واکنش به صورت زیر است.

مول اولیه	۳	۰	۰
تغییرات مول	-۴x	+۳x	+۲x
مول نهایی	۳-۴x	۳x	۲x

$$(3-4x) + 3x + 2x = 3/5 \Rightarrow x = 0/5 \text{ mol}$$

ابتدا مقدار X را به دست می‌آوریم:

$$\Delta t(\text{min}) = 18 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0/3 \text{ min}$$

با کمک سرعت متوسط تولید ماده C، (واکنش)  $\bar{R}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(C)}{2} = \frac{\Delta n(C)}{2 \times \Delta t} = \frac{2 \times (0/5)}{2 \times 0/3} = 1/6 \text{ mol.min}^{-1}$$

۳ ۱۳۷۱ B ابتدا باید تعداد مول اولیه  $\text{CH}_3\text{OH}$  را محاسبه کنیم. با توجه به معادله واکنش، (واکنش) R برابر با  $\bar{R}(\text{CH}_3\text{OH})$  است، پس داریم:

$$\text{تعداد مول تجزیه شده } \text{CH}_3\text{OH} = 5 \times \bar{R}(\text{CH}_3\text{OH}) = 5 \times 2/4 = 12 \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول باقی‌مانده } \text{CH}_3\text{OH} = 12 + 5/2 = 17/2 \text{ mol}$$

$$t = 3 \text{ s} \text{ در ثانیه } \text{CH}_3\text{OH} = 17/2 - 3(2/4) = 10 \text{ mol}$$

$$\bar{R}(\text{H}_2) = 2 \times 2/4 = 4/8 \text{ mol.s}^{-1}$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش، (واکنش)  $\bar{R}(\text{H}_2) = 2R$  است.

$$t = 6 \text{ s} \text{ در ثانیه } \text{H}_2 = \bar{R}(\text{H}_2) \times \Delta t = 4/8 \times 6 = 28/8 \text{ mol}$$

اکنون اطلاعات خواسته شده در صورت تست را محاسبه می‌کنیم:

۱ ۱۳۷۲ B با توجه به معادله موازنه‌شده این واکنش،  $\bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = 2\bar{R}(\text{H}_2\text{SO}_4)$  است، در نتیجه داریم:

$$\bar{R}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \times 0/25 = 0/125 \text{ mol.min}^{-1} \Rightarrow 0/125 = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{5/9 - 2/3} \Rightarrow \Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0/4 \text{ mol}$$

$$\Delta[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V} \Rightarrow 3/2 - 2/3 = \frac{0/4}{V} \Rightarrow V = 0/9 \text{ L}$$

برای پیدا کردن غلظت اولیه  $H_2SO_4$ ، باید مول اولیه این ترکیب را به دست آوریم.

$$H_2SO_4 \text{ مول اولیه} = (t=2/3 \text{ min در } H_2SO_4 \text{ مول تغییرات مول } H_2SO_4 \text{ از آغاز تا } t=2/3) + (t=2/3 \text{ min در } H_2SO_4 \text{ مول اولیه})$$

$$t=2/3 \text{ min در } H_2SO_4 \text{ مول} = [H_2SO_4]_{t=2/3 \text{ min}} \times V = 3/2 \times 0.9 = 2/88 \text{ mol}$$

$$t=2/3 \text{ min از آغاز تا } H_2SO_4 \text{ مول تغییرات مول} = 25/92 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{2 \text{ mol } H_2O} = 0.72 \text{ mol } H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 \text{ غلظت اولیه} = \frac{n \text{ اولیه}}{V} = \frac{2/88 + 0.72}{0.9} = 4 \text{ mol.L}^{-1}$$

1 ۱۳۷۳ B با توجه به رابطه داده شده، نتیجه می‌گیریم که  $CO$  و  $Fe_3O_4$  واکنش‌دهنده و  $CO_2$  و  $Fe$  فراورده هستند و معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت  $Fe_3O_4(s) + 4CO(g) \rightarrow 3Fe(s) + 4CO_2(g)$  است.  $Fe_3O_4$  واکنش‌دهنده جامد و  $CO_2$  فراورده گازی است.

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(Fe_3O_4) = 1/8 \text{ mol.min}^{-1} \quad \text{مقدار مول } Fe_3O_4 \text{ مصرفی} = \bar{R}(Fe_3O_4) \times \Delta t = 1/8 \times (4 \times 60 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 1/2 \text{ mol}$$

$$\text{جرم } Fe_3O_4 \text{ مصرفی} = 1/2 \text{ mol } Fe_3O_4 \times \frac{232 \text{ g } Fe_3O_4}{1 \text{ mol } Fe_3O_4} = 278/4 \text{ g } Fe_3O_4$$

$$\bar{R}(CO_2) = 4R(\text{واکنش}) = 1/8 \text{ mol.min}^{-1} \times 4 = 1/2 \text{ mol.min}^{-1} \Rightarrow \text{مقدار مول } CO_2 \text{ تولیدی} = \bar{R}(CO_2) \times \Delta t = 1/2 \times (4 \times 60 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 4/8 \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مولکول های } CO_2 \text{ تولیدی} = 4/8 \text{ mol } CO_2 \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ molecule } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 28/8 \times 10^{23} \text{ molecule } CO_2$$

2 ۱۳۷۴ B قسمت اول: معادله موازنه‌شده واکنش اکسایش پروپین به صورت  $2C_3H_6(g) + 9O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$  است. ابتدا باید حجم گاز اکسیژن مصرف شده در مدت زمان ۹۰ ثانیه پس از آغاز واکنش را حساب کنیم:

$$\text{حجم گاز } O_2 \text{ مصرفی} = 99 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{9 \text{ mol } O_2}{6 \text{ mol } CO_2} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 75.6 \text{ L } O_2$$

سپس سرعت متوسط مصرف گاز  $O_2$  را برحسب  $L \cdot \text{min}^{-1}$  به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(O_2) = \frac{-\Delta V}{\Delta t} = \frac{75.6 \text{ L}}{1/5 \text{ min}} = 50.4 \text{ L.min}^{-1} \quad ? \text{ min} = 90 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1.5 \text{ min}$$

قسمت دوم: با توجه به معادله واکنش به ازای مصرف ۹ مول  $O_2$ ، ۲ مول گاز  $C_3H_6$  مصرف و ۶ مول گاز  $CO_2$  تولید می‌شود. بنابراین  $(2+9) \times 22.4/4 = 112$  لیتر از حجم گازهای ظرف کاسته می‌شود.

$$s = 28 \text{ L} \times \frac{9 \text{ mol } O_2}{112 \text{ L}} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{1 \text{ min}}{50.4 \text{ L } O_2} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 60 \text{ s}$$

3 ۱۳۷۵ B معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت مقابل است:

ابتدا باید محاسبه کنیم که در ۲۴ ثانیه نخست، چند لیتر گاز اکسیژن در این واکنش تولید شده است:

$$\bar{R}(O_2) = \frac{\Delta V(O_2)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta V(O_2) = \bar{R}(O_2) \times \Delta t = 12/5 \text{ L.min}^{-1} \times (24 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 5 \text{ L } O_2$$

سپس به کمک محاسبات استوکیومتری و به وسیله جرم  $KNO_3$ ، چگالی گاز اکسیژن را تعیین می‌کنیم:

$$? \text{ g } O_2 = 40/4 \text{ g } KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KNO_3}{101 \text{ g } KNO_3} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KNO_3} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 6/4 \text{ g } O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$O_2 \text{ چگالی} = \frac{O_2 \text{ جرم}}{O_2 \text{ حجم}} = \frac{6/4 \text{ g}}{5 \text{ L}} = 1/28 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\frac{KNO_3 \text{ جرم}}{مولی} = \frac{O_2 \text{ حجم} \times O_2 \text{ چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{40/4}{10 \times 2} = \frac{5 \times O_2 \text{ چگالی}}{32 \times 1} \Rightarrow O_2 \text{ چگالی} = 1/28 \text{ g.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$? \text{ kJ} = 25 \text{ s} \times \frac{40/4 \text{ g } KNO_3}{24 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ mol } KNO_3}{101 \text{ g } KNO_3} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KNO_3} \times \frac{1 \text{ mol } (O=O)}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{496 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } (O=O)} = 173/6 \text{ kJ}$$

$$\frac{42 \times 40/4 \times 496}{24 \times 101 \times 2} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{42 \times 40/4 \times 500}{24 \times 101 \times 2} = \frac{42 \times 25 \times 500}{24 \times 101} = \frac{7 \times 25 \times 500}{4 \times 101} = \frac{7 \times 25 \times 500}{4 \times 101} = 7 \times 25 = 175$$

توضیح محاسبات

پاسخ کمی کوچک‌تر از ۱۷۵ است. (پاسخ: ۱۷۳/۶)



۲ ۱۳۷۶ B با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها داریم:



با توجه به اینکه بازه زمانی یکسان است، برابر با نسبت تعداد مول‌های این دو ترکیب می‌شود.

$$\frac{\bar{R}(\text{NH}_3)}{\bar{R}(\text{SO}_2)} = \frac{-\Delta n(\text{NH}_3)}{-\Delta n(\text{SO}_2)} = \frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{\Delta n(\text{SO}_2)} = \frac{\frac{2}{3} \bar{R}(\text{H}_2)}{2\bar{R}(\text{O}_2)} = \frac{1}{3} \frac{\bar{R}(\text{H}_2)}{\bar{R}(\text{O}_2)} = \frac{1}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{\text{جرم گاز آمونیاک مصرف شده}}{\text{جرم گاز SO}_2 \text{ مصرف شده}} = \frac{\Delta n(\text{NH}_3) \times \text{جرم مولی NH}_3}{\Delta n(\text{SO}_2) \times \text{جرم مولی SO}_2} = \frac{4}{9} \times \frac{17}{80} = \frac{17}{180}$$

زمان (دقیقه)	۰	۲	۴	۶
مول	x	$\frac{x}{3}$	$\frac{x}{9}$	$\frac{x}{27}$

۳ ۱۳۷۷ B ابتدا مقدار مول اولیه  $\text{CaCO}_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$54 \text{ mol} = \text{مقدار اولیه} \Rightarrow \left(\frac{1}{3}\right)^3 \times \text{مقدار اولیه} = 2 \Rightarrow \text{مقدار اولیه} = 54 \text{ mol}$$

سپس سرعت متوسط مصرف  $\text{CaCO}_3$  را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(\text{CaCO}_3) = -\frac{\Delta n(\text{CaCO}_3)}{\Delta t} = -\frac{(2-54) \text{ mol}}{6 \text{ min}} = 8.67 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۳ ۱۳۷۸ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $4\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{O} + 5\text{O}_2 + 2\text{N}_2$  است. ابتدا باید به کمک حجم گاز آزاد شده در شرایط STP، تعداد

مول  $\text{KNO}_3$  مصرفی را حساب کنیم.  $\text{مول KNO}_3 \text{ مصرفی} = 78/4 \text{ L gas} \times \frac{1 \text{ mol gas}}{22/4 \text{ L gas}} \times \frac{4 \text{ mol KNO}_3}{5 \text{ mol gas}} = 2 \text{ mol KNO}_3$

سپس مقدار مول اولیه  $\text{KNO}_3$  و جرم آن را محاسبه می‌کنیم:  $\text{مول اولیه KNO}_3 = \text{مول مصرف شده KNO}_3 + \text{مول باقی مانده KNO}_3 = 2 + 0/5 = 2/5 \text{ mol}$

$$\text{جرم اولیه KNO}_3 = 2/5 \text{ mol KNO}_3 \times \frac{101 \text{ g KNO}_3}{1 \text{ mol KNO}_3} = 25.2 \text{ g KNO}_3$$

برای محاسبه سرعت واکنش برحسب  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  باید از حجم گازهای تولید شده استفاده کنیم. با توجه به اینکه مجموع ضرایب استوکیومتری گازهای تولید شده در این واکنش برابر با ۷ است، ابتدا مقدار مول گاز تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول گاز تولید شده} = 78/4 \text{ L gas} \times \frac{1 \text{ mol gas}}{22/4 \text{ L gas}} = 3/5 \text{ mol gas}$$

سپس سرعت واکنش را به دست می‌آوریم:  $R(\text{واکنش}) = \frac{\Delta n(\text{gas})}{V \times \Delta t \times \text{مجموع ضرایب}} = \frac{3/5 \text{ mol}}{2/5 \text{ L} \times (4 \times 8 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) \times 7} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

\* توجه: دقت کنید که برای  $\text{KNO}_3$  نمی‌توان از یکای  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  استفاده کرد، چون در دمای ثابت، غلظت  $\text{KNO}_3$  به مقدار آن بستگی ندارد و ثابت است.

۱ ۱۳۷۹ B هر گوی را هم از m مول از آن ماده در نظر می‌گیریم. سرعت متوسط مصرف A در بازه زمانی  $t=0 \text{ min}$  تا  $t=15 \text{ min}$ :

$$\bar{R}(A) = \frac{-\Delta n}{\Delta t \times V} = \frac{-(9-15) \times m}{3/2 \times 15} = \left(\frac{m}{8}\right) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

سرعت متوسط تولید B در بازه زمانی  $t=15 \text{ min}$  تا  $t=40 \text{ min}$ :  $\bar{R}(B) = \frac{\Delta n}{\Delta t \times V} = \frac{(3-2) \times m}{3/2 \times 25} = \left(\frac{m}{15}\right) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

با توجه به اطلاعات مسئله داریم:  $\frac{m}{8} - \frac{m}{15} = 45 \times 10^{-3} \Rightarrow m = 0.4 \text{ mol}$

۲ ۱۳۸۰ B در این واکنش، مقداری از اتم‌های مس وارد واکنش شده و به یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  تبدیل می‌شود و مقداری هم فلز نقره روی تیغه رسوب می‌کند. در نتیجه:

جرم نقره تولید شده + جرم مس مصرف شده - جرم اولیه تیغه = جرم نهایی تیغه

هر قسمت را محاسبه می‌کنیم:  $\bar{R}(\text{Ag}) = 1/25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{مقدار مول Ag تولیدی} = \bar{R}(\text{Ag}) \times \Delta t = 1/25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min} = 2/25 \text{ mol Ag}$

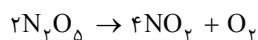
$$\text{جرم نقره تولید شده} = 2/25 \text{ mol Ag} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 27 \text{ g Ag}$$

$$\bar{R}(\text{Ag}) = 2\bar{R}(\text{Cu}) \Rightarrow \bar{R}(\text{Cu}) = \frac{1/25}{2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \text{مقدار مول Cu مصرفی} = \bar{R}(\text{Cu}) \times \Delta t = \frac{1/25}{2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min} = 1/25 \text{ mol Cu}$$

$71 \text{ g} = \text{جرم اولیه تیغه} \Rightarrow -80 + 270 = 261$  جرم اولیه تیغه = ۲۶۱



۱۳۸۱ ۳ ابتدا باید مقدار مول  $N_2O_5$  وارد شده به سیلندر را محاسبه کنیم:  $1 \text{ mol } N_2O_5 = 108 \text{ g } N_2O_5$   $\Rightarrow 1/6 \text{ mol } N_2O_5 = 172/108 \text{ g } N_2O_5$  ? mol  $N_2O_5$



سیس جدول تغییر مول مواد شرکت کننده در واکنش را رسم می کنیم:

مول اولیه	۱/۶	۰	۰
تغییرات مول	-۲x	+۴x	+x
مول نهایی	۱/۶-۲x	۴x	x

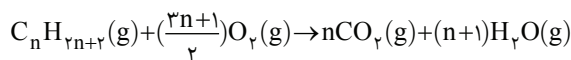
$$\left. \begin{aligned} \text{مجموع مول گاز تولید شده} &= 4x + x = 5x \\ \text{مول } N_2O_5 \text{ باقی مانده} &= 1/6 - 2x \end{aligned} \right\} \Rightarrow 1/5 = \frac{5x}{1/6 - 2x} \Rightarrow x = 0/3$$

با توجه به جدول، ۱/۲ مول  $NO_2$  در مدت زمان ۰/۸ دقیقه تولید شده است:

مقدار مول  $NO_2$  تولیدی  $= 4x = 4 \times 0/3 = 1/2 \text{ mol}$

$$\Delta t = 0/8 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 48 \text{ s}, \quad \bar{R}(NO_2) = \frac{\Delta n(NO_2)}{\Delta t} = \frac{(1/2 - 0) \text{ mol}}{48 \text{ s}} = 1/96 \text{ mol.s}^{-1}$$

۱۳۸۲ ۱ معادله موازنه شده واکنش سوختن آلکانها به صورت مقابل است:



ابتدا باید تعداد مول  $O_2(g)$  مصرف شده در این بازه زمانی را به دست آوریم:

$$\bar{R}(O_2) \times \Delta t = 2/4 \times (48 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 0/32 \text{ mol}$$

سیس با یکی از روش های زیر، n را حساب می کنیم:

$$0/32 \text{ mol } O_2 \times \frac{n \text{ mol } CO_2}{\frac{(3n+1)}{2} \text{ mol } O_2} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 8/10 \text{ g } CO_2 \Rightarrow \frac{2n}{3n+1} = \frac{5}{8} \Rightarrow n = 5$$

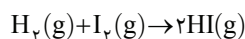
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{O_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{CO_2 \text{ جرم مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/32}{1} = \frac{8/10}{44 \times n} \Rightarrow n = 5$$

روش دوم (تناسب):

آلکان مورد نظر ۵ اتم کربن دارد. فرمول محاسبه تعداد پیوندهای اشتراکی در آلکانها به صورت  $(3n+1)$  است.  $3n+1 = 2(5)+1 = 16$  = تعداد پیوندهای اشتراکی در دمای اتاق، آلکانهای دارای ۱ تا ۴ اتم کربن به صورت گاز هستند و آلکانهای ۵ کربنی و به بالا حالت مایع و جامد دارند.

۱۳۸۳ ۲ دقت کنید که منظور طراح از طرح این عبارت این بوده که سرعت متوسط واکنش از آغاز تا دقیقه ۴۰ را محاسبه کنید؛ ولی متأسفانه این خواسته به نادرستی بیان شده است. معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



با توجه به شکل، تا دقیقه ۴۰، ذره  $I_2$ ، معادل  $0/15 \text{ mol}$  ( $3 \times 0/05$ ) مصرف می شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

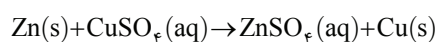
$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}(I_2) = \frac{|\Delta n(I_2)|}{\Delta t} = \frac{|-0/15| \text{ mol}}{40 \text{ min}} = 1/5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): همان طور که می دانید، بیشترین سرعت واکنش در لحظه شروع آن است و با گذشت زمان و کاهش غلظت واکنش دهنده ها، سرعت واکنش به تدریج کاهش می یابد. پس سرعت واکنش در ۱۰ دقیقه آغازی بیشتر از ۱۰ دقیقه دوم است و سرعت واکنش در ۲۰ دقیقه آغازی برابر میانگین سرعت واکنش در این دو ۱۰ دقیقه می باشد.

گزینه (۳): با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه شده واکنش، سرعت متوسط تولید فرآورده  $(HI)$ ، دو برابر سرعت متوسط مصرف هر یک از واکنش دهنده ها  $(H_2$  یا  $I_2)$  است. گزینه (۴): در ۲۰ دقیقه آغازی، ذره  $I_2$ ، معادل  $0/1 \text{ mol}$  ( $2 \times 0/05$ ) مصرف شده است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}(I_2) = \frac{|\Delta n(I_2)|}{\Delta t} = \frac{|-0/1| \text{ mol}}{20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = 3/3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

۱۳۸۴ ۱ عبارت های اول، دوم و پنجم درست هستند. معادله واکنش نشان داده شده در شکل به صورت زیر است:



بررسی عبارت ها: عبارت اول: رنگ محلول مس (II) سولفات، به دلیل وجود یون های  $Cu^{2+}$  در آن آبی رنگ است و با گذشت زمان و مصرف شدن یون های  $Cu^{2+}$ ،

رنگ آبی محلول کم رنگ تر می شود. عبارت دوم: در این واکنش، کاتیون های  $Cu^{2+}$  با دریافت الکترون تبدیل به اتم فلزی  $Cu$  می شوند؛ به عبارت دیگر فلز مس از یون های  $Cu^{2+}$  آزاد می شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ g } Cu = 0/3 \text{ mol } CuSO_4 \times \frac{1 \text{ mol } Cu^{2+}}{1 \text{ mol } CuSO_4} \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{1 \text{ mol } Cu^{2+}} \times \frac{64 \text{ g } Cu}{1 \text{ mol } Cu} = 19/2 \text{ g } Cu$$



**عبارت سوم:** با توجه به شکل داده شده، در مدت زمان ۲ ساعت (یعنی ۱۲۰ دقیقه) محلول بی‌رنگ شده و واکنش به اتمام رسیده است، پس سرعت واکنش برابر است با: (حواستان باشد که سرعت واکنش با سرعت متوسط مواد شرکت‌کننده که ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر یک است، مساوی می‌باشد.)

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{CuSO}_4) = -\frac{\Delta n(\text{CuSO}_4)}{\Delta t} = -\frac{-0.3 \text{ mol}}{120 \text{ min}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**عبارت چهارم:** با توجه به اینکه در ظرف این واکنش، گونه‌های اکسند (Cu<sup>2+</sup>) و کاهنده (Zn) در یک مکان و در تماس مستقیم با یکدیگر هستند، این مجموعه نمی‌تواند یک نیم سلول باشد و یا یک سلول گالوانی باشد. **عبارت پنجم:** با توجه به برابر بودن ضرایب استوکیومتری گونه کاهنده (اتم‌های Zn) و گونه اکسند (یون‌های Cu<sup>2+</sup>)، سرعت مصرف یون‌های فلزی با سرعت مصرف اتم‌های فلزی برابر است.

**۱۳۸۵** **۴** **قسمت اول:** معادله موازنه‌شده این واکنش  $2C + 2H_2O \rightarrow CH_4 + CO_2$  است. فرض کنیم که  $x$  مول  $CH_4$  در این واکنش تولید شده است. در این صورت با توجه به ضرایب استوکیومتری،  $2x$  مول کربن در این واکنش مصرف شده است و تعداد مول کربن باقی‌مانده برابر با  $5-2x$  می‌شود.

$$\text{جرم } CH_4 \text{ تولیدی} = x \text{ mol } CH_4 \times \frac{16 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 16x \text{ g } CH_4$$

$$\text{جرم } C \text{ باقی‌مانده} = (5-2x) \text{ mol } C \times \frac{12 \text{ g } C}{1 \text{ mol } C} = 60-24x \text{ g } C$$

$$40 = 60 - 24x \Rightarrow 24x = 20 \Rightarrow x = 5/6$$

مقدار مول متان تولید شده در این واکنش برابر با  $5/6$  است. اکنون به کمک آن سرعت متوسط مصرف  $H_2O$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول } H_2O \text{ مصرفی} = \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } CH_4} \times \frac{5}{6} \text{ mol } CH_4 = 1 \text{ mol } H_2O$$

$$\Delta t(\text{min}) = 96 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1.6 \text{ min}, \quad \bar{R}(H_2O) = \frac{-\Delta n(H_2O)}{\Delta t \cdot V} = \frac{-(-1) \text{ mol}}{1.6 \text{ min} \times 1.25 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$$

**قسمت دوم:** معادله موازنه‌شده واکنش سوختن کامل متان به صورت مقابل است.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$? \text{ L } O_2 = 0.5 \text{ mol } CH_4 \times \frac{2 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } CH_4} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 22.4 \text{ L } O_2$$

**۱۳۸۶** **۳** **عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. معادله موازنه شده این دو واکنش به صورت زیر است:**



با توجه به عبارت‌ها، بهتر است ابتدا سرعت متوسط تولید  $Al_2O_3$  را در دو واکنش برحسب مول بر دقیقه محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(Al_2O_3) = \frac{\Delta n(Al_2O_3)}{\Delta t} = \frac{3/2 \text{ mol}}{3 \text{ min}} = 3/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

با توجه به اینکه سرعت متوسط تولید  $Al_2O_3$  در واکنش (II) سه برابر واکنش (I) است؛ خواهیم داشت:

$$\bar{R}(Al_2O_3) = 3 \times \frac{3/2}{3} = 3/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

سپس به بررسی هر کدام از عبارت‌ها می‌پردازیم: **عبارت اول:** با توجه به یکسان بودن ضرایب  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  در واکنش (II)، در این واکنش، سرعت متوسط مصرف  $Fe_2O_3$  با سرعت متوسط تولید  $Al_2O_3$  برابر است:

$$\bar{R}(Fe_2O_3) = \bar{R}(Al_2O_3) = 3/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$? \text{ mol } Fe_2O_3 = 1/5 \text{ min} \times \frac{3/2 \text{ mol } Fe_2O_3}{1 \text{ min}} = 4/8 \text{ mol } Fe_2O_3$$

**عبارت دوم:** سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده در واکنش شیمیایی است؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(SO_3)}{\bar{R}(Al_2O_3)} = \frac{3}{1} \Rightarrow \bar{R}(SO_3) = 3\bar{R}(Al_2O_3) = 3 \times \frac{3/2}{3} = 3/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**عبارت سوم:** با توجه به معادله موازنه شده واکنش (I)، به ازای تولید  $3/2$  مول  $Al_2O_3$ ، مقدار  $3/2$  مول  $Al_2(SO_4)_3$  مصرف شده است. از آنجا که  $0.8$  مول  $Al_2(SO_4)_3$  هم‌چنان به صورت واکنش نداده باقی‌مانده است، پس مقدار اولیه  $Al_2(SO_4)_3$  برابر  $4 \text{ mol}$  ( $3/2 + 0.8$ ) است. اکنون جرم این ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } Al_2(SO_4)_3 = 4 \text{ mol } Al_2(SO_4)_3 \times \frac{342 \text{ g } Al_2(SO_4)_3}{1 \text{ mol } Al_2(SO_4)_3} = 1368 \text{ g} = 1.368 \text{ kg } Al_2(SO_4)_3$$

$$\bar{R}(Al) = 2 \times \bar{R}(Al_2O_3) = 2 \times 3/2 = 6/4 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**عبارت چهارم:**

$$\bar{R}(Al_2(SO_4)_3) = \bar{R}(Al_2O_3) = \frac{3/2}{3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \frac{\text{سرعت متوسط } Al \text{ در واکنش (II)}}{\text{سرعت متوسط } Al_2(SO_4)_3 \text{ در واکنش (I)}} = \frac{6/4}{3/2} = 6$$

۱۳۸۷ ۳ قسمت اول: جدول تغییرات مول ترکیب‌های موجود در واکنش به صورت زیر است:

$$2SO_3 \rightarrow 2SO_2 + O_2$$

مول اولیه	۶	۰	۰
تغییرات مول	-۲x	+۲x	+x
مول نهایی	۶-۲x	۲x	x

با توجه به اینکه حجم گازها متناسب با تعداد مول آنهاست، به جای درصد حجمی می‌توان از درصد مولی استفاده کرد:

$$O_2 \text{ درصد مولی} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{مجموع مول گازها}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{x}{(6-2x)+2x+x} \times 100 \Rightarrow x = 1/\Delta \text{ mol}$$

$$\Delta t (\text{min}) = 75s \times \frac{1 \text{ min}}{60s} = 1/25 \text{ min}$$

تعداد مول گاز اکسیژن تولید شده برابر با ۱/۵ مول و سرعت متوسط تولید  $O_2$  برابر با سرعت متوسط واکنش است:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(O_2) = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t} = \frac{1/5}{1/25 \text{ min}} = 1/2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

قسمت دوم: فرض می‌کنیم که در این لحظه، x مول  $O_2$  تولید شده است.

$$? g O_2 = x \text{ mol } O_2 \times \frac{32g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 32x g O_2$$

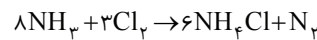
$$? g SO_3 = (6-2x) \text{ mol } SO_3 \times \frac{80g SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 480 - 160x g SO_3$$

$$SO_3 \text{ جرم} - O_2 \text{ جرم} = 192g \Rightarrow 480 - 160x - 32x = 192 \Rightarrow x = 1/\Delta \text{ mol} \quad \bar{R}(O_2) = 1/2 = \frac{1/\Delta \text{ mol}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 1/25 \text{ min} = 75s$$

۱۳۸۸ ۱ معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:

$$NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow 6NH_4Cl + N_2$$

مول اولیه	۳۰	۱۰	۰	۰
تغییرات مول	-۸x	-۳x	+۶x	+x
مول نهایی (t=۳۰s)	۳۰-۸x	۱۰-۳x	۶x	x



ابتدا تغییرات مول مواد شرکت کننده در واکنش تا ثانیه ۲۰ را حساب کرده و مقدار مول هر یک از شرکت کننده‌ها را بر حسب x به دست می‌آوریم:

در پایان ثانیه ۲۰، مقدار مول گاز کلر، دو برابر مقدار مول گاز نیتروژن است، بنابراین:

$$\frac{\text{مول } Cl_2}{\text{مول } N_2} = \frac{10-3x}{x} = 2 \Rightarrow x = 2$$

حال تغییرات مول مواد شرکت کننده در واکنش تا ثانیه ۳۰ را حساب کرده و مقدار مول هر یک از شرکت کننده‌ها را بر حسب y به دست می‌آوریم:

در پایان ثانیه ۳۰، مقدار مول گاز آمونیاک، چهار برابر مقدار مول گاز کلر است؛ بنابراین:

$$\frac{\text{مول } NH_3}{\text{مول } Cl_2} = \frac{30-8y}{10-3y} = 4 \Rightarrow y = 2/5$$

مقدار مول  $NH_4Cl$  در ثانیه ۲۰ برابر  $12 \text{ mol}$  ( $6x = 6 \times 2$ ) و مقدار مول آن در ثانیه ۳۰ برابر  $15 \text{ mol}$  ( $6y = 6 \times 2/5$ ) است، پس سرعت متوسط تولید آن در ثانیه سوم (یعنی ۲۰s تا ۳۰s) برابر است با:

$$\Delta t = 30 - 20 = 10s = \frac{1}{6} \text{ min} \quad \Delta n(NH_4Cl) = 15 - 12 = 3 \text{ mol} \quad \bar{R}(NH_4Cl) = \frac{\Delta n(NH_4Cl)}{\Delta t} = \frac{3 \text{ mol}}{1/6 \text{ min}} = 18 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱۳۸۹ ۱ قسمت اول: ابتدا باید تعداد مول  $NH_3$  مصرفی را محاسبه کنیم تا به حجم مولی گازها در شرایط این واکنش برسیم:

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(NH_3)}{2} \Rightarrow \bar{R}(NH_3) = 2 \times R(\text{واکنش}) = 2 \times 1/8 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} = 3/8 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{مصرفی } NH_3 = \bar{R}(NH_3) \times \Delta t = 3/8 \times (4 \times 60 \times \frac{1 \text{ min}}{60s}) = 2/4 \text{ mol } NH_3, \text{ حجم مولی گازها در واکنش} = \frac{\text{حجم } NH_3}{\text{مول } NH_3} = \frac{38/4L}{2/4 \text{ mol}} = 19L \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{P_2 \times 19}{(39+273)} \Rightarrow P = 1/6 \text{ atm}$$

فشاری که در آن واکنش انجام می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

قسمت دوم: باید تعداد مول فرآورده‌ها را محاسبه کنیم:

$$? \text{ mol}(H_2, N_2H_4) = 5/184 \times 10^{24} \text{ atm H} \times \frac{1 \text{ mol atm H}}{6 \times 10^{23} \text{ atm H}} \times \frac{1 \text{ mol}(H_2, N_2H_4)}{6 \text{ mol atm H}} = 1/44 \text{ mol}(H_2, N_2H_4)$$

$$\bar{R} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 1/8 = \frac{1/44}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0/8 \text{ min} = 48s$$



۱۳۹۰ ۴ همهٔ موارد درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به صورت مقابل است:  $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$  C

بررسی موارد: **مورد اول:** از آنجا که واکنش به طور کامل انجام می‌شود، پس تمام  $MnO_2$  و  $HCl$  موجود مصرف می‌شود؛ بنابراین ابتدا جرم  $HCl$  موجود در

محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$? g HCl = 17/4 g MnO_2 \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{87 g MnO_2} \times \frac{4 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } MnO_2} \times \frac{36/5 g HCl}{1 \text{ mol } HCl} = 29/2 g HCl$$

سپس غلظت آن را برحسب  $g \cdot mL^{-1}$  به دست می‌آوریم:

$$m(HCl) = \frac{29/2 g}{400 mL} = 0.073 g \cdot mL^{-1}$$

غلظت اسید

**مورد دوم:** ابتدا حجم  $Cl_2$  تولیدی را برحسب لیتر به دست می‌آوریم:

$$? L Cl_2 = 17/4 g MnO_2 \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{87 g MnO_2} \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{1 \text{ mol } MnO_2} \times \frac{22/4 L Cl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} = 4/48 L Cl_2$$

سپس سرعت متوسط تولید  $Cl_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(Cl_2) = \frac{\Delta n(Cl_2)}{\Delta t} = \frac{4/48 L}{3 \text{ min}} \approx 1/49 L \cdot \text{min}^{-1}$$

**مورد سوم:** سرعت متوسط تولید یا مصرف هر ماده از رابطه  $\bar{R}(\text{ماده}) = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$  محاسبه می‌شود و می‌دانیم که تغییرات مول هر ماده با ضریب استوکیومتری آن ماده در

واکنش، رابطهٔ مستقیم دارد؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(MnO_2)}{\bar{R}(H_2O)} = \frac{|\Delta n(MnO_2)|}{|\Delta n(H_2O)|} = \frac{|\Delta n(MnO_2)|}{|\Delta n(H_2O)|} \times \frac{\Delta t(H_2O)}{\Delta t(MnO_2)} = \frac{MnO_2}{H_2O} \times \frac{\Delta t(H_2O)}{\Delta t(MnO_2)} = \frac{1}{2} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}} = 30$$

**مورد چهارم:** مطابق مورد اول با انجام واکنش به طور کامل،  $29/2$  گرم  $HCl$  مصرف می‌شود؛ بنابراین در  $1/5$  دقیقه اول، با مصرف  $60\%$  از  $MnO_2$ ،  $60\%$  از جرم  $HCl$

نهایی تولید می‌شود:

$$29/2 g HCl \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{36/5 g HCl} \times \frac{60}{100} = 0.48 \text{ mol } HCl$$

پس سرعت متوسط مصرف  $HCl$  در  $1/5$  دقیقه نخست برابر است با:

$$\bar{R}(HCl) = \frac{\Delta n(HCl)}{\Delta t} = \frac{0.48 \text{ mol}}{1/5 \text{ min}} = 0.32 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم: C  $2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$  ۱ ۱۳۹۱

مقدار گازهای موجود در ظرف برحسب مول بعد از گذشت دو دقیقه برابر است با:

$$78/4 L \text{ gas} \times \frac{1 \text{ mol gas}}{22/4 L \text{ gas}} = 3/5 \text{ mol gas}$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها، اگر  $x$  مول اکسیژن تولید شود،  $4x$  مول گاز  $NO_2$  تولید می‌شود. مقدار مول گاز  $N_2O_5$  باقی‌مانده در ظرف پس از  $2$  دقیقه را برابر  $y$  در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

اکنون جرم هر یک از گازهای موجود در ظرف بعد از دو دقیقه را محاسبه می‌کنیم:

$$N_2O_5 \text{ گاز } y \text{ mol } N_2O_5 \times \frac{108 g N_2O_5}{1 \text{ mol } N_2O_5} = 108y \text{ g } N_2O_5$$

$$NO_2 \text{ گاز } 4x \text{ mol } NO_2 \times \frac{46 g NO_2}{1 \text{ mol } NO_2} = 184x \text{ g } NO_2 \quad O_2 \text{ گاز } x \text{ mol } O_2 \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 32x \text{ g } O_2$$

از آنجایی که نصف جرم مواد موجود در ظرف متعلق به فراورده‌ها است. در نتیجه جرم واکنش‌دهنده و مجموع جرم فراورده‌ها با هم برابر است:

$$108y = 184x + 32x \Rightarrow 108y = 216x \Rightarrow y = 2x \quad \text{(II)}$$

با توجه به رابطه (I) و (II) داریم:

$$y + 5x = 3/5, y = 2x \Rightarrow 2x + 5x = 3/5 \Rightarrow x = 0/5$$

پس مقدار گاز اکسیژن بعد از دو دقیقه برابر  $0/5$  مول است. از آنجایی که ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن در واکنش برابر  $1$  می‌باشد، سرعت واکنش با سرعت متوسط

تولید  $O_2$  برابر است:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(O_2) = \frac{0/5 \text{ mol}}{2 \text{ min}} = 0/25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

ابتدا باید محاسبه کنیم که در این بازهٔ زمانی، چند مول  $NO_2$  و چند مول  $O_2$  تولید می‌شود. C ۲ ۱۳۹۲

محاسبهٔ تعداد مول  $O_2$  تولید شده:

$$\bar{R}(O_2) = \bar{R}(\text{واکنش}) = 0/25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot L^{-1}$$

$$\Delta n(O_2) = R(\text{واکنش}) \times V \times \Delta t = 0/25 \times 0/8 \times (270 \times \frac{1 \text{ min}}{60 s}) = 1/8 \text{ mol } O_2$$

محاسبهٔ تعداد مول  $NO_2$  تولید شده:

$$\bar{R}(NO_2) = 4R(\text{واکنش}) = 4 \times 0/25 = 1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\Delta n(NO_2) = \bar{R}(NO_2) \times V \times \Delta t = 1 \times 0/8 \times (270 \times \frac{1 \text{ min}}{60 s}) = 7/2 \text{ mol } NO_2$$

محاسبهٔ حجم مولی گازها در شرایط واکنش:  $9/6 L \cdot \text{mol}^{-1} = \text{حجم مولی} \Rightarrow \frac{NO_2}{\text{حجم مولی}} = \frac{7/2}{9/6} \Rightarrow \frac{O_2}{\text{حجم مولی}} = \frac{1/8}{9/6}$

اکنون با توجه به رابطه  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$  داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 \times T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 \times T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{9/6 \times 2/8}{1 \times T_2} \Rightarrow T_2 = 327/6 K = 54/6^\circ C$$

۱۳۹۳ ۱ فرض می‌کنیم که در ۱۲ ثانیه اول این واکنش،  $N_2O_5$  مصرف شده است.

$$t=12s \text{ تا } t=0s \text{ مصرف } N_2O_5 \text{ مول} = x \text{ mol}$$

$$\bar{R}(t=12s-t=24s) = \frac{1}{4} \bar{R}(t=0-t=12s)$$

$$t=24s \text{ تا } t=12s \text{ مصرف } N_2O_5 \text{ مول} = \frac{1}{4} x \text{ mol}$$

$$\bar{R}(t=24s-t=36s) = \frac{1}{4} \bar{R}(t=12-t=24s)$$

در نتیجه داریم:

$$t=36s \text{ تا } t=24s \text{ مصرف } N_2O_5 \text{ مول} = \frac{1}{16} x \text{ mol}$$

$$t=36s \text{ تا } t=0s \text{ مصرف } N_2O_5 \text{ مول} = x + \frac{1}{4}x + \frac{1}{16}x = \frac{17}{16}x \text{ mol}$$

$$36 \text{ ثانیه در ظرف } N_2O_5 \text{ باقی مانده در ظرف} = \frac{22}{16} - \frac{17}{16}x$$

تعداد مول فراورده‌های تولید شده در این واکنش برابر است با:

$$? \text{ mol } O_2 = \frac{1}{16}x \text{ mol } N_2O_5 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } N_2O_5} = \frac{1}{32}x \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ mol } NO_2 = \frac{1}{16}x \text{ mol } N_2O_5 \times \frac{4 \text{ mol } NO_2}{2 \text{ mol } N_2O_5} = \frac{1}{4}x \text{ mol } NO_2$$

$$\text{mol } O_2 + \text{mol } NO_2 = \frac{1}{32}x + \frac{1}{4}x = \frac{9}{32}x \text{ mol}$$

پس مجموع تعداد مول فراورده‌های تولید شده، برابر است با:

$$\frac{\text{حجم فراورده‌های تولید شده}}{\text{حجم } N_2O_5 \text{ باقی مانده}} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{\frac{9}{32}x}{\frac{22}{16} - \frac{17}{16}x} = \frac{1}{3} \Rightarrow x = 5$$

$$x + \frac{1}{4}x = \frac{5}{4} \xrightarrow{x=5} \text{mol } N_2O_5 \text{ مصرفی} = \frac{1}{4} \times (5) = 1.25 \text{ mol}$$

تعداد مول  $N_2O_5$  مصرف شده در بازه زمانی  $t=0$  تا  $t=24s$  برابر است با:

$$? \text{ kJ} = 1.25 \text{ mol } N_2O_5 \times \frac{108 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } N_2O_5} = 67.5 \text{ kJ}$$

$$\bar{R}(\text{مصرف گرما}) = \frac{67.5 \text{ kJ}}{24s} = 2.81 \text{ kJ.s}^{-1}$$

۱۳۹۴ ۳ قسمت اول: معادله موازنه‌شده واکنش به صورت  $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$  است. برای حل این سؤال باید (۱) جرم  $NH_3$  تجزیه شده و (۲) جرم اولیه

$NH_3$  را به دست آوریم. با توجه به قانون پایستگی جرم، جرم  $NH_3$  تجزیه شده برابر با مجموع جرم  $N_2$  و  $H_2$  تولید شده و جرم اولیه  $NH_3$  برابر با مجموع جرم گازهای ظرف در پایان واکنش است.

$$\bar{R}(N_2) = \bar{R}(\text{واکنش}) = 2/5 \times 10^{-2} \Rightarrow \Delta n(N_2) = \bar{R}(N_2) \times V \times \Delta t = 2/5 \times 10^{-2} \times 4/8 \times 6 = 0.12 \text{ mol}$$

$$? \text{ g } N_2 = 0.12 \text{ mol } N_2 \times \frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 3.36 \text{ g } N_2$$

$$\bar{R}(H_2) = 3\bar{R}(\text{واکنش}) = 3 \times 2/5 \times 10^{-2} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ mol.min}^{-1}.L^{-1} \Rightarrow \Delta n(H_2) = \bar{R}(H_2) \times V \times \Delta t = 3 \times 2/5 \times 10^{-2} \times 4/8 \times 6 = 0.36 \text{ mol}$$

$$? \text{ g } H_2 = 0.36 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 0.72 \text{ g } H_2$$

$$\text{جرم } NH_3 \text{ تجزیه شده} = \frac{3.36 + 0.72}{32/64} \times 100 = 75\%$$

قسمت دوم: فرض می‌کنیم که در این واکنش  $x$  مول  $N_2$  و  $3x$  مول  $H_2$  تولید و  $2x$  مول  $NH_3$  مصرف می‌شود.

$$? \text{ g } N_2 = x \text{ mol } N_2 \times \frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 28x \text{ g } N_2$$

$$? \text{ g } H_2 = 3x \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 6x \text{ g } H_2$$

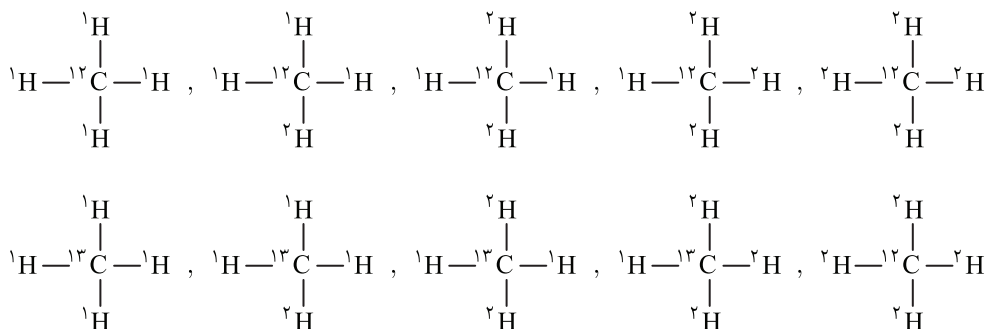
$$? \text{ g } NH_3 = \text{مقدار } NH_3 \text{ مصرف شده} - \text{مقدار اولیه} = 32/64 - (2x \times 17) = 32/64 - 34x \text{ g } NH_3$$

$$\text{درصد جرمی } NH_3 = \frac{32/64 - 34x}{(32/64 - 34x) + 28x + 6x} \times 100 = 33/3 \Rightarrow x = 0.64$$

بنابراین در اثر تجزیه  $1/28 \text{ mol}$  ( $2 \times 0.64$ ) مول  $NH_3$  به این درصد از  $NH_3$  در مخلوط واکنش می‌رسیم.

۱۳۹۵ ۴ بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): فرمول مولکولی متان،  $CH_4$  بوده و ۱۰ نوع مولکول با ایزوتوپ‌های پایدار هیدروژن ( $^1H$  و  $^2H$ ) و ایزوتوپ‌های کربن

( $^{12}C$  و  $^{13}C$ ) می‌توان ساخت:





از این ۱۰ نوع مولکول، ۲ مولکول  $^{12}\text{C}^1\text{H}_4$  و  $^{13}\text{C}^1\text{H}_4$  دارای جرم ۱۸amu هستند که ۲۰٪ مولکولها را تشکیل می‌دهند. پرسش (ب): مقدار مول متان ( $\text{CH}_4$ ) را  $x$  و مقدار مول پروپن ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) را  $y$  فرض می‌کنیم:

$$38\text{g} = [x \text{ mol CH}_4 \times \frac{16\text{g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4}] + [y \text{ mol C}_3\text{H}_6 \times \frac{42\text{g C}_3\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_6}] \Rightarrow 16x + 42y = 38 \quad (I)$$

$$? \text{ atom H} = [(x \text{ mol CH}_4 \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4}) + (y \text{ mol C}_3\text{H}_6 \times \frac{6 \text{ mol H}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_6})] \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3/62 \times 10^{24} \text{ atom H} \Rightarrow 4x + 6y = 6 \quad (II)$$

اکنون با حل دستگاه دو معادله - دو مجهول مقابل،  $x$  و  $y$  را محاسبه می‌کنیم:

$$16x + 42y = 38, 4x + 6y = 6 \Rightarrow x = \frac{1}{3}, y = \frac{1}{9}$$

درصد جرمی متان در مخلوط برابر است با:  $\% \text{CH}_4 = \frac{5/3}{38} \times 100 = 14.3\%$

پرسش (پ): با توجه به سرعت تولید گرما در بازه‌های دو دقیقه‌ای از ابتدا تا انتهای واکنش، مقدار کل گرمای تولیدی که معادل مقدار نظری گرماساز را حساب می‌کنیم:

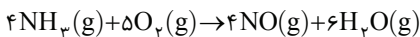
$$? \text{ kJ} = (10/4 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min}) + (78 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min}) + (62/4 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min}) + (54/6 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ min})$$

$$= 592/8 \text{ kJ} (\text{مقدار عملی})$$

حال مقدار گرمای حاصل از سوختن گاز اتان را به دست می‌آوریم که همان مقدار نظری است:

$$? \text{ kJ} (\text{مقدار نظری}) = 15 \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{1560 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = 780 \text{ kJ}$$

اکنون بازده درصدی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{592/8 \text{ kJ}}{780 \text{ kJ}} \times 100 = 7.6\%$$


معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

با توجه به اینکه واکنش در ظرف سرپسته انجام شده است. می‌توان گفت که قانون گازها درباره آن برقرار است در نتیجه:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{P_2 = \frac{100 + \Delta P}{100} P_1} \frac{n_2}{n_1} = 1/0.8 \xrightarrow{n_1 = 2 + 2/5 = 4/5 \text{ mol}} n_2 = 4/86 \text{ mol}$$

دقت کنید که منظور از  $n$ ، مجموع مول‌های تمام اجزای گازی است. حال با توجه به جدول

مول اولیه	۲	۲/۵	۰	۰
تغییرات مول	-۴x	-۵x	+۴x	+۶x
مول نهایی	۲-۴x	۲/۵-۵x	۴x	۶x

تغییرات مول مواد داریم:

با توجه به اینکه تمامی اجزای واکنش به حالت گازی هستند. مقدار  $n_2$  برابر مجموع مول

نهایی هر چهار ماده است. مقدار  $x$  را محاسبه می‌کنیم:

$$(2-4x) + (2/5-5x) + 4x + 6x = 4/86 \Rightarrow 4/5 + x = 4/86 \Rightarrow x = 0/36$$

در ادامه سرعت متوسط مصرف  $\text{O}_2$  و تولید  $\text{H}_2\text{O}$  را برحسب  $\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$  محاسبه کرده و تفاوت آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(\text{O}_2) = \frac{32 \times (5 \times 0/36)}{18} = 3/2 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}, \bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \times (6 \times 0/36)}{18} = 2/16 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \bar{R}(\text{O}_2) - \bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = 3/2 - 2/16 = 1/0.4 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$$

برای محاسبه قسمت دوم سؤال می‌توان مقادیر نظری و عملی یکی از اجزای واکنش را بررسی کرد: (نظری)  $3 \text{ mol H}_2\text{O}$   $\times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol NH}_3} = 4.5 \text{ mol H}_2\text{O}$  (مقدار نظری)

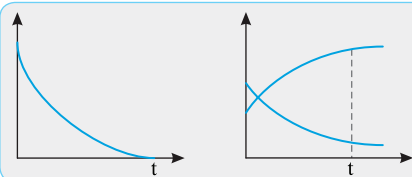
$$\text{H} (\text{مقدار عملی}) = 6x = 6 \times 0/36 = 2/16 \text{ mol}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{2/16}{3} \times 100 = 7.2\%$$

۱ ۱۳۹۷ B

نکته ترکیب

به طور کلی، یک واکنش شیمیایی زمانی به پایان می‌رسد که مقدار مول یا غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها به صفر برسد یا مقدار مول یا غلظت یا حجم یک شرکت‌کننده در واکنش ثابت بماند و تغییر نکند و نمودار آن به صورت خط افقی در آید.



معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 6\text{Cl}_2 \rightarrow 4\text{BCl}_3 + 3\text{CO}_2$  است. این نمودار مربوط به یکی از واکنش‌دهنده‌هاست. سرعت متوسط

$$\bar{R}(x) = \frac{-\Delta n(x)}{\Delta t} = \frac{-(1/4 - 2/1)}{12 - 5} = 0/1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \frac{0/1}{0/33} = 3$$

مصرف این ماده را در بازه زمانی  $t = 5$  تا  $t = 12$  محاسبه می‌کنیم:

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(x)}{\text{ضریب استوکیومتری}} \Rightarrow 0/33 = \frac{0/1}{\text{ضریب استوکیومتری}} \Rightarrow \text{ضریب استوکیومتری} = 3$$

سرعت متوسط مصرف این ترکیب، ۳ برابر سرعت واکنش است، بنابراین این نمودار مربوط به یک واکنش‌دهنده با ضریب استوکیومتری ۳ است که  $\text{C}(s)$  می‌باشد.



عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. نمودار a مربوط به مالتوز و نمودار b مربوط به گلوکز است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): 
$$\bar{R}(\text{گلوکز}) = \frac{\Delta[C_6H_{12}O_6]}{\Delta t} = \frac{(\%0.3-0)\text{mol.L}^{-1}}{7 \text{ min} \times \frac{60\text{s}}{1 \text{ min}}} = 7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

عبارت (ب): با دقت به نمودار a درمی‌یابیم که غلظت مالتوز از ۰/۱ مولار در ابتدای واکنش به ۰/۰۸ مولار می‌رسد. در نتیجه:

مقدار واکنش دهنده مصرفی = بازده درصدی 
$$\frac{\text{مقدار واکنش دهنده مصرفی}}{\text{مقدار واکنش دهنده اولیه}} \times 100 = \frac{0.2}{0.1} \times 100 = 20\%$$

عبارت (پ): در سه دقیقه ابتدایی واکنش، ۰/۰۱ مولار از غلظت مالتوز کم می‌شود و غلظت مولی آن به ۰/۰۹ مولار می‌رسد.

مول حل شونده (مالتوز) = ۰/۴۵ mol 
$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.45 \text{ mol}}{5} \Rightarrow 0.09$$

$$? \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11} = 0.45 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11} \times \frac{342 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}}{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}} = 153.9 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}$$

عبارت (ت): با توجه به نمودار، غلظت گلوکز به ۰/۰۴ mol.L<sup>-1</sup> می‌رسد.

مول حل شونده (گلوکز) = ۰/۳ mol 
$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.3 \text{ mol}}{7.5} \Rightarrow 0.04$$

معادله موازنه‌شده واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز به صورت  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_4H_8OH$  است.

$$? \text{ L } CO_2 = 0.3 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{22.4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 13.44 \text{ L } CO_2$$

معادله موازنه‌شده واکنش سوختن اتانول به صورت  $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$  است. ابتدا سرعت متوسط تولید  $CO_2$

در بازه زمانی  $t=3\text{s}$  تا  $t=7\text{s}$  را به کمک نمودار محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(O_2) = \frac{-\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{-(2/9-5/3)}{7-3} = 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(O_2)}{3} = \frac{\bar{R}(CO_2)}{2} \Rightarrow \bar{R}(CO_2) = \frac{2}{3} \times \bar{R}(O_2) = \frac{2}{3} \times 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

سپس سرعت متوسط مصرف  $O_2$  در بازه زمانی  $t=5\text{s}$  تا  $t=7\text{s}$  را محاسبه می‌کنیم: 
$$\bar{R}(O_2) = \frac{-\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{-(2/9-3/9)}{7-5} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

اکنون نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم: 
$$\frac{0.4}{0.5} = 0.8$$

با توجه به نمودار داده شده ۰/۵ مول از واکنش دهنده  $NaN_3$  مصرف شده است. بنابراین تغییرات مول  $N_2$  برابر است با:

$$\Delta n(N_2) = 0.5 \text{ mol } NaN_3 \times \frac{3 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } NaN_3} = 0.75 \text{ mol } N_2$$

اکنون سرعت تولید  $N_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta t(\text{min}) = 0.3 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.005 \text{ min} \quad \bar{R}(N_2) = \frac{\Delta n(N_2)}{V \times \Delta t} \Rightarrow 15 = \frac{0.75 \text{ mol}}{V(L) \times 0.005 \text{ min}} \Rightarrow V = 10 \text{ L}$$

معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت  $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(g)$  است. ابتدا باید تعداد مول  $NH_3$  مصرف شده را با

کمک سرعت متوسط واکنش محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(NH_3) = 4R(\text{واکنش}) = 4 \times 1/25 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\Delta n(NH_3) = \bar{R}(NH_3) \times \Delta t = 5 \times 10^{-2} \times (48 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 0.4 \text{ mol } NH_3$$

سپس حجم  $NH_3$  مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{حجم } NH_3 \text{ مصرفی در شرایط واکنش} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol } NH_3 \times \frac{22.4 \text{ L } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} \times \frac{1000 \text{ mL } NH_3}{1 \text{ L } NH_3} = 896 \text{ mL}$$

$$\text{حجم } NH_3 \text{ مصرفی در شرایط واکنش} = V_{t=0.5} - V_{t=48} \Rightarrow 896 = 2020 - V_{t=48} \Rightarrow V_{t=48} = 1124 \text{ mL}$$



۱ ۱۴۰۲ B پایان واکنش لحظه‌ای است که مقدار  $KClO_3$  به صفر برسد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{R}(KClO_3) = \frac{|\Delta n(KClO_3)|}{\Delta t} \Rightarrow \frac{(0-1)\text{mol}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 1\text{s}$$

در مدت ۱۰ ثانیه از واکنش، یک مول  $KClO_3$  به طور کامل تجزیه شده است. اکنون غلظت مولار  $O_2$  تولیدی را در انتهای واکنش (یعنی در ثانیه ۱۰) به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } O_2 = 1 \text{ mol } KClO_3 \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3} = 1.5 \text{ mol } O_2 \Rightarrow [O_2]_{t=10\text{s}} = \frac{n}{V} = \frac{1.5 \text{ mol}}{\Delta L} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

در مدت ۱۰ ثانیه، غلظت  $O_2$  از صفر به  $0.3 \text{ mol.L}^{-1}$  رسیده است؛ بنابراین نمودار گزینه (۱) درست است.

۱ ۱۴۰۳ C معادله موازنه شده واکنش:



$$\text{تولیدی } SO_3 \text{ مول} = 50.400 \text{ mL } SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{22400 \text{ mL } SO_3} = 2.25 \text{ mol } SO_3$$

$$\bar{R}(SO_3) = \frac{\Delta n(SO_3)}{\Delta t} = \frac{(2.25-0)\text{mol}}{3\text{s}} = 0.75 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(SO_3)}{3} = \frac{0.75 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}}{3} = 0.25 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری حجم گاز  $SO_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mL } SO_3 (\text{مقدار نظری}) = 427/5 \text{ g } Al_2(SO_4)_3 \times \frac{1 \text{ mol } Al_2(SO_4)_3}{342 \text{ g } Al_2(SO_4)_3} \times \frac{3 \text{ mol } SO_3}{1 \text{ mol } Al_2(SO_4)_3} \times \frac{22400 \text{ mL } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 84000 \text{ mL } SO_3$$

$$\text{سیس بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{50400 \text{ mL}}{84000 \text{ mL}} \times 100 = 60\%$$

سیس بازده درصدی واکنش را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم } Al_2(SO_4)_3 \text{ ناخالص} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر } SO_3 (\text{STP}) \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times 22400} \Rightarrow \frac{427/5 \times R}{1 \times 342} = \frac{50400}{3 \times 22400} \Rightarrow R = 60\%$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{50400 \times 342 \times 100}{22400 \times 427/5 \times 3} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{50000 \times 350 \times 100}{22000 \times 420 \times 3} = \frac{50000 \times 5}{32 \times 4 \times 2} = \frac{25000}{403/2} = 62$$

به جای  $420$  و  $350$  و  $50000$  اعداد  $427/5$  و  $342$  و  $50400$  قرار گیرد.

پاسخ نزدیک به ۶۲ است. (پاسخ: ۶۰)

۱ ۱۴۰۴ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2Li_2O_2(aq) + 2CO_2(g) \rightarrow 2Li_2CO_3(aq) + O_2(g)$  است. باید محاسبه کنیم در چه غلظتی از محلول

$$\Delta n(Li_2O_2) = 6L O_2 \times \frac{1/44 \text{ g } O_2}{1L O_2} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } Li_2O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 0.54 \text{ mol } Li_2O_2$$

$Li_2O_2$ ، ۶ لیتر گاز اکسیژن با چگالی  $1/44 \text{ g.L}^{-1}$  تولید می‌شود.

$$\Delta M = \frac{\Delta n}{V} = \frac{0.54}{0.9} = 0.6 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$Li_2O_2 \text{ غلظت ثانویه} = 1/5 - 0.6 = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

در ثانیه ۱۱ غلظت  $Li_2O_2$  برابر با  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$  است.

سرعت متوسط تولید  $Li_2CO_3$  از ثانیه ۱۱ تا ۲۹ برابر است با:

$$\bar{R}(Li_2CO_3) = \bar{R}(Li_2O_2) = -\frac{\Delta[Li_2O_2]}{\Delta t} = -\frac{(0.3-0.4)\text{mol.L}^{-1}}{(29-11)\text{s}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

۱ ۱۴۰۵ B ابتدا باید جرم گاز  $N_2$  تولید شده پس از گذشت ۴۰ ثانیه از آغاز واکنش را محاسبه کنیم:

$$? \text{ g } N_2 = 3/12 \text{ g } NaN_3 \times \frac{1 \text{ mol } NaN_3}{65 \text{ g } NaN_3} \times \frac{3 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } NaN_3} \times \frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 2.16 \text{ g } N_2$$

$$d = \frac{N_2 \text{ جرم}}{N_2 \text{ حجم}} = \frac{2.16 \text{ g}}{1/6L} = 12.96 \text{ g.L}^{-1}$$

پس از گذشت ۴۰ ثانیه، ۱۶۰۰ میلی لیتر  $N_2$  تولید شده است، به این ترتیب چگالی گاز  $N_2$  در شرایط آزمایش برابر است با:

$$40 \text{ ثانیه} \text{ تولیدی تا ثانیه } 40 = 1600 \times 10^{-3} L N_2 \times \frac{1/26 \text{ g } N_2}{1L N_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} = 0.72 \text{ mol } N_2$$

اکنون سرعت واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(N_2) = \frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t} = \frac{0.72 \text{ mol}}{40 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 0.108 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(N_2)}{3} = \frac{0.108 \text{ mol.min}^{-1}}{3} = 0.036 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$? \text{ mol HCl} = 100 \text{ mL HCl محلول} \times \frac{0.6 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl محلول}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol HCl}$$

ابتدا تعداد مول HCl را مشخص می‌کنیم: **۱ ۱۴۰۶ B**

هنگامی که نصف HCl مصرف شود، واکنش به میزان ۵۰ درصد پیشرفت کرده است. اکنون باید محاسبه کنیم که اگر نصف مقدار اولیه HCl، یعنی  $3 \times 10^{-3} \text{ mol}$  (یعنی  $\frac{6 \times 10^{-3}}{2}$ ) مصرف شود، چه حجمی از  $\text{H}_2$  تولید می‌شود.

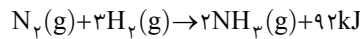
$$? \text{ cm}^3 \text{H}_2 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{20 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3 \text{H}_2}{1 \text{ L H}_2} = 30 \text{ cm}^3 \text{H}_2$$

با توجه به نمودار داده شده در سؤال، پس از گذشت ۱۰ دقیقه از آغاز واکنش، حجم گاز  $\text{H}_2$  تولید شده به  $30 \text{ cm}^3$  می‌رسد. در نتیجه، مدت زمان لازم را باید ۶۰۰ ثانیه در نظر بگیریم:

$$V_{\text{استوانه}} = \pi r^2 h \Rightarrow 30 = 3 \times (\frac{1}{2})^2 \times h \Rightarrow h = 10 \text{ cm}$$

$$\text{سرعت متوسط جابه‌جایی پیستون} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{10 \text{ cm}}{10 \text{ min}} = 1 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$$

سرعت متوسط جابه‌جایی پیستون:



معادله گرما شیمیایی واکنش به صورت مقابل است: **۱ ۱۴۰۷ B**

قسمت اول: طبق نمودار، تا ثانیه پنجم، ۲۳ کیلوژول گرما تولید شده، با توجه به این مقدار گرما، جرم آمونیاک تولیدی در این بازه زمانی را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g NH}_3 = 23 \text{ kJ} \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{92 \text{ kJ}} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 8.5 \text{ g NH}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{\text{جرم آمونیاک}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{23 \text{ kJ}}{92 \text{ kJ}} = \frac{x}{2 \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow x = 8.5 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: در بازه ۵ تا ۲۰ ثانیه،  $41/4 \text{ kJ}$  (یعنی  $41/4 - 23$ ) گرما تولید شده است، با توجه به آن مقدار گاز  $\text{N}_2$  مصرف شده در این بازه را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol N}_2 = 41/4 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{92 \text{ kJ}} = 0.45 \text{ mol N}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{Q}{\Delta H} = \frac{\text{مول مصرفی N}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{41/4 \text{ kJ}}{92 \text{ kJ}} = \frac{y}{1} \Rightarrow y = 0.45 \text{ mol}$$

روش دوم (تناسب):

چون ضریب استوکیومتری  $\text{N}_2$  برابر یک است، پس سرعت واکنش با سرعت مصرف  $\text{N}_2$  برابر است:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{N}_2) = \frac{|\Delta n(\text{N}_2)|}{\Delta t} = \frac{0.45 \text{ mol}}{15 \text{ min}} = 1/8 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

ابتدا باید غلظت ماده A را در ثانیه‌های صفر، ۱۳ و ۲۰ به دست آوریم: **۴ ۱۴۰۸ B**

$$\text{در ثانیه صفر: } \log[A] = 0/85 \Rightarrow [A] = 10^{-0/85} \approx 7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{در ثانیه ۱۳: } \log[A] = 0/48 \Rightarrow [A] = 10^{-0/48} \approx 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{در ثانیه ۲۰: } \log[A] = 0/3 \Rightarrow [A] = 10^{-0/3} \approx 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

سپس سرعت متوسط واکنش را در ۲۰ ثانیه آغازی واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$\text{سرعت واکنش در بازه زمانی صفر تا ۲۰ ثانیه} = \frac{\bar{R}(A)}{2} = \frac{|\Delta[A]|}{\Delta t \times 2} = \frac{|2-7|}{20 \times 2} = \frac{1}{8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

در ادامه سرعت متوسط مصرف A را در بازه زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{سرعت متوسط مصرف A در بازه زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه} = \frac{|\Delta[A]|}{\Delta t} = \frac{|2-3|}{20-13} = \frac{1}{7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\text{سرعت واکنش در بازه زمانی صفر تا ۲۰ ثانیه}}{\text{سرعت متوسط مصرف A در بازه زمانی ۱۳ تا ۲۰ ثانیه}} = \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$$

اکنون نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

جرم کاسته شده از مواد جامد موجود در ظرف، برابر با جرم گازهای تولید شده در واکنش است؛ به عبارت دیگر، جرم کاسته شده از مواد جامد موجود در ظرف برابر مجموع جرم  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  است که برابر  $21/7$  گرم می‌باشد. **۲ ۱۴۰۹ B**

\* توجه در محاسبات، چون ضرایب استوکیومتری  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  هر دو برابر یک است، مجموعه  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  را یک واحد گازی در نظر گرفته که جرم مولی آن برابر با مجموع جرم مولی  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  و ضریب استوکیومتری آن برابر با یک است.

$$? \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 = 21/7 \text{ g (H}_2\text{O, CO}_2) \times \frac{1 \text{ mol (H}_2\text{O, CO}_2)}{62 \text{ g (H}_2\text{O, CO}_2)} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol (H}_2\text{O, CO}_2)} = 0.35 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):



$$\frac{\text{مجموع جرم مواد گازی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول } \text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{21/7}{62 \times 1} = x \Rightarrow x = 0.35 \text{ mol}$$

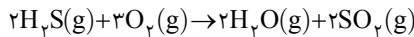
روش دوم (تناسب):

با توجه به نمودار، پس از گذشت ۱۵ ثانیه از آغاز واکنش، ۰/۳۵ مول  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  تولید شده است.

$$15 \text{ ثانیه} \Rightarrow \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0.35 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{x \text{ mol CO}_2} \Rightarrow x = 0.35 \text{ mol CO}_2$$

$$\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{(0.35 - 0) \text{ mol}}{15 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 1.4 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱۱۴۱۰ فقط مورد دوم برای تکمیل جمله داده شده مناسب است. در هر گزینه، سرعت متوسط مصرف گوگرد دی‌اکسید را در بازه زمانی گفته شده، محاسبه می‌کنیم و به کمک ضرایب استوکیومتری واکنش، به سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده مورد نظر می‌رسیم. معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت زیر است.



بررسی موارد:

$$\text{مورد اول: } \bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{\Delta n(\text{SO}_2)}{\Delta t \times V} = \frac{2/7 - 0}{4 \times 2/5} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \frac{\bar{R}(\text{SO}_2)}{2} = \frac{\bar{R}(\text{H}_2\text{S})}{2} \Rightarrow \bar{R}(\text{H}_2\text{S}) = \bar{R}(\text{SO}_2) = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{مورد دوم: } \bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{\Delta n(\text{SO}_2)}{\Delta t \times V} = \frac{3/3 - 0}{4 \times 4} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \frac{\bar{R}(\text{SO}_2)}{2} = \frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{3} \Rightarrow \bar{R}(\text{O}_2) = \frac{3}{2} \bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{3}{2} \times 0.25 = 0.375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{مورد سوم: } \bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{\Delta n(\text{SO}_2)}{\Delta t \times V} = \frac{2/7 - 1/8}{1 \times 4} = 0.225 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

مورد چهارم:

$$\bar{R}(\text{SO}_2) = \frac{\Delta n(\text{SO}_2)}{\Delta t \times V} = \frac{3/3 - 2/7}{1/5 \times 4} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \frac{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})}{2} = \frac{\bar{R}(\text{SO}_2)}{2} \Rightarrow \bar{R}(\text{H}_2\text{O}) = \bar{R}(\text{SO}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱۱۴۱۱ ابتدا باید به کمک نمودار، جرم  $\text{H}_2$  تولید شده در ۳۰ ثانیه اول را محاسبه کنیم. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $\text{H}_2$  سه برابر ضریب استوکیومتری  $\text{N}_2$  است، داریم:

$$t = 30 \text{ s} \Rightarrow \Delta n(\text{H}_2) = 3 \Delta n(\text{N}_2) = 3 \times (3/6 - 0) = 1.5 \text{ mol}$$

$$\text{جرم } \text{H}_2 \text{ تولید شده} = 1.5 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 3 \text{ g H}_2$$

جرم  $\text{NH}_3$  باقی‌مانده تا ثانیه ۴۰ برابر است با:

$$\frac{\text{جرم } \text{H}_2 \text{ تولید شده در } 30 \text{ ثانیه نخست}}{\text{جرم } \text{NH}_3 \text{ باقی‌مانده در ثانیه } 40} = \frac{3/6}{40} \Rightarrow \frac{21/6}{\text{جرم } \text{NH}_3 \text{ باقی‌مانده در ثانیه } 40} = 3/6 \Rightarrow 40 = \text{جرم } \text{NH}_3 \text{ باقی‌مانده تا ثانیه } 40$$

به کمک نمودار، جرم  $\text{NH}_3$  مصرفی را در ۴۰ ثانیه اول محاسبه می‌کنیم. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $\text{NH}_3$  دو برابر ضریب استوکیومتری  $\text{N}_2$  است، داریم:

$$t = 40 \text{ s} \Rightarrow \Delta n(\text{NH}_3) = 2 \Delta n(\text{N}_2) = 2 \times (4/4 - 0) = 2 \text{ mol}$$

$$\text{جرم } \text{NH}_3 \text{ مصرف شده} = 2 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 34 \text{ g NH}_3$$

$$\text{جرم اولیه } \text{NH}_3 = \text{جرم مصرف شده } \text{NH}_3 + \text{جرم باقی‌مانده } \text{NH}_3 = 34 \text{ g} + 6 \text{ g} = 40 \text{ g NH}_3$$

۱۱۴۱۲ مقدار مول  $\text{SO}_2$  در ثانیه ۱۰ برابر با ۲/۸ مول است. باید تغییرات مول  $\text{SO}_2$  در بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = 10$  را محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(\text{SO}_2) = 2 \times R(\text{واکنش}) = 2 \times 1/2 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \quad \Delta n(\text{SO}_2) = \bar{R}(\text{SO}_2) \times V \times \Delta t = 1 \times 2 \times (10 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 2/3 \text{ mol}$$

$$\text{SO}_2 \text{ باقی‌مانده تا ثانیه } 10 = (\text{تعداد مول } \text{SO}_2 \text{ باقی‌مانده تا ثانیه } 10) + (\text{تعداد مول } \text{SO}_2 \text{ مصرفی تا ثانیه } 10) = 2/3 + 2/3 = 4/3 \text{ mol}$$

مقدار مول  $\text{O}_2$  در ثانیه ۲۰ برابر با ۱/۴۵ مول است. باید تغییرات مول  $\text{O}_2$  در دو بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = 10$  و  $t = 10$  تا  $t = 20$  را محاسبه کنیم:

$$\bar{R}(\text{O}_2) = R(\text{واکنش})$$

$$t = 10 \text{ s} \Rightarrow \Delta n(\text{O}_2) = \bar{R}(\text{O}_2) \times V \times \Delta t = 1/2 \times 2 \times (10 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 1/6 \text{ mol}$$

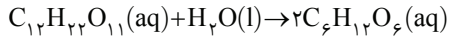
$$t = 20 \text{ s} \Rightarrow \Delta n(\text{O}_2) = \bar{R}(\text{O}_2) \times V \times \Delta t = 0.3 \times 2 \times (10 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 0.35 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2 \text{ باقی‌مانده در ثانیه } 20 = (\text{تعداد مول } \text{O}_2 \text{ مصرفی در } 10 \text{ ثانیه دوم}) + (\text{تعداد مول } \text{O}_2 \text{ مصرفی در } 10 \text{ ثانیه اول}) = 1/4 + 0.35 + 1/4 = 0.7 \text{ mol}$$

$$\frac{\text{مول اولیه } \text{SO}_2}{\text{مول اولیه } \text{O}_2} = \frac{5/6}{3/2} = 1/2$$

اکنون نسبت مقدار مول اولیه  $\text{SO}_2$  به  $\text{O}_2$  را محاسبه می‌کنیم:

عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. معادله موازنه شده واکنش مالتوز با آب به صورت زیر است:



بنابراین نمودارهای a و b به ترتیب مربوط به مالتوز و گلوکز است. بررسی موارد: مورد اول: با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری مالتوز برابر یک است، پس سرعت واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف مالتوز است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{مالتوز}} = \frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t} = \frac{|0 - 0.1|}{600} = 3/33 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

مورد دوم: ابتدا محاسبه می‌کنیم در اثر تولید ۲٪ مول گلوکز، چند مول مالتوز مصرف می‌شود:

$$\text{مصرفی } C_{12}H_{22}O_{11} = \frac{1 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}}{2 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times 0.02 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = 0.01 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11}$$

بنابراین ۱٪ مول مالتوز مصرف می‌شود. با توجه به تعداد مول اولیه مالتوز (۰/۱ mol)، در لحظه‌ای که ۲٪ مول گلوکز تولید شده است، تعداد مول مالتوز در محلول برابر ۰/۹ (۰/۱ - ۰/۱) مول است. مورد سوم: با توجه به نمودار، سرعت واکنش در ۱۰ دقیقه نخست برابر  $2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{مالتوز}} = \frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t} = \frac{|0 - 0.1|}{10} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

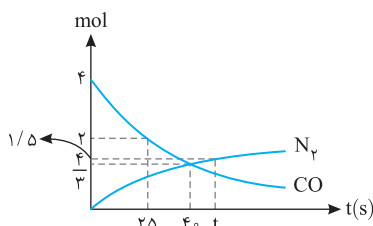
توجه کنید که سرعت متوسط واکنش با کاهش غلظت واکنش دهنده به مرور زمان کاهش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش در پنج دقیقه چهارم می‌بایست کمتر از  $2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  باشد. مورد چهارم: معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$$

در این واکنش، ضریب استوکیومتری گلوکز، دو برابر مالتوز است.

معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2CO + 2NO \rightarrow 2CO_2 + N_2$  است. مقدار مول  $N_2$  و  $CO$  در لحظه  $t = 40 \text{ s}$  با هم برابر می‌شود. فرض می‌کنیم که در این نقطه  $x$  مول  $N_2$  تولید شده است. برای تولید  $x$  مول  $N_2$  باید  $2x$  مول  $CO$  مصرف شود، در نتیجه تعداد مول باقی‌مانده  $CO$  برابر با  $4 - 2x$  می‌شود.

$$4 - 2x = x \Rightarrow 4 = 3x \Rightarrow x = 4/3 = 1/33$$



با توجه به اینکه حجم  $N_2$  به اندازه  $1/2$  لیتر بیشتر از حجم  $CO$  است می‌توان گفت تعداد مول  $N_2$ ،  $0.5$  مول بیشتر از تعداد مول  $CO$  است. فرض می‌کنیم که در این نقطه  $y$  مول  $N_2$  تولید شده است:

$$y = 4 - 2y + 0.5 = y \Rightarrow y = 1/5$$

بنابراین با توجه به نمودار درمی‌یابیم که  $t$  عددی بزرگ‌تر از  $40$  است. اکنون محاسبه می‌کنیم که چند ثانیه پس از ثانیه  $40$ ،  $1/5$  مول  $N_2$  به  $1/5$  می‌رسد:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(N_2) = \frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t} \Rightarrow 0.17 = \frac{1/5 - 1/33}{t - 40} \Rightarrow t = 50 \text{ s}$$

نمودار به دلیل نزولی بودن، مربوط به واکنش دهنده، یعنی  $NH_3$  است. ابتدا از هر یک از موارد a و b، اطلاعاتی در رابطه با واکنش به دست می‌آوریم: منظور از  $5$  ثانیه سوم، بازه  $10$  تا  $15$  ثانیه است. با توجه به مقدار سرعت متوسط هیدروژن در این بازه زمانی، مقدار گاز  $H_2$  تولیدی در این بازه را حساب می‌کنیم:

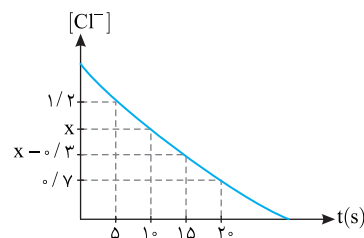
$$\bar{R}(H_2) = \frac{|\Delta n(H_2)|}{\Delta t \times V(\text{ظرف})} \Rightarrow 1/0.8 = \frac{\Delta n(H_2)}{5 \text{ min} \times 60} \Rightarrow \Delta n(H_2) = 0.4 \text{ mol}$$

در ادامه مقدار مول  $NH_3$  مصرفی در این بازه زمانی، یعنی  $|\Delta n(NH_3)|$  را محاسبه می‌کنیم:

$$|\Delta n(NH_3)| = 0.4 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2} = 0.267 \text{ mol } NH_3$$

چون سرعت واکنش را می‌توان از روی تغییرات هر یک از مواد شرکت کننده در واکنش به دست آورد، پس این نسبت داده شده برای سرعت واکنش و سرعت متوسط هر یک از مواد شرکت کننده از جمله  $NH_3$  صادق است، اگر مقدار مول آمونیاک که در لحظه  $t = 10 \text{ s}$  را برابر  $x$  فرض کنیم، با توجه به اطلاعات به دست آمده از مورد a داریم:

اکنون نسبت سرعت متوسط مصرف  $NH_3$  در  $5$  ثانیه سوم به  $10$  ثانیه دوم را برابر  $1/5$  قرار می‌دهیم و  $x$  را به دست می‌آوریم:



$$\frac{\bar{R}_{NH_3}(5-10)}{\bar{R}_{NH_3}(10-20)} = 1/5 = \frac{-(x - 0.3 - 1/2)}{-(0.7 - x)} \Rightarrow x = 1/2 \text{ mol}$$

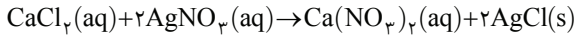
در ادامه سرعت واکنش در  $30$  ثانیه انتهایی واکنش، یعنی بازه  $40 - 10$  ثانیه را حساب می‌کنیم:

$$\bar{R}(NH_3) = \frac{-\Delta n(NH_3)}{\Delta t \times V} = \frac{-(0.1 - 0.2 \text{ mol})}{30 \text{ s} \times 5 \text{ L}} = 0.0068 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

سرعت متوسط مصرف  $NH_3$  در  $30$  ثانیه آخر واکنش:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(NH_3)}{2} = \frac{0.0068}{2} = 0.0034 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

سرعت متوسط مصرف واکنش در  $30$  ثانیه آخر واکنش:



۴ ۱۴۱۶ C معادله موازنه شده واکنش:

در ثانیه پنجم، غلظت یون کلرید محلول کلسیم کلرید به طور ناگهانی از ۰/۶ مولار به ۰/۵ مولار کاهش یافته است. این کاهش به دلیل اضافه شدن حجم محلول دوم به محلول اول می‌باشد. از آنجا که در ثانیه ۵ ام هنوز واکنش آغاز نشده است. می‌توان نتیجه گرفت تعداد مول کلرید در ۵ ثانیه اول آزمایش ثابت است. مقدار این یون در هر دو محلول از رابطه  $n = M \times V$  به دست می‌آید.

$$\text{حجم ثانویه} \times \text{مولاریته ثانویه} = \text{حجم اولیه} \times \text{مولاریته اولیه} \Rightarrow 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \times V \Rightarrow V = 0.12 \text{ L}$$

حجم اضافه شده به محلول اولیه برابر با حجم محلول نقره نیترات می‌باشد.

مقدار  $\text{AgNO}_3$  موجود در این محلول را می‌توانیم به کمک استوکیومتری به دست آوریم. می‌دانیم که غلظت یون کلرید در محلول جدید با انجام واکنش از ۰/۵ مولار به ۰/۲ مولار رسیده است. بنابراین ۰/۳ مولار از غلظت این یون کاسته شده است و در واکنش شرکت کرده است.

$$? \text{ mol Cl}^- = 0.3 \frac{\text{mol Cl}^-}{\text{L}} \times 0.12 \text{ L} = 0.036 \text{ mol Cl}^- \quad ? \text{ mol AgNO}_3 = 0.036 \text{ mol Cl}^- \times \frac{2 \text{ mol AgNO}_3}{2 \text{ mol Cl}^-} = 0.036 \text{ mol AgNO}_3$$

$$\text{مولار غلظت نقره نیترات} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{0.036}{0.2} = 0.18 \text{ mol.L}^{-1}$$

پس از ۵ ثانیه از آغاز واکنش (ثانیه ۵ تا ۱۰ آزمایش)، غلظت یون کلرید در محلول جدید از ۰/۵ به ۰/۴ مولار رسیده است. در واقع ۰/۱ مولار غلظت یون کلرید کاهش یافته است و در واکنش مصرف شده است، پس:

$$? \text{ mol Cl}^- = 0.1 \frac{\text{mol Cl}^-}{\text{L}} \times 0.12 \text{ L} = 0.012 \text{ mol Cl}^- \quad ? \text{ g AgCl} = 0.012 \text{ mol Cl}^- \times \frac{2 \text{ mol AgCl}}{2 \text{ mol Cl}^-} \times \frac{143.5 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 1.722 \text{ g AgCl}$$

$$R(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{\Delta t(\text{min})} = \frac{1.722}{60} \approx 0.0287 \text{ g.min}^{-1}$$

۱ ۱۴۱۷ B

**نکته ترکیب:** در مسائلی که جدول مقادیر لحظه‌ای یک یا چند ماده از اجزای واکنش مورد بررسی قرار می‌گیرد، لحظه پایان واکنش لحظه‌ای است که مقدار آن ماده (مواد) ثابت می‌ماند. مثلاً در جدول زیر، واکنش در لحظه  $t = 50 \text{ s}$  متوقف شده است؛ زیرا بعد از آن جرم مخلوط ثابت مانده و دیگر تغییر نکرده است.

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰

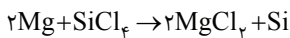
قسمت اول: با توجه به جدول داریم:

$$\bar{R}(\text{SO}_3) = \frac{\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} = \frac{(8-0) \text{ mol.L}^{-1}}{(25-0) \text{ min}} = 19/2 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \quad \bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{SO}_3)}{\text{ضریب SO}_3} = \frac{19/2}{3} = 6/4 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

**قسمت دوم:** با توجه به اینکه در واکنش‌های شیمیایی، با گذشت زمان، سرعت کاهش می‌یابد، پس تغییرات مول  $\text{SO}_3$  نیز در بازه ۱۰ تا ۱۵ ثانیه باید بیش از این تغییر در بازه ۱۵ تا ۲۰ ثانیه باشد؛ بنابراین:

$$x - 5 > 7/5 - x \Rightarrow 2x > 7/5 + 5 \Rightarrow 2x > 12/5 \Rightarrow x > 6/25$$

پس  $x$  می‌تواند برابر ۶/۵ باشد.



۴ ۱۴۱۸ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت مقابل است:

قسمت اول:

$$\bar{R}(\text{Si}) = \frac{\bar{R}(\text{Mg})}{2} = \frac{1/5 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}}{2} \quad \bar{R}(\text{Si}) = \frac{\Delta n(\text{Si})}{\Delta t} = \frac{A - 0/85}{90 - 30} = 1/5 \times 10^{-2} \Rightarrow A = 1/75 \text{ mol}$$

**قسمت دوم:** در ۳۰ ثانیه سوم، مقدار مول Si از ۱/۳۵ به ۱/۷۵ مول رسیده است. یعنی در این مدت  $(1/75 - 1/35) = 4/4 \text{ mol}$  سیلیسیم تولید شده است.

$$? \text{ atom Si} = 4 \text{ mol Si} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom Si}}{1 \text{ mol Si}} = 2/40.8 \times 10^{23} \text{ atom Si}$$

۴ ۱۴۱۹ B معادله موازنه شده واکنش  $2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$  است. این واکنش در ثانیه ۵۰ به پایان رسیده است (نه ثانیه ۶۰). در بازه

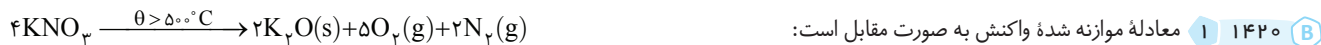
زمانی  $t = 50$  تا  $t = 60$  واکنش هیچ پیشرفتی نداشته، زیرا جرم مخلوط واکنش تغییری نکرده است. کاهش جرم مخلوط واکنش، مربوط به خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش است. به عبارت دیگر، کاهش جرم مخلوط واکنش در بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = 50$ ، معادل جرم گاز اکسیژن تولید شده در این واکنش است.

$$73/98 - 71/18 = 2/8 \text{ g}$$

$$\Delta n(\text{KMnO}_4) = 2/8 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{1 \text{ mol O}_2} = \frac{y}{40} \text{ mol KMnO}_4$$

$$\bar{R}(\text{KMnO}_4) = \frac{-\Delta n(\text{KMnO}_4)}{\Delta t} = \frac{-(y/40)}{50 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 0.21 \text{ mol.min}^{-1}$$





قسمت اول: از دقیقه ۱۵ به بعد، حجم گاز O<sub>۲</sub> ثابت است؛ بنابراین واکنش پس از ۱۵ دقیقه تمام شده است و می‌دانیم که مقدار فراورده‌ها در شروع واکنش صفر می‌باشد:

$$\Delta V(O_2) = 18 - 0 = 18 \text{ L}, \Delta t = 15 \text{ min} \Rightarrow \bar{R}(O_2) = \frac{\Delta V(O_2)}{\Delta t} = \frac{18 \text{ L}}{15 \text{ min}} = 1.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$$

قسمت دوم: اکنون سرعت واکنش را برحسب mol.min<sup>-1</sup> حساب می‌کنیم:

$$\Delta n(O_2) = 18 \text{ L } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{22.4 \text{ L } O_2} \approx 0.8 \text{ mol } O_2, \quad \bar{R} \text{ واکنش} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t \times \text{ضریب}} = \frac{0.8}{15 \times 5} \approx 0.01 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

زمان (ثانیه)	جرم مخلوط واکنش (گرم)	جرم کربن دی‌اکسید (گرم)
۰	۶۵/۹۸	۰
۱۰	۶۵/۳۲	۰/۶۶
۲۰	۶۴/۸۸	۱/۱۰
۳۰	۶۴/۶۶	۶۵/۹۸ - ۶۴/۶۶ = ۱/۳۲
۴۰	۶۴/۵۵	۶۵/۹۸ - ۶۴/۵۵ = ۱/۴۳
۵۰	۶۴/۵۰	۶۵/۹۸ - ۶۴/۵۰ = ۱/۴۸

**B ۱۴۲۱ ۳** در جدول اول که در صورت تست آمده است، از کم کردن جرم مخلوط واکنش در هر زمان از جرم مخلوط واکنش در لحظه صفر، به جرم CO<sub>۲</sub> تولید شده تا آن لحظه می‌رسیم:

در ادامه در ستون مربوط به مقدار مول CO<sub>۲</sub> در ثانیه‌های ۰، ۳۰ و ۴۰، جرم‌های CO<sub>۲</sub> به دست آمده در جدول بالا را با تقسیم بر جرم مولی CO<sub>۲</sub> که برابر ۴۴g.mol<sup>-1</sup> است، به مول تبدیل می‌کنیم. سپس با کم کردن مول CO<sub>۲</sub> در ۱۰ ثانیه‌های متوالی، Δn(CO<sub>۲</sub>) را در بازه‌های ۱۰ ثانیه‌ای محاسبه می‌کنیم:

زمان (s)	n(CO <sub>۲</sub> )(mol)	Δn(CO <sub>۲</sub> )(mol)	$\bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} (\text{mol} \cdot \text{s}^{-1})$
۰	۰	۱/۵۰ × ۱۰ <sup>-۲</sup>	۱/۵۰ × ۱۰ <sup>-۳</sup>
۱۰	۱/۵۰ × ۱۰ <sup>-۲</sup>	۱/۰۰ × ۱۰ <sup>-۲</sup>	۱/۰۰ × ۱۰ <sup>-۳</sup>
۲۰	۲/۵۰ × ۱۰ <sup>-۲</sup>	...	...
۳۰	$\frac{1}{44} = 3 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2} - 2/50 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-3}$	...
۴۰	$\frac{1}{44} = 3/25 \times 10^{-2}$	$3/25 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2} = 2/5 \times 10^{-3}$	b
۵۰	$\frac{1}{44} = 3/36 \times 10^{-2}$	$3/36 \times 10^{-2} - 3/25 \times 10^{-2} = 1/1 \times 10^{-3}$	...

بنابراین نسبت c به a برابر  $\frac{(1/1 \times 10^{-3})}{5 \times 10^{-3}} = 0.2$  است. برای محاسبه مقدار b کافی است Δn(CO<sub>۲</sub>) در بازه ۴۰ تا ۳۰ ثانیه را بر مدت زمان آن یعنی ۱۰s تقسیم کنیم:

$$b = \bar{R}(CO_2)_{30s \text{ تا } 40s} = \frac{2/5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

**B ۱۴۲۲ ۴** با توجه به اینکه غلظت مواد جامد و مایع خالص در دمای معین ثابت است و تغییر نمی‌کند، پس اطلاعات این جدول مربوط به CO<sub>۲</sub> است. از آنجا که از ثانیه ۱۷۰ به بعد، غلظت گاز CO<sub>۲</sub> ثابت مانده است؛ بنابراین واکنش پس از گذشت ۱۲۰ ثانیه تمام می‌شود و طبق گفته سؤال، مقدار فراورده‌ها در شروع واکنش صفر می‌باشد:

$$\Delta n(CO_2) = 4 \text{ L} \times \frac{1/5 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ L ظرف}} = 6 \text{ mol } CO_2$$

$$\frac{\Delta n(CO_2)}{1} = \frac{\Delta n(MgO)}{1} \Rightarrow \Delta n(MgO) = \Delta n(CO_2) = 6 \text{ mol} \quad \Delta t = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$$

در ادامه تغییر مول MgO را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(MgO) = \frac{\Delta n(MgO)}{\Delta t} = \frac{6 \text{ mol } MgO}{2 \text{ min}} = 3 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

اکنون سرعت متوسط تولید منیزیم اکسید را به دست می‌آوریم:

**B ۱۴۲۳ ۳** می‌دانیم که با مصرف واکنش دهنده‌ها و کاهش غلظت آن‌ها، رفته‌رفته از سرعت واکنش کاسته می‌شود؛ در واقع در لحظه شروع واکنش، سرعت ماکزیمم است؛ بنابراین سرعت در بازه ۲۵-۳۰ ثانیه از سرعت در بازه ۲۰ تا ۳۰ ثانیه کمتر و از سرعت در بازه ۳۰ تا ۴۰ ثانیه بیشتر است:  $R_{30-40} < R_{25-30} < R_{20-30}$

پس سرعت واکنش را در بازه‌های ۲۰s تا ۳۰s و ۳۰s تا ۴۰s محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R} \text{ واکنش} = \frac{\bar{R}(NOBr)}{\text{ضریب استوکیومتری}} = \frac{\bar{R}(NOBr)}{2} = \frac{\frac{|\Delta(NOBr)|}{\Delta t}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R} \text{ واکنش} = \frac{\bar{R}(NOBr)}{\text{ضریب استوکیومتری}} = \frac{\bar{R}(NOBr)}{2} = \frac{\frac{|\Delta(NOBr)|}{\Delta t}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

بنابراین سرعت متوسط واکنش در بازه ۲۵s تا ۳۰s باید عددی بین  $1/45 \times 10^{-4}$  تا  $1/4 \times 10^{-4}$  باشد. تنها در گزینه (۳) این گونه است.  $1/45 \times 10^{-4} < 1/8 \times 10^{-4} < 2 \times 10^{-4}$



۱ ۱۴۲۴ B معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$  است. با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری  $\text{C}_2\text{H}_2$  با  $\text{CaC}_2$  برابر است، داریم:

$$\bar{R}(\text{CaC}_2) = \bar{R}(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\Delta n(\text{CaC}_2) = 57/4 - 115 = -57/4 \text{ g}$$

تغییرات مقدار مول  $\text{CaC}_2$  از ابتدا تا انتهای واکنش برابر است با:

$$\Delta n(\text{CaC}_2) = 57/4 \text{ g CaC}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaC}_2}{64 \text{ g CaC}_2} = 0.9 \text{ mol CaC}_2$$

$$\bar{R}(\text{CaC}_2) = \frac{-\Delta n(\text{CaC}_2)}{V \times \Delta t} \Rightarrow 0.6 = \frac{-(0.9) \text{ mol}}{V \times (36 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})} \Rightarrow V = 2/5 \text{ L}$$

با توجه به اینکه سرعت متوسط تولید  $\text{C}_2\text{H}_2$  در ۳۶ ثانیه ابتدایی برابر  $0.6 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  است، سرعت متوسط تولید این گاز در ثانیه‌های ۳۶ تا ۵۴ برابر

$$\text{mol}(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ ثانیه}^{\text{ابتدایی}} = \bar{R} \times V \times t = 0.6 \times 2/5 \times \frac{36}{60} = 0.9 \text{ mol}$$

است.  $0.6 \times 0.6 = 0.36 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

$$\text{mol}(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ ثانیه}^{\text{دوم}} = \bar{R} \times V \times t = 0.6 \times 2/5 \times \frac{18}{60} = 0.36 \text{ mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2 \text{ مقدار مول} = 0.9 + 0.36 = 1.26 \text{ mol}$$

۳ ۱۴۲۵ B کاهش جرم مخلوط واکنش به دلیل آزاد شدن گاز کربن دی‌اکسید است. ابتدا باید جرم  $\text{CO}_2$  را بیابیم. اگر دقت کنید از ثانیه ۵۰ به بعد کاهش جرم در مخلوط

واکنش رخ نداده است. یعنی واکنش در ثانیه ۵۰ به پایان رسیده و دیگر گاز تولید نشده است.

$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

$$\bar{R}(\text{HCl}) = \frac{\Delta n(\text{HCl})}{\Delta n(\text{min})} \Rightarrow \frac{96}{1000} = \frac{\Delta n(\text{HCl})}{\frac{50}{60} \text{ min}} \Rightarrow \Delta n(\text{HCl}) = 0.96 \text{ mol}$$

$$? \text{ g CO}_2 = 0.96 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 21.12 \text{ g CO}_2$$

پس جرم مخلوط اولیه  $66/26 (1/26 + 64/5)$  گرم بوده است؛ زیرا کاهش جرم تا پایان واکنش به دلیل آزاد شدن  $\text{CO}_2$  است.

۳ ۱۴۲۶ B ابتدا باید به کمک اعداد داده شده در جدول، به معادله موازنه شده واکنش برسیم:

$$t=8 \text{ تا } t=2 \text{ در A مول} \rightarrow \frac{2}{0.5} = \frac{3/5 - 5/5}{-2} \text{ تقسیم بر کوچکترین ضریب}$$

$$t=8 \text{ تا } t=2 \text{ در B مول} \rightarrow \frac{0.5}{0.5} = \frac{2/7 - 3/2}{-0.5} \text{ تقسیم بر کوچکترین ضریب}$$

$$t=8 \text{ تا } t=2 \text{ در C مول} \rightarrow \frac{1}{0.5} = \frac{2/1 - 1/1}{1} \text{ تقسیم بر کوچکترین ضریب}$$

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{B}) = \frac{-\Delta n(\text{B})}{V \times \Delta t} = \frac{-(2/7 - 3/2)}{\frac{1}{3} \times 6} = 0.25 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

بنابراین معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $4\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C}$  است.

۱ ۱۴۲۷ B باید محاسبه کنیم که در بازه زمانی داده شده چند گرم گاز NO در این واکنش تولید شده است. معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2\text{NO} \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$  است.

$$\bar{R}(\text{NO}) = 2 \times R(\text{واکنش}) = 2 \times 2/5 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3}$$

$$\Delta n(\text{NO}) = \bar{R}(\text{NO}) \times \Delta t = 8 \times 10^{-3} \times (4 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}) = 1.92 \text{ mol}$$

$$\text{جرم NO} = 1.92 \text{ mol NO} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 57.6 \text{ g NO}$$

$$\text{چگالی NO} = \frac{\text{جرم NO}}{\text{حجم NO}} = \frac{57.6 \text{ g}}{20 \text{ L}} = 2.88 \text{ g.L}^{-1}$$

۱ ۱۴۲۸ C عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دو دقیقه دوم، یعنی بازه زمانی  $t=2 \text{ min}$  تا  $t=4 \text{ min}$ ؛ بنابراین:

$$\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5) = -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = -\frac{0.12 - 0.15}{2} = 0.015 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5)}{2} = \frac{0.015}{2} = 0.0075 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

عبارت (ب): ابتدا سرعت متوسط تشکیل  $\text{N}_2\text{O}_5$  را در بازه زمانی آزمایش محاسبه کرده و سپس سرعت متوسط  $\text{NO}_2$  را به دست می‌آوریم:  $\Delta t = 4 \text{ min} = 240 \text{ s}$

$$\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5) = -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = -\frac{0.12 - 0.02}{240} = 4.17 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(\text{NO}_2)}{4} = \frac{\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5)}{2} \Rightarrow \bar{R}(\text{NO}_2) = 2 \times \bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5) = 8.33 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

عبارت (ب): ابتدا سرعت متوسط تشکیل  $O_p$  را برحسب  $mol.L^{-1}.h^{-1}$  در بازه زمانی ۰ تا ۴ دقیقه محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta t = 4 \text{ min} = \frac{1}{15} \text{ h} \Rightarrow \bar{R}(N_pO_5) = -\frac{\Delta[N_pO_5]}{\Delta t} = -\frac{0.12 - 0.02}{\frac{1}{15}} = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}.h^{-1}, \bar{R}(O_p) = \frac{\bar{R}(N_pO_5)}{2} = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{ mol.L}^{-1}.h^{-1}$$

همان‌طور که می‌دانید، هر چه به انتهای واکنش نزدیک‌تر می‌شویم، از سرعت آن کاسته می‌شود؛ بنابراین ممکن نیست که سرعت متوسط تولید  $O_p$  در ۴ تا ۸ (چهار دقیقه دوم) بیشتر از سرعت متوسط تولید  $O_p$  در ۴ دقیقه اول باشد. عبارت (ت): نیمه اول زمان آزمایش، یعنی ۲ تا ۴ دقیقه دوم، یعنی ۲ تا ۴؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(N_pO_5)(t=0 \text{ تا } t=2)}{\bar{R}(N_pO_5)(t=2 \text{ تا } t=4)} = \frac{-\Delta[N_pO_5]_1}{\Delta t_1} \xrightarrow{\Delta t_1 = \Delta t_2} \frac{-\Delta[N_pO_5]_2}{-\Delta[N_pO_5]_2} = \frac{-(0.15 - 0.02)}{-(0.12 - 0.05)} = 1.67$$

۱ ۱۴۲۹ B معادله موازنه‌شده واکنش  $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$  است. در جدول داده شده، سرعت متوسط واکنش ذکر شده است. بنابراین:

$$\bar{R}(O_p) = 3 \times R(\text{واکنش}) = 3 \times 3.5 \times 10^{-3} = 0.105 \text{ mol.s}^{-1} \quad \Delta n(O_p) = \bar{R}(O_p) \times \Delta t = 0.105 \times 8 = 0.84 \text{ mol } O_p$$

معادله موازنه‌شده واکنش سوختن پروپان به صورت  $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$  است.

روش اول (کسر تبدیل):  $1 \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{44 \text{ g } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_8} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{5 \text{ mol } O_2} = 8.8 \text{ g } C_3H_8$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم پروپان}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{x}{44 \times 1} \Rightarrow x = 7.3 \text{ g } C_3H_8$

۲ ۱۴۳۰ B معادله موازنه‌شده واکنش  $PI_3 + 2H_2O \rightarrow 3HI + H_3PO_3$  است. باید غلظت HI را در ثانیه ۱۶ و ثانیه ۳۲ به دست آوریم:

$$\bar{R}(HI) = 3R(\text{واکنش}) = 3 \times 0.125 = 0.375 \text{ mol.L}^{-1}.s^{-1}, t = 16 \text{ s تا } t = 0 \text{ s} \Rightarrow \Delta[HI] = \bar{R}(HI) \times \Delta t = 0.375 \times 16 = 6 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{ثانیه ۱۶:}$$

$$[HI]_{t=16} - [HI]_{t=0} = 6 \Rightarrow [HI]_{t=16} = 6 \text{ mol.L}^{-1}$$

ثانیه ۳۲:

$$\bar{R}(HI) = 3R(\text{واکنش}) = 3 \times 6/25 \times 10^{-2} = 1.8/25 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.s^{-1}, t = 48 \text{ s تا } t = 32 \text{ s} \Rightarrow \Delta[HI] = \bar{R}(HI) \times \Delta t = 1.8/25 \times 10^{-2} \times 16 = 3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[HI]_{t=48} - [HI]_{t=32}}{12/8} = 3 \Rightarrow [HI]_{t=32} = 10.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

سرعت واکنش در ۱۶ ثانیه دوم ( $t=32$  تا  $t=16$ ) برابر است با:  $R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(HI)}{3} = \frac{\Delta[HI]}{\Delta t} = \frac{[HI]_{t=32} - [HI]_{t=16}}{(32-16) \times 3} = \frac{10.8 - 6}{16 \times 3} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}.s^{-1}$

۳ ۱۴۳۱ B معادله موازنه‌شده این واکنش به صورت  $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$  است. دقت کنید که واکنش در ثانیه ۲۴ به پایان رسیده است.

$$\bar{R}(PH_3) = R(\text{واکنش}) \times 2 = 3/75 \times 10^{-2} \times 2 = 7/5 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}, \Delta n(PH_3) = \bar{R}(PH_3) \times \Delta t = 7/5 \times 10^{-2} \times (24-6) = 1/3 \text{ mol} \quad (\text{نه ثانیه } 30)$$

$$\text{تعداد مول گاز} = \frac{\text{حجم گاز تولید شده}}{\text{حجم مولی گازها}} = \frac{(56700 - 28350) \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}}{1/35} = 1/35 \Rightarrow 21 \text{ L}$$

معادله موازنه‌شده واکنش مورد نظر به صورت  $2HCl(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$  است.

$$? \text{ L HCl} = 56700 \text{ mL } PH_3 \times \frac{1 \text{ mol } PH_3}{21000 \text{ mL}} \times \frac{3 \text{ mol } Ca(OH)_2}{2 \text{ mol } PH_3} \times \frac{2 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } Ca(OH)_2} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1/35 \text{ mol HCl}} = 4/5 \text{ L محلول}$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{56700 \times 3 \times 2}{21000 \times 2 \times 1/8} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار}} \frac{567 \times 3 \times 2}{21 \times 2 \times 1/8} = \frac{567}{21 \times 6} = \frac{567}{126} \xrightarrow{\text{تقسیم یکنانی}} \frac{567 \div 7}{126 \div 7} = \frac{81}{18} = \frac{81 \div 9}{18 \div 9} = \frac{9}{2} = 4.5$$

۳ ۱۴۳۲ C همه موارد به جز مورد (ب) درست هستند. معادله موازنه‌شده واکنش  $4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$  است. تک‌تک موارد را بررسی می‌کنیم:

مورد (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش،  $\Delta n(N_2)$  نصف مورد (ب): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش،  $-\Delta n(O_2)$ ، نصف مورد (الف) است.  $-\Delta n(NH_3)$  است.

$$\frac{B}{D} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta n(H_2O)} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta n(H_2O)} \times 6 \Delta t = -\frac{1}{2} \times 6 \times 2 = -6 \Rightarrow B = -6 \text{ D} \quad \frac{A}{C} = \frac{\Delta n(N_2)}{-\Delta n(NH_3)} = \frac{\Delta n(N_2)}{-\Delta n(NH_3)} \times \Delta t = \frac{1}{2} \times 2 = 1 \Rightarrow A = 1 \text{ C}$$



مورد (پ): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش،  $-\Delta n(\text{NH}_3)$ ، برابر مورد (ت): با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش،  $-\Delta n(\text{O}_2)$ ، برابر

$$\frac{F}{E} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta n(\text{N}_2)} = -\frac{3}{2} = -1/5 \Rightarrow F = -1/5 E$$

$$\frac{G}{H} = \frac{-\Delta n(\text{NH}_3)}{\Delta n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{-\Delta n(\text{NH}_3)}{\Delta n(\text{H}_2\text{O})} \times 6 = \frac{2}{3} \times 6 = 4 \Rightarrow G = 4H$$

واکنش در ثانیه ۴۵ به تعادل می‌رسد. ابتدا تغییرات حجم گاز  $\text{N}_2\text{O}_5$  را در بازه زمانی  $t=9\text{s}$  تا  $t=45\text{s}$  محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V(\text{N}_2\text{O}_5) = 13/44 - 33/6 = -20/16 \text{ L}$$

$$\text{مقدار مول NO}_2 \text{ تولیدی} = 20/16 \text{ L N}_2\text{O}_5 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{22/4 \text{ L N}_2\text{O}_5} \times \frac{4 \text{ mol NO}_2}{2 \text{ mol N}_2\text{O}_5} = 1/8 \text{ mol NO}_2$$

$$\bar{R}(\text{NO}_2) = \frac{\Delta n(\text{NO}_2)}{\Delta t} = \frac{1/8 \text{ mol}}{36\text{s} \times \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}}} = 3 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

تعداد مول اولیه  $\text{N}_2\text{O}_5$  را  $x$  در نظر می‌گیریم. تعداد مول  $\text{N}_2\text{O}_5$  در ثانیه ۴۵ برابر است با:

$$\text{مقدار مول N}_2\text{O}_5 \text{ باقی مانده} = 13/44 \text{ L N}_2\text{O}_5 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_5}{22/4 \text{ L N}_2\text{O}_5} = 0/6 \text{ mol N}_2\text{O}_5$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{تعداد مول N}_2\text{O}_5 \text{ مصرفی}}{\text{مول اولیه N}_2\text{O}_5} \times 100 \Rightarrow \frac{75}{100} = \frac{x - 0/6}{x} \Rightarrow x = 2/4 \text{ mol N}_2\text{O}_5$$

واکنش موازنه شده  $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

۱۴۳۴ ۲

با توجه به اینکه غلظت داده شده رو به کاهش است. بنابراین تغییرات غلظت مربوط به واکنش دهنده و  $\text{HCl}$  است و از طرفی چون  $\text{CaCO}_3$  جامد است و غلظت آن ثابت است. بنابراین تغییرات غلظت نمی‌تواند مربوط به آن باشد.

$$\Delta(\text{HCl}) = 0/3 - 0/8 = -0/5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \Delta t = 10 \text{ min}$$

در ۱۰ دقیقه اول:

$$\bar{R}(\text{HCl}) = \frac{-\Delta[\text{HCl}]}{\Delta t} = \bar{R}(\text{HCl}) = \frac{-(-0/5) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} = 0/5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Delta(\text{HCl}) = 0/15 - 0/3 = -0/15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \Delta t = 10 \text{ min}$$

در ۱۰ دقیقه دوم:

$$\bar{R}(\text{HCl}) = \frac{-(-0/15) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ min}} = 1/5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \frac{\bar{R}(\text{HCl})}{\bar{R}(\text{CO}_2)} = \frac{2}{1} \Rightarrow \bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{1/5}{2} \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\text{سرعت متوسط تولید CO}_2 \text{ در ۱۰ دقیقه دوم}}{\text{سرعت متوسط مصرف HCl در ۱۰ دقیقه اول}} = \frac{1/5 \times 10^{-2}}{2} = \frac{1/5 \times 60 \times 10^{-2}}{2 \times 0/5} = 9$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با:

قسمت اول: توجه کنید که کاهش جرم توده، ناشی از خروج گاز  $\text{CO}_2$  از آن است. لذا برای محاسبه بازده، ابتدا مقدار نظری واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO} = 200 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 88 \text{ g CO}_2$$

t = لحظه

اکنون سراغ مقدار علمی  $\text{CO}_2$  تولید شده در واکنش می‌رویم. برای این کار باید جرم توده را در لحظه‌ای که ثابت مانده (واکنش متوقف شده) از جرم اولیه کم کنیم:

$$m\text{CO}_2 = -\Delta m \text{ توده} = -(127/4 - 200) = 72/6 \text{ g CO}_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{72/6}{88} \times 100 = 82/5$$

قسمت دوم: ابتدا باید توجه کنیم که جرم اتم‌های کلسیم توده، در طول فرایند ثابت می‌ماند. لذا می‌توان جرم آن را در لحظه اول محاسبه کرد:

$$? \text{ g Ca} = 200 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{40 \text{ g Ca}}{1 \text{ mol Ca}} = 80 \text{ g Ca}$$

$$? \text{ Ca} = \frac{\text{جرم کلسیم}}{\text{جرم کل}} \times 100 \Rightarrow 59/7 = \frac{80 \text{ g}}{m} \times 100 \Rightarrow m = 134 \text{ g}$$

با توجه به داده‌های جدول، جرم توده واکنش، در لحظه  $t = 5 \text{ min}$  برابر ۱۳۴ گرم است. نخست مقدار مول  $\text{CO}_2$  تولید شده را به دست می‌آوریم:

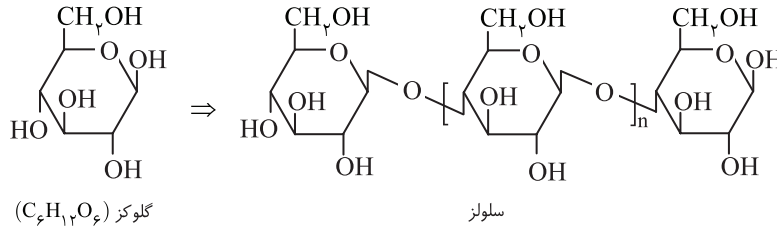
$$? \text{ mol CO}_2 = (200 - 134) \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 1/5 \text{ mol CO}_2$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{R(\text{CO}_2)}{1} \Rightarrow R(\text{CO}_2)[0-5] = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{75 \text{ mol}}{5 \text{ minute}} = 0/3 \text{ mol} \cdot \text{minute}^{-1}$$





**۱ ۱۴۴۲ B** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به تصویر نمایش داده شده در کتاب درسی در مورد ساختار الیاف پنبه، در سلولز، میان واحدهای تکرار شونده، اتم‌های اکسیژن قرار دارد. با توجه به الگوی زیر، هر مولکول گلوکز از یک سمت OH و از سمت دیگر H متصل به اکسیژن خود را آزاد کرده تا بتواند با دو مولکول گلوکز دیگر پیوند تشکیل دهد.



**عبارت (ب):** مولکول نشان داده شده، یک مولکول چربی بوده که متعلق به روغن زیتون است و در دمای اتاق به صورت مایع می‌باشد. **عبارت (پ):** نیروهای بین‌مولکولی میان درشت‌مولکول‌ها به دلیل جرم و حجم زیاد به مراتب قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی در مولکول‌های کوچک هستند. **عبارت (ت):** هیدروکربن‌ها مولکول‌هایی هستند که تنها از اتم‌های هیدروژن و کربن ساخته می‌شوند. با این تعریف می‌توان گفت هیدروکربن‌ها هم شامل مولکول‌های کوچک مثل اتان، نفتان و ... و هم شامل درشت‌مولکول‌هایی مثل پلی‌اتن، پلی‌پروپن و ... هستند. توجه کنید که نیروهای بین‌مولکولی میان مولکول‌های ناقصی هیدروکربن‌ها از نوع نیروهای وان‌دروالسی است و با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها این نیروها قوی‌تر می‌شوند.

**۱ ۱۴۴۳ A** **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** تفلون و پلی‌سیانو اتن پلیمر ساختگی و پروتئین پلیمر طبیعی است. همچنین روغن زیتون درشت‌مولکولی طبیعی بوده ولی پلیمر نیست. پروپان یک مولکول کوچک است. **پرسش (ب):** روغن زیتون یک چربی است و از اتم‌های C، H و O ساخته می‌شود. پلی‌اتن از کنار هم قرار گرفتن مونومرهای اتن ( $C_2H_4$ ) ساخته می‌شود و تنها شامل اتم‌های H و C است. سلولز از مولکول‌های گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ ) تشکیل شده و همانند استیک اسید ( $C_2H_4O_2$ ) دارای اتم‌های H، C و O می‌باشد. **پرسش (پ):** پلی‌اتن یک پلیمر و درشت‌مولکول است و از کنار هم قرار گرفتن تعداد بسیار زیادی از واحدهای  $C_2H_4$  ساخته می‌شود. بنابراین جرم مولی بسیار زیادی دارد. روغن زیتون گرچه یک درشت‌مولکول است اما پلیمر نیست و نسبت به پلی‌اتن جرم مولی بسیار کمتری دارد. گوگرد دی‌اکسید ( $SO_2$ ) نیز جرم مولی بیشتری نسبت به متان ( $CH_4$ ) دارد.

**۲ ۱۴۴۴ B** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی موارد: مورد (الف):** مولکول چربی موجود در کوهان شتر ( $C_{57}H_{111}O_6$ ) همانند تفلون (پلیمر ساختگی)، جزء درشت‌مولکول‌ها هستند. **مورد (ب):** بوکسیت ( $Al_2O_3$ ) سنگ معدن آلومینیم بوده و برخلاف پلیمر ساختگی پلی‌اتن در طبیعت یافت می‌شود. **مورد (پ):** انسولین همانند سلولز دارای واحدهای تکرار شونده است. (انسولین و ابریشم هر دو درشت‌مولکول بوده و جزء پروتئین‌ها هستند). **مورد (ت):** ابریشم یک درشت‌مولکول طبیعی است در حالی که بنزوئیک اسید ( $C_7H_6O_2$ ) یک مولکول کوچک است. **مورد (ث):** نشاسته گندم و پروتئین موجود در پشم جزء پلیمرهای طبیعی هستند.

**۳ ۱۴۴۵ A** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست‌اند. **بررسی عبارت (الف):** انسان با بهره‌مندی از هوش و تجربه‌های برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران (بافت‌های جانوری) تهیه کند و با گذشت زمان از بافت‌های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد.

**۳ ۱۴۴۶ A** عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب):** امروزه بخش عمده پوشاک در صنعت نساجی از الیاف ساختگی بر پایه نفت تولید می‌شوند. نفت خام مایعی غلیظ و سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز است. **عبارت (پ):** در فصل ۱ شیمی ۲ آموختید که بیش از ۹۰٪ نفت خام تولیدی صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن (کمتر از ۱۰٪) به‌عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به کار می‌رود. اغلب فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و ... به کار می‌روند. **عبارت (ث):** در صنعت نساجی، الیافی مانند پنبه را به ترتیب طی مراحل ریسندگی و بافندگی به پارچه خام تبدیل می‌کنند.

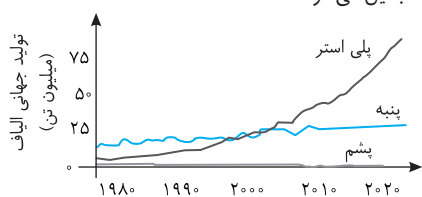
**۱ ۱۴۴۷ A** فقط مورد دوم، جمله را به درستی کامل می‌کند. به الگوی زیر توجه کنید:



**بررسی موارد: مورد اول:** در مرحله بافندگی، نخ به پارچه خام تبدیل می‌شود. **مورد دوم:** در مرحله ریسندگی، الیاف به نخ تبدیل می‌شود. **مورد سوم:** در مرحله فرآوری، پارچه خام به پارچه آماده استفاده تبدیل می‌شود. **مورد چهارم:** در مرحله دوزندگی، پارچه آماده استفاده به پوشاک تبدیل می‌شود.

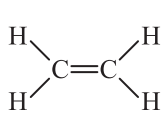
**۴ ۱۴۴۸ A** همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** میزان تولید الیاف طبیعی پشمی طی ۴ دهه اخیر در مقایسه با سایر الیاف بسیار کم بوده است. **عبارت (ب):** میزان تولید الیاف طبیعی پنبه‌ای (نخی) طی سال‌های اخیر با شیب بسیار کمی افزایش یافته است. **عبارت (پ):** امروزه الیاف ساختگی (پلی‌استر، نایلون و ...) بخش عمده الیاف تولیدی در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. **عبارت (ت):** پلی‌استر جزء الیاف ساختگی بر پایه نفت می‌باشد و میزان تولید آن نسبت به بقیه الیاف، با سرعت بیشتری در حال افزایش است.

**۲ ۱۴۴۹ A** **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نمودار A مربوط به الیاف پلی‌استری است. این الیاف ساختگی هستند، یعنی در طبیعت یافت نمی‌شوند و از واکنش بین مواد پتروشیمیایی تولید می‌شوند. **عبارت (ب):** طی فرایند بافندگی، نخ به پارچه خام تبدیل می‌شود. **عبارت (پ):** در مراحل تبدیل الیاف به پوشاک، مرحله فرآوری قبل از مرحله دوزندگی و بعد از مرحله بافندگی به انجام می‌رسد.

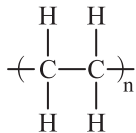




۱۴۵۰ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. عبارت‌ها را به خوبی به خاطر بسپارید.



مونومر

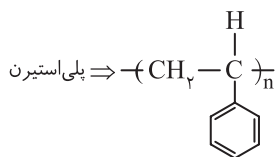


واحد تکرار شونده

۱۴۵۱ ۳ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از واکنش شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر، پلیمر ساخته می‌شود. بدیهی است که با تغییر نوع مونومر، پلیمر جدیدی با ساختار و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت تولید می‌شود. اما دقت کنید که در این واکنش‌ها، مونومر همان واحد تکرار شونده نیست. در ساختار مونومر پیوند دوگانه کربن - کربن وجود دارد، در حالی که در ساختار واحد تکرار شونده این پیوند یگانه است. برای نمونه مونومر سازنده و واحد تکرار شونده پلی اتن به صورت مقابل است.

عبارت (ب): هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانه کربن - کربن (C=C) در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در واکنش پلیمری شدن شرکت کند. در واقع با شکسته شدن یکی از پیوندهای دوگانه در زنجیر کربنی مونومر، این مولکول‌ها از سوی اتم‌های کربن به یکدیگر متصل می‌شوند. عبارت (پ): نیروهای جاذبه بین مولکولی با افزایش جرم و حجم مولکول‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین نیروهای بین مولکولی در پلیمرها که جرم مولی بسیار زیادی دارند، بسیار قوی‌تر از این نیروها در میان مولکول‌های مونومر است. عبارت (ت): هر واکنش پلیمری شدن (بسیارش) نیازمند شرایط ویژه‌ای از نظر دما و فشار است. مثلاً واکنش پلیمری شدن اتن، در دما و فشار بالا به انجام می‌رسد.

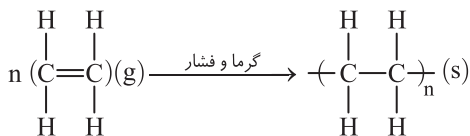
۱۴۵۲ ۲ به جز عبارت اول، بقیه عبارت‌ها نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به منظور تأیید درست بودن این



پلی استیرن

عبارت می‌توان گفت که در ساختار پلیمرهایی مانند پلی استیرن  $\left( \text{C}_8\text{H}_8 \right)_n$  پیوندهای دوگانه C=C وجود دارد. عبارت دوم: برای تشکیل پلیمرهای افزایشی مانند پلی اتن، پلی پروپن و ... شرط لازم وجود پیوند دوگانه C=C در ساختار زنجیر اصلی مونومر است. اما برای تشکیل پلیمرهای تراکمی مانند پلی آمیدها، وجود پیوند دوگانه در ساختار مونومر آن‌ها الزامی نیست. عبارت سوم: پنبه از الیاف سلولز تشکیل شده است که در آن واحدهای سازنده (یعنی گلوکز) به کمک اتم‌های اکسیژن و پیوندهای (O-) به یکدیگر متصل شده‌اند. عبارت چهارم: با توجه به متن کتاب درسی، تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در واکنش پلیمری شدن امکان‌پذیر نیست و هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر تاکنون ارائه نشده است.

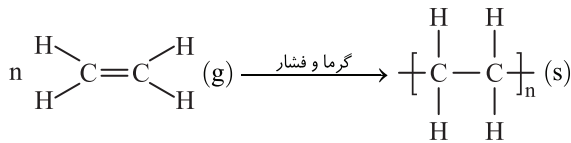
۱۴۵۳ ۳ عبارت‌های دوم و چهارم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: برای تشکیل انواع پلیمرها، باید تعدادی پیوند کووالانسی شکسته شود و تعدادی پیوند کووالانسی تشکیل شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پیوند کووالانسی، سنگ بنای تشکیل پلیمرهای سنتزی است. عبارت دوم: انسولین پلیمری طبیعی است و واحدهای تکرار شونده آن دارای اتم‌های کربن، هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن هستند. عبارت چهارم: درشت مولکول‌های مختلف از اتم‌های متنوع تشکیل شده‌اند و نحوه اتصال اتم‌ها نیز در آن‌ها متفاوت است. از این رو درشت مولکول‌های مختلف، خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند.



۱۴۵۴ ۳ واکنش تولید پلی اتن به صورت مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در هر واحد تکرار شونده پلی اتن، چهار پیوند یگانه C-H یافت می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در واکنش پلیمری شدن اتن، جامد سفید رنگی با نام پلی اتن یا پلی اتیلن تولید می‌شود. گزینه (۲): دقت کنید که در واکنش پلیمری شدن اتن، حالت فیزیکی اتن  $(\text{C}_2\text{H}_4)$  به صورت گاز است. گزینه (۴): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن، ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است.

۱۴۵۵ ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. شکل نشان داده شده مربوط به واکنش پلیمری شدن اتن و تولید پلی اتن است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این واکنش در دما و فشار بالا انجام می‌شود و فرآورده آن (پلی اتن)، در دمای اتاق به صورت جامد سفید رنگ است.

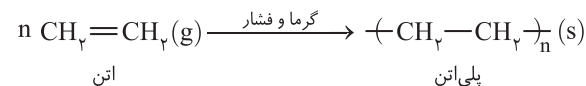
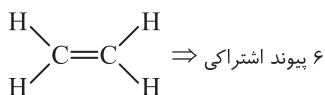
عبارت (ب): پلی اتن (فرآورده) هیدروکربنی سیر شده است و در ساختار آن هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن متصل است. عبارت (پ): جرم مولی یک مولکول مونومر (اتن) برابر ۲۸ گرم بر مول است. بنابراین اگر n مولکول اتن با هم واکنش دهند، جرم مولی پلیمر حاصل برابر ۲۸n گرم بر مول خواهد بود. عبارت (ت): در طی این واکنش یکی از جفت الکترون‌های پیوندی در پیوند دوگانه در مونومر (اتن) شکسته شده و مولکول‌های اتن از سوی اتم‌های کربن به یکدیگر متصل می‌شوند.



۱۴۵۶ ۲ موارد (ب) و (ت) درست هستند. واکنش تشکیل پلی اتن به صورت مقابل است. بررسی موارد: مورد (الف): در ساختار پلی اتن همه پیوندها یگانه هستند. پس پلی اتن یک ترکیب سیر شده است. در هر واحد تکرار شونده پلی اتن ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم کربن وجود دارد. مورد (ب): موز و گوجه‌فرنگی رسیده گاز اتن آزاد می‌کنند. این گاز باعث رسیدن سریع تر میوه‌های نارس می‌شود و به همین دلیل در کشاورزی به عنوان گاز عمل آورنده از آن استفاده می‌شود. مورد (پ): پلی اتن (فرآورده) فاقد پیوندهای دوگانه (C=C) است.

\* توجه: در ساختار پلی اتن پیوندهای (C-H) و (C-C) وجود دارد و میانگین آنتالپی پیوندهای (C-H) بیشتر از میانگین آنتالپی پیوندهای (C-C) است. مورد (ت): اتن  $(\text{C}_2\text{H}_4)$  دارای ۴ اتم هیدروژن است، در حالی که در سیانو اتن، یکی از اتم‌های هیدروژن اتن با گروه سیانید (CN) جایگزین شده و این ترکیب دارای

۳ اتم هیدروژن است. مورد (ث): واکنش تولید پلی اتن از مونومر اتن در دما و فشار بالا انجام می‌شود و فرآیندی گرماده است.



اتن

پلی اتن

\* توجه: همه واکنش‌های پلیمری شدن از نوع افزایشی گرماده ( $Q > 0$ ) هستند.

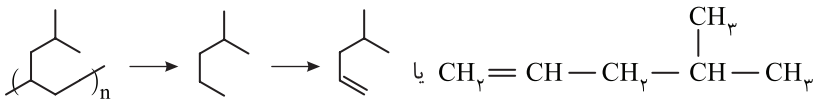
۱۴۵۷ ۴ همه عبارت‌های داده شده درست هستند. هیدروکربن مورد نظر همان گاز اتن  $(\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2)$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): حالت فیزیکی اتن در دما و فشار اتاق به صورت گاز است. عبارت (ب): گاز اتن در دما و فشار بالا، طی واکنش زیر به پلی اتن تبدیل شده که جامدی سفید رنگ است:



**عبارت (پ):** با توجه به تمرین‌های دوره‌ای کتاب درسی، به منظور کنترل جرم مولی متوسط پلی‌اتن تولید شده از کاتالیزگری استفاده می‌شود که به طور عمده محتوی تیتانیوم و آلومینیم با نسبت‌های معین است. **عبارت (ت):** در پلیمرهای افزایشی، جرم مولی را می‌توان از فرمول زیر به دست آورد:

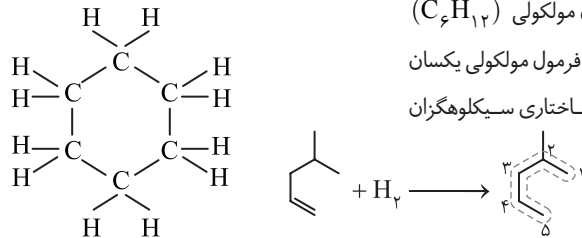
$$\text{جرم مولی پلیمر} = \text{جرم مولی مونومر} \times n = \text{جرم مولی پلیمر} = (5000) \times (28 \text{ g.mol}^{-1}) = 140000 \text{ g.mol}^{-1} = 140 \text{ kg.mol}^{-1}$$

**عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. با توجه به ساختار پیوند - خط پلیمر، مونومر سازنده آن، مولکول «۴ - متیل - ۱ - پنتن» می‌باشد.**

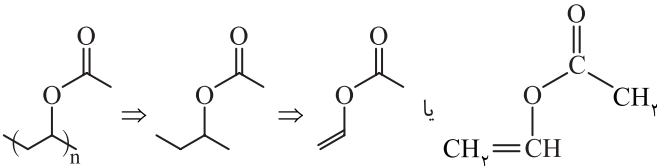


**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف) و (پ):** این مونومر، یک آلکن شاخه‌دار ۶ کربنه با فرمول مولکولی  $(C_6H_{12})$

است و در ساختار آن ۱۸ پیوند اشتراکی وجود دارد. **عبارت (ت):** سیکلوهگزان  $(C_6H_{12})$ ، فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی با «۴ - متیل - ۱ - پنتن» دارد و ایزومر آن می‌باشد. فرمول ساختاری سیکلوهگزان به صورت مقابل است:



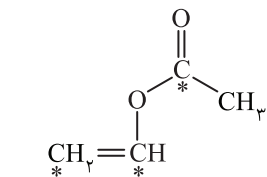
**عبارت (ث):** معادله واکنش هیدروژن‌دار شدن مونومر مورد نظر به صورت مقابل است:  
نام آبوباک این ترکیب، «۲ - متیل پنتان» است.



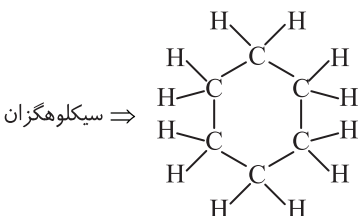
**عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. برای تعیین فرمول ساختار**

مونومر سازنده این پلیمر، ابتدا پیرانتز و زیروند را حذف می‌کنیم و سپس پیوند  $C=C$  را به  $C-C$  تبدیل می‌کنیم. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به ساختار رسم شده، فرمول مولکولی مونومر سازنده این پلیمر به صورت  $C_6H_6O_2$  است. **عبارت (ب):** معادله موازنه شده واکنش سوختن این مونومر به صورت مقابل است:  
 $2C_6H_6O_2 + 9O_2 \rightarrow 8CO_2 + 6H_2O$

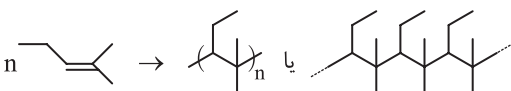
با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای سوختن هر مول از این مونومر، ۴ مول  $CO_2$  تولید می‌شود. **عبارت (پ):** سه اتم کربن مشخص شده در ساختار این مونومر، به ۳ اتم دیگر متصل است. **عبارت (ت):** از آنجایی که در ساختار این مونومر هیچ اتم هیدروژن متصل به N یا F، O وجود ندارد، بنابراین بین مولکول‌های آن در حالت خالص، پیوند هیدروژنی وجود ندارد.



**فقط عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** فرمول مولکولی ترکیب مورد نظر،  $C_6H_{12}$  است. چهارمین عضو خانواده سیکلو آلکان‌ها نیز، سیکلو هگزان با فرمول مولکولی  $C_6H_{12}$  است. **عبارت دوم:** واکنش پلیمری شدن این ترکیب به صورت زیر است. **عبارت سوم:** دقت کنید که در شرایط STP (دمای  $0^\circ C$  و فشار ۱ atm)،  $H_2O$  به صورت مایع است. معادله موازنه شده واکنش سوختن  $C_6H_{12}$  به صورت زیر است:

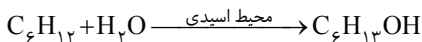


$C_6H_{12}(l) + 9O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$   
 $? L CO_2 = 1 \text{ mol } C_6H_{12} \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}} \times \frac{22.4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 134.4 \text{ L } CO_2$

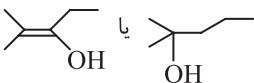


$$C_6H_{12}(l) + 9O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

$$? L CO_2 = 1 \text{ mol } C_6H_{12} \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}} \times \frac{22.4 \text{ L } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 134.4 \text{ L } CO_2$$



**عبارت چهارم:** در اثر واکنش آلکن‌ها با آب در محیط اسیدی، الکل تولید می‌شود.



در این واکنش با توجه به محل قرارگیری گروه عاملی OH، دو نوع الکل مقابل تولید می‌شود:

**پلی‌اتن مذاب  $(C_6H_8)_n(l)$  را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقه نازک پلاستیکی تبدیل می‌کنند.**

**فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در ساخت دبه‌های آب و یا تانکرها از پلی‌اتن سنگین (بدون شاخه) به دلیل استحکام بیشتر استفاده می‌شود. **عبارت دوم:** پلی‌اتن از تعداد زیادی مولکول ناقطبی اتن ساخته شده و نیروهای مؤثر بین مولکولی در آن، از نوع نیروهای وان‌دروالسی است. توجه کنید که به دلیل جرم و حجم زیاد این درشت‌مولکول، نیروهای وان‌دروالسی آن بسیار قوی‌تر از این نیروها در یک مولکول کوچک ناقطبی است، از این رو در دمای اتاق به حالت جامد یافت می‌شود. **عبارت سوم:** ساختار داده شده متعلق به پلی‌اتن سبک (پلی‌اتن شاخه‌دار) است. با توجه به این ساختار، بعضی از اتم‌های کربن با ۲ اتم هیدروژن و بعضی از اتم‌های کربن با یک اتم هیدروژن پیوند کووالانسی دارند. **عبارت چهارم:** پلی‌اتن خطی و بدون شاخه، ساختار منظم‌تری نسبت به پلی‌اتن شاخه‌دار دارد.

**پلی‌اتن سنگین: ۱- کدر ۲- نیروهای بین مولکولی قوی‌تر ۳- چگالی بیشتر  $(0.97 \text{ g.cm}^{-3})$  ۴- انعطاف‌پذیری کمتر و سختی و استحکام بالاتر ۵- نقطه ذوب بیشتر ۶- مناسب برای ساخت لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب، بطری‌های شیر کدر**  
**پلی‌اتن سبک: ۱- شفاف ۲- نیروهای بین مولکولی ضعیف‌تر ۳- چگالی کمتر  $(0.92 \text{ g.cm}^{-3})$  ۴- انعطاف‌پذیرتر و سختی و استحکام پایین‌تر ۵- نقطه ذوب پایین‌تر ۶- ساخت نایلون و کیسه‌های پلاستیکی**

**نکته ترکیبی** مقایسه خواص پلی‌اتن سبک و سنگین:

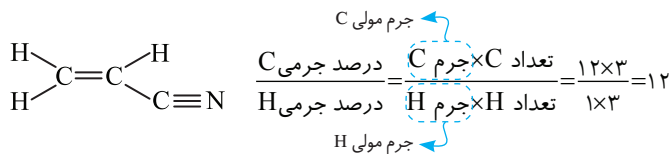
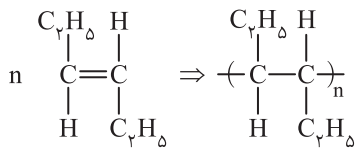
- پلی‌اتن سنگین: ۱- کدر ۲- نیروهای بین مولکولی قوی‌تر ۳- چگالی بیشتر  $(0.97 \text{ g.cm}^{-3})$  ۴- انعطاف‌پذیری کمتر و سختی و استحکام بالاتر ۵- نقطه ذوب بیشتر ۶- مناسب برای ساخت لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب، بطری‌های شیر کدر
- پلی‌اتن سبک: ۱- شفاف ۲- نیروهای بین مولکولی ضعیف‌تر ۳- چگالی کمتر  $(0.92 \text{ g.cm}^{-3})$  ۴- انعطاف‌پذیرتر و سختی و استحکام پایین‌تر ۵- نقطه ذوب پایین‌تر ۶- ساخت نایلون و کیسه‌های پلاستیکی

**B ۱۴۶۳ ۲** همه موارد به جز موارد چهارم و ششم جمله را به درستی کامل نمی کنند. نیروهای بین مولکولی در هر دو نوع پلی اتن سبک و سنگین از نوع نیروهای وان دروالسی است اما این نیروها در پلی اتن سنگین قوی تر از پلی اتن سبک است، زیرا پلی اتن سنگین فاقد شاخه فرعی بوده و سطح تماس بین مولکولها در آن بیشتر است. از طرفی هر چه نیروهای بین مولکولی در یک ترکیب ضعیف تر باشند، نقطه ذوب و استحکام آن کمتر و انعطاف پذیری آن بیشتر است. همچنین چگالی پلی اتن سبک کمتر از پلی اتن سنگین است، زیرا در جرمهای برابر، پلی اتن سبک به دلیل داشتن شاخه های فرعی، فشردگی کمتر و فضاهای خالی بیشتری در ساختار خود دارد و حجم بیشتری اشغال می کند. ضمناً درصد جرمی کربن در هر دو نوع پلی اتن یکسان و حدوداً برابر ۸۵/۷٪ است.

**B ۱۴۶۴ ۲** عبارت (ب) نادرست و سایر عبارتها درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** پلی اتن سنگین (بدون شاخه) به دلیل داشتن فشردگی و نظم ساختاری بیشتری که نسبت به پلی اتن سبک (شاخه دار) دارد، حجم کمتری را اشغال می کند و چگالی بیشتری دارد. **عبارت (ب):** یافته های تجربی نشان می دهد که یک نوع مونومر می تواند در شرایط مختلف با انجام واکنش پلیمری شدن فرآورده هایی با ساختار متفاوت پدید آورد. مثلاً آن در شرایط مختلف (از نظر دما، فشار و کاتالیزگر) می تواند دو نوع پلی اتن شاخه دار و بدون شاخه با ساختار و خواص متفاوت ایجاد کند. **عبارت (پ):** تانکر آب پلاستیکی از پلی اتن سنگین و کیسه های پلاستیکی از پلی اتن سبک ساخته می شوند. نقطه ذوب پلی اتن سنگین بیشتر از پلی اتن سبک است. **عبارت (ت):** در پلی اتن سبک به دلیل وجود تعداد زیاد شاخه های فرعی، مولکولهای پلیمر نمی توانند به خوبی کنار هم قرار بگیرند و سطح تماس آنها کاهش می یابد. به همین دلیل در پلی اتن سبک نیروهای بین مولکولی ضعیف تر از پلی اتن سنگین بوده و استحکام و نقطه ذوب کمتری دارد.

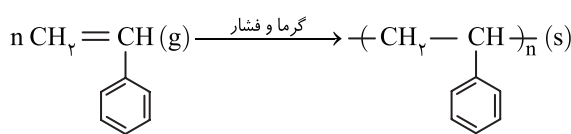
**B ۱۴۶۵ ۱** فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** در صورت برابر بودن تعداد مونومرها، جرم دو پلیمر یکسان است. **عبارت (ب):** در جرم برابر، پلی اتن سبک حجم بیشتری را اشغال می کند، پس نسبت حجم به جرم پلی اتن سبک، بیشتر است. **عبارت (پ):** هر دو پلیمر از مولکولهای ناقصی اتن ساخته می شوند و گشتاور دو قطبی آنها برابر صفر است. **عبارت (ت):** در پلی اتن سنگین نظم و فشردگی مولکولها به قدری زیاد است که اجازه عبور نور و انعکاس نور را نمی دهند و به همین دلیل کالاهایی که از این پلیمر ساخته می شوند، کدر هستند. در حالی که در پلی اتن سبک به دلیل فشردگی کمتر و فضاهای خالی بیشتر، نور می تواند عبور کند و مواد ساخته شده از این پلیمر شفاف هستند.

**C ۱۴۶۶ ۲** عبارت های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت اول:** ترکیب مورد نظر «۳-هگزن» بوده و واکنش پلیمری شدن این ترکیب به صورت مقابل است. **عبارت دوم:** با توجه به ساختار پلی اتن بدون شاخه و کمتر بودن فاصله بین هر زنجیر پلیمری، نیروی بین مولکولی (وان دروالسی) در آن قوی تر از این نیرو در پلی اتن شاخه دار است و در نتیجه استحکام بیشتری دارد. **عبارت چهارم:** دقت کنید که آن دسته از ترکیبات آلی که در ساختار زنجیر کربنی اصلی خود پیوند دوگانه کربن-کربن دارند، می توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند. **عبارت پنجم:** تجربه نشان می دهد که جرم مولی میانگین پلی اتن تولید شده را می توان به کمک کاتالیزگر، کنترل نمود.



**B ۱۴۶۷ ۱** عبارت های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. ساختار سیانواتن به صورت زیر است. **عبارت (الف):** پلیمر حاصل از این مونومر، پلی سیانواتن است و در ساخت پتو استفاده می شود. **عبارت (ب):** در ساختار سیانواتن، هر سه نوع پیوند یگانه، دوگانه و سه گانه یافت می شود. **عبارت (پ):** در مولکول سیانواتن، ۷ اتم ۳ عنصر مختلف وجود دارند. **عبارت (ت):** مولکول سیانواتن دارای ۳ اتم هیدروژن و مولکول پروپین (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>) دارای ۶ اتم هیدروژن است. **عبارت (ث):** با توجه به اینکه فرمول مولکولی این ترکیب C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N است، داریم:

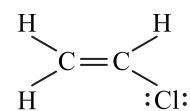
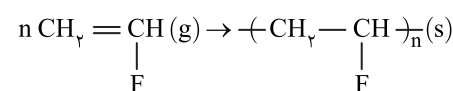
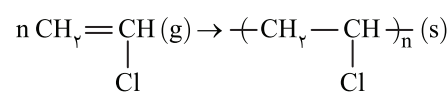
**B ۱۴۶۸ ۴** همه عبارتها درست هستند. در ساخت ظروف یکبار مصرف از پلی استیرن استفاده می شود. پلی استیرن از واکنش بسپارش استیرن مطابق معادله مقابل تولید می شود. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** فرمول مولکولی استیرن به صورت C<sub>8</sub>H<sub>8</sub> می باشد، پس در ساختار پلی استیرن (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub> تعداد اتم های کربن و هیدروژن با هم برابر و مساوی ۸n است. **عبارت (ب):** استیرن دارای حلقه بنزنی است، پس جزء ترکیب های آروماتیک به حساب می آید. **عبارت (پ):**



**عبارت (ت):** در ساختار مولکول استیرن، ۱۲ پیوند یگانه و ۴ پیوند دوگانه وجود دارد.

$$\begin{array}{l} \text{جرم کربن} \\ \text{جرم پلیمر} \end{array} = \frac{8n \times 12}{(8n \times 12) + (8n \times 1)} \times 100 = \frac{96n}{104n} \times 100 = 92/3\% \\ \begin{array}{l} \text{جرم کربن} \\ \text{جرم پلیمر} \end{array} = \frac{3n \times 12}{(3n \times 12) + (6n \times 1)} \times 100 = \frac{36n}{42n} \times 100 = 85/7\%$$

**B ۱۴۶۹ ۲** عبارت های سوم و پنجم درست هستند. در ساخت کیسه های خون از پلی وینیل کلرید استفاده می شود. این پلیمر از بسپارش وینیل کلرید یا کلرو اتن مطابق واکنش مقابل تولید می شود. **بررسی عبارت ها: عبارت اول:** فعال ترین هالوژن، فلوئور (F) است. با جایگزین کردن اتم فلوئور به جای یکی از اتم های هیدروژن اتن، فلوئورو اتن (وینیل فلوئورید) تولید می شود. پلیمر ساخته شده از وینیل فلوئورید، پلی وینیل فلوئورید نامیده می شود.



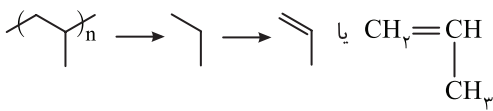
**عبارت دوم:** نام دیگر وینیل کلرید، کلرو اتن می باشد. **عبارت سوم:** با توجه به ساختار لوویس وینیل کلرید، شمار جفت الکترون های پیوندی آن برابر ۶ و شمار جفت الکترون های ناپیوندی آن برابر ۳ است.



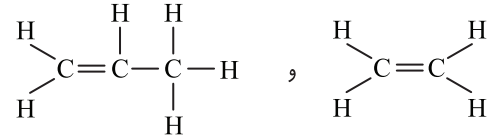
**عبارت چهارم:** تعداد اتم‌ها در واحد تکرار شونده پلی‌وینیل کلرید  $(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$  برابر ۶ بوده و تعداد اتم‌ها در واحد تکرار شونده پلی‌سیانواتن  $(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$  برابر ۷ است. **عبارت پنجم:** فرمول مولکولی وینیل کلرید به صورت  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$  است:

$$\%C = \frac{2 \times 12}{(2 \times 12) + (3 \times 1) + (1 \times 35.5)} \times 100 = 73.8\%$$

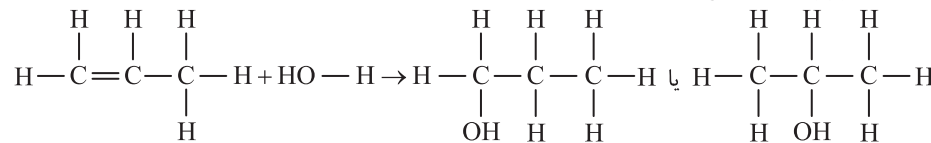
برابر ۷ است. **عبارت پنجم:** فرمول مولکولی وینیل کلرید به صورت  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$  است:



**۱۱۴۷۰ (ب)** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. برای رسم ساختار مونومر با استفاده از فرمول پلیمر، ابتدا دو پیوند یگانه چپ و راست ساختار پلیمر و نماد ( ) و اندیس n را حذف می‌کنیم و سپس بین دو کربنی که از طرفین آن یک پیوند یگانه حذف کرده بودیم، پیوند دوگانه قرار می‌دهیم. پس این پلیمر، پلی‌پروپن و مونومر آن، پروپن ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** پروپن دومین عضو خانواده آلکن‌هاست. **عبارت (ب):** مونومر سازنده پلی‌اتن، اتن ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) است. مولکول پروپن دارای ۹ و مولکول اتن دارای ۶ پیوند کووالانسی است.



**عبارت (پ):** در شرایط مناسب، پروپن در واکنش با آب، پروپانول تولید می‌کند.



**\* توجه** آلکن‌ها به دلیل داشتن پیوند دوگانه، سیرنشده هستند و می‌توانند در واکنش‌های افزایشی شرکت کنند. از این رو در واکنش‌های مختلفی شرکت می‌کنند و فرآورده سیرشده تولید می‌کنند. مثلاً از واکنش آلکن‌ها با آب در شرایط مناسب، الکل به دست می‌آید.

**عبارت (ت):** در هر مولکول پروپن، ۶ پیوند ( $\text{C}-\text{H}$ ) وجود دارد، پس پلی‌پروپنی با ۱۵۰۰ واحد تکرار شونده، دارای ۹۰۰۰ ( $1500 \times 6$ ) پیوند ( $\text{C}-\text{H}$ ) است.

**۱۱۴۷۱ (ب)** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نام مونومر سازنده تفلون، تترا فلورو اتن است. **عبارت (ب):** مولکول تترا فلورو اتن همانند مولکول اتن یک ترکیب ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

**\* توجه** در مولکول تترافلورو اتن تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های فلوئور بیشتر از اتم‌های کربن است، از این رو به اتم‌های فلوئور بار جزئی منفی ( $\delta^-$ ) و به اتم‌های کربن بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) نسبت داده می‌شود، اما از آنجا که اتم‌های متصل به دو کربن یکسان است و اتم‌های کربن فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی هستند، توزیع بار الکتریکی در مولکول متقارن است، بنابراین این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است.

**عبارت (پ):** مونومر سازنده تفلون، تترا فلورو اتن است که ساختار لوویس آن به صورت مقابل می‌باشد.

**عبارت (ت):** جرم مولی مونومر سازنده تفلون  $(-\text{C}_2\text{F}_4)_n$  برابر  $100 \text{ g mol}^{-1}$  است. بنابراین اگر جرم مولی یک پلیمر فرضی تفلون برابر ۷۶۰۰۰ باشد، این پلیمر از

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی مونومر}} = \frac{76000}{100} = 760$$

۷۶۰ واحد تکرار شونده تشکیل شده است.

**۱۱۴۷۲ (ب)** عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. تفلون نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد. در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نجسب است. مونومر سازنده تفلون، گاز تترافلورو اتن ( $\text{C}_2\text{F}_4$ ) است که در سردکننده‌ها کاربرد دارد.

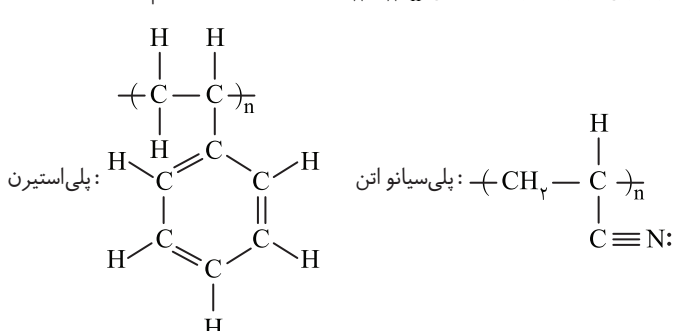
**\* توجه** یکی از گازهایی که پلانکت و گروه پژوهشی او در بررسی و مطالعه انواع سردکننده‌ها مصرف می‌کردند، گاز تترافلورو اتن بود.

**۱۱۴۷۳ (ب)** همه واکنش‌ها به جز واکنش چهارم و ششم به درستی نوشته شده‌اند. **بررسی واکنش مورد سوم:** واکنش پلیمری شدن استیرن به صورت مقابل است. توجه کنید که استیرن دارای حلقه بنزنی و یک ترکیب آروماتیک است. طی واکنش پلیمری شدن مولکول‌های استیرن، پلی‌استیرن به دست می‌آید که در ساختار هر واحد تکرار شونده آن، ۳ اتم هیدروژن در زنجیر اصلی و همچنین ۵ اتم هیدروژن و ۳ پیوند دوگانه در ساختار حلقه بنزنی وجود دارد.

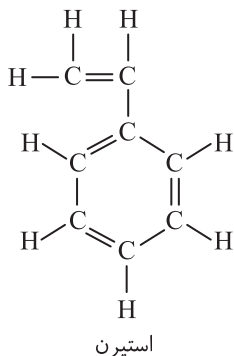


**۱۱۴۷۴ (ب)** وجه تشابه در موارد (پ) و (ث) درست ذکر شده است. **بررسی موارد: مورد (الف):** پلیمر به کار رفته در پتو، پلی‌سیانواتن با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_3\text{H}_3\text{N})_n$  و پلیمر به کار

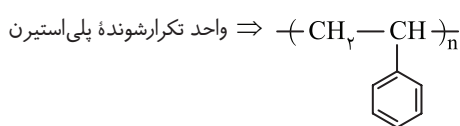
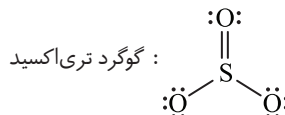
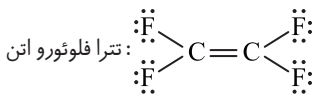
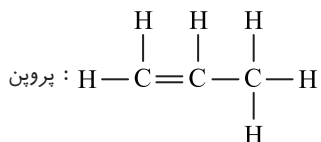
رفته در سرنگ، پلی‌پروپن با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_3\text{H}_6)_m$  است. توجه کنید که گرچه تعداد اتم‌های کربن در مونومر سازنده این دو پلیمر با هم برابر است اما در مورد برابری تعداد اتم‌های کربن این دو پلیمر نمی‌توان به صورت قطعی اظهار نظر کرد؛ زیرا تعداد واحدهای تکرار شونده در این دو پلیمر لزوماً یکسان نیست. **مورد (ب):** پلیمر به کار رفته در نخ دندان، تفلون با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  است و برخلاف پلیمر به کار رفته در ظروف یکبار مصرف، پلی‌استیرن با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$  در ساختار خود دارای اتم هالوژن (F) است.



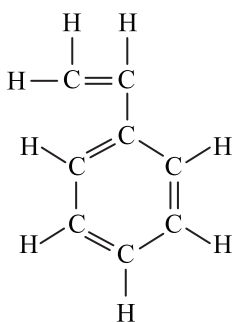
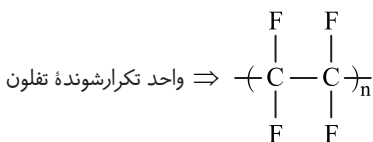
**مورد (پ):** تک‌پار سازنده پلیمر کیسه خون، وینیل کلرید ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ ) و تک‌پار سازنده پلیمر نخ دندان، تترافلورو اتن ( $\text{C}_2\text{F}_4$ ) می‌باشد. در ساختار مولکول هر دو تک‌پار، ۶ اتم وجود دارد. **مورد (ت):** پلیمر به کار رفته در پتو (پلی‌سیانواتن) دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن خود می‌باشد، درحالی که پلیمر به کار رفته در ظروف یکبار مصرف (پلی‌استیرن) در ساختار خود فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است. **مورد (ث):** پلیمر به کار رفته در کیسه خون، پلی‌وینیل کلرید و مونومر آن، وینیل کلرید با فرمول  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$  و پلیمر به کار رفته در پتو، پلی‌سیانواتن و مونومر آن سیانواتن با فرمول  $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$  می‌باشد. هر دو ترکیب  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$  و  $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$  قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.



۱۴۷۵ (B) عبارتهای (پ)، (ت) و (ث) نادرست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): پلی اتن  $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$ ، پلی پروپن  $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$  و پلی استیرین  $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$  تنها از اتمهای کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند، پس جزء خانواده هیدروکربن‌ها محسوب می‌شوند. عبارت (ب): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است، پس تعیین دقیق جرم مولی پلیمرها امکان پذیر نیست. عبارت (پ): با توجه به فرمول ساختاری ترکیبها، استیرین دارای ۱۲ و پروپن دارای ۷ پیوند یگانه است. عبارت (ت): با توجه به ساختار لوویس ترکیبها، تترا فلئوئورو اتن دارای ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی و گوگرد تری اکسید دارای ۸ جفت الکترون ناپیوندی است. عبارت (ث): واحدهای سازنده نشاسته و سلولز، گلوکز  $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$  می‌باشد که فاقد پیوند دوگانه (کربن - کربن) هستند. همچنین بسیاری از ترکیبهای آلی که در ساختار خود پیوند دوگانه  $(\text{C}=\text{C})$  ندارند مثل الکل‌های دو عاملی، کربوکسیلیک اسیدهای دو عاملی و آمین‌های دو عاملی می‌توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند.

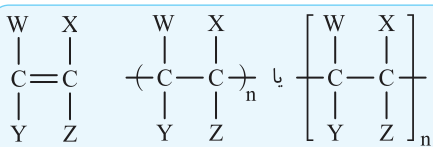


۱۴۷۶ (C) در ساختار هر واحد تکرارشونده پلی استیرین تنها ۳ پیوند دوگانه در حلقه بنزنی وجود دارد. بنابراین پلی استیرین با ۱۵۰۰ واحد تکرار شونده، جمعاً دارای  $4500 \times 3 = 13500$  پیوند دوگانه می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در ساختار هر واحد تکرارشونده تفلون، ۴ پیوند  $(\text{C}-\text{F})$  وجود دارد، بنابراین تفلون با ۴۰۰۰ واحد تکرار شونده دارای  $16000 \times 4 = 64000$  پیوند  $(\text{C}-\text{F})$  می‌باشد. گزینه (۳): جرم مولی سیانو اتن  $(\text{C}_2\text{H}_2\text{N})$  برابر ۵۳ گرم بر مول است، بنابراین جرم مولی پلی سیانو اتن متشکل از ۸۰۰ مولکول سیانو اتن برابر  $42400 \text{ g.mol}^{-1} \times 800 = 33920000$  است. گزینه (۴): هر مولکول پروپن  $(\text{C}_3\text{H}_6)$  دارای ۶ اتم هیدروژن است، بنابراین پلی پروپن متشکل از ۲۰۰۰ مولکول پروپن دارای  $12000 \times 6 = 72000$  اتم هیدروژن است.



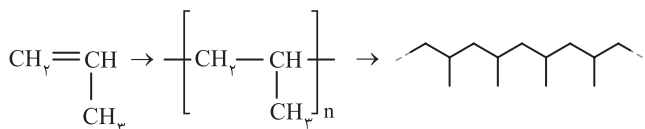
۱۴۷۷ (B) فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): ظروف یکبار مصرف از پلی استیرین تهیه می‌شود. مونومر سازنده پلی استیرین، استیرین با فرمول ساختاری مقابل است که در ساختار خود دارای ۲۰ پیوند کووالانسی است. عبارت (ب): تترا فلئوئورو اتن دارای ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی روی اتمهای فلئوئور و سیانو اتن دارای یک جفت الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن است. عبارت (پ): در هیدروکربن‌ها با افزایش تعداد اتمهای کربن (جرم مولی)، نقطه جوش افزایش می‌یابد. جرم مولی نفتالن  $(\text{C}_{10}\text{H}_8)$  بیشتر از استیرین  $(\text{C}_8\text{H}_8)$  است، پس نقطه جوش نفتالن بالاتر است. عبارت (ت): مونومر سازنده پتو، سیانو اتن با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_2\text{H}_2\text{CN})$  و مونومر سازنده کیسه خون وینیل کلرید با فرمول شیمیایی  $(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})$  است و تفاوت جرم مولی آنها برابر است با:  $62/5 - 53 = 9/5 = 12/5$  تفاوت جرم مولی

۱۴۷۸ (B)

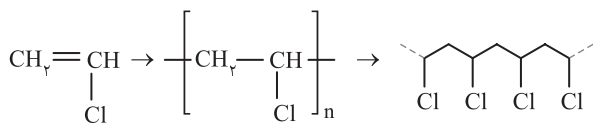


★ نکته در تست‌هایی که در آنها مونومر سازنده یک پلیمر افزایشی داده می‌شود و از شما خواسته می‌شود ساختار پلیمر حاصل را تعیین کنید. به این منظور به صورت زیر عمل می‌کنیم: مرحله (۱): ابتدا مونومر را به صورت زیر بنویسید. مرحله (۲): سپس پیوند  $(\text{C}=\text{C})$  را به  $(-\text{C}-\text{C}-)$  تبدیل کرده و واحد تکرار شونده را درون کروشه یا پرانتز قرار داده و زیروند n را در پایین و سمت راست آن بنویسید.

ساختار پلیمر حاصل از پلیمری شدن مونومر داده شده در گزینه (۱) به صورت زیر است.

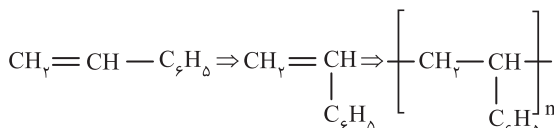
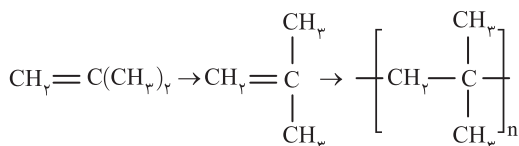


بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):



گزینه (۴):

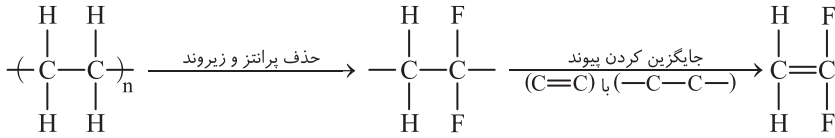
گزینه (۳):







۱ ۱۴۷۹ B فقط عبارت دوم درست است. مراحل تشخیص مونومر از فرمول یک پلیمر به صورت زیر است:



**عبارت اول:** تعداد اتم‌های هیدروژن وینیلیدین فلوئورید با فرمول شیمیایی  $C_2H_2F_2$ ،  $\frac{1}{3}$  تعداد اتم‌های هیدروژن پروپن با فرمول شیمیایی  $C_3H_6$  است.

**عبارت دوم:** در ساختار وینیلیدین فلوئورید همانند وینیل کلرید، ۶ پیوند کووالانسی وجود دارد.

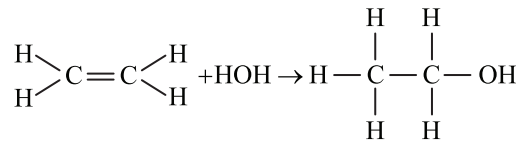


**عبارت سوم:** با توجه به ساختار لوویس ترکیب‌ها، شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی مولکول وینیلیدین فلوئورید و مولکول سیانو اتن به ترتیب برابر ۶ و ۱ می‌باشد. **عبارت چهارم:** درصد جرمی فلوئور در این ترکیب‌ها برابر است با:

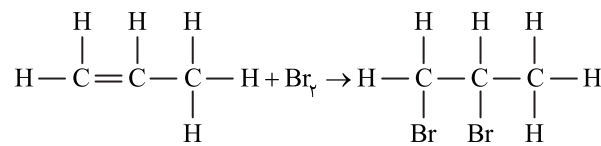
$$\text{درصد جرمی فلوئور در } (C_2H_2F_2)_n = \frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}} \times 100 = \frac{2n \times 19}{(12 \times 2 + 2 \times 1 + 2 \times 19) \times n} \times 100 = \frac{38n}{64n} \times 100 = 59.3\%$$

$$\text{درصد جرمی فلوئور در تفلون } (C_2F_4)_n = \frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}} \times 100 = \frac{4n \times 19}{(2 \times 12 + 4 \times 19) \times n} \times 100 = \frac{76n}{100n} \times 100 = 76\%$$

۱ ۱۴۸۰ B عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اتن ( $C_2H_4$ ) سنگ بنای صنایع پتروشیمی است و در واکنش با آب، اتانول تولید می‌کند.



**\* توجه:** در این واکنش از کاتالیزگر با خاصیت اسیدی مانند سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) استفاده می‌شود.



**عبارت (ب):** هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانه کربن - کربن در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در واکنش پلیمری شدن شرکت کند. **عبارت (پ):** پلی‌پروپن از مونومرهای پروپن ساخته می‌شود. پروپن یک آلکن است و در واکنش با برم تبدیل به یک هالو آلکان به نام «۲،۱-دی‌برمو پروپان» می‌شود.

**عبارت (ت):** استیرن با فرمول مولکولی  $C_8H_8$  دارای ۸ اتم کربن و نفتالن با فرمول مولکولی  $C_{10}H_8$  دارای ۸ اتم هیدروژن است. **عبارت (ث):**



۴ ۱۴۸۱ B همه عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** فرمول ساختاری پلی‌استیرن به صورت مقابل است. جرم مولی واحد تکرار شونده آن یعنی  $(C_8H_8)_n$  برابر  $104 \text{ g.mol}^{-1}$  است. پس جرم مولی این پلیمر برابر است با:

$$\text{جرم مولی پلیمر} = 500 \times (104 \text{ g.mol}^{-1}) = 52000 \text{ g.mol}^{-1} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow n = 400$$

**عبارت دوم:** مونومر سازنده تفلون، تترا فلوئورو اتن با فرمول مولکولی  $C_2F_4$  است. نسبت شمار اتم‌های کربن به فلوئور در این ترکیب برابر  $\frac{1}{4}$  است. **عبارت سوم:**

فرمول مولکولی پلی‌وینیل کلرید به صورت  $(C_2H_3Cl)_n$  است: (جرم مولی واحد تکرار شونده برابر  $62.5 \text{ g.mol}^{-1}$  است.)

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر} \Rightarrow 2 \times 10^4 = n \times 62.5 \Rightarrow n = 400$$

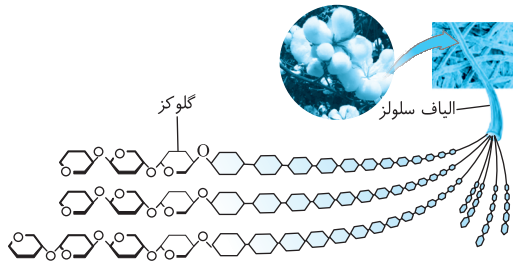
**عبارت چهارم:** مونومر مورد استفاده در ساخت پتو و سرنگ به ترتیب پلی‌سیانو اتن و پلی‌پروپن است. پلی‌پروپن با فرمول  $(C_3H_6)_n$  تنها از دو نوع عنصر تشکیل شده است.

۱ ۱۴۸۲ B فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در ساختار استیرن، همه اتم‌های کربن در تشکیل یک پیوند دوگانه نقش دارند. **عبارت (ب):**

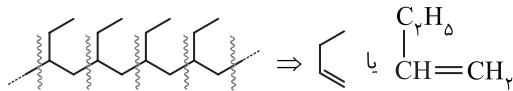
پیوندهای کربن - کربن در تفلون، یگانه و در تترا فلوئورو اتن دوگانه است. پس پیوند کربن - کربن در مونومر قوی‌تر و آنتالپی پیوند آن بیشتر است. **عبارت (پ):** گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. **عبارت (ت):** پلی‌پروپن یک ترکیب سیرشده است و در واکنش افزایشی (مانند واکنش با هالوژن‌ها) شرکت نمی‌کند.

**\* توجه:** پروپن سیر نشده است و با برم مایع که قرمز رنگ است، واکنش می‌دهد و فرآورده‌ای به نام «۲،۱-دی‌برمو پروپان» تولید می‌کند.

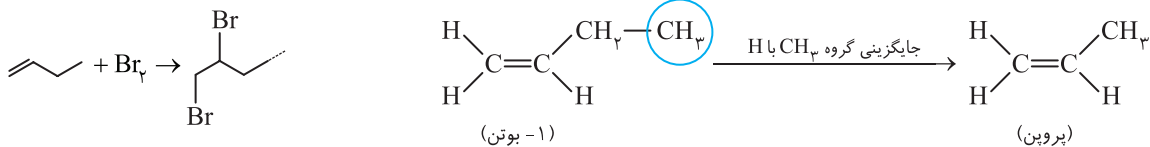




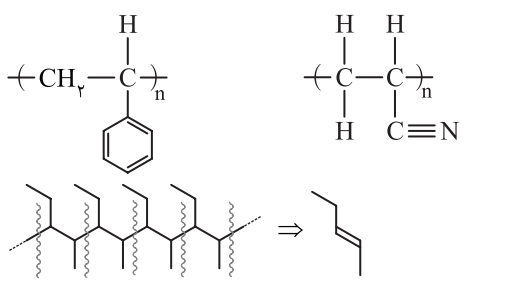
**B ۱۴۸۳ ۱** عبارت مطرح شده در صورت سؤال درست است. تجربه نشان می‌دهد که در تولید پلی‌اتن، با تغییر نسبت کاتالیزگر حاوی تیتانیوم و آلومینیم، می‌توان جرم مولی میانگین پلی‌اتن را تغییر داد. در بین عبارت‌های داده شده، تنها عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:**  
**عبارت اول:** با توجه به ساختار پنبه، مولکول گلوکز از حلقه‌های شش‌اتمی شامل پنج اتم کربن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است. **عبارت دوم:** روغن زیتون جزء درشت‌مولکول‌ها محسوب می‌شود، اما فاقد واحد تکرار شونده است و به همین دلیل پلیمر نیست. **عبارت سوم:** چگالی پلی‌اتن بدون شاخه و شاخه‌دار به ترتیب برابر ۰/۹۷ و ۰/۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. هر دو نوع پلی‌اتن سبک و سنگین بر روی آب شناور می‌مانند. **عبارت چهارم:** تفلون نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد.



**B ۱۴۸۴ ۳** عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. فرمول ساختاری مونومر سازنده پلیمر به صورت مقابل است. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** مونومر سازنده این پلیمر، «۱-بوتن» با جرم مولی  $56 \text{ g.mol}^{-1}$  است. مونومر سازنده تفلون، پلی‌تترافلورواتن « $\text{C}_2\text{F}_4$ » با جرم مولی  $108 \text{ g.mol}^{-1}$  است. تفاوت جرم مولی این دو مونومر برابر  $44 \text{ g.mol}^{-1}$  (۵۶-۱۰) است. **عبارت (ب):** معادله واکنش «۱-بوتن» با برم به صورت زیر است. **عبارت (پ):** پلیمر به کار رفته در سرنگ، پلی‌پروپن است.



**عبارت (ت):** چهارمین عضو خانواده آلکین‌ها، همان پنتین ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ) است. جرم مولی این ماده برابر ۶۸ گرم بر مول و جرم مولی «۱-بوتن» برابر با ۵۶ گرم بر مول است؛ بنابراین جرم مولی پنتین، ۱۲ واحد از جرم مولی این مونومر بیشتر است.



**B ۱۴۸۵ ۴** فقط عبارت (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** پلیمر مورد استفاده در ظروف یکبار مصرف، پلی‌استیرن با ساختار مقابل است (شکل سمت چپ). هر مول از این پلیمر دارای  $3n$  مول پیوند دوگانه کربن-کربن بوده و بنابراین با  $3n$  مول گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. **عبارت (ب):** پلیمر موجود در کیسه خون، پلی‌وینیل کلراید با فرمول مولکولی  $(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$  است. دقت کنید که گاز کلر در دمای اتاق به آرامی با هیدروژن واکنش می‌دهد. **عبارت (پ):** پلیمر مورد استفاده در پتو، پلی‌سیانواتن با ساختار مقابل است (شکل سمت راست). در ساختار این پلیمر پیوند دوگانه یافت نمی‌شود. **عبارت (ت):** پلیمر موجود در کیسه‌های پلاستیکی شفاف، پلی‌اتن سبک است که دارای ساختار شاخه‌ای است. **عبارت (ث):** ساختار مونومر پلیمر موجود در صورت سؤال به صورت مقابل است. فرمول شیمیایی مونومر سازنده پلیمر  $\text{C}_5\text{H}_8$  و مونومر سازنده دی‌آب، اتن ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) است.

$$\text{C}_2\text{H}_4 \text{ جرم مولی } = 28 \text{ g.mol}^{-1}, \text{C}_5\text{H}_8 \text{ جرم مولی } = 70 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } \text{C}_5\text{H}_8}{\text{جرم مولی } \text{C}_2\text{H}_4} = \frac{70}{28} = 2.5$$

**B ۱۴۸۶ ۳** معادله واکنش پلیمری شدن پروپن به صورت  $n \text{ C}_3\text{H}_6(\text{g}) \rightarrow (\text{C}_3\text{H}_6)_n(\text{s})$  است. جرم مولی یک پلیمر برابر با مجموع جرم مولی واحدهای تکرار شونده سازنده آن است. پس  $n$  برابر است با:  
 اکنون محاسبه می‌کنیم که برای تولید نیم مول از این پلیمر، چند لیتر گاز پروپن در شرایط STP لازم است:

$$\frac{22.4 \text{ L C}_3\text{H}_6}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_6} \times \frac{22.5 \text{ mol C}_3\text{H}_6}{1 \text{ mol پلیمر}} \times \frac{1}{5} = 252 \text{ L C}_3\text{H}_6(\text{g})$$

**توضیح محاسبات**

پاسخ نزدیک به عدد ۲۵۲۰۰ است. (پاسخ: ۲۵۲۰۰)

**B ۱۴۸۷ ۱** جرم تفلون را  $x$  گرم و جرم پلی‌پروپن را  $y$  گرم در نظر می‌گیریم و مقدار مول اتم کربن در هر پلیمر را محاسبه کرده و مساوی یکدیگر قرار می‌دهیم تا نسبت  $\frac{x}{y}$  به دست آید. تفلون: فرمول شیمیایی تفلون به صورت  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  است و در هر مول آن  $2n$  مول اتم کربن وجود دارد.

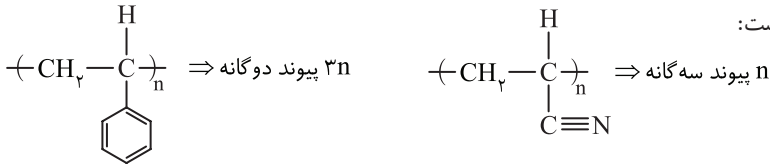
$$\frac{1 \text{ mol تفلون}}{100 \text{ ng تفلون}} \times \frac{2n \text{ mol C}}{1 \text{ mol تفلون}} = \frac{x}{50} \text{ mol C}$$

پلی‌پروپن: فرمول شیمیایی پلی‌پروپن به صورت  $(\text{C}_3\text{H}_6)_m$  است و در هر مول آن  $3m$  مول اتم کربن وجود دارد.

$$\frac{1 \text{ mol پلی پروپن}}{42 \text{ mg پلی پروپن}} \times \frac{3m \text{ mol C}}{1 \text{ mol پلی پروپن}} = \frac{y}{14} \text{ mol C}$$

$$\frac{x}{50} = \frac{y}{14} \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{50}{14} = 3.5$$

اکنون نسبت  $\frac{x}{y}$  را محاسبه می‌کنیم:



ساختار پلی استیرن و پلی سیانو اتن به صورت مقابل است:

جرم پلی استیرن و پلی سیانو اتن را به ترتیب برابر X و Y در نظر می گیریم و شمار پیوندهای دوگانه در پلی استیرن و شمار پیوندهای سه گانه در پلی سیانو اتن را محاسبه می کنیم:

پیوند دو گانه mol  $\left( \frac{3X}{104} \right) = \frac{\text{پیوند دو گانه } (3n) \text{ mol}}{\text{پلی استیرن } 1 \text{ mol}} \times \frac{\text{پلی استیرن } 1 \text{ mol}}{(104n) \text{ g}} \times \text{پلی استیرن } (X) \text{ g} = \text{شمار پیوندهای دو گانه پلی استیرن}$

پیوند سه گانه mol  $\left( \frac{Y}{53} \right) = \frac{\text{پیوند سه گانه } (n) \text{ mol}}{\text{پلی سیانو اتن } 1 \text{ mol}} \times \frac{\text{پلی سیانو اتن } 1 \text{ mol}}{(53n) \text{ g}} \times \text{پلی سیانو اتن } (Y) \text{ g} = \text{شمار پیوندهای سه گانه پلی سیانو اتن}$

با توجه به اینکه نسبت شمار این پیوندها برابر  $\frac{1}{3}$  است، نسبت X به Y برابر است با:

$$\frac{3X}{104} = \frac{1}{3} \times \frac{Y}{53} \Rightarrow Y = \frac{477}{104} X$$

در ادامه، جرم اتم های کربن موجود در پلی استیرن و جرم اتم های نیتروژن موجود در سیانو اتن را محاسبه می کنیم:

کربن g  $\frac{96X}{104} = \frac{\text{کربن } (96n) \text{ g}}{\text{پلی استیرن } (104n) \text{ g}} \times \text{پلی استیرن } (X) \text{ g} = \text{جرم اتم های کربن پلی استیرن}$

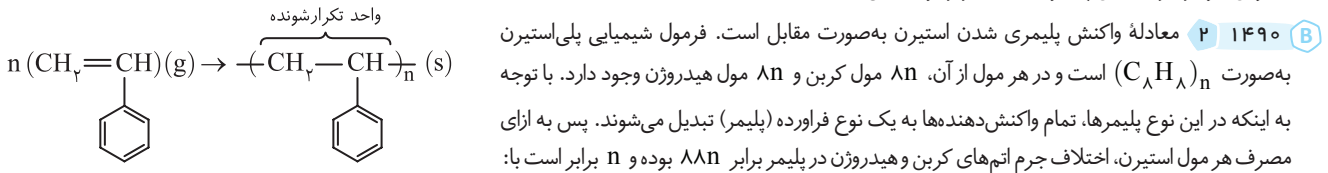
نیتروژن g  $\frac{14Y}{53} = \frac{\text{نیتروژن } (14n) \text{ g}}{\text{پلی سیانو اتن } (53n) \text{ g}} \times \text{پلی استیرن } (Y) \text{ g} = \text{جرم اتم های نیتروژن پلی سیانو اتن}$

نسبت آن ها برابر است با:

$$\frac{\text{جرم اتم های کربن پلی استیرن}}{\text{جرم اتم های نیتروژن پلی سیانو اتن}} = \frac{96X}{104 \times 14Y} = \frac{Y = \frac{477}{104} X}{104 \times 14 \times \frac{477}{104} X} = \frac{96}{14 \times 477} = \frac{96}{6678} = \frac{16}{1113}$$

ابتدا به کمک چگالی این گاز در شرایط استاندارد، جرم مولی آن را به دست می آوریم:  $42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{جرم مولی} \Rightarrow \frac{\text{جرم مولی}}{22/4} = 1/875 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 112 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

سپس شمار مونومرهای موجود در پلیمر حاصل را به دست می آوریم:  $n = 150$  از  $150$  مونومر تشکیل شده است.



$n = 900$  از  $88n = 79200 \Rightarrow n = 900$

پس هر مولکول پلیمر از  $900$  واحد تکرار شونده ساخته شده و از آنجا که در ساختار هر واحد تکرار شونده  $3$  پیوند دوگانه (در حلقه بنزنی) وجود دارد، پس در ساختار هر مولکول پلیمر در مجموع  $2700$  ( $900 \times 3$ ) پیوند دوگانه موجود است.

$108 \text{ kg Br}_2 = \frac{1 \text{ kg Br}_2}{100 \text{ g Br}_2} \times \frac{160 \text{ g Br}_2}{1 \text{ mol Br}_2} \times \frac{1 \text{ mol Br}_2}{1 \text{ mol (C=C)}} \times \frac{2700 \text{ mol (C=C)}}{1 \text{ mol (C}_8\text{H}_8)_{900}} \times 0.25 \text{ mol (C}_8\text{H}_8)_{900} = 108 \text{ kg Br}_2$

قسمت اول: می دانیم که گازهای اتن و اتین با هیدروژن واکنش داده و به اتان تبدیل می شوند:



سپس تعداد مول گاز هیدروژن مصرف شده در واکنش اول و دوم را محاسبه می کنیم:  $2 \text{ mol H}_2 = \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4} \times 2 \text{ mol C}_2\text{H}_4$  مصرف شده در واکنش اول

$2 \text{ mol H}_2 = \frac{2 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_2} \times 1 \text{ mol C}_2\text{H}_2$  مصرف شده در واکنش دوم

بنابراین  $2$  مول از گاز هیدروژن موجود در مخلوط اولیه باقی می ماند و  $3$  مول گاز اتان نیز تولید می شود:  $112 \text{ L gas} = \frac{22/4 \text{ L gas}}{1 \text{ mol gas}} \times 5 \text{ mol gas}$  (مخلوط گازی) L ?

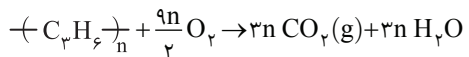
قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش پلیمری شدن اتن به صورت مقابل است:

ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده ( $n$ ) در هر مولکول پلی اتن را محاسبه می کنیم:  $n = 30000$  از  $n \times 28 = 840000 \Rightarrow n = 30000$

سپس شمار مولکول های پلی اتن را به دست می آوریم:

مولکول پلیمر  $4 \times 10^{19} = \frac{\text{مولکول } (6/02 \times 10^{23})}{1 \text{ mol } (-C_2H_4)_n} \times \frac{1 \text{ mol } (-C_2H_4)_n}{30000 \text{ mol C}_2\text{H}_4} \times 2 \text{ mol C}_2\text{H}_4 = \text{شمار مولکول های پلیمر}$

۱۴۹۲ ۱ قسمت اول: معادله موازنه شده واکنش سوختن پلی پروپن به صورت مقابل است:



ابتدا مقدار n را در هر مولکول مونومر محاسبه می کنیم:  $184/8m^3 CO_2 \Rightarrow n=1000$ : پلی پروپن  $2/75 mol$   $\times \frac{(3n) mol CO_2}{1 mol CO_2} \times \frac{22/4 L CO_2}{1 mol CO_2} \times \frac{1 m^3 CO_2}{1000 L}$

سپس جرم مولی پلی پروپن را به دست می آوریم:  $1000 \times 42 = 42000 g \cdot mol^{-1}$  = جرم مولی مونومر  $n \times$  جرم مولی پلیمر

در ادامه جرم پلی پروپن اولیه را محاسبه می کنیم:  $115/8 kg$   $\times \frac{42000 g}{1 mol} \times \frac{1 kg}{1000 g}$  = پلی پروپن  $2/75 mol$  = پلی پروپن  $kg$ ?

قسمت دوم: ابتدا به کمک آنتالپی های پیوند،  $\Delta H$  واکنش پلیمری شدن را به دست می آوریم:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده ها})$$

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [n \Delta H(C=C) + 4n \Delta H(C-H)] - [2n \Delta H(C-C) + 4n \Delta H(C-H)]$$

$$= [n \times 612] - [2n \times 348] = 612n - 700n = -88n \text{ kJ}$$

اکنون گرمای آزاد شده در این واکنش را محاسبه می کنیم:  $231000 kJ$   $\times \frac{1000 mol \text{ پروپن}}{1 mol \text{ پروپن}} \times \frac{88n kJ}{1 mol \text{ پروپن}}$  = پلی پروپن  $2/75 mol$  =  $kJ$ ?

$$\frac{2/75 \times 42000}{1000} = ? \xrightarrow[\text{به جای } 2/75 \text{ عدد } \frac{11}{4} \text{ قرار گیرد.}]{\text{ساده کردن}} \frac{11 \times 42000}{4 \times 1000} = \frac{11 \times 42}{4} = \frac{462}{4} = \frac{231}{2} = 115/5$$

+ توضیح محاسبات

۱۴۹۳ ۳ معادله واکنش سوختن پروپن و استیرن به صورت زیر است:



تعداد مول پروپن و استیرن در این مخلوط را به ترتیب برابر x و y در نظر می گیریم و حجم  $O_2$  مصرفی در دو واکنش را محاسبه می کنیم:

$$? L O_2 \text{ (واکنش ۱)} = x mol C_3H_6 \times \frac{9 mol O_2}{2 mol C_3H_6} \times \frac{22/4 L O_2}{1 mol O_2} = 100/8x L O_2$$

$$? L O_2 \text{ (واکنش ۲)} = y mol C_8H_8 \times \frac{10 mol O_2}{1 mol C_8H_8} \times \frac{22/4 L O_2}{1 mol O_2} = 224y L O_2$$

مجموع حجم  $O_2$  مصرفی در دو واکنش را برابر  $95/2$  قرار داده می دهیم:  $(100/8x) L + (224y) L = 95/2 L$  (۱)

$$? g H_2O \text{ (واکنش ۱)} = x mol C_3H_6 \times \frac{6 mol H_2O}{2 mol C_3H_6} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol H_2O} = 54x g H_2O$$

$$? g H_2O \text{ (واکنش ۲)} = y mol C_8H_8 \times \frac{4 mol H_2O}{1 mol C_8H_8} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol O_2} = 72y g H_2O$$

سپس مجموع جرم آب تولیدی در دو واکنش را برابر  $41/4$  قرار می دهیم:

اکنون به کمک معادله های (۱) و (۲)، مقدار x و y را به دست می آوریم:

با محاسبه مقدار مول پروپن و استیرن، جرم مخلوط اولیه که شامل پروپن و استیرن است و مجموع جرم هیدروژن موجود در آن را محاسبه می کنیم:

$$? g \text{ جرم مخلوط} = \left[ \frac{42 g C_3H_6}{1 mol C_3H_6} \times \frac{100}{8} mol C_3H_6 \right] + \left[ \frac{104 g C_8H_8}{1 mol C_8H_8} \times \frac{10}{2} mol C_8H_8 \right] = 41/8 g$$

$$? g \text{ جرم هیدروژن} = \left( \frac{100}{8} mol C_3H_6 \right) \times \frac{6 g H}{1 mol C_3H_6} + \left( \frac{10}{2} mol C_8H_8 \right) \times \frac{8 g H}{1 mol C_8H_8} = 4/6 g$$

$$\% \text{ درصد جرمی هیدروژن} = \frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{4/6}{41/8} \times 100 \approx 11\%$$

قسمت دوم: برای حل قسمت دوم سؤال، دقت کنید که جرم پلیمر تولید شده برابر با جرم مونومر مصرف شده در واکنش پلیمری شدن با بازده ۱۰۰٪ است. همچنین

از پلی استیرن در ساخت ظروف یکبار مصرف استفاده می شود:

$$? g \text{ پلی استیرن} = 15/6 g \times \frac{75}{100} \times \frac{1 g \text{ پلیمر}}{1 g \text{ مونومر}} = 20/8 g \text{ پلی استیرن}$$

۱۴۹۴ ۳ عبارت های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: فرمول مولکولی پلی سیانو اتن و تفلون به ترتیب  $(C_3H_3N)_n$  و  $(C_2F_2)_n$  است:

$$\%N \text{ (در پلی سیانو اتن)} = \frac{\text{جرم نیتروژن}}{\text{جرم پلیمر}} \times 100 = \frac{14 \times n}{53 \times n} \times 100 \approx 26/4\%$$

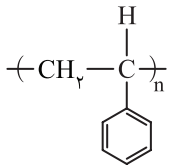
$$\%F \text{ (در تفلون)} = \frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم پلیمر}} \times 100 = \frac{(19 \times 4) \times n}{100 \times n} \times 100 = 76\%$$

$$\% \text{ درصد جرمی نیتروژن} = \frac{26/4}{100} = 0/34$$

$$\% \text{ درصد جرمی فلوئور} = 76$$



عبارت دوم: فرمول ساختاری پلی استیرین به صورت زیر است:



$$\begin{aligned} \text{واحد تکرار شونده } n \text{ mol} & \times \frac{\text{پلی استیرین } 1 \text{ mol}}{104n \text{ g پلی استیرین}} \times \text{پلی استیرین } 83200 \text{ g} = \text{شمار واحدهای تکرار شونده} \\ \text{واحد تکرار شونده} & = \frac{6/0.2 \times 10^{23}}{1 \text{ mol تکرار شونده}} = 48/16 \times 10^{25} \end{aligned}$$

عبارت سوم: فرمول مولکولی تفلون و سیانو اتن به ترتیب  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  و  $(\text{C}_2\text{H}_2\text{N})_n$  است. ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده پلی سیانو اتن را محاسبه می کنیم:

$$127200 = n \times 53 \Rightarrow n = 2400$$

بنابراین هر مولکول از پلی سیانو اتن دارای ۲۴۰۰ مونومر و در نتیجه ۷۲۰۰ (۳×۲۴۰۰) اتم کربن است. در هر واحد تکرار شونده تفلون، ۴ اتم فلئور وجود دارد؛ بنابراین

هر مولکول تفلون دارای ۱۸۰۰ (۷۲۰۰/۴) واحد تکرار شونده است. **عبارت چهارم:** ابتدا حجم مولی گاز اتن در شرایط انجام واکنش را به دست می آوریم:

$$\frac{P_1 V_{n1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \text{ atm} \times 22/4 \text{ L}}{273 \text{ K}} = \frac{4 \text{ atm} \times V_{n2}}{410 \text{ K}} \Rightarrow V_2 = 8/4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

معادله موازنه شده تولید پلی اتن به صورت مقابل است:

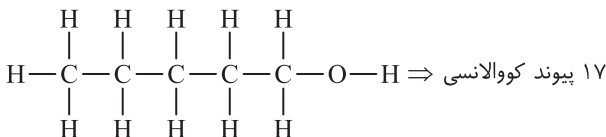
$$n \text{ C}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_4)_n(\text{s})$$

اتن ۱۰۰٪ × ۸/۴ L اتن × ۱ mol اتن × n mol پلی اتن × ۱ mol پلی اتن × ۲۸n g پلی اتن = ۲۰۰۰ g C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>?  
بازده واکنش

**A ۱۴۹۵ ۳** موارد الف)، ب) و ت) درست هستند. بررسی عبارت پ): فرمول کلی الکل های تک عاملی سیر شده به صورت R-OH بوده که در آن R گروه آلکیلی است؛ بنابراین فرمول مولکولی آن ها به صورت C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>OH یا همان C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>O می باشد.

**B ۱۴۹۶ ۱** موارد اول و سوم جمله داده شده را به درستی کامل نمی کنند. بررسی عبارت ها: **عبارت اول:** فرمول عمومی الکل های تک عاملی سیر شده و خطی به صورت C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>O است، بنابراین:

**عبارت دوم:** همه الکل های تک عاملی یک اتم اکسیژن دارند که روی آن دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. **عبارت سوم:** فرمول ساختاری یک الکل ۵ کربنه تک عاملی را می توان به صورت مقابل نمایش داد:



**نکته** \* تعداد پیوندهای کووالانسی در ساختار الکل های تک عاملی سیر شده خطی از رابطه ۳n+۲ به دست می آید که n در این رابطه شمار اتم های کربن است. شمار پیوندهای کووالانسی در آلکان ها از رابطه ۳n+۱، در آلکن ها و سیکلو آلکان ها از رابطه ۳n و در آلکین ها از رابطه ۳n-۱ به دست می آید.

**عبارت چهارم:** با توجه به فرمول عمومی الکل های تک عاملی سیر شده خطی داریم:

$$\text{تعداد اتم های کربن } n = 6 \Rightarrow 14n + 18 = 102 \Rightarrow n = 6$$

**عبارت پنجم:** ابتدا تعداد اتم های کربن موجود در الکل را به کمک فرمول بالا به دست می آوریم: ۳n+۲=۲۰ ⇒ ۳n=۱۸ ⇒ n=۶

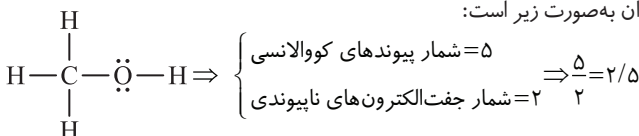
در الکی ۶ اتم کربن، ۵ پیوند کربن-کربن وجود دارد. **عبارت ششم:** فرمول کلی تک عاملی و سیر شده با n اتم کربن به صورت C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>OH بوده و در آن

$$3n+3 = 12 \Rightarrow 3n=9 \Rightarrow n=3$$

فرمول مولکولی الکل C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH است و در هر مولکول آن ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

**A ۱۴۹۷ ۲** در ساختار هر الکل یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی وجود دارد. بخش قطبی شامل گروه هیدروکسیل است که عامل برقراری پیوند هیدروژنی و بخش ناقطبی، زنجیر هیدروکربنی است که عامل برقراری جاذبه های وان دروالسی می باشد. هر چه تعداد اتم های کربن در ساختار یک الکل بیشتر و الکل مولکول بزرگتری داشته باشد، بخش ناقطبی الکل قوی تر می شود، در نتیجه قدرت نیروهای وان دروالسی بر قدرت پیوندهای هیدروژنی غلبه می کند و به دنبال آن از میزان گشتاور دوقطبی الکل کاسته می شود و حلالیت آن در آب کاهش و در چربی افزایش می یابد.

**B ۱۴۹۸ ۳** عبارت های الف)، ب) و ت) درست هستند. شکل (۱) مربوط به مدل فضا پرکن متانول و شکل (۲) مربوط به مدل فضا پرکن اتانول است. **بررسی عبارت ها:** عبارت الف): متانول اولین و سبک ترین عضو خانواده الکل هاست و ساختار لوویس آن به صورت زیر است:



**عبارت ب):** اتانول یکی از مهم ترین حلال های صنعتی است و در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. **عبارت پ):** هر دو الکل نشان داده شده به هر نسبتی در آب حل می شوند و تهیه محلول سیر شده ای از آن ها در آب امکان پذیر نیست.

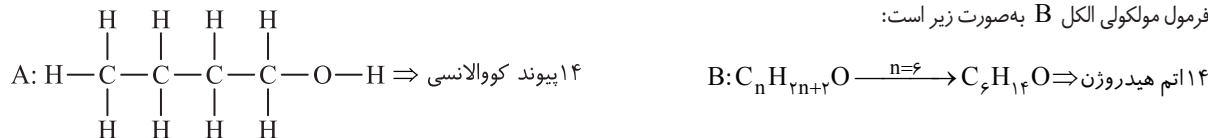
**\* توجه** انحلال پذیری سه عضو نخست خانواده الکل ها (متانول، اتانول و پروپانول) در آب نامحدود است، از این رو نمی توان محلول سیر شده ای از آن ها در آب تهیه کرد.

**عبارت ت):** فرمول مولکولی اتانول و مالتوز به صورت زیر است:

$$\text{C}_4\text{H}_8\text{O} \Rightarrow \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \quad \text{شمار اتم های کربن } 12 \Rightarrow \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \quad \text{مالتوز } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

**B ۱۱۴۹۹ ۱** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر چه طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها بیشتر باشد، از میزان قطبیت الکل کاسته شده و قدرت نیروهای وان‌دروالسی بیشتر می‌شود. عبارت (ب): در الکل‌های تا پنج اتم کربن که محلول در آب هستند، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد. الکلی با ۶ اتم کربن، در آب کم‌محلول و در آن بخش ناقطبی بر بخش قطبی غالب است. عبارت (پ): در الکل‌های کوچک تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و این الکل‌ها محلول در آب هستند، اما فقط سه عضو نخست خانواده الکل‌ها هستند که به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. عبارت (ت): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، از میزان قطبیت الکل کاسته شده و نیروهای وان‌دروالسی در الکل قوی‌تر می‌شود، در نتیجه میزان انحلال‌پذیری الکل در چربی افزایش و در آب کاهش می‌یابد.

**B ۱۱۵۰۰ ۱** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. الکل A، بوتانول ( $C_4H_9OH$ ) و الکل B، هگزانول ( $C_6H_{13}OH$ ) است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار الکل A بخش قطبی مولکول بر بخش ناقطبی آن غلبه دارد و نیروی بین‌مولکولی غالب در این الکل، پیوند هیدروژنی است؛ به همین علت این الکل محلول در آب است. در ساختار الکل B بخش ناقطبی مولکول بر بخش قطبی آن غلبه دارد و نیروی بین‌مولکولی غالب در این الکل از نوع نیروهای وان‌دروالسی است؛ به همین علت این الکل در آب کم‌محلول است. عبارت (ب): الکل‌های تک‌عاملی تا ۵ اتم کربن در آب محلول و الکل تک‌عاملی با ۶ اتم کربن در آب به‌صورت کم‌محلول است. عبارت (پ): فرمول ساختاری الکل A و فرمول مولکولی الکل B به‌صورت زیر است:



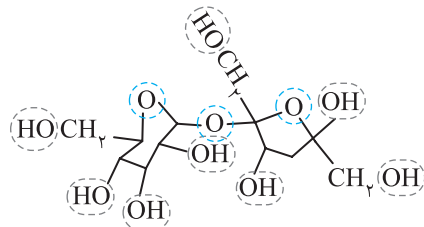
**عبارت (ت):** به دلیل تعداد کربن بیشتر در الکل B، بخش ناقطبی و نیروی وان‌دروالسی در الکل B قوی‌تر از الکل A است. از این رو انحلال‌پذیری الکل B در چربی بیشتر از الکل A است.

**B ۱۱۵۰۱ ۴** در الکل‌های تک‌عاملی، با افزایش شمار اتم‌های کربن، در دمای معین، انحلال‌پذیری در آب کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که سه عضو نخست خانواده الکل‌ها (یعنی متانول، اتانول و پروپانول)، در دمای اتاق، به هر نسبتی در آب حل می‌شوند، در نتیجه در نمودار انحلال‌پذیری نمایش داده نمی‌شوند. توجه داشته باشید که تفاوت نمودار گزینه (۴) با نمودار رسم شده در کتاب درسی در این است که در نمودار کتاب درسی انحلال‌پذیری روی محور عمودی نمایش داده شده، در حالی که در گزینه (۴) انحلال‌پذیری روی محور افقی نمایش داده شده است.

**B ۱۱۵۰۲ ۱** فقط مورد سوم جمله را به طور درست کامل می‌کند. در الکل‌ها هر چه شمار اتم‌های کربن کمتر باشد، انحلال‌پذیری آن‌ها در آب بیشتر است. بررسی عبارت‌ها: مورد اول و دوم: انحلال‌پذیری پنتانول در آب از هگزانول بیشتر است؛ زیرا نیروی جاذبه بخش ناقطبی پنتانول کمتر از هگزانول و نیروی جاذبه بخش قطبی آن بیشتر از هگزانول است. مورد سوم و چهارم: انحلال‌پذیری بوتانول در آب از پنتانول بیشتر است، زیرا نیروی جاذبه بخش ناقطبی بوتانول ضعیف‌تر از پنتانول و نیروی جاذبه بخش قطبی آن قوی‌تر از پنتانول است.

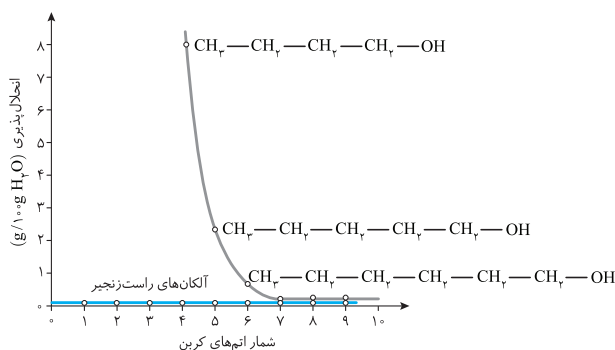
**\* توجه** در الکل‌های تک‌عاملی سیرشده یک تا پنج کربنه، برهم کنش بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد و این الکل‌ها محلول در آب هستند.

**B ۱۱۵۰۳ ۲** عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. در شکل، گروه‌های عاملی هیدروکسیل (الکلی) با دایره طوسی و گروه‌های عاملی اتری با دایره رنگی مشخص شده‌اند. گروه‌های عاملی بخش‌های قطبی مولکول هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در مولکول داده شده، تعداد زیادی بخش قطبی وجود دارد؛ از این رو این مولکول بیشتر قطبی است و انحلال‌پذیری آن در آب (حلال قطبی) بیشتر از بنزن (حلال ناقطبی) می‌باشد. عبارت دوم: با توجه به ساختار داده شده، این ترکیب دارای ۱۲ اتم کربن و ۸ گروه هیدروکسیل است؛ پس این نسبت برابر ۲ نیست. عبارت سوم: با توجه به ساختار، این ترکیب دارای یک حلقه پنج‌اتمی (حلقه سمت راست) و یک حلقه شش‌اتمی (حلقه سمت چپ) است. عبارت چهارم: جرم مولی هر گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) برابر  $17 \text{ g.mol}^{-1}$  و جرم مولی هر گروه متیل ( $-CH_3$ ) برابر  $15 \text{ g.mol}^{-1}$  است؛ بنابراین با جایگزین کردن هر گروه هیدروکسیل با متیل، جرم مولی ترکیب به میزان  $2 \text{ g.mol}^{-1}$  کاهش می‌یابد. در این ترکیب ۸ گروه هیدروکسیل وجود دارد، پس با جایگزین کردن همه آن‌ها با گروه متیل،  $16 \text{ g} (8 \times 2)$  از جرم مولی ترکیب کاسته می‌شود.



**B ۱۱۵۰۴ ۴**

**نکته ترکیبی** در الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، قطبیت مولکول، انحلال‌پذیری در آب و درصد جرمی اکسیژن و هیدروژن کاهش و انحلال‌پذیری در چربی‌ها (چربی دوستی) و در دیگر حلال‌های ناقطبی، شمار پیوندهای اشتراکی، غلبه بخش ناقطبی بر بخش قطبی، درصد جرمی کربن و شمار اتم‌های سازنده افزایش می‌یابد.



فقط مورد (ب) نامناسب است. بررسی موارد: عبارت‌های (الف) و (ب): با توجه به نمودار می‌توان دو نکته را برداشت کرد: ۱- هر چه شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها بیشتر باشد، اختلاف انحلال‌پذیری دو الکل متوالی در آب کمتر می‌شود؛ زیرا با افزایش شمار اتم‌های کربن، شیب نمودار انحلال‌پذیری الکل در آب رو به کاهش می‌گذارد. ۲- هر چه شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها بیشتر باشد، اختلاف انحلال‌پذیری الکل و آلکان هم کربن کمتر می‌شود، زیرا با افزایش شمار اتم‌های کربن، نیروی وان‌دروالسی بر پیوند هیدروژنی غلبه بیشتری پیدا می‌کند و شباهت آن‌ها به آلکان‌ها که ناقطبی هستند، افزایش می‌یابد. عبارت (پ): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، از میزان قطبیت آن کاسته شده و نیروهای وان‌دروالسی در آن قوی‌تر می‌شود، در نتیجه انحلال‌پذیری الکل در روغن زیتون (یک ماده ناقطبی) بیشتر می‌شود. عبارت (ت): در ساختار الکل‌های تک‌عاملی، تنها یک اتم اکسیژن وجود دارد. از این رو با افزایش شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها، درصد جرمی کربن بیشتر شده و از درصد جرمی اکسیژن کاسته می‌شود. عبارت (ث): هر چه شمار اتم‌های کربن در یک الکل بیشتر باشد، قسمت ناقطبی الکل قوی‌تر شده و از میزان قطبیت الکل کاسته می‌شود.



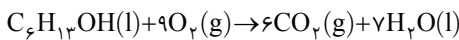


۱۵۰۵ B فقط عبارت دوم همانند عبارت داده شده درست است. بوتانول ( $C_4H_9OH$ ) در دمای اتاق محلول در آب است، یعنی در ۱۰۰ گرم آب در این دما، بیشتر از ۱g از این الکل حل می‌شود و به این ترتیب در یک کیلوگرم آب (۱۰۰۰g)، مقداری بیشتر از ۱۰ گرم در آب حل می‌شود. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشده خطی به صورت  $C_nH_{2n+2}O$  است. هر دو الکل متوالی در یک اتم کربن و دو اتم هیدروژن با هم تفاوت دارند. با توجه به اینکه جرم مولی کربن برابر با  $12g.mol^{-1}$  و جرم مولی هیدروژن برابر با  $1g.mol^{-1}$  است، تفاوت جرم مولی دو عضو متوالی از خانواده الکل‌ها برابر با ۱۴ گرم بر مول می‌باشد. عبارت دوم: اگر خاصیت چربی‌دوستی الکل A بیشتر از الکل B باشد، یعنی الکل A نسبت به الکل B بخش ناقطبی بزرگ‌تری دارد و زنجیر هیدروکربنی آن بزرگ‌تر از الکل B است. هر چه زنجیر هیدروکربنی یک الکل بزرگ‌تر باشد، شمار اتم‌های کربن در آن الکل بیشتر بوده و به تبع آن درصد جرمی اتم کربن نیز بیشتر می‌شود. عبارت سوم: هیدروکربنی که سنگ بنای صنایع پتروشیمی است، گاز اتن می‌باشد. فرمول مولکولی اتن و اتانول به ترتیب  $C_2H_4$  و  $C_2H_5OH$  است. عبارت چهارم: الکی با ۱۲ اتم کربن با اینکه نامحلول در آب است، اما به علت داشتن گروه OH می‌تواند با مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار کند؛ ولی چون در این الکل بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد، الکل نامحلول در آب است. فرمول عمومی الکل‌های تک‌عاملی سیرشده خطی به صورت  $C_nH_{2n+2}O$  است.

$$\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم الکل}} \times 100 = \text{درصد جرمی کربن}$$

$$\frac{12n}{12n + 2 + 16} \times 100 = 45 \Rightarrow n = 6$$

پس الکل مورد نظر،  $C_6H_{14}OH$  است. معادله موازنه شده سوختن این الکل در شرایط STP به صورت زیر می‌باشد:



\* توجه: دقت داشته باشید که در شرایط STP (یعنی فشار ۱ atm و دمای  $0^\circ C$ ) حالت فیزیکی آب به صورت مایع است. بنابراین تنها ماده گازی تولید شده در این واکنش

کربن دی‌اکسید است. روش اول (کسر تبدیل):

$$? g CO_2 = 34g C_6H_{14}OH \times \frac{1 mol C_6H_{14}OH}{102g C_6H_{14}OH} \times \frac{6 mol CO_2}{1 mol C_6H_{14}OH} \times \frac{44g CO_2}{1 mol CO_2} = 88g CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{ضریب جرم مولی}} \Rightarrow \frac{34}{102 \times 1} = \frac{x}{6 \times 44} \Rightarrow x = 88g CO_2$$

$$\frac{34 \times 6 \times 44}{102} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{34 \times 6 \times 44}{102} = \frac{6 \times 44}{3} = 88$$

+ توضیح محاسبات

۱۵۰۷ C ابتدا باید متوجه شویم که الکل مورد نظر سؤال چیست.

قسمت اول: معادله واکنش تولید این الکل به صورت  $C_VH_{14} + H_2O \rightarrow C_VH_{16}OH$  است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$? L C_VH_{14} = 14/5g C_VH_{16}O \times \frac{1 mol C_VH_{16}O}{116g C_VH_{16}O} \times \frac{1 mol C_VH_{14}}{1 mol C_VH_{16}O} \times \frac{22/4 L C_VH_{14}}{1 mol C_VH_{14}} = 2/8 L C_VH_{14}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{ضریب جرم مولی}} = \frac{\text{حجم آلکن}}{\text{ضریب حجم مولی}} \Rightarrow \frac{14/5}{116 \times 1} = \frac{V}{22/4 \times 1} \Rightarrow V = 2/8 L C_VH_{14}$$

قسمت دوم: معادله واکنش سیر شدن این آلکن به صورت  $C_VH_{14} + H_2 \rightarrow C_VH_{16}$  است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$? L H_2 = 14/5g C_VH_{16}O \times \frac{1 mol C_VH_{16}O}{116g C_VH_{16}O} \times \frac{1 mol C_VH_{14}}{1 mol C_VH_{16}O} \times \frac{1 mol H_2}{1 mol C_VH_{14}} \times \frac{2g H_2}{1 mol H_2} \times \frac{1 L H_2}{0/8g H_2} = 0/3125 L H_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } H_2 \text{ چگالی}}{\text{ضریب جرم مولی}} \Rightarrow \frac{14/5}{116} = \frac{0/8 \times V}{2 \times 1} \Rightarrow V = 0/3125 L H_2$$

+ توضیح محاسبات

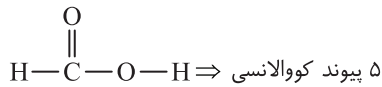
$$\frac{14/5 \times 2}{116 \times 0/8} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{15 \times 2}{120 \times 0/8} = \frac{15}{60} = \frac{1}{4} = \frac{1}{4 \times 0/8} = \frac{1}{3} = 0/3$$

پاسخ نزدیک به ۰/۳ است. (پاسخ: ۰/۳۱)

۱۵۰۸ A عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کربوکسیلیک اسیدها دسته‌ای از ترکیبات آلی هستند که در ساختار آن‌ها حداقل

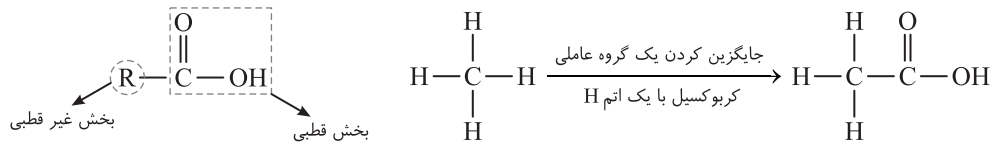
یک گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{—C(=O)—O—H}$ ) وجود دارد. عبارت‌های (پ) و (ت): کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی خطی و سیرشده را می‌توان با فرمول  $R\text{—COOH}$  نشان داد که در آن R یک زنجیره هیدروکربنی (گروه آلکیل) یا اتم هیدروژن است؛ بنابراین فرمول عمومی آن‌ها به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  می‌باشد.





**۱ ۱۵۰۹ B** فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اتانوتیک اسید آشناترین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست و این ترکیب را در سرکه می‌توان یافت. **عبارت (ب):** متانوتیک اسید ساده‌ترین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست و در بدن مورچه وجود دارد. **عبارت (پ):** فرمول ساختاری متانوتیک اسید به صورت مقابل است. **عبارت (ت):** ساده‌ترین الکل، متانول با فرمول مولکولی  $\text{CH}_3\text{OH}$  و عامل ترش بودن سرکه، اتانوتیک اسید (استیک اسید) با فرمول مولکولی  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  است. در هر دو مولکول، ۴ اتم هیدروژن وجود دارد.

**۴ ۱۵۱۰ B** فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** مولکول‌های کربوکسیلیک اسید همانند الکل‌ها دارای یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی هستند. **عبارت دوم:** با افزایش تعداد اتم‌های کربن در کربوکسیلیک اسیدها، بخش ناقطبی این مولکول‌ها بزرگ‌تر می‌شود و انحلال‌پذیری بیشتری در ترکیب‌های ناقطبی مانند چربی‌ها پیدا می‌کنند. **عبارت سوم:** ساده‌ترین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها، متانوتیک (فورمیک) اسید است که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. **عبارت چهارم:** ساده‌ترین آلکان، متان است:



اسید به دست آمده دو کربنی بوده و اتانوتیک (استیک) اسید است در حالی که ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، متانوتیک اسید با فرمول ساختاری  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  می‌باشد. **عبارت پنجم:** چهارمین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  و سومین عضو خانواده آلکین‌ها  $\text{C}_4\text{H}_6$  است.

$$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \text{ جرم مولی} = (4 \times 12) + (8 \times 1) + (2 \times 16) = 88 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{C}_4\text{H}_6 \text{ جرم مولی} = (4 \times 12) + (6 \times 1) = 54 \text{ g.mol}^{-1}$$

تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر ۳۴ گرم بر مول است. جرم مولی آب اکسیژنه ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) نیز برابر  $34 \text{ g.mol}^{-1}$  می‌باشد.

**۲ ۱۵۱۱ B** فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_5$  است. در هر مولکول از این ماده، ۲ اتم نیتروژن و ۵ اتم اکسیژن وجود دارد؛ بنابراین:

$$\frac{\text{اختلاف جرم اتم‌های H و N}}{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}} = \frac{28-14}{80} = \frac{14}{80} = \frac{1}{5.714} \Rightarrow \text{جرم اتم‌های اکسیژن} = 5 \times 16 = 80, \text{جرم اتم‌های هیدروژن} = 14 \times 1 = 14, \text{جرم اتم‌های نیتروژن} = 2 \times 14 = 28$$

**بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت و به ازای هر اتم نیتروژن، ۱ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

$$\text{در ساختار این ترکیب } 12 \text{ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ در حالی که تعداد اتم‌های کربن در این ترکیب برابر } 13 \text{ عدد است.} \text{ گزینه (۳): در ساختار این ترکیب } 4 \text{ پیوند دوگانه}$$

$\text{C}=\text{C}$  و یک گروه عاملی کربوکسیل ( $-\text{COOH}$ ) وجود دارد. **گزینه (۴):** شمار پیوندهای یگانه  $\text{C}-\text{C}$  برابر ۹ و شمار پیوندهای یگانه  $\text{C}-\text{O}$  برابر ۴ است.

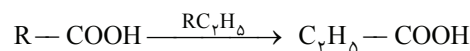
**۳ ۱۵۱۲ B** گزینه سوم برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. متانوتیک (فورمیک) اسید با فرمول مولکولی  $\text{HCOOH}$ ، اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها بوده که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در ساخت نخ دندان از تفلون با فرمول  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  استفاده می‌شود. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد، در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نجسب است، همچنین نقطه ذوب بالایی داشته و در برابر گرما مقاوم است. **گزینه (۲):** فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های تک‌عاملی و خطی سیرشده به ترتیب  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  و  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  است. شمار پیوندهای اشتراکی موجود در کربوکسیلیک اسید و الکی با فرمول‌های  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  و  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  برابر است با:

$$\frac{(\text{تعداد هیدروژن یا هالوژن}) + (\text{تعداد اکسیژن}) + (\text{تعداد نیتروژن}) + (\text{تعداد کربن})}{2} = \text{تعداد پیوند اشتراکی}$$

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی در الکل} = \frac{(4 \times n) + (2 \times 1) + (2n + 2)}{2} = 3n + 2 \quad \text{تعداد پیوند اشتراکی در کربوکسیلیک اسید} = \frac{(4 \times n) + (2 \times 2) + (2n)}{2} = 3n + 2$$

**گزینه (۴):** با افزایش جرم مولی اسیدها، تعداد کربن‌های آن‌ها بیشتر شده و به طول زنجیره هیدروکربنی افزوده می‌شود؛ بنابراین بخش ناقطبی (هیدروکربنی) بر بخش قطبی (گروه کربوکسیل) غلبه کرده و انحلال‌پذیری آن در آب کاهش می‌یابد.

**۴ ۱۵۱۳ B** همه موارد جمله داده شده را به نادرستی کامل می‌کند. **بررسی موارد: مورد اول:** کربوکسیلیک اسیدی که گروه  $\text{R}$  آن  $\text{C}_2\text{H}_5$  باشد، پروپانوتیک اسید با فرمول مولکولی  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  است. شمار اتم‌های هیدروژن در این ترکیب، ۳ برابر شمار اتم‌های اکسیژن است.



**مورد دوم:** با توجه به فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی سیرشده خطی ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ )، کربوکسیلیک اسیدی با ۸ اتم هیدروژن، ۴ اتم کربن دارد و نام آن بوتانوتیک اسید است. **مورد سوم:**

$$\text{فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها: } \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 12(n) + 1(2n) + 16(2) = 14n + 32$$

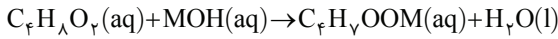
$$14n + 32 = 88 \Rightarrow n = 4 \Rightarrow \text{فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید} = \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

شمار اتم‌های هیدروژن در مولکول این ترکیب برابر با ۸ و شمار اتم‌های کربن در مولکول نفتالین با فرمول  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ، برابر با ۱۰ می‌باشد. **مورد چهارم:** فرمول مولکولی

کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی سیرشده خطی با ۶ اتم کربن،  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$  است. مجموع شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی آن برابر با ۲۰ است.



۲ ۱۵۱۴ B چهارمین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی سیرشده و خطی، بوتانوئیک اسید با فرمول مولکولی  $C_4H_8O_2$  است.



روش اول (کسر تبدیل): محلول ۱۰ mL =  $\frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol محلول}}{125 \text{ mol محلول}} \times \frac{1 \text{ mol MOH}}{1 \text{ mol } C_4H_8O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_8O_2}{88 \text{ g } C_4H_8O_2} \times 1 \text{ g } C_4H_8O_2 = ? \text{ mL MOH}$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول باز}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/1}{88 \times 1} = \frac{1/25 \times V}{1} \Rightarrow V = 0.1 \text{ L} = 10 \text{ mL}$

۱ ۱۵۱۵ B قسمت اول: معادله موازنه شده سوختن کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده به صورت  $C_nH_{2n}O_2 + (\frac{3n-2}{2})O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O$  است.

روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ L } O_2 = \frac{5}{\text{mol } C_nH_{2n}O_2} \times \frac{(\frac{3n-2}{2}) \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_nH_{2n}O_2} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 72/8 \text{ L } O_2 \Rightarrow n=5$

روش دوم (تناسب):  $\frac{C_nH_{2n}O_2 \text{ مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } O_2(g) \text{ (STP)}}{22.4 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5}{1} = \frac{72/8}{(\frac{3n-2}{2}) \times 22.4/4} \Rightarrow n=5$

اسید شرکت کننده در این واکنش، پنتانوئیک اسید با فرمول مولکولی  $C_5H_{10}O_2$  است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): معادله واکنش سوختن اسید سرکه به صورت  $C_2H_4O_2 + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$  است.

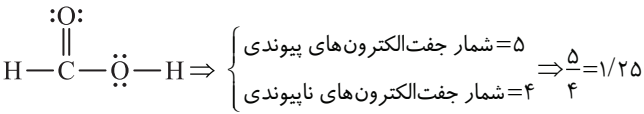
ناخالص  $C_2H_4O_2$  ۱۰۰ g  $\times \frac{60 \text{ g } C_2H_4O_2}{1 \text{ mol } C_2H_4O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_4O_2}{2 \text{ mol } CO_2} \times \frac{5 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_2H_4O_2} = \text{ناخالص } C_2H_4O_2$  ? g  
 خالص  $C_2H_4O_2$  ۳۷/۵ g  $\times \frac{100 \text{ g } C_2H_4O_2}{37.5 \text{ g } C_2H_4O_2}$   
 ناخالص  $C_2H_4O_2$  ۲۰۰ g

روش دوم (تناسب): از آنجا که مقدار  $CO_2$  تولید شده در واکنش سوختن استیک اسید و پنتانوئیک اسید یکسان است، می‌توان گفت:

استیک اسید ناخالص ۲۰۰ g  $\Rightarrow x = \frac{37.5}{5 \times 60} \times \frac{100}{2} \Rightarrow x = 200 \text{ g}$   
 جرم استیک ناخالص  $\times$  درصد خلوص = مول پنتانوئیک اسید  $\times$  جرم مولی  $\times$  ضریب  
 استیک اسید ناخالص ۲۰۰ g  $\sim$  ۲  $C_5H_{10}O_2 \sim$  ۲  $C_2H_4O_2$  (پاسخ: ۲۰۰)

$\frac{100 \times 5 \times 60 \times 100}{2 \times 37.5} = ? \rightarrow \frac{100 \times 5 \times 60 \times 100}{2 \times 37.5} = \frac{7.5 \times 10^6}{75} = 100000$   
 تخمین زدن و ساده کردن به جای ۳۷/۵ عدد ۴۰ قرار گیرد.

۳ ۱۵۱۶ B عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ساختار لوویس نخستین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها، یعنی متانوئیک اسید به صورت زیر است:



عبارت (ب): دومین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها، اتانوئیک (استیک) اسید با فرمول مولکولی  $C_2H_4O_2$  و سومین عضو خانواده الکل‌ها، پروپانول با فرمول مولکولی  $C_3H_7OH$  است.  $3(12) + 8(1) + 1(16) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$  جرم مولی پروپانول  $2(12) + 4(1) + 2(16) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$  جرم مولی استیک اسید

\* توجه: جرم مولی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده با n اتم کربن با جرم مولی الکل‌های تک‌عاملی خطی سیرشده با (n+1) اتم کربن برابر است.

عبارت (پ): با توجه به فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیرشده که به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است، کربوکسیلیک اسیدی با ۱۴ اتم هیدروژن، ۷ اتم کربن دارد. هر چه شمار اتم‌های کربن یک کربوکسیلیک اسید بیشتر باشد، بخش ناقصی آن بزرگ‌تر بوده و خاصیت آب‌گریزی آن اسید بیشتر است. بنابراین کربوکسیلیک اسیدی با ۸ اتم کربن خاصیت آب‌گریزی بیشتری نسبت به کربوکسیلیک اسیدی با ۷ اتم کربن دارد. عبارت (ت): از فرمول زیر برای محاسبه تعداد پیوندهای کووالانسی در مولکول‌ها استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(3 \times \text{تعداد اتم‌های N}) + (2 \times \text{تعداد اتم‌های O}) + (1 \times \text{تعداد اتم‌های هیدروژن و هالوژن}) + (4 \times \text{تعداد اتم‌های C})}{2}$$

$$\text{فرمول عمومی الکل‌ها: } C_nH_{2n+2}O \Rightarrow \text{تعداد پیوندهای اشتراکی} = \frac{(n \times 4) + ((2n+2) \times 1) + (2 \times 1)}{2} = 3n+2$$

$$\text{فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها: } C_nH_{2n}O_2 \Rightarrow \text{تعداد پیوندهای اشتراکی} = \frac{(n \times 4) + (2n \times 1) + (2 \times 2)}{2} = 3n+2$$

عبارت (ث): کربوکسیلیک اسیدها به دلیل جرم مولی بیشتر و داشتن پیوندهای قطبی بیشتر، نقطه جوش بالاتری نسبت به الکل‌های هم‌کربانشان دارند.

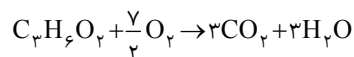
**۱۵۱۷ P** موارد دوم، چهارم و پنجم درست هستند. فرمول کلی کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی سیرشده به صورت  $C_nH_{2n+1}COOH$  ( $n \geq 0$ ) می‌باشد که در آن تعداد پیوندهای (C—C) برابر n، تعداد پیوندهای (C—H) برابر  $2n+1$  و تعداد پیوندهای (C=O)، (C—O) و (O—H) برابر یک می‌باشد. چنانچه برای شکستن همه پیوندها در ۲/۱ مول از یک اسید ۸۸۲/۶kJ انرژی لازم باشد، پس برای شکستن پیوندهای یک مول از آن به ۴۴۱۳kJ انرژی نیاز است.

$$1 \text{ mol اسید} \times \frac{882/6 \text{ kJ}}{0/2 \text{ mL اسید}} = 4413 \text{ kJ}$$

در ادامه به کمک آنتالپی‌های پیوند، n را به دست می‌آوریم:

$$n \times 348 + (2n+1) \times 415 + 799 + 380 + 463 = 4413 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow n=2$$

بنابراین فرمول مولکولی این اسید  $C_4H_8O_2$  یا  $C_4H_8COOH$  می‌باشد. بررسی موارد: **مورد اول:** بخش هیدروکربنی این اسید دارای ۲ اتم کربن است. **مورد دوم:** چون زنجیره هیدروکربنی این اسید کوتاه است، بخش قطبی آن بر بخش ناقطبی غلبه دارد. **مورد سوم:** معادله سوختن یک مول از این ترکیب به صورت زیر است:



برای سوختن کامل یک مول از آن، ۳/۵ مول گاز اکسیژن لازم است. **مورد چهارم:** این اسید ( $C_4H_8O_2$ ) دارای ۱۱ اتم است. تعداد پیوندهای اشتراکی کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی سیرشده و خطی از رابطه  $(3n+2)$  که در آن n تعداد اتم‌های کربن است، محاسبه می‌شود:

$$C_4H_8O_2 \text{ اشتراکی} = 3n+2 = (3 \times 4) + 2 = 14$$

**مورد پنجم:** گاز فندک همان بوتان با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}$  است:

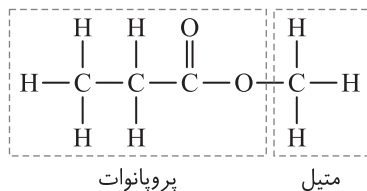
$$C_4H_{10} \text{ جرم مولی} = (4 \times 12) + (10 \times 1) = 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_4H_8O_2 \text{ جرم مولی} = (3 \times 12) + (6 \times 1) + (2 \times 16) = 74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر  $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  است. گاز مرداب همان متان ( $CH_4$ ) است که جرم مولی آن برابر  $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  می‌باشد.

**۱۵۱۸ A** فرمول کلی استرها به صورت  $R'-COOR$  است. در ساختار این ترکیب‌ها اتم هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های N، O و F وجود ندارد و این دسته از ترکیب‌ها برخلاف الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند. استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد اتم کربن برابر، به شرطی که یک‌عاملی و دارای گروه هیدروکربنی سیرشده و خطی باشند، فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند از این‌رو ایزومر یکدیگر هستند. فرمول عمومی هر دو دسته از ترکیب‌ها به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است.

**۱۵۱۹ B** هیچ کدام از عبارتها درست نیستند. فرمول ساختاری ترکیب به دست آمده به صورت زیر است:

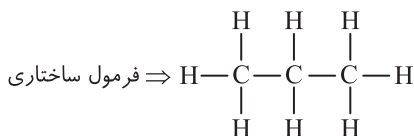


۱۴: شمار پیوندهای کووالانسی،  $C_4H_8O_2$ : فرمول مولکولی، متیل پروپانوات: نام استر  $\Rightarrow$

پروپانول یک الکل سه کربنه با فرمول مولکولی  $C_3H_7OH$  است و تعداد اتم‌های هیدروژن در آن برابر با تعداد اتم‌های هیدروژن در استر مورد نظر است. در ساختار استر داده شده، اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد و این ترکیب فاقد توانایی برقراری پیوند هیدروژنی است اما یک کربوکسیلیک اسید ۴ کربنه قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی است؛ بنابراین نقطه جوش یک کربوکسیلیک اسید ۴ کربنه بیشتر از یک استر ۴ کربنه است.

**۱۵۲۰ B** همه عبارتها به جز مورد اول درست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** ترکیباتی که فرمول مولکولی یکسان ولی فرمول ساختاری متفاوت دارند، ایزومر (همپار) یکدیگر به حساب می‌آیند. فرمول شیمیایی اتانویک اسید و اتیل متانوات به ترتیب به صورت  $C_2H_4O_2$  و  $C_3H_6O_2$  است؛ بنابراین این دو ترکیب همپار یکدیگر نیستند.

**مورد دوم:** جرم مولی نفتالن ( $C_{10}H_8$ ) و پنتین ( $C_5H_8$ )، به ترتیب برابر ۱۲۸ و ۶۸ گرم بر مول بوده و تفاوت آن‌ها برابر  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  (۶۸-۱۲۸) است.

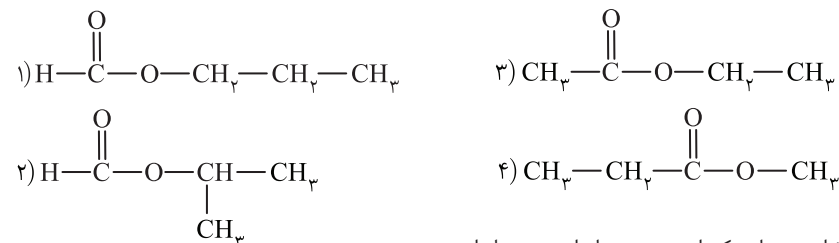


فرمول مولکولی متیل متانوات نیز به صورت  $C_3H_6O_2$  بوده و جرم مولی آن برابر  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  می‌باشد.

**مورد پنجم:** فرمول «پیوند - خط»، نوعی فرمول ساختاری است که در آن هر شکستگی و انتهای خط، یک اتم کربن است و در آن اتم‌های هیدروژن و چگونگی اتصال آن‌ها به اتم‌های کربن مشخص نمی‌شود. برای نمونه به فرمول «ساختاری» و «پیوند - خط» پروپان توجه کنید.

یا  $\curvearrowright$   $\Rightarrow$  فرمول پیوند - خط

**۱۵۲۱ B** ساختارهای استری زیر را می‌توان برای ماده‌ای با فرمول مولکولی  $C_4H_8O_2$  رسم کرد:

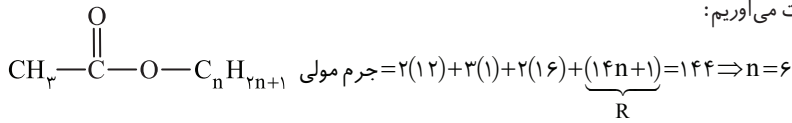


در دو تا از این ساختارها ساختارهای (۱) و (۲)، اسید سازنده استر، متانویک اسید بوده و نام استر به متانوات ختم می‌شود.



ابتدا به کمک چگالی و حجم مولی گازها، جرم مولی استر را محاسبه می‌کنیم:  $\frac{m}{V} = \rho \Rightarrow m = \rho \cdot V = 1.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow m = 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

بخش R را به صورت  $C_n H_{2n+1}$  در نظر گرفته و n را به دست می‌آوریم:



فرمول گروه R به صورت  $C_6 H_{13}$  بوده و تفاوت تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن آن برابر  $7(13-6)$  است.

مقدار استر با فرمول مولکولی  $C_n H_{2n} O_2$  را برابر x مول و مقدار استر با فرمول مولکولی  $C_m H_{2m} O_2$  را برابر y مول فرض می‌کنیم. با توجه به اینکه

$$(I) \quad 28 = (14m + 32) - (14n + 32) \Rightarrow n - m = 2$$

تفاوت جرم مولی این دو استر ۲۸ گرم است؛ بنابراین:

جرم مخلوط  $41/2$  گرم است؛ بنابراین:

$$41/2 = [x \text{ mol } C_n H_{2n} O_2 \times \frac{(14n+32) \text{ g } C_n H_{2n} O_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n} O_2}] + [y \text{ mol } C_m H_{2m} O_2 \times \frac{(14m+32) \text{ g } C_m H_{2m} O_2}{1 \text{ mol } C_m H_{2m} O_2}]$$

$$(II) \quad 14(xn + ym) + 32(x + y) = 41/2$$

معادله واکنش سوختن هر یک از استرها به صورت زیر است:



محاسبه جرم کربن دی‌اکسید تولید شده در اثر سوختن هر یک از استرها:

$$? \text{ g } CO_2 (1 \text{ واکنش}) = (x) \text{ mol } C_n H_{2n} O_2 \times \frac{(n) \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n} O_2} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = (44x n) \text{ g } CO_2$$

$$? \text{ g } CO_2 (2 \text{ واکنش}) = (y) \text{ mol } C_m H_{2m} O_2 \times \frac{(m) \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_m H_{2m} O_2} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = (44y m) \text{ g } CO_2$$

با توجه به این که مجموع جرم  $CO_2$  تولیدی برابر  $79/2$  گرم است؛ داریم:

$$(III) \quad 44x n + 44y m = 79/2 \Rightarrow xn + ym = 1/8$$

$$14(1/8) + 32(x+y) = 41/2 \Rightarrow x+y = 5/8$$

قسمت اول: از رابطه (II) و (III) داریم:

قسمت دوم: محاسبه مقدار گاز اکسیژن مصرفی در اثر سوختن هر یک از استرها:

$$? \text{ mol } O_2 (1 \text{ واکنش}) = (x) \text{ mol } C_n H_{2n} O_2 \times \frac{(\frac{3n-2}{2}) \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_n H_{2n} O_2} = \frac{3nx - 2x}{2} \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ g } O_2 (1 \text{ واکنش}) = (y) \text{ mol } C_m H_{2m} O_2 \times \frac{(\frac{3m-2}{2}) \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_m H_{2m} O_2} = \frac{3mx - 2y}{2} \text{ mol } O_2$$

$$\Rightarrow \text{مجموع مول } O_2 \text{ مصرفی} = \frac{3(nx+my) - 2(x+y)}{2} = \frac{(3 \times 1/8) - (2 \times 5/8)}{2} = 2/2 \text{ mol } O_2$$

**نکته ترکیبی** انواع آمین‌های تک‌عاملی: اگر در یک مولکول آمونیاک یک، دو یا هر سه اتم هیدروژن متصل به نیتروژن را با یک گروه کربنی جایگزین کنیم ترکیبی

پدید می‌آید که به آن آمین می‌گوییم و بسته به تعداد گروه‌های کربنی می‌توان آن را در سه دسته جای داد:

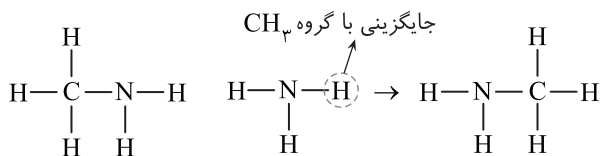
• **گروه اول** ( $R - NH_2$ ): این دسته که رایج‌ترین گروه آمین‌ها هستند، به علت داشتن اتم‌های هیدروژن متصل به نیتروژن می‌توانند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند، شناخته‌شده‌ترین آمین از این گروه متیل آمین ( $H_3CNH_2$ ) است که بوی ماهی ناشی از این ماده و برخی آمین‌های دیگر است.

• **گروه دوم** ( $R - NH - R'$ ): این دسته از آمین‌ها دارای دو گروه کربنی هستند که بر خواص آن‌ها مؤثر است. علاوه بر آن به علت داشتن فقط یک اتم هیدروژن متصل به نیتروژن، در صورت واکنش با یک کربوکسیلیک اسید و تولید آمید، فرآورده تولید شده فاقد توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی است. این درحالی است که آمین‌های گروه اول حتی در صورت شرکت در واکنش تولید آمید هم قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی با مواد دیگر خواهند بود.

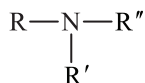
• **گروه سوم** ( $R - N - R'$ ): در این گروه از آمین‌ها تمامی اتم‌های هیدروژن با گروه‌های کربنی جایگزین شده‌اند. لذا این دسته از مواد علاوه بر آن که قادر به ایجاد



پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند، به‌طور کلی حتی قادر به شرکت در واکنش با کربوکسیلیک اسید نیز نیستند. زیرا فاقد اتم هیدروژنی هستند که بتواند با گروه  $-OH$  کربوکسیلیک اسید واکنش دهد!



**A ۱۵۲۵ ۲** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. مدل فضا پرکن نشان داده شده متعلق به مولکول متیل آمین ( $\text{CH}_5\text{N}$ ) است که فرمول ساختاری آن به صورت روبه‌رو است. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): در ساختار این ترکیب ۶ پیوند کووالانسی (جفت الکترون پیوندی) و یک جفت الکترون ناپیوندی (دو الکترون ناپیوندی) وجود دارد. عبارت (ت): فرمول مولکولی متانول به صورت  $\text{CH}_3\text{OH}$  است. در مولکول متانول، ۴ اتم هیدروژن و در مولکول متیل آمین، ۵ اتم هیدروژن وجود دارد.

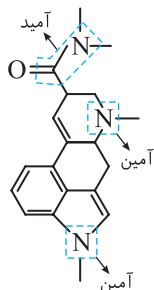


**B ۱۵۲۶ ۳** همه عبارت‌ها به جز (ب)، درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نخستین عضو خانواده آمین‌ها، متیل آمین با فرمول  $\text{CH}_3\text{NH}_3$  بوده که دارای ۵ اتم هیدروژن است. عبارت (ب): میان مولکول‌هایی از آمین‌ها که حداقل دارای یک اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن هستند، در حالت خالص پیوند هیدروژنی وجود دارد، اما اگر اتم هیدروژنی به اتم نیتروژن متصل نباشد، میان مولکول‌ها پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌شود. در میان مولکول‌های آمین‌هایی با فرم کلی مقابل، در حالت خالص پیوند هیدروژنی وجود ندارد. عبارت (ب): فرمول کلی آمین‌ها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$  است؛ بنابراین فرمول مولکولی آمینی

$$\% \text{N} = \frac{1 \times 14}{(7 \times 12) + (17 \times 1) + (1 \times 14)} \times 100 \approx 12.2\%$$

با ۷ اتم کربن به صورت  $\text{C}_7\text{H}_{17}\text{N}$  است. درصد جرمی اتم نیتروژن در این آمین برابر است با:  $\% \text{N} = \frac{1 \times 14}{(7 \times 12) + (17 \times 1) + (1 \times 14)} \times 100 \approx 12.2\%$

عبارت (ت): در آمین‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی بزرگ‌تر شده، انحلال‌پذیری آن در آب کاهش می‌یابد. عبارت (ت): آمین‌ها دارای ۳ نوع اتم (کربن، هیدروژن و نیتروژن) و استرها دارای ۳ نوع اتم (کربن، هیدروژن و اکسیژن) هستند، بنابراین آمین‌ها و استرها از نظر تنوع عنصرها مشابه‌اند.



**B ۱۵۲۷ ۱** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار مولکول‌های آلی، به ازای هر اتم نیتروژن یک جفت الکترون ناپیوندی و به ازای هر اتم اکسیژن دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ بنابراین شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌های مولکول آن برابر است با:  $3(1) + 1(2) = 5$

عبارت (ب): در این مولکول، دو گروه عاملی آمینی و یک گروه عاملی آمیدی دیده می‌شود. در شکل مقابل، گروه‌های عاملی بر روی ساختار مولکول مشخص شده است: عبارت (ب): فرمول مولکولی این ترکیب  $\text{C}_{19}\text{H}_{23}\text{N}_3\text{O}$  است و دارای دو نوع گروه عاملی آمینی و آمیدی است. عبارت (ت):

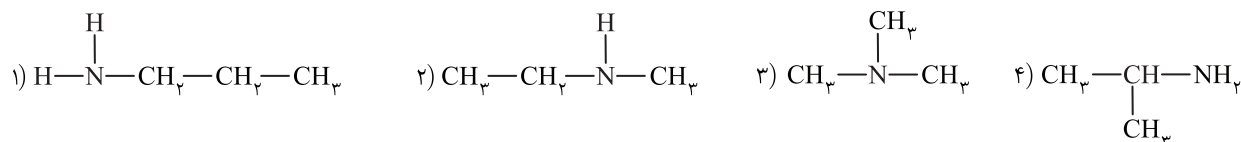
$$\frac{\text{شمار اتم‌های کربن}}{\text{شمار اتم‌های نیتروژن}} = \frac{19}{3} \approx 6.3$$

فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $\text{C}_{19}\text{H}_{23}\text{N}_3\text{O}$  است؛ بنابراین خواهیم داشت:

**C ۱۵۲۸ ۳** فرمول کلی آمین‌های تک‌عاملی با گروه‌های R سیرشده به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$  است. تعیین فرمول مولکولی آمین:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تعداد اتم‌های کربن}} = \frac{2n+3}{n} = 3 \Rightarrow n=3$$

فرمول مولکولی آمین،  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$  است و ساختارهای زیر را می‌توان برای آن رسم کرد: قسمت اول:



قسمت دوم: جرم گازهای غیرقطبی ( $\text{N}_2$  و  $\text{CO}_2$ ) تولیدشده در واکنش سوختن ۱۱/۸ گرم آمین به صورت  $12\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 \rightarrow 4\text{C}_3\text{H}_9\text{N} + 21\text{O}_2$  است.

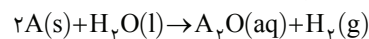
روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{g CO}_2 = 11/8 \text{g آمین} \times \frac{1 \text{ mol آمین}}{59 \text{g آمین}} \times \frac{12 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol آمین}} \times \frac{44 \text{g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 26/4 \text{g CO}_2$

$$? \text{g N}_2 = 11/8 \text{g آمین} \times \frac{1 \text{ mol آمین}}{59 \text{g آمین}} \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol آمین}} \times \frac{28 \text{g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 2/8 \text{g N}_2$$

بنابراین در مجموع  $29/2$  گرم گاز غیرقطبی تولید می‌شود. روش دوم (تناسب): به کمک روش تناسب می‌توان این قسمت را در یک مرحله حل نمود:

$$\frac{\text{جرم آمین}}{\text{جرم گازهای CO}_2 \text{ و N}_2} = \frac{11/8}{x \text{g} (\text{N}_2 + \text{CO}_2)} \Rightarrow \frac{11/8}{4 \times 59 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} + (2 \times 28 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1})} = \frac{x}{29/2} \Rightarrow x = 29/2 \text{g} (\text{N}_2 + \text{CO}_2)$$

**C ۱۵۲۹ ۳** موارد اول، دوم و سوم درست نیستند. بررسی موارد: مورد اول: معادله واکنش فلز قلیایی A با آب به صورت زیر است:

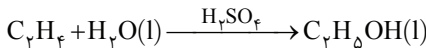


$$5/75 \text{g A} \times \frac{1 \text{ mol A}}{(m_A) \text{g A}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol A}} \times \frac{22/4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{5^\circ}{100} = 1/4 \text{ L H}_2 \Rightarrow m_A = 23 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

محاسبه جرم مولی فلز قلیایی A: روش اول (کسر تبدیل): بازده واکنش

$$\frac{\text{جرم فلز A}}{100} \times \frac{\text{حجم گاز H}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{5/75 \text{g} \times \frac{5^\circ}{100}}{2 \times M_A} = \frac{1/4 \text{ L H}_2}{1 \times 22/4} \Rightarrow M_A = 23 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):



مورد دوم: معادله واکنش گاز اتن با آب به صورت مقابل است:

بازده واکنش ۸۰ درصد است، از این رو ۸۰ درصد از گاز اتن مصرف شده و ۲۰ درصد آن باقی می ماند.

محاسبه جرم گاز اتن باقی مانده:

$$? g C_7H_8 = 12/5 L C_7H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_8}{25 L C_7H_8} \times \frac{28 g C_7H_8}{1 \text{ mol } C_7H_8} \times \frac{20}{100} = 2/8 g C_7H_8$$



مورد سوم: معادله واکنش هیدروژن دار کردن یک آلکین به صورت مقابل است:

برای سیر شدن هر مول آلکین، ۲ مول گاز هیدروژن نیاز است و با انجام واکنش ۴ گرم به جرم آلکین اضافه می شود.

محاسبه فرمول مولکولی آلکین:

$$\frac{\text{جرم H اضافه شده}}{\text{جرم آلکین اولیه}} \times 100 = \frac{4}{14n-2} \times 100 = 10 \Rightarrow n=3$$

از این رو فرمول مولکولی آلکین به صورت  $C_3H_4$  بوده و هر مولکول آن دارای ۴ اتم هیدروژن است. **مورد چهارم:** فرمول مولکولی ساده ترین آمین به صورت  $(CH_3NH_2)$  و فرمول مولکولی اگزالیک اسید به صورت  $C_2H_2O_4$  است. محاسبه درصد جرمی اتم هیدروژن در آمین:  $(CH_3NH_2)$

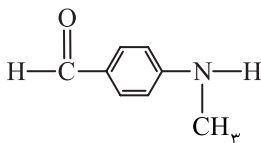
$$\%H(CH_3NH_2) = \frac{5}{31} \times 100 = \%16/13$$

محاسبه درصد جرمی اتم اکسیژن در اگزالیک اسید  $(C_2H_2O_4)$ :

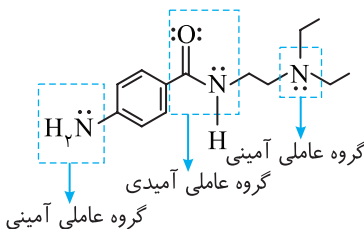
$$\%O(C_2H_2O_4) = \frac{4 \times 16}{90} \times 100 = \%71/11$$

نسبت درصد جرمی اتم هیدروژن در آمین به درصد جرمی اتم اکسیژن در اگزالیک اسید حدوداً برابر  $(\frac{16/13}{71/11}) \approx 0/22$  است.

۱۵۳۰ ۴ عبارت های (ت) و (ث) در مورد آمیدها نادرست هستند. فرمول ساختاری آمیدها به طور طبیعی به صورت  $R_1-C(=O)-N(R_2)-R_3$  نمایش داده می شود.  $R_1$

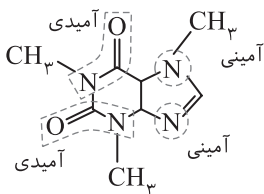


$R_2$  و  $R_3$  می توانند هیدروژن یا گروه های هیدروکربنی باشند. عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین یا آمونیاک به دست می آید و آب، فراورده جانبی این واکنش می باشد. مو، ناخن، پوست بدن ما و همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه های از پلیمرهای طبیعی هستند که در ساختار آنها گروه عاملی آمید در طول زنجیر هیدروکربنی تکرار شده است. اتم های C، H و O در آمیدها و پلی استرها مشترکند، اما اتم نیتروژن فقط در آمیدها دیده می شود. در ضمن همه ترکیباتی که اتم های C، H، N، O دارند جزء آمیدها نیستند، برای نمونه ساختار مقابل مربوط به یک آمید نیست!



۱۵۳۱ ۳ همه موارد به جز مورد اول درست اند. فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_{13}H_{17}N_3O$  است. در ساختار این ترکیب ۲ گروه عاملی آمینی و یک گروه عاملی آمیدی وجود دارد. هر اتم نیتروژن یک جفت الکترون ناپیوندی و هر اتم اکسیژن دو جفت الکترون ناپیوندی دارد که مجموعاً می شود ۵ جفت الکترون ناپیوندی. در ساختار این مولکول ۳ اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن وجود دارد که می توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت داشته باشند.

★ نکته در ترکیب هایی که تعداد اتم های N در آنها فرد است، مجموع تعداد اتم های H و هالوژن ها همواره فرد خواهد بود. برای نمونه در ساختار بالا، به دلیل وجود سه اتم N و نبودن اتم هالوژن، تعداد اتم های هیدروژن در فرمول مولکولی حتماً باید فرد باشد.



۱۵۳۲ ۳ عبارت های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت ها: **عبارت اول:** فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_8H_{12}N_4O_2$  است:

$$? g C_8H_{12}N_4O_2 = 0/2 \text{ mol } C_8H_{12}N_4O_2 \times \frac{196 g C_8H_{12}N_4O_2}{1 \text{ mol } C_8H_{12}N_4O_2} = 39/2 g C_8H_{12}N_4O_2$$

**عبارت دوم:** این ترکیب دارای دو گروه عاملی آمیدی و دو گروه عاملی آمینی است. **عبارت سوم:** با توجه به شکل بالا، شمار پیوندهای C—N در این ترکیب برابر ۱۰ عدد است. همچنین شمار پیوندهای C—H برابر ۱۲ عدد است. **عبارت چهارم:** با توجه به شکل و شمارش پیوندها، این ترکیب دارای ۳۰ جفت الکترون پیوندی است. شمار جفت الکترون های پیوندی را می توان از رابطه زیر نیز به دست آورد:

$$\text{شمار جفت الکترون های پیوندی} = \frac{(N \times 2) + (O \times 2) + (C \times 4)}{2} = \frac{(4 \times 2) + (2 \times 2) + (8 \times 4)}{2} = 30$$

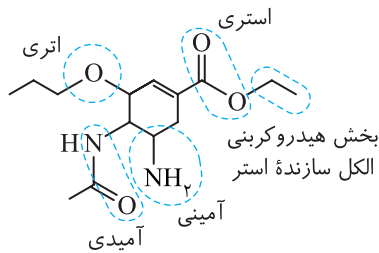
$$\text{شمار جفت الکترون های پیوندی} = \frac{(8 \times 4) + (12 \times 1) + (2 \times 2) + (4 \times 3)}{2} = 30$$

همچنین می دانیم که در ترکیبات آلی، به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت الکترون ناپیوندی و به ازای هر اتم نیتروژن، ۱ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ بنابراین در این

$$\frac{\text{شمار جفت الکترون های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون های ناپیوندی}} = \frac{30}{8} = 3/75$$

ترکیب ۸  $(2 \times 2 + 4 \times 1)$  جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.





۴ ۱۵۳۳ C همه عبارات درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی این ترکیب  $C_{16}H_{28}N_2O_4$  است و چون دارای اتم‌های هیدروژن متصل به اتم نیتروژن است، پس می‌تواند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کند. عبارت (ب): این مولکول دارای گروه‌های عاملی آمینی، آمیدی، اتری و استری است. این مولکول را می‌توان یک استر در نظر گرفت و چون بخش هیدروکربنی الکل سازنده آن دارای ۲ اتم کربن است، این الکل اتانول است. از این رو از آبکافت آن در شرایط مناسب اتانول تولید می‌شود. عبارت (پ): این مولکول دارای یک پیوند  $C=C$  بوده و سیر نشده است؛ از این رو در واکنش با بخار برم، رنگ قرمز برم را از این می‌برد و چون دارای حلقه بنزنی نیست، غیر آروماتیک محسوب می‌شود. عبارت (ت): در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن دارای ۲ جفت الکترون ناپیوندی و هر اتم نیتروژن دارای ۱ جفت الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین هر مولکول این ترکیب دارای ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی است. همان‌طور که در مورد (ب) گفته شد، این ترکیب دارای گروه‌های عاملی آمینی، آمیدی، اتری و استری است. عبارت (ث): معادله موازنه شده سوختن این ماده به صورت مقابل است:  $C_{16}H_{28}N_2O_4 + 21O_2 + 14H_2O + N_2$

مقدار کربن دی‌اکسید و آب تولیدی به ازای سوختن ۰/۱ مول از این ماده برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? g CO_2 = 0.1 \text{ mol ماده} \times \frac{16 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol ماده}} \times \frac{44 g CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 7.04 g CO_2, \quad ? \text{ mol } H_2O = 0.1 \text{ mol ماده} \times \frac{14 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol ماده}} = 1.4 \text{ mol } H_2O$$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{مول مصرفی ماده}}{\text{ضرب}} = \frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{ضرب}} = \frac{\text{مول آب}}{\text{ضرب}} \Rightarrow \frac{0.1 \text{ mol}}{1} = \frac{x}{16 \times 44 g \cdot mol^{-1}} = \frac{y}{14} \Rightarrow x = 7.04 g CO_2, y = 1.4 \text{ mol } H_2O$

۴ ۱۵۳۴ C فرمول کلی آمیدهای تک‌عاملی که دارای گروه‌های (های) R سیر شده هستند به صورت  $C_nH_{2n+1}ON$  است و فرمول مولکولی متیل آمین و آمید مورد نظر به ترتیب  $CH_5N$  و  $C_2H_5ON$  است. معادله سوختن متیل آمین و آمید داده شده به صورت زیر می‌باشد:



مقدار آب، گاز و نیتروژن تولیدی در اثر سوختن هر یک از ترکیب‌ها: مقدار متیل آمین را x و مقدار آمید را y مول فرض گرفته و مقدار مول  $H_2O$  تولیدی را محاسبه می‌کنیم و مساوی ۴/۸ قرار می‌دهیم:

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ mol } H_2O (1 \text{ واکنش}) &= (x) \text{ mol } CH_5N \times \frac{10 \text{ mol } H_2O}{4 \text{ mol } CH_5N} = (2.5x) \text{ mol } H_2O \\ ? \text{ mol } H_2O (2 \text{ واکنش}) &= (y) \text{ mol } C_2H_5ON \times \frac{18 \text{ mol } H_2O}{4 \text{ mol } C_2H_5ON} = (4.5y) \text{ mol } H_2O \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2.5x + 4.5y = 4/8 \quad (I)$$

سپس حجم  $N_2$  تولیدی در دو واکنش را محاسبه کرده و مساوی ۱۷/۹۲ قرار می‌دهیم:

$$\left. \begin{aligned} ? L N_2 (1 \text{ واکنش}) &= (x) \text{ mol } CH_5N \times \frac{2 \text{ mol } N_2}{4 \text{ mol } CH_5N} \times \frac{22.4 L N_2}{1 \text{ mol } N_2} = (11/2x) L N_2 \\ ? L N_2 (2 \text{ واکنش}) &= (y) \text{ mol } C_2H_5ON \times \frac{2 \text{ mol } N_2}{4 \text{ mol } C_2H_5ON} \times \frac{22.4 L N_2}{1 \text{ mol } N_2} = (11/2y) L N_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 11/2x + 11/2y = 17/92 \quad (II)$$

از رابطه‌های (I) و (II) مقادیر x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\left\{ \begin{aligned} 2.5x + 4.5y &= 4/8 \\ 11/2x + 11/2y &= 17/92 \end{aligned} \right. \Rightarrow x = 1/2 \text{ mol}, y = 0.4 \text{ mol}$$

در ادامه جرم متیل آمین و آمید را محاسبه می‌کنیم:

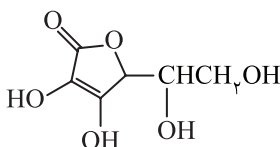
$$? g CH_5N = 1/2 \text{ mol } CH_5N \times \frac{31 g CH_5N}{1 \text{ mol } CH_5N} = 37/2 g CH_5N, \quad ? g C_2H_5ON = 0.4 \text{ mol } C_2H_5ON \times \frac{89 g C_2H_5ON}{1 \text{ mol } C_2H_5ON} = 34.8 g C_2H_5ON$$

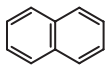
پس جرم ناخالصی موجود در نمونه برابر است با: ناخالصی  $120 - (37/2 + 34.8) = 48 g$

درصد ناخالصی در مخلوط اولیه برابر است با:  $\% \text{ ناخالصی} = \frac{\text{جرم ناخالصی}}{\text{جرم نمونه مخلوط}} \times 100 = \frac{48}{120} \times 100 = 40\%$

۱ ۱۵۳۵ B موارد مربوط به ویتامین (A) درست است. برای بررسی ساختار ویتامین‌ها به درسنامه مراجعه کنید.

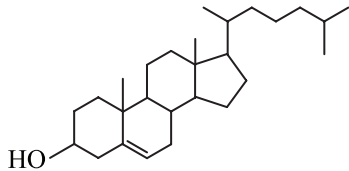
۱ ۱۵۳۶ A شکل نشان داده شده مربوط به مرکبات است که یکی از منابع ویتامین C است. ساختار مولکول ویتامین C به صورت روبه‌رو می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در ساختار این ویتامین چهار گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی استری وجود دارد. در مولکول این ویتامین، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غالب است و به عبارتی در ساختار آن پیوند هیدروژنی بر نیروهای وان‌دروالسی غلبه دارد و یک ترکیب محلول در آب است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): ویتامین C یک ویتامین محلول در آب است و نسبت به ویتامین A، خاصیت آب‌دوستی بیشتری دارد. گزینه (۳): در ساختار این ویتامین یک گروه استری نیز وجود دارد. گزینه (۴): این ویتامین محلول در آب است و در بافت‌های چربی بدن ذخیره نمی‌شود.





۱۵۳۷ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول نشان داده شده، ویتامین A است که در گیاه هویج

یافت می‌شود. عبارت (ب): در ساختار مولکول ویتامین A همانند مولکول نفتالن، ۵ پیوند دوگانه کربن - کربن وجود دارد. ساختار پیوند - خط نفتالن به صورت روبه‌رو است. عبارت (پ): در ساختار این ترکیب قسمت ناقطبی مولکول بسیار بزرگ‌تر از قسمت قطبی مولکول است، بنابراین این ترکیب در مجموع یک ترکیب ناقطبی به حساب می‌آید و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_{20}H_{30}O$  یا  $C_{20}H_{29}OH$  است. عبارت (ت): این ترکیب به دلیل داشتن گروه عاملی هیدروکسیل، یک الکل و به دلیل داشتن پیوندهای دوگانه، سیر نشده است. از آنجا که در ساختار آن حلقه بنزن وجود ندارد، بنابراین این ترکیب آروماتیک نیست. به عبارتی می‌توان گفت ویتامین A یک الکل حلقوی سیر نشده است.



۱۵۳۸ B فقط مورد (ت) درباره مولکول ویتامین D نادرست است. شکل نشان داده شده در صورت تست مربوط به

ویتامین D است. بررسی موارد: مورد (الف): در ساختار این ترکیب قسمت غیرقطبی مولکول (قسمت هیدروکربنی) بسیار بزرگ‌تر از قسمت قطبی مولکول (گروه OH) است، بنابراین این ترکیب در مجموع یک ترکیب ناقطبی و نیروهای بین‌مولکولی غالب در آن از نوع وان‌دروالسی است. مورد (ب): در ساختار هر دو مولکول، حلقه‌های ۵ و ۶ ضلعی از اتم‌های کربن دیده می‌شود. در شکل روبه‌رو، ساختار کلسترول را مشاهده می‌کنید. مورد (پ): در ساختار این مولکول، ۴ پیوند دوگانه کربن - کربن دیده می‌شود. به ازای هر پیوند دوگانه، مولکول ویتامین D می‌تواند با یک مولکول  $H_2$  وارد واکنش شود که در مجموع ۴ مولکول  $H_2$  می‌شود و تبدیل به یک ترکیب سیر شده می‌شود.

\* توجه: مولکول ویتامین D مانند مولکول ویتامین A یک الکل حلقوی سیر نشده است.

مورد (ت): این ویتامین ۲۸ اتم کربن در مولکول خود دارد. فرمول عمومی آلکان‌ها به صورت  $C_nH_{2n+2}$  است و آلکانی با ۱۴ اتم کربن، در مولکول خود ۳۰ اتم هیدروژن دارد.

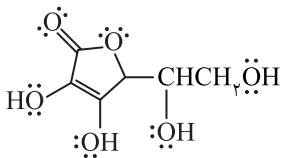
۱۵۳۹ B عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شمار اتم‌های کربن و اکسیژن در این مولکول با هم برابر و مساوی ۶ است.

عبارت (ب): برای محاسبه تعداد پیوندهای اشتراکی، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$C = \frac{(2 \times \text{تعداد اتم‌های اکسیژن}) + (1 \times \text{تعداد اتم‌های هیدروژن}) + (4 \times \text{تعداد اتم‌های کربن})}{2}$$

$$= \frac{(2 \times 6) + (1 \times 8) + (4 \times 6)}{2} = \frac{44}{2} = 22$$

عبارت (پ): ساختار نشان داده شده مربوط به مولکول ویتامین C با فرمول مولکولی  $C_6H_8O_6$  است.



$$\begin{cases} C_6H_8O_6 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ C_6H_{10}O_6 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی} = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

عبارت (ت): در ساختار این مولکول، ۶ اتم اکسیژن وجود دارد. روی هر اتم اکسیژن ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد که مجموعاً ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی می‌شود.

عبارت (ث): شمار اتم‌های هیدروژن در بنزوئیک اسید ( $C_7H_6O_2$ ) برابر ۶ و در ترکیب نشان داده شده برابر ۸ است.  $(8-6=2)$

۱۵۴۰ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گروه عاملی موجود در این ترکیب، گروه عاملی کتوننی و ترکیب آلی موجود در

بادام، بنزالدهید با گروه عاملی آلدئیدی است. عبارت (ب): این ترکیب حلقه بنزنی دارد و به همین دلیل جزء ترکیب‌های آروماتیک است. ویتامین K در سبزیجات یافت می‌شود. عبارت (پ): در ساختار این مولکول اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد، بنابراین این مولکول قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیست. در مولکول ویتامین K، بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد. از این رو برهم‌کنش اصلی بین مولکول‌های آن از نوع وان‌دروالسی است. عبارت (ت): در این مولکول پیوند دوگانه کربن - کربن دیده می‌شود. پس با وارد کردن این ماده در محلول حاوی  $Br_2$ ، این محلول کم‌رنگ یا بی‌رنگ می‌شود. عبارت (ث): در ساختار این ترکیب ۷ اتم کربن وجود دارد که با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند.

۱۵۴۱ B پاسخ درست پرسش‌ها به این صورت است: پرسش (الف): در ویتامین‌های A، D و C گروه عاملی هیدروکسیل وجود دارد، بنابراین این سه ترکیب می‌توانند

با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند، اما در ساختار ویتامین K، گروه عاملی کتوننی دیده می‌شود و اتم H متصل به اتم O وجود ندارد تا بتواند با مولکول خود پیوند هیدروژنی ایجاد کند. پرسش (ب): در مولکول ویتامین C، ۴ گروه هیدروکسیل و یک گروه استری وجود دارد که مجموعاً ۶ اتم اکسیژن دارد. در ساختار ویتامین K، دو گروه کتوننی وجود دارد که مجموعاً ۲ اتم اکسیژن می‌شود. پرسش (پ): در میان چهار ویتامین مورد نظر، فقط ویتامین K حلقه بنزنی دارد و جزء ترکیب‌های آروماتیک است.

۱۵۴۲ B ویتامین K یک ترکیب آروماتیک است، بنابراین ۴۵ گرم از این مخلوط را ویتامین K تشکیل داده است.

$$? \text{ atom O} = 45 \text{ g } C_{31}H_{46}O_7 \times \frac{1 \text{ mol } C_{31}H_{46}O_7}{450 \text{ g } C_{31}H_{46}O_7} \times \frac{7 \text{ mol atom O}}{1 \text{ mol } C_{31}H_{46}O_7} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom O}}{1 \text{ mol atom O}} = 1/20 \times 4 \times 10^{23} \text{ atom O}$$

$$? \text{ atom O} = 14/3 \text{ g } C_{20}H_{30}O \times \frac{1 \text{ mol } C_{20}H_{30}O}{286 \text{ g } C_{20}H_{30}O} \times \frac{1 \text{ mol atom O}}{1 \text{ mol } C_{20}H_{30}O} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom O}}{1 \text{ mol atom O}} = 0/30 \times 1 \times 10^{23} \text{ atom O}$$

$$\text{مجموع تعداد اتم‌های اکسیژن در مخلوط اولیه} = 1/20 \times 4 \times 10^{23} + 0/30 \times 1 \times 10^{23} = 1/50 \times 5 \times 10^{23} \text{ atom O}$$

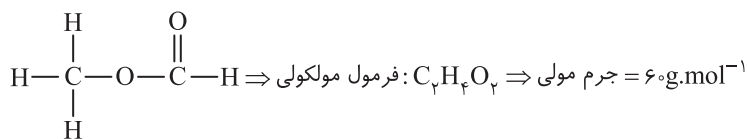
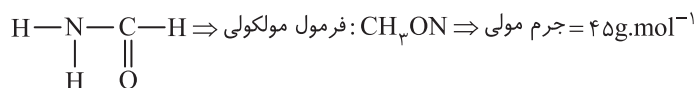
**B ۱۵۴۳ ۴** ویتامین C یک ترکیب محلول در آب و ویتامین K یک ترکیب نامحلول در آب است؛ بنابراین وقتی مخلوطی از ویتامین C و ویتامین K را در آب ریخته و به شدت هم می‌زنیم، ویتامین C برخلاف ویتامین K به‌طور کامل در آب حل می‌شود؛ بنابراین جامد جمع شده روی کاغذ صافی مربوط به ویتامین K است.  $\frac{1}{0.5} - \frac{1}{0.45} = \frac{1}{0.6g}$  جرم ویتامین C  $\frac{0.45g}{0.6g} = 0.75g$  جرم ویتامین K است.

با توجه به فرمول مولکولی ویتامین K که به‌صورت  $C_{31}H_{46}O_2$  است، در هر مولکول ویتامین K، ۳۱ اتم کربن وجود دارد، پس در اثر سوختن کامل یک مول از

آن، ۳۱ مول  $CO_2$  تولید می‌شود:  $\frac{31 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol K}} \times \frac{1 \text{ mol K}}{0.45g} = 68.89 \text{ mol } CO_2$  ویتامین K  $\frac{0.45g}{0.6g} = 0.75g$  ویتامین C  $\frac{0.45g}{0.6g} = 0.75g$

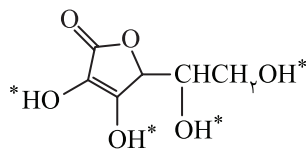
**C ۱۵۴۴ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): پلی‌اتن سنگین همانند سلولز شکل خطی دارد. عبارت (ب): سه الکل متانول، اتانول و پروپانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. پروپانول جرم مولی بیشتری نسبت به متانول و اتانول دارد و فرمول مولکولی آن به‌صورت  $C_3H_8O$  است.

عبارت (پ): فرمول ساختاری و فرمول شیمیایی ساده‌ترین آمید و ساده‌ترین استر به‌صورت زیر است:  $3(12) + 8(1) + 1(16) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$

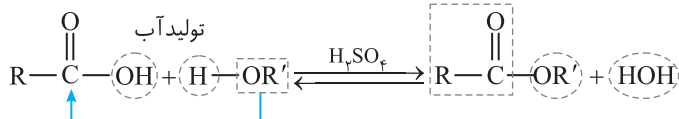


بنابراین خواهیم داشت:  $\frac{45}{60} = \frac{0.75}{x}$  جرم مولی ساده‌ترین آمید  $45$  جرم مولی ساده‌ترین استر  $60$

**عبارت (ت):** در ساختار ویتامین C، ۴ گروه هیدروکسیل (۴ اتم H متصل به اتم O) وجود دارد که می‌توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی نقش داشته باشند. هیدروژن‌های مورد نظر در ساختار مقابل که مربوط به ویتامین C است، با علامت ستاره (\*) نمایش داده شده است. **عبارت (ث):** فرمول عمومی هیدروکربن‌های زنجیری سیر شده (آلکان‌ها) به‌صورت  $C_nH_{2n+2}$  است. به ازای هر پیوند دوگانه (کربن - کربن)، ۲ عدد از حداکثر تعداد اتم‌های هیدروژن که یک هیدروکربن می‌تواند داشته باشد، کم می‌شود. پس حداکثر تعداد اتم‌های هیدروژن در این مولکول (یا به عبارتی تعداد اتم‌های هیدروژن در صورت سیر شده بودن مولکول) برابر است با:  $82 = 56 + 2(13) = 56 + 26 = 82$  تعداد پیوندهای دوگانه  $2$  تعداد اتم‌های H  $56$



$C_nH_{2n+2}$  در فرمول  $2n+2=82 \Rightarrow n=40$

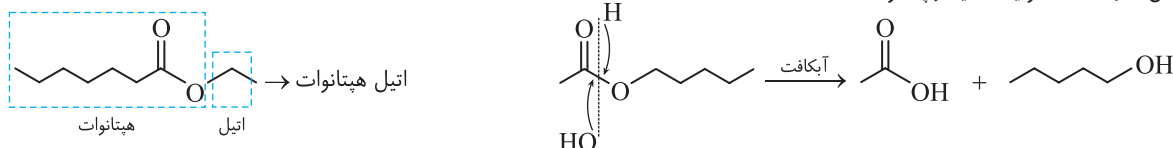


**B ۱۵۴۵ ۲** عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. معادله واکنش استری شدن به‌صورت زیر است:

واکنش استری شدن میان کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها انجام می‌شود و یک واکنش برگشت‌پذیر است. در این واکنش OH از اسید و H از الکل با هم ترکیب شده و مولکول آب را تولید می‌کنند. مجموع تعداد اتم‌های هیدروژن در الکل و اسید سازنده یک استر، برابر با مجموع تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در استر و تعداد اتم‌های هیدروژن در آب است؛ به عبارت دیگر:  $2 + \text{تعداد اتم‌های هیدروژن در الکل} = \text{تعداد اتم‌های هیدروژن در الکل} + \text{تعداد اتم‌های هیدروژن در اسید}$

در این واکنش‌ها از کاتالیزگرهای اسیدی مانند  $H_2SO_4$  استفاده می‌شود. در واقع  $H^+$  است که در این واکنش‌ها نقش کاتالیزگر ایفا می‌کند. کاتالیزگرها سرعت واکنش را افزایش می‌دهند، اما بر مقدار نهایی فرآورده‌ها بی‌تأثیرند.

**B ۱۵۴۶ ۲** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در نام استر، قسمت آلکیل مربوط به الکل سازنده و قسمت آلکانوات مربوط به کربوکسیلیک اسید سازنده است. ساختار استر ایجادکننده طعم و بوی انگور به‌صورت زیر است. **عبارت (ب):** ساختار استر ایجادکننده طعم و بوی موز به‌صورت زیر بوده و اسید و الکل سازنده آن اتانوئیک اسید و پنتانول است:



کربوکسیلیک اسید سازنده استر موز، اتانوئیک اسید و کربوکسیلیک اسید سازنده استر آناناس (اتیل بوتانووات)، بوتانوئیک اسید است. **عبارت (پ):** با توجه به موارد (الف) و (ب)، الکل سازنده استر موز، پنتانول با فرمول مولکولی  $C_5H_{12}O$  و اسید سازنده استر انگور، هپتانوئیک اسید با فرمول مولکولی  $C_7H_{14}O_2$  است.

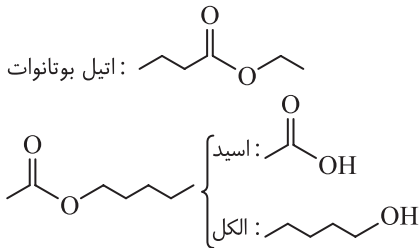
$C_5H_{12}O$  جرم مولی  $88 \text{ g.mol}^{-1} = 5(12) + 12(1) + 1(16)$  جرم مولی  $130 \text{ g.mol}^{-1} = 7(12) + 14(1) + 2(16)$  جرم مولی  $130 - 88 = 42 \text{ g.mol}^{-1}$  اختلاف جرم مولی  $\Rightarrow$

**عبارت (ت):** الکل سازنده استر ایجادکننده طعم و بوی موز، پنتانول با فرمول مولکولی  $C_5H_{12}O$  و استر ایجادکننده طعم و بوی سیب، متیل بوتانووات با فرمول

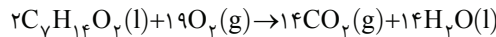
$\frac{C_5H_{12}O}{C_5H_{10}O_2} = \frac{12}{10} = 1.2$  تعداد اتم‌های هیدروژن  $12$  تعداد اتم‌های هیدروژن  $10$  مولکولی  $C_5H_{10}O_2$  است.



۱۵۴۷ B عبارت‌های (پ) و (ت) جمله داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. بررسی موارد: **مورد (الف):** اگر الکل سازنده  $C_6H_{14}O_2$  پروپانول با فرمول  $C_3H_8O$  باشد، اسید سازنده آن باید اسیدی ۳ کربنه باشد که نام آن پروپانوئیک اسید و فرمول مولکولی آن  $C_3H_6O_2$  است. استون مولکولی با ۳ اتم کربن و با فرمول مولکولی  $C_3H_6O$  است. **مورد (ب):** اگر الکل سازنده  $C_6H_{14}O_2$  متانول با فرمول  $CH_3OH$  باشد، اسید سازنده آن باید ۵ اتم کربن داشته باشد. استر سازنده بو و طعم آناناس اتیل بوتانات است. اسید سازنده این استر، بوتانوئیک اسید است که در هر مولکول آن ۴ اتم کربن وجود دارد. **مورد (پ):** اگر کربوکسیلیک اسید سازنده استری با فرمول  $C_6H_{14}O_2$  استیک اسید ( $C_2H_4O_2$ ) باشد، الکل سازنده آن باید الکی ۴ کربنه باشد که نام آن بوتانول است. نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است که در آن، قسمت آلکیل متعلق به الکل و قسمت آلکانوات متعلق به اسید است. بنابراین نام استر تولید شده، بوتیل اتانوات خواهد بود. **مورد (ت):** اگر کربوکسیلیک اسید سازنده  $C_6H_{14}O_2$  بوتانوئیک اسید با فرمول  $C_4H_8O_2$  باشد، الکل سازنده آن باید ۲ اتم کربن داشته باشد که نام آن اتانول و فرمول مولکولی آن به صورت  $C_2H_6O$  است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در هر مولکول اتانول، ۶ اتم هیدروژن وجود دارد.



۱۵۴۸ B عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** استر نشان داده شده پنتیل اتانوات است، اما بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود ایتیل بوتانات در آن است. **عبارت (ب):** الکل و اسید سازنده این استر به ترتیب پنتانول و اتانوئیک اسید است. در هر دو ترکیب بخش قطبی بر بخش ناقطبی غالب است، از این‌رو هر دو محلول در آب هستند. **عبارت (پ):** با توجه به توضیحات قسمت قبل، اسید سازنده این استر، اتانوئیک اسید با فرمول مولکولی  $C_2H_4O_2$  است. ساده‌ترین آلکن، اتن با فرمول مولکولی  $C_2H_4$  است. جرم مولی اتانوئیک اسید به اندازه ۲ اتم اکسیژن، یعنی ۳۲ گرم بر مول از جرم مولی اتن بیشتر است. **عبارت (ت):** معادله موازنه شده واکنش سوختن این استر در شرایط STP به صورت زیر است: (در شرایط STP،  $H_2O$  به صورت مایع یا جامد است.)



مقدار گاز تولیدی در اثر سوختن ۱/۱ مول از استر در شرایط STP برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } CO_2 = \frac{1}{1} \text{ mol } C_4H_{10}O_2 \times \frac{14 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_4H_{10}O_2} = 7 \text{ mol } CO_2$$

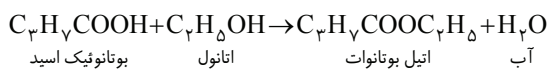
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول استر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول } CO_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{1} = \frac{x}{14} \Rightarrow x = 14 \text{ mol}$$

**عبارت (ث):** فرمول مولکولی این استر به صورت  $C_7H_{14}O_2$  است. در این ترکیب شمار پیوندهای C—H با تعداد اتم‌های هیدروژن ترکیب برابر بوده و برابر ۱۴ است. با توجه به ساختار استر، شمار پیوندهای C—C نیز برابر ۵ است؛ بنابراین:

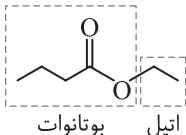
$$\frac{\text{شمار پیوندهای C—H}}{\text{شمار پیوندهای C—C}} = \frac{14}{5} = 2\frac{4}{5}$$

۱۵۴۹ B فقط عبارت اول نادرست است. استر سازنده بو و طعم آناناس، ایتیل بوتانات با فرمول مولکولی  $C_6H_{14}O_2$  است. **عبارت اول:** الکل و اسید سازنده این استر اتانول و بوتانوئیک اسید هستند. (قسمت آلکیل نام استر مربوط به الکل و قسمت آلکانوات مربوط به اسید است.)



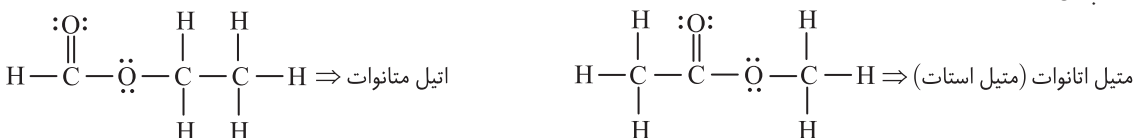
**عبارت دوم:** فرمول مولکولی این استر به صورت  $C_6H_{14}O_2$  و فرمول مولکولی گلوکز،  $C_6H_{12}O_6$  است. **عبارت سوم:** هگزانوئیک اسید، یک کربوکسیلیک اسید ۶ کربنه با فرمول مولکولی  $C_6H_{12}O_2$  است. استر ایجادکننده طعم و بوی خوش آناناس و هگزانوئیک اسید فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند و به همین علت ایزومر یکدیگر هستند.

\* **توجه:** استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد کربن برابر به شرطی که تک‌عاملی باشند و گروه‌های هیدروکربنی آن‌ها خطی و سیرشده باشد، ایزومر یکدیگر هستند.

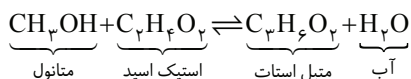


**عبارت چهارم:** فرمول نقطه - خط ایتیل بوتانات را می‌توان به صورت مقابل نمایش داد:

۱۵۵۰ B به جز عبارت دوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** فرمول ترکیب مورد نظر، مربوط به یک استر سه کربنی است. این استر دو حالت می‌تواند داشته باشد:



**عبارت دوم:** از آنجایی که در استرها، هیچ اتم هیدروژنی به طور مستقیم به اکسیژن متصل نیست و فاقد پیوند O—H است؛ بنابراین پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آن‌ها برقرار نمی‌شود. **عبارت سوم:** در اثر واکنش میان کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، استر مربوطه به همراه آب تولید می‌شود:







عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به دلیل وجود گروه عاملی هیدروکسیل (OH) در ساختار این ترکیب، این ماده در

واکنش با یک اسید آلی مثل استیک اسید، فرآورده آلی با گروه عاملی استری (O—C=O) تشکیل می‌شود. عبارت (ب): در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن دارای ۲ جفت الکترون ناپیوندی است، از این رو این ترکیب دارای ۶ جفت الکترون ناپیوندی و ویتامین C دارای ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین تعداد جفت الکترون‌های ناپیوندی این ترکیب نصف تعداد جفت الکترون‌های ناپیوندی ویتامین C است. عبارت (پ): فرمول مولکولی این ترکیب  $C_{21}H_{30}O_3$  بوده و دارای دو گروه عاملی کتونی و یک گروه عاملی هیدروکسیل است.

عبارت (ت): معادله موازنه شده واکنش سوختن این ترکیب به صورت مقابل است:  
حجم گاز  $CO_2$  تولیدی در اثر سوختن ۱ مول از این ترکیب برابر است با:

$$? L CO_2 = 1 \text{ mol } C_{21}H_{30}O_3 \times \frac{21 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_{21}H_{30}O_3} \times \frac{22/4 L CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 470/4 L CO_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول ترکیب}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز } CO_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1 \text{ mol}}{21 \times 22/4 L \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{x L CO_2}{470/4 L CO_2}$$

روش دوم (تناسب):

قسمت اول: بوتانول، الکلی با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}O$  است. فرض می‌کنیم که کربوکسیلیک اسید سازنده این استر، n اتم کربن دارد و فرمول



$$12(4+n) + 1(8+2n) + 2(16) = 88 + 14n$$

$$3/7g C_4H_{10}O \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_{10}O}{74g C_4H_{10}O} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{1 \text{ mol } C_4H_{10}O} \times \frac{(88+14n)g \text{ استر}}{1 \text{ mol استر}} = 5/8g \text{ استر} \Rightarrow n=2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم الکل}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/7}{1 \times 74} = \frac{5/8}{1 \times (88+14n)} \Rightarrow n=2$$

روش دوم (تناسب):

پس فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید سازنده این استر،  $C_2H_4O_2$  است.

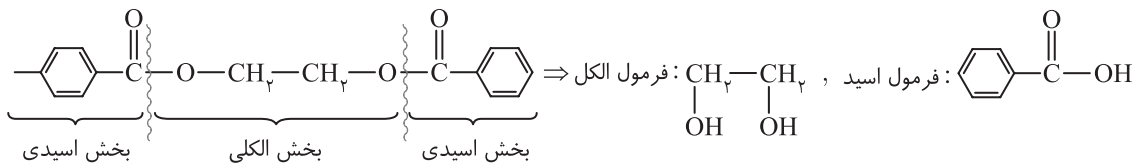
قسمت دوم: واکنش سوختن بوتیل متانوات ( $C_4H_8O_2$ ) به صورت  $2C_4H_8O_2 + 13O_2 \rightarrow 10CO_2 + 10H_2O$  است.

$$? g C_4H_8O_2 = 3/7g C_4H_{10}O \times \frac{1 \text{ mol } C_4H_{10}O}{74g C_4H_{10}O} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_4H_{10}O} \times \frac{2 \text{ mol } C_4H_8O_2}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{102g C_4H_8O_2}{1 \text{ mol } C_4H_8O_2} = 10/7g C_4H_8O_2$$

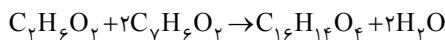
$$\frac{3/7 \times 2 \times 102}{74 \times 10} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{3/7 \times 2 \times 102}{74 \times 10} = 10/7$$

+ توضیح محاسبات

با توجه به ساختار دی‌استر، مشخص است که الکل سازنده این استر دو عاملی و اسید سازنده آن تک‌عاملی است.



فرمول مولکولی الکل سازنده این استر،  $C_2H_6O_2$  و فرمول مولکولی اسید سازنده آن،  $C_7H_{14}O_2$  است. معادله موازنه شده واکنش تولید دی‌استر به صورت زیر است:



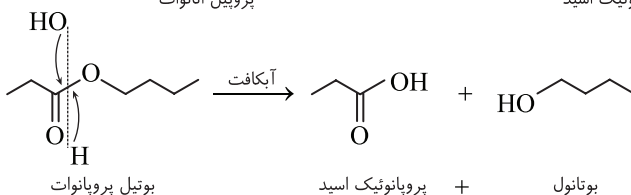
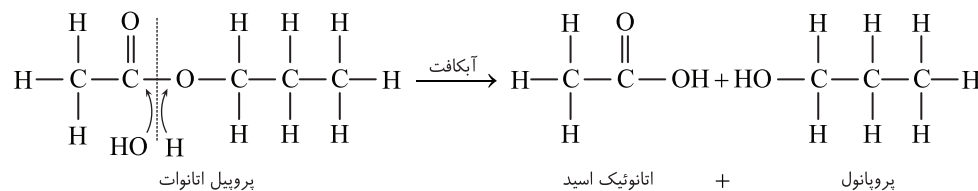
$$? g C_{16}H_{14}O_4 = 48/8g C_7H_{14}O_2 \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_{14}O_2}{122g C_7H_{14}O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_{16}H_{14}O_4}{2 \text{ mol } C_7H_{14}O_2} \times \frac{270g C_{16}H_{14}O_4}{1 \text{ mol } C_{16}H_{14}O_4} = 54g C_{16}H_{14}O_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{48/8}{2 \times 122} = \frac{x g C_{16}H_{14}O_4}{1 \times 270} \Rightarrow x = 54g C_{16}H_{14}O_4$$

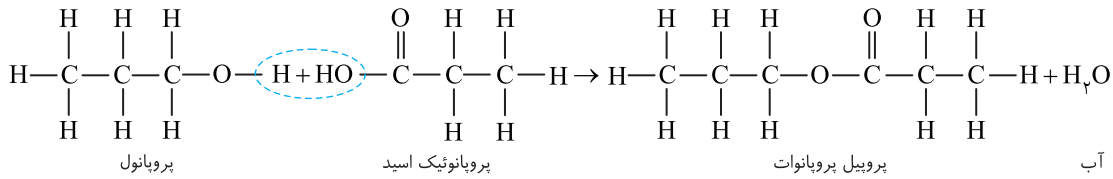
روش دوم (تناسب):

پریش (الف): ابتدا الکل و اسید سازنده هر استر را تعیین می‌کنیم:





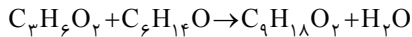
سپس استر حاصل از واکنش الکل استر A (پروپانول) و اسید استر B (پروپانویک اسید) را به دست می آوریم:



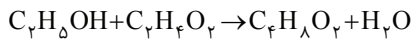
پرسش (ب): فرمول عمومی الکل های تک عاملی خطی سیرشده به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  است. بنابراین شماره اتم های کربن در این الکل برابر است با:

$$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}: \text{فرمول مولکولی الکل} \Rightarrow n=6 \Rightarrow 2n+2=14 \Rightarrow \text{تعداد اتم های هیدروژن}$$

فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک عاملی خطی سیرشده به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  است. بنابراین فرمول مولکولی اسیدی با ۳ اتم کربن به صورت  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$  است.



واکنش تولید استر حاصل از این اسید و الکل به صورت مقابل است:



پرسش (پ): قسمت اول: واکنش میان اتانول و استیک اسید به صورت روبه رو است:



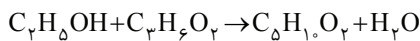
$$? \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 = 400 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{2 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{OH}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{OH}} \times \frac{6 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2} = 4/8 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$$

$$\text{جرم اکسیژن} = \frac{2 \times 16}{(4 \times 12) + (8 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = 36\%$$

قسمت دوم:



الکل تولید شده در واکنش تخمیر گلوکز: اتانول است: ۱ ۱۵۵۸

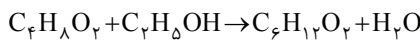


از واکنش اتانول با پروپانویک اسید، اتیل پروپانوات با فرمول مولکولی  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$  تولید می شود.

$$? \text{ g C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2 (\text{مقدار نظری}) = 108 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{102 \text{ g C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2} = 122/4 \text{ g C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2 (\text{مقدار نظری})$$

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{36/72}{122/4} \times 100 = 30\%$$

اتانول در اثر ترکیب شدن با بوتانویک اسید با فرمول  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ ، استر سازنده بوی آناناس یا همان اتیل بوتانوات را تولید می کند.

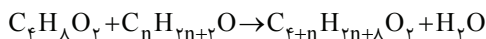


$$? \text{ ml C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2 = 108 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{3}{100} \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{88 \text{ g C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ ml C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2}{1/76 \text{ g C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2} = 18 \text{ ml C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$$

بازده درصدی

$$\frac{108 \times 30 \times 2 \times 88}{180 \times 100 \times 1/76} = ? \rightarrow \frac{108 \times 30 \times 2 \times 88}{3} = \frac{108 \times 88}{3 \times 100 \times 1/76} = \frac{36 \times 88}{100 \times 1/76} = \frac{36 \times 50}{100} = 18$$

+ توضیح محاسبات



فرض می کنیم که فرمول مولکولی الکل مصرف شده  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  است. ۱ ۱۵۵۹

$$\text{جرم مولی اسید مصرف شده} = 88 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{جرم الکل مصرف شده} = 14n + 18$$

$$\text{اختلاف جرم الکل و اسید مصرف شده به ازای مصرف یک مول از آنها} = 88 - (14n + 18) = (70 - 14n) \text{ g}$$

اگر یک مول اسید در این واکنش مصرف شود،  $(70 - 14n)$  گرم اختلاف جرم اسید مصرف شده و الکل مصرف شده است.

$$\text{اختلاف جرم} = 9 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{(70 - 14n) \text{ g}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2} = 14 \text{ g} \Rightarrow 35 - 7n = 14 \Rightarrow n = 3$$

پس الکل مصرف شده در این واکنش، پروپانول و اسید مصرف شده، بوتانویک اسید است. از آنجا که نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است و قسمت آلکیل مربوط به نام الکل و قسمت آلکانوات مربوط به نام اسید است، نام استر تولید شده در این واکنش پروپیل بوتانوات می باشد.

۴ ۱۵۶۰ قسمت اول: معادله این واکنش به صورت «آب + استر → اسید + پروپانول» است. ابتدا باید فرمول مولکولی استر تولید شده در این واکنش را به دست آوریم:

ابتدا جرم آب تولید شده را با استفاده از جرم استر تولیدی و درصد جرمی آب در فرآورده ها به دست می آوریم: (جرم آب تولیدی را x گرم در نظر می گیریم.)

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{x}{51+x} \times 100 = 15 \Rightarrow x = 9 \text{ g}$$



با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری استر و آب در معادله واکنش استری شدن یکسان و برابر یک است، پس محاسبه می‌کنیم که به ازای تولید ۹ گرم آب چند مول استر تولید می‌شود:

$$\text{استر } \Delta \text{mol} = 9 \text{g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.5 \text{ mol}$$

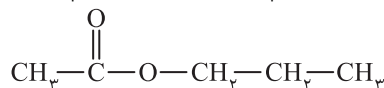
اکنون به سادگی می‌توانیم جرم مولی استر تولید شده را محاسبه و فرمول مولکولی آن را به دست آوریم:  $102 = 14n + 32 = 102 \Rightarrow n = 5 \Rightarrow \text{استر: C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$

با توجه به اینکه فرمول عمومی استرها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  است، داریم:

$$\text{فرمول مولکولی استر} = \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 14n + 32 = 102 \Rightarrow n = 5 \Rightarrow \text{استر: C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$$

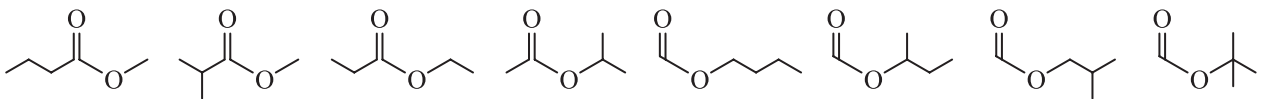
$$\frac{\text{جرم الکل ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{40 \times \frac{P}{100}}{60 \times 110} = \frac{51}{102 \times 1} \Rightarrow P = 7.5\%$$

به کمک روش تناسب، ادامه مسئله را حل می‌کنیم:



قسمت دوم: ساختار استر تولیدی به صورت مقابل است:

این استر دارای ۸ ایزومر ساختاری است که فرمول پیوند - خط آن‌ها در زیر رسم شده است:



فقط مورد (ت) نادرست است. بررسی موارد: عبارت (الف): الکل‌ها و اسیدهای دوعاملی و همچنین ترکیب‌هایی که دارای یک گروه عاملی الکلی و یک

گروه عاملی اسیدی هستند، می‌توانند در واکنش استری شدن شرکت کنند. ترکیب A دارای گروه‌های عاملی (OH) و اسیدی (C(=O)OH) است، از این رو

می‌تواند در واکنش استری شدن شرکت کند. اما ترکیب B دارای گروه‌های عاملی اسیدی و استری (C(=O)O) است و نمی‌تواند در واکنش استری شدن شرکت کند.

عبارت (ب): فرمول مولکولی ترکیب‌های A و B به ترتیب  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3$  و  $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4$  است. با توجه به معادله موازنه شده واکنش، جرم ترکیب B تولیدی به ازای مصرف ۸۹/۷ گرم از ترکیب A را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل): } ? \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4 = 89/7 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3}{138 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3} \times \frac{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4}{180 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4} \times \frac{180 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4} \times \frac{70}{100} = 81/9 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4$$

$$\text{روش دوم (تناسب): } \frac{\text{جرم ترکیب A} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم ترکیب B}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{89/7 \times \frac{70}{100}}{1 \times 138} = \frac{x \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4}{1 \times 180} \Rightarrow x = 81/9 \text{ g C}_9\text{H}_{18}\text{O}_4$$

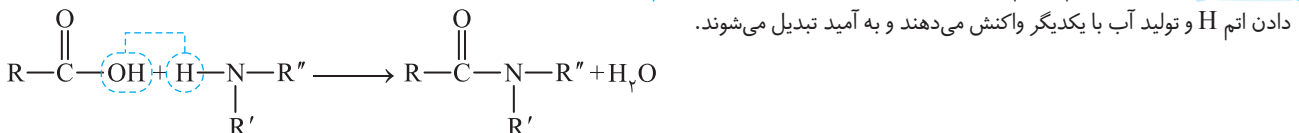
عبارت (پ): ارزش سوختی، گرمای حاصل از سوختن یک گرم از یک ماده است، بنابراین:

$$\text{ارزش سوختی A} = 1 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3}{138 \text{ g C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3} \times \frac{60/4 \text{ kJ}}{0.2 \text{ mol C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3} = 21/9 \text{ kJ}$$

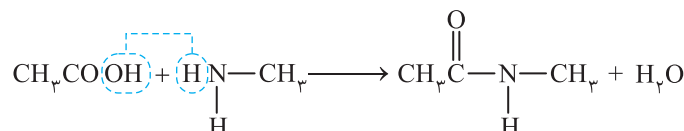
عبارت (ت): فرمول مولکولی دو ترکیب متفاوت است؛ از این رو نمی‌توانند ایزومر یکدیگر باشند. هر دو ترکیب همانند ترکیب آلی موجود در زردچوبه دارای گروه بنزنی بوده و آروماتیک هستند، اما این دو ترکیب گروه عاملی مشترکی با ترکیب آلی موجود در زردچوبه ندارند.

\* توجه فرمول مولکولی ترکیب آلی موجود در زردچوبه  $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$  است. این ترکیب دارای گروه عاملی کتونی و یک حلقه بنزن است.

موارد اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول و سوم: در شرایط مناسب، کربوکسیلیک اسیدها با از دست دادن OH و آمین‌ها با از دست



مورد دوم: متیل آمین ( $\text{NH}_2-\text{CH}_3$ ) و اتانوئیک اسید ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) در شرایط مناسب، با یکدیگر واکنش داده و آمید تولید می‌کنند:



مورد چهارم: از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با آمین‌هایی که حداقل یک اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن دارند، می‌توان ترکیبی آمیدی تولید نمود. آمین‌های با ساختار مقابل چون فاقد پیوند N-H هستند، نمی‌توانند در واکنش آمیدی شدن شرکت کنند.

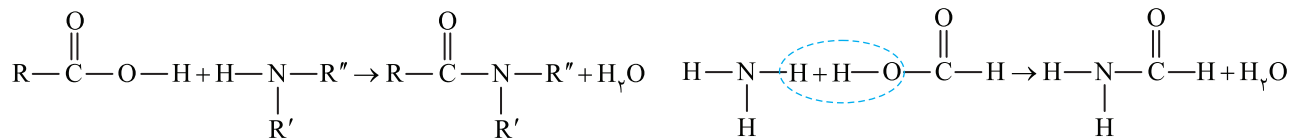


**B ۱۵۶۳ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول عمومی آمین‌ها به صورت مقابل است.  

$$R''-N-R$$

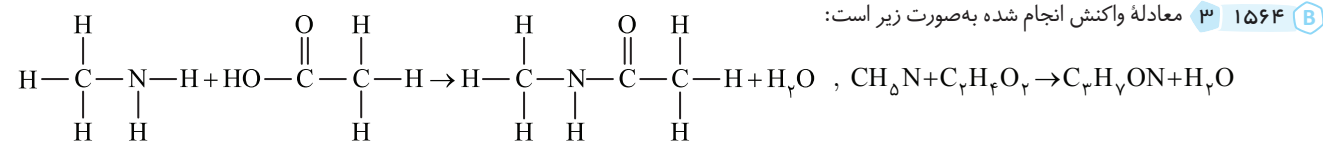
$$|$$

$$R'$$
 اگر هر سه گروه R، R' و R'' گروه‌های آلکیلی باشند، در این آمین هیچ اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن وجود ندارد که بتواند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کند. بنابراین آمین‌های تک‌عاملی که سه گروه آلکیلی متصل به اتم نیتروژن دارند، قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود نیستند. عبارت (ب): بوی بد ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است. (نه یک نوع آمین!) عبارت (پ): گروه عاملی آمیدی از واکنش سمت چپ به دست می‌آید. اگر در ساختار یک آمین هر سه گروه متصل به اتم نیتروژن گروه‌های آلکیلی باشند و به عبارتی در ساختار این آمین، اتم H متصل به اتم N وجود نداشته باشد، این آمین در واکنش با یک کربوکسیلیک اسید، گروه آمیدی ایجاد نمی‌کند. عبارت (ت): عامل آمیدی از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با آمین‌ها یا آمونیاک تولید می‌شود. بنابراین ساده‌ترین آمید از واکنش ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، یعنی متانوئیک اسید با آمونیاک به دست می‌آید.



**عبارت (ت):** فرمول عمومی آمین‌های تک‌عاملی دارای زنجیر سیرشده به صورت  $C_nH_{2n+3}N$  و فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی دارای زنجیر سیرشده به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است.

$$\left. \begin{array}{l} \text{فرمول آمین: } C_7H_9N \Rightarrow 2n+3=9 \Rightarrow n=3 \Rightarrow \text{آمین} \\ \text{فرمول اسید: } C_4H_8O_2 \Rightarrow 2n=8 \Rightarrow n=4 \Rightarrow \text{اسید} \end{array} \right\} \Rightarrow C_4H_8O_2 + C_7H_9N \rightarrow C_{11}H_{15}ON + H_2O$$



ساختار لوویس این ترکیب به صورت مقابل بوده و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در آن برابر با ۳ است. بررسی سایر گزینه‌ها:  
**گزینه (۱):** شمار اتم‌های هیدروژن در ساختار این ترکیب برابر با ۷ است. **گزینه (۲):** در ساختار این آمید، اتم H متصل به اتم N وجود دارد و به همین دلیل این ترکیب قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود و مولکول‌های آب می‌باشد.

**گزینه (۴):**

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم اتم‌های کربن}}{\text{جرم مولکول}} \times 100 = \frac{3 \times 12}{(3 \times 12) + (7 \times 1) + (1 \times 14) + (1 \times 16)} \times 100 = 49.3\%$$

**B ۱۵۶۵ ۲** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار این ماده گروه‌های عاملی آمینی و آمیدی وجود دارد. عبارت (ب): فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_{14}H_{22}N_2O$  است. عبارت (پ): شمار پیوندهای اشتراکی در یک ترکیب مولکولی را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:  

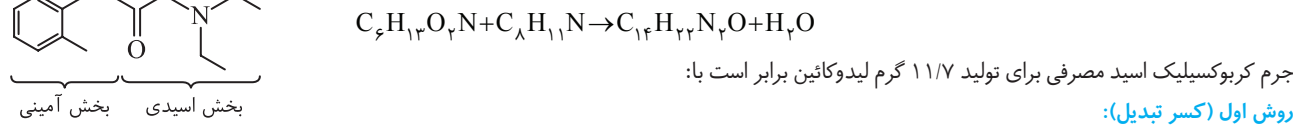
$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(\text{تعداد هیدروژن}) + (\text{تعداد اکسیژن} \times 2) + (\text{تعداد نیتروژن} \times 3) + (\text{تعداد کربن} \times 4)}{2}$$

محاسبه تعداد پیوندهای اشتراکی  $C_{14}H_{22}N_2O$ :

$$\text{تعداد پیوندهای اشتراکی} = \frac{(4 \times 14) + (3 \times 2) + (2 \times 1) + (22 \times 1)}{2} = 43$$

**عبارت (ت):** در ساختار هر مولکول آن، ۶ اتم وجود دارد که به اتم هیدروژن متصل نیستند. (اتم‌های مشخص شده در ساختار مقابل به اتم هیدروژن متصل نیستند)

**عبارت (ت):** طبق ساختار مقابل، فرمول اسید و آمین سازنده این ترکیب به ترتیب  $C_6H_{13}O_2N$  و  $C_8H_{11}N$  است.



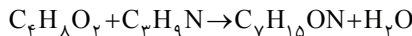
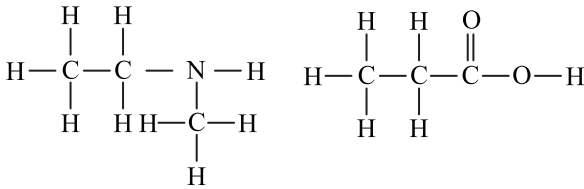
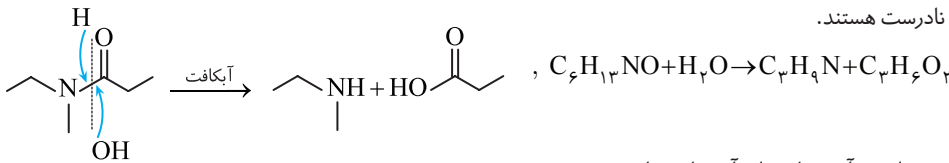
$$? \text{ g } C_6H_{13}O_2N = 11/7 \text{ g } C_{14}H_{22}N_2O \times \frac{1 \text{ mol } C_{14}H_{22}N_2O}{234 \text{ g } C_{14}H_{22}N_2O} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{13}O_2N}{1 \text{ mol } C_{14}H_{22}N_2O} \times \frac{131 \text{ g } C_6H_{13}O_2N}{1 \text{ mol } C_6H_{13}O_2N} \times \frac{100}{65/5} = 10 \text{ g } C_6H_{13}O_2N$$

**روش دوم (تناسب):**

$$\frac{\text{جرم لیدوکائین}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اسید} \times P}{100} \Rightarrow \frac{11/7}{1 \times 234} = \frac{x \text{ g } C_6H_{13}O_2N \times 65/5}{100} \Rightarrow x = 10 \text{ g } C_6H_{13}O_2N$$

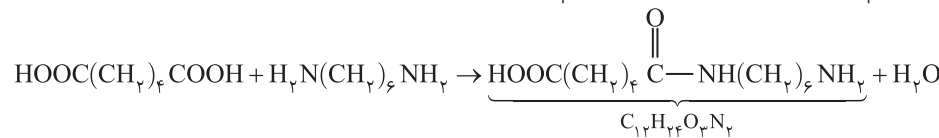


عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند.



**بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): شمار اتم‌های کربن در اسید و آمین سازنده این آمید با هم برابر و مساوی با ۳ است. عبارت (ب): فرمول ساختاری این آمین به صورت مقابل است (شکل چپ). شمار اتم‌های هیدروژن در این آمین برابر با ۹ می‌باشد. عبارت (پ): فرمول ساختاری این اسید به صورت مقابل است (شکل راست). در ساختار این مولکول، ۱۱ پیوند کووالانسی وجود دارد. عبارت (ت): از واکنش اتانول و کربوکسیلیک اسید سازنده آمید مورد نظر که پروپانویک اسید است، اتیل پروپانوات تولید می‌شود. نام استرها بر وزن آلکیل آلکانوات است که در آن قسمت آلکیل مربوط به نام الکل و قسمت آلکانوات مربوط به نام اسید است. عبارت (ث): کربوکسیلیک اسید استر ایجادکننده طعم و بوی آناناس، بوتانویک اسید با فرمول  $C_4H_8O_2$  است.

**۱۵۶۷ قسمت اول:** در فصل ۳ شیمی یازدهم خواندید که از واکنش دی‌اسیدها و دی‌آمین‌ها در شرایط مناسب، پلی‌آمید و آب تولید می‌شود. در مرحله اول این واکنش ابتدا دی‌اسید یک OH و دی‌آمین یک H از دست می‌دهند و اتم کربن گروه عاملی اسید با پیوند یگانه به اتم نیتروژن آمین متصل شده و طی این واکنش یک مولکول آب نیز تولید می‌شود:



با توجه به فرمول فراورده آلی (آمید تولیدی)، در هر مولکول آن، ۴۱ اتم وجود دارد. **قسمت دوم:** اکنون به کمک معادله واکنش بالا، جرم فراورده آلی حاصل را به دست می‌آوریم:

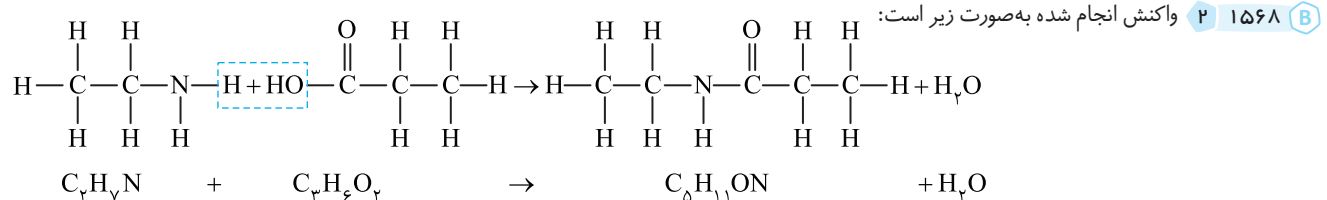
$$? \text{ g فراورده آلی} = \frac{244 \text{ g}}{1 \text{ mol اسید}} \times \frac{1 \text{ mol اسید}}{146 \text{ g اسید}} \times \frac{1 \text{ mol فراورده آلی}}{1 \text{ mol اسید}} = 48/8 \text{ g}$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم فراورده آلی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{29/2}{1 \times 146} = \frac{x}{1 \times 244} \Rightarrow x = 48/8 \text{ g}$$

**روش دوم (کسر تناسب):**

**\* توجه:** برای حل این تست می‌توانستید براساس قانون پایستگی جرم و بدون دانستن واکنش بین دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدها به پاسخ برسید. از آنجایی که در هر واکنش شیمیایی نه‌انمی به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، بنابراین شمار اتم‌های هر یک از عناصر می‌بایست در دو طرف واکنش با یکدیگر برابر باشد.



$$? \text{ g } C_5H_{11}ON = 9 \text{ g } C_2H_5N \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5N}{45 \text{ g } C_2H_5N} \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_{11}ON}{1 \text{ mol } C_2H_5N} \times \frac{101 \text{ g } C_5H_{11}ON}{1 \text{ mol } C_5H_{11}ON} = 20/2 \text{ g } C_5H_{11}ON$$

**قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم اتیل آمین}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آمید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{9}{45 \times 1} = \frac{x}{101 \times 1} \Rightarrow x = 20/2 \text{ g } C_5H_{11}ON$$

**روش دوم (تناسب):**

$$? \text{ g } C_3H_6O_2 = 9 \text{ g } C_2H_5N \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5N}{45 \text{ g } C_2H_5N} \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_6O_2}{1 \text{ mol } C_2H_5N} \times \frac{74 \text{ g } C_3H_6O_2}{1 \text{ mol } C_3H_6O_2} = 14/8 \text{ g } C_3H_6O_2$$

**قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم اتیل آمین}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{9}{45 \times 1} = \frac{x}{74 \times 1} \Rightarrow x = 14/8 \text{ g } C_3H_6O_2$$

**روش دوم (تناسب):**

۱۵۶۹ فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیر شده به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است.  $CH_5N + C_nH_{2n}O_2 \rightarrow C_{n+1}H_{2n+3}NO + H_2O$

$$12(n+1) + 1(2n+3) + 1(14) + 1(16) = (14n+45) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$12(n) + 1(2n) + 16(2) = (14n+32) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$14/8 \text{ g } C_nH_{2n}O_2 \times \frac{1 \text{ mol } C_nH_{2n}O_2}{(14n+32) \text{ g } C_nH_{2n}O_2} \times \frac{1 \text{ mol آمید}}{1 \text{ mol } C_nH_{2n}O_2} \times \frac{(14n+45) \text{ g آمید}}{1 \text{ mol آمید}} = 17/4 \text{ g} \Rightarrow n=3$$

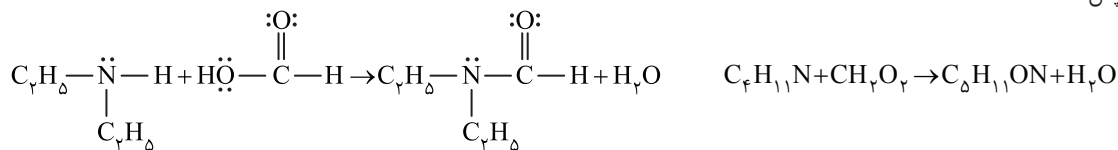
**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آمید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{14/8}{1 \times (14n+32)} = \frac{17/4}{1 \times (14n+45)} \Rightarrow n=3$$

**روش دوم (تناسب):**

کربوکسیلیک اسید مصرف شده در این واکنش، ۳ اتم کربن دارد و نام آن پروپانویک اسید است. در میان استرها داده شده، فقط کربوکسیلیک اسید سازنده متیل پروپانوات است که پروپانویک اسید بوده و ۳ اتم کربن دارد.

۱۵۷۰ ۱ قسمت اول: ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، متانوئیک اسید است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار هر مولکول آمید تولید شده، ۳ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. پس:



روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{5/4 \times 18 \times 10^{22} \text{ جفت الکترون ناپیوندی}}{6/0.2 \times 10^{23} \text{ جفت الکترون ناپیوندی}} \times \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{46 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{100}{100} = 2/3 \text{ g } CH_2O_2 \Rightarrow P = 6\%$$

$$\frac{\text{جرم اسید} \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}}{N_A \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2/3 \times P}{46 \times 1} = \frac{5/4 \times 18 \times 10^{22}}{6/0.2 \times 10^{23} \times 3} \Rightarrow P = 6\%$$

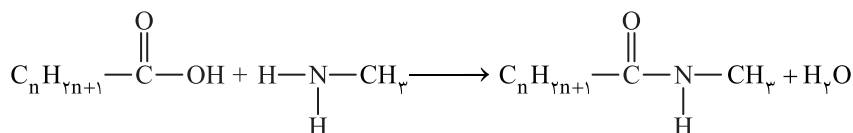
روش دوم (تناسب):

جفت الکترون ناپیوندی: e<sup>-</sup>

قسمت دوم:

$$\left. \begin{aligned} \text{آمید} = 5/4 \times 18 \times 10^{22} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6/0.2 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times \frac{101 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3/0.3 \text{ g} \\ \text{آب} = 5/4 \times 18 \times 10^{22} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6/0.2 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol}} \times \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0/54 \text{ g } H_2O \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 3/0.3 - 0/54 = 2/49 \text{ g}$$

۱۵۷۱ ۱ معادله واکنش متیل آمین و کربوکسیلیک اسید به صورت زیر است:



طبق قانون پایستگی جرم، باید مجموع جرم واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها برابر باشد:

$$31/5 \text{ g} = 26/1 + m_{H_2O} \Rightarrow m_{H_2O} = 5/4 \text{ g}$$

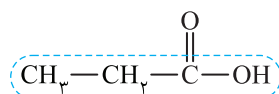
ابتدا از جرم آب و آمید تولیدی، شمار اتم‌های کربن گروه C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub> را محاسبه می‌کنیم:

$$5/4 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{(14n+59) \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 26/1 \text{ g} \Rightarrow n = 2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آمید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5/4}{1 \times 18} = \frac{21/6}{1 \times (14n+59)} \Rightarrow n = 2$$

روش دوم (تناسب):



بنابراین فرمول مولکولی گروه R به صورت C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> است و ساختار اسید سازنده این آمید به صورت مقابل است:

**نکته ترکیبی** همان‌طور که می‌دانید همه واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند: از این رو مجموع جرم واکنش دهنده‌ها با مجموع جرم فرآورده‌ها در هر واکنش برابر است. در واکنش تولید استرها و آمیدها داریم:  $\text{آب} + \text{آمید} \xrightarrow{\Delta} \text{آمین} + \text{الکل}$   $\text{آب} + \text{استر} \xrightarrow{\Delta} \text{اسید} + \text{الکل}$  بنابراین در مسائل این بخش، برای محاسبه جرم هر یک از فرآورده‌ها داریم:  $(\text{جرم آب تولید شده}) - (\text{مجموع جرم واکنش دهنده}) = \text{جرم استر یا آمید}$

۱۵۷۲ ۲ از بین بنزوئیک اسید و لیکوین، بنزوئیک اسید دارای گروه عاملی اسیدی است و می‌تواند با متیل آمین واکنش دهد. معادله واکنش بنزوئیک اسید و متیل آمین به صورت مقابل است:

$$C_7H_6O_2 + CH_5N \rightarrow C_8H_9ON + H_2O$$

بنزوئیک اسید

مقدار بنزوئیک اسید مصرفی به ازای مصرف ۵ گرم متیل آمین ۶۲ درصد خالص برابر است با:

$$5 \text{ g } CH_5N \times \frac{62 \text{ g } CH_5N}{100 \text{ g } CH_5N} \times \frac{1 \text{ mol } CH_5N}{31 \text{ g } CH_5N} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } CH_5N} \times \frac{122 \text{ g } C_7H_6O_2}{1 \text{ mol } C_7H_6O_2} = 12/2 \text{ g } C_7H_6O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم متیل آمین} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم بنزوئیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5 \times 62}{1 \times 31} = \frac{x}{1 \times 122} \Rightarrow x = 12/2 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):



اگر لیکوپن ( $C_{40}H_{56}$ ) سیر شده باشد، دارای ۸۲ اتم هیدروژن است؛ بنابراین تعداد پیوندهای دوگانه آن برابر ۱۳ است و بنزوئیک اسید نیز به دلیل داشتن ۳ پیوند دوگانه کربن-کربن، به سه مولکول  $H_2$  نیاز دارد. معادله واکنش سیر شدن این مخلوط توسط گاز هیدروژن به صورت زیر است:



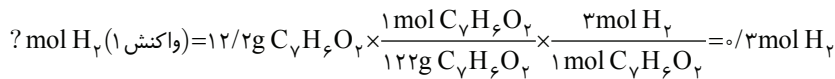
ابتدا حجم مولی گازها در شرایط آزمایش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{1/4 \times V_{n_2}}{364} \Rightarrow V_{n_2} = 21/33 L \cdot mol^{-1}$$

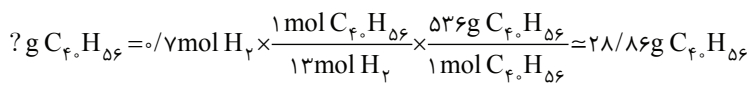
در ادامه مقدار گاز هیدروژن مصرفی در دو واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? mol H_2 = 21/33 L H_2 \times \frac{1 mol H_2}{21/33 L H_2} = 1 mol H_2$$

سپس مقدار گاز هیدروژن مصرفی برای سیر کردن بنزوئیک اسید را محاسبه می‌کنیم:



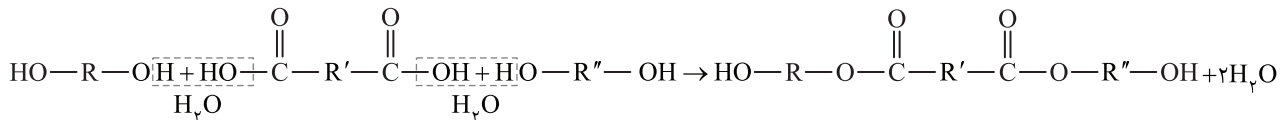
بنابراین  $0/7 = (1 - 0/3)$  مول گاز هیدروژن صرف سیر کردن لیکوپن شده است. حال از مول  $H_2$  مصرفی، مقدار لیکوپن را به دست می‌آوریم:



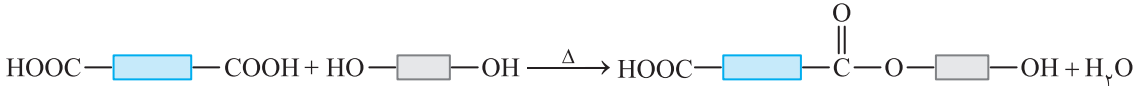
در آخر درصد جرمی بنزوئیک اسید در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی بنزوئیک اسید} = \frac{12/2g}{(12/2g + 28/86g)} \times 100 = 29\%$$

عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. اگر دو الکل دو عاملی با یک اسید دو عاملی ترکیب شود، مجموعاً ۲ مولکول آب تولید می‌شود. **۱۵۷۳ A ۴**



همه عبارت‌ها درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): معادله نخستین مرحله تولید پلی‌استر از دی‌اسیدها و دی‌الکل‌ها به صورت زیر است: **۱۵۷۴ A ۴**



در این واکنش، واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن با هم واکنش می‌دهند. عبارت (ب): سرعت واکنش استری شدن در محیط اسیدی افزایش می‌یابد، در واقع ترکیب‌های اسیدی کاتالیزگر این واکنش هستند. عبارت (ت): تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است.

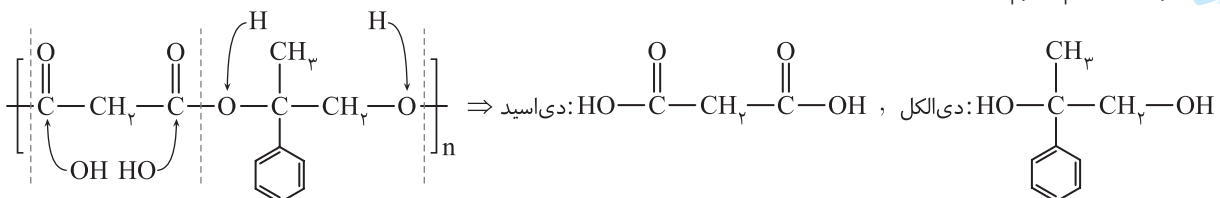
عبارت (ث): ساختار لوویس واحد تکرارشونده پلی‌استرها به صورت  $\left[ \begin{array}{c} :O: \\ || \\ C - \square - C \\ | \quad | \\ \ddot{O} - \square - \ddot{O} \end{array} \right]_n$  است و حداقل ۱۶ الکترون ناپیوندی در آن دیده می‌شود. **۱۵۷۵ B ۱**

فقط مورد سوم درست است. معادله واکنش تولید پلی‌استر به صورت مقابل است: (آب)  $2n$  + (پلی‌استر)  $\rightarrow$  (الکل دو عاملی)  $n$  + (اسید دو عاملی)  $n$  **۱۵۷۵ B ۱**

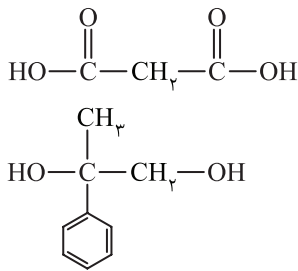
در این واکنش هر مولکول اسید، ۲ تا  $OH$  و هر مولکول الکل، ۲ تا  $H$  از دست می‌دهند. و در نهایت  $2n$  مولکول  $H_2O$  تولید می‌شود. بررسی موارد:



موارد اول، دوم و سوم درست هستند. **۱۵۷۶ B ۳**







**بررسی موارد:** مورد اول: ساختار پلیمر دارای گروه عاملی استری است، از این رو جزو پلی استرها است. ساختار دی اسید سازنده این پلی استر به صورت مقابل بوده و جرم مولی آن برابر ۱۰۴ گرم بر مول است.

**مورد دوم:** ساختار دی الکل سازنده این پلی استر به صورت مقابل است. این دی الکل دارای ۳ پیوند دوگانه در حلقه بنزنی است.

**مورد سوم:** واحد تکرار شونده این پلی استر،  $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_4$  بوده و جرم مولی آن برابر ۲۲۰ گرم بر مول است؛ بنابراین اگر جرم مولی پلی استر ۱۷۶۰۰ گرم بر مول باشد، تعداد واحدهای تکرار شونده (n) در این پلی استر برابر ۸۰۰ خواهد بود.

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرار شونده}} = \frac{17600}{220} = 800$$

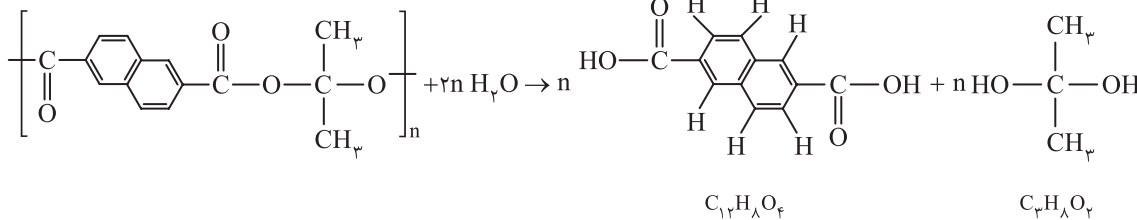
**مورد چهارم:** مونومرهای سازنده این پلی استر، دی اسید و دی الکل هستند و دارای اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن می باشند، از این رو می توانند با آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، اما پلی استر به دلیل جرم مولی بسیار زیاد و نداشتن اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن، نمی تواند با مولکول های آب برهم کنش مؤثر تشکیل دهد؛ بنابراین انحلال پذیری پلی استر در آب از مونومرهایش کمتر است.

**B ۱۵۷۷ ۳** عبارت های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت ها:** عبارت (الف): اگر در واکنش تولید پلی استرها n مولکول اسید دو عاملی با n مولکول الکل دو عاملی وارد واکنش شوند، در مجموع ۲n-۱ گروه استری ایجاد و ۲n-۱ مولکول آب تولید می شود. در صورت سؤال گفته شده که این پلی استر مجموعاً از n مونومر تشکیل شده، یعنی

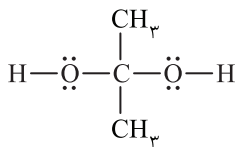
$$\frac{n}{4} \text{ الکل دو عاملی با } \frac{n}{4} \text{ اسید دو عاملی وارد واکنش شده است، پس در مجموع } 2\left(\frac{n}{4}\right) - 1 = \frac{n}{2} - 1$$

و یک گروه عاملی اسیدی در دو سر خود است که می تواند به ترتیب با یک کربوکسیلیک اسید و یک الکل دیگر وارد واکنش شود. **عبارت (پ):** فرمول ساختاری الکل سازنده این پلی استر به صورت مقابل و فرمول مولکولی آن  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_4$  است. فرمول مولکولی بوتانول به صورت  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  است و یک اتم اکسیژن کمتر از این الکل دارد. در ساختار این

الکل دو گروه OH و در ساختار بوتانول یک گروه OH وجود دارد، بنابراین نقطه جوش این الکل بالاتر از بوتانول می باشد. **عبارت (ت):** پلی استرها به دلیل جرم بسیار زیاد نقطه جوش بسیار بالاتری نسبت به اسید و الکل سازنده خود دارند.

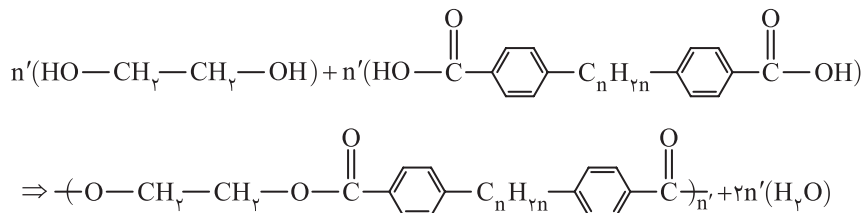


**بررسی موارد:** مورد (الف): در هر مولکول اسید سازنده این پلی استر، ۸ اتم هیدروژن وجود دارد. **مورد (ب):** در الکل سازنده



این پلی استر شمار اتم های هیدروژن  $\frac{8}{4}$  شمار اتم های کربن است. **مورد (پ):** در ساختار اسید سازنده این پلی استر، حلقه بنزنی وجود دارد؛ بنابراین جزء ترکیب های آروماتیک است. **مورد (ت):** در هر مولکول الکل سازنده این پلی استر، ۲ اتم اکسیژن وجود دارد که روی هر کدام دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس در مجموع ۴ جفت الکترون ناپیوندی دیده می شود. **مورد (ث):** فرمول مولکولی الکل سازنده این پلی استر به صورت  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$  و فرمول مولکولی بوتانوئیک اسید به صورت  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  می باشد. نسبت شمار اتم های H به O در هر دو ترکیب برابر ۴ است.

**B ۱۵۷۹ ۳** معادله واکنش تولید پلی استر از دی اسید و دی الکل داده شده به صورت زیر است:



ابتدا مقدار n را که در ساختار دی اسید و پلی استر وجود دارد را محاسبه می کنیم:

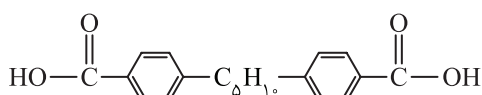
**روش اول (کسر تبدیل):**

$$n = 5 \Rightarrow \text{پلی استر } 30.4/2 \text{ g} = \frac{\text{پلی استر } (268+14n)n' \text{ g}}{\text{الکل } n' \text{ mol}} \times \frac{\text{پلی استر } 1 \text{ mol}}{\text{دی الکل } 62 \text{ g}} \times \frac{\text{دی الکل } 1 \text{ mol}}{\text{دی الکل خالص } 60 \text{ g}} \times \text{دی الکل ناخالص } 93 \text{ g}$$

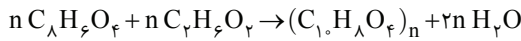
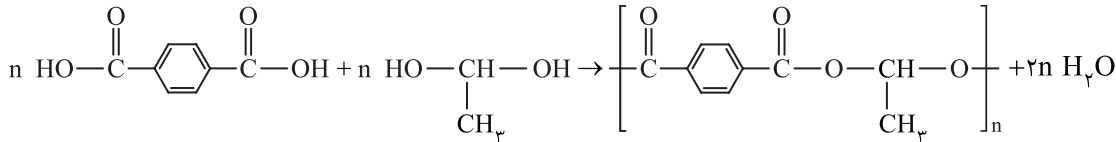
$$\frac{\text{جرم دی الکل} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{93 \times \frac{60}{100}}{n' \times 62} \Rightarrow \frac{30.4/2}{1 \times (268+14n)n'} \Rightarrow n=5$$

**روش دوم (تناسب):**

سپس جرم مولی دی اسید سازنده پلی استر را به دست می آوریم:



فرمول مولکولی دی اسید،  $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{O}_4$  بوده و جرم مولی آن برابر ۳۱۲ گرم بر مول است.



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{g} (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n = \frac{3}{1} \text{g} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{62 \text{ g} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol} (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n}{n \text{ mol} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{192n \text{ g} (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n}{1 \text{ mol} (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n} = 9/6 \text{g} (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$$

$$\frac{\text{جرم دی‌الکل مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم پلی‌استر تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3}{1} = \frac{x}{n \times 62} \Rightarrow x = 9/6 \text{g}$$

روش دوم (تناسب):

$$? \text{g} \text{H}_2\text{O} = \frac{3}{1} \text{g} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{62 \text{ g} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{2n \text{ mol} \text{H}_2\text{O}}{n \text{ mol} \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{18 \text{ g} \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol} \text{H}_2\text{O}} \times \frac{\%}{100} = 1/26 \text{g} \text{H}_2\text{O}$$

روش اول (کسر تبدیل):

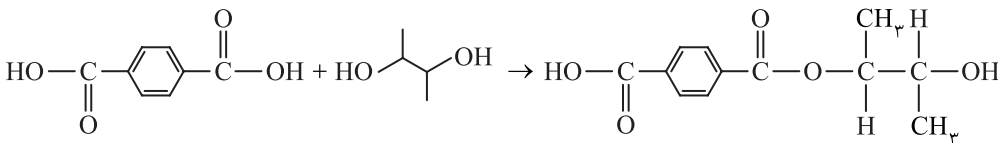
$$\frac{\text{جرم دی‌الکل مصرفی} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{3/1 \times \%}{62 \times n} = \frac{x}{18 \times 2n} \Rightarrow x = 1/26 \text{g} \text{H}_2\text{O}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{2 \times 18 \times 3 / 1 \times \%}{62 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{2 \times 18 \times 3 / 1 \times \%}{62 \times 100} = \frac{2 \times 18 \times \%}{20 \times 100} = 1/26$$

+ توضیح محاسبات

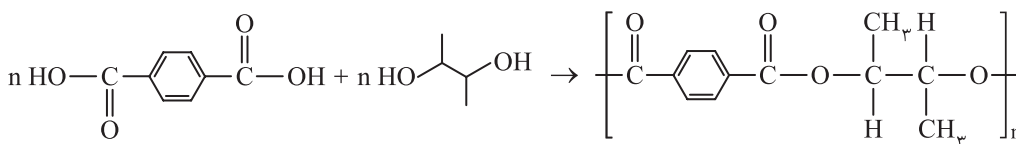
عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. عبارت اول: در واکنش‌های استری و پلی‌استری شدن، از الکل اتم H و از اسید گروه OH جدا می‌شود: ۲ ۱۵۸۱ C



عبارت دوم: اگر ۴ مولکول اسید دوعاملی با ۴ مولکول الکل دوعاملی وارد واکنش شوند، در مجموع  $4(4)-1(7) = 22$  گروه استری و ۷ مولکول آب ایجاد می‌شود. عبارت سوم: با توجه به فرمول واحد تکرارشونده این پلیمر، n را محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}} = \frac{17600 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{220 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 80$$

پس برای تهیه پلیمر، باید ۸۰۰ اسید دوعاملی با ۸۰۰ الکل دوعاملی، با یکدیگر واکنش دهند.



$$\Rightarrow \text{فرمول شیمیایی پلی‌استر: } (\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_4)_n$$

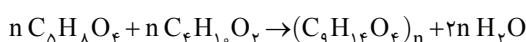
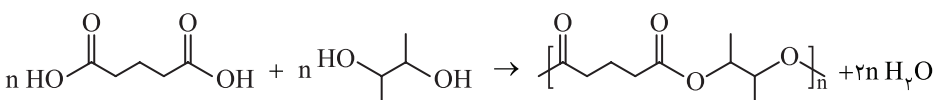
عبارت چهارم: در فرمول مولکولی واحد تکرار شونده این پلیمر، شمار اتم‌های کربن و هیدروژن با هم برابر و مساوی با ۱۲ است و تعداد آن‌ها ۳ برابر تعداد اتم‌های اکسیژن است.

\* توجه: برای رسیدن به فرمول واحد تکرار شونده از روی فرمول مولکولی مونومرها، کافی است اتم‌های مونومرهای سازنده را با هم جمع کنید و از آن اتم H و ۲ اتم O کم کرده و آن را درون پرانتز با اندیس n قرار دهید.

عبارت پنجم: فرمول دی‌اسید و دی‌الکل به ترتیب به صورت  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$  و  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$  است:

$$\% \text{O}(\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4) = \frac{4 \times 16}{(8 \times 12) + (6 \times 1) + (4 \times 16)} \times 100 \approx \% 38.5 \quad \% \text{O}(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2) = \frac{2 \times 16}{(4 \times 12) + (10 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 \approx \% 35.5$$

۴ ۱۵۸۲ C ابتدا معادله واکنش انجام شده را می‌نویسیم:



قسمت اول: سپس جرم اسید و الکل مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? g(C_5H_8O_4) = 62g(C_9H_{14}O_4)_n \times \frac{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n}{186n \text{ g}(C_9H_{14}O_4)_n} \times \frac{n \text{ mol} C_5H_8O_4}{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n} \times \frac{132g C_5H_8O_4}{1 \text{ mol} C_5H_8O_4} = 44g C_5H_8O_4$$

$$? g(C_4H_{10}O_2) = 62g(C_9H_{14}O_4)_n \times \frac{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n}{186n \text{ g}(C_9H_{14}O_4)_n} \times \frac{n \text{ mol} C_4H_{10}O_2}{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n} \times \frac{90g C_4H_{10}O_2}{1 \text{ mol} C_4H_{10}O_2} = 30g C_4H_{10}O_2$$

انگن تفاوت جرم الکل و اسید را محاسبه می‌کنیم:  $44 - 30 = 14g$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول اتم‌های کربن موجود در ۶۲ گرم پلی‌استر را محاسبه می‌کنیم:

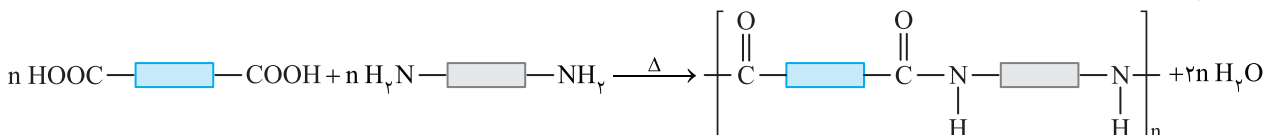
$$? \text{ mol C(استر)} = 62g(C_9H_{14}O_4)_n \times \frac{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n}{186g(C_9H_{14}O_4)_n} \times \frac{9n \text{ mol C}}{1 \text{ mol}(C_9H_{14}O_4)_n} = 3 \text{ mol C}$$

پلیمر به کار رفته در پلیمر به کار رفته در سرنگ پلاستیکی همان پلی‌پروپن با فرمول  $(-C_3H_6-)_n$  است؛ پس خواهیم داشت:

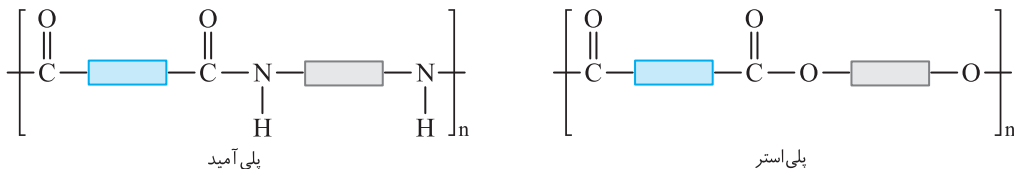
$$? g(C_3H_6)_n = 3 \text{ mol C} \times \frac{1 \text{ mol}(C_3H_6)_n}{3n \text{ mol C}} \times \frac{42n \text{ g}(C_3H_6)_n}{1 \text{ mol}(C_3H_6)_n} = 42g(C_3H_6)_n$$

۱۵۸۳ (A) شکل نشان داده شده در صورت تست، الگویی از واحد تکرار شونده در پلی‌آمیدهاست. واکنش تولید پلی‌آمیدها مانند واکنش تولید پلی‌استرها است. با این تفاوت که به جای گروه عاملی هیدروکسیل، گروه عاملی آمین با عامل کربوکسیلیک اسید واکنش می‌دهد. آب، فرآورده جانبی هر دو واکنش تولید پلی‌استرها و پلی‌آمیدها است. در ساختار پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها به واسطه وجود گروه عاملی آمینی، اتم نیتروژن نیز دیده می‌شود.

۱۵۸۴ (A) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. واکنش کلی تولید پلی‌آمیدها به صورت زیر است:



بررسی عبارتهای (الف): همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این واکنش، واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن با هم واکنش می‌دهند. عبارت (ب): فرمول ساختاری واحد تکرار شونده این دو پلیمر به صورت زیر است:



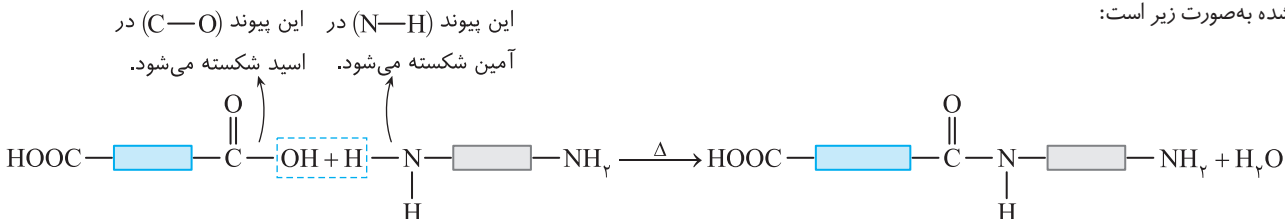
در ساختار بسیاری از پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها، اتم H متصل به اتم N وجود دارد. بنابراین پلی‌آمیدها برخلاف پلی‌استرها می‌توانند با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی تشکیل دهند. عبارت (پ): مونومرهای سازنده پلی‌آمیدها، دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدها هستند. در حالی که متیل آمین، یک آمین تک‌عاملی است. عبارت (ت): در ساختار واحد تکرار شونده پلی‌آمیدها حداقل ۶ جفت الکترون ناپیوندی دیده می‌شود. (هر اتم اکسیژن ۲ جفت و هر اتم نیتروژن ۱ جفت الکترون ناپیوندی)

۱۵۸۵ (A) فقط عبارت (ت) درست است. کاربردهای نشان داده شده مربوط به کولار است. بررسی عبارتهای (الف): پوشاک دوخته شده از کولار، سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. عبارت (ب): کولار یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدهاست. در ساختار پلی‌آمیدها چهار عنصر C، H، O و N وجود دارد. عبارت (پ): کولار از فولاد هم جرم خود، پنج برابر مقاوم‌تر است. عبارت (ت): از کولار در تهیه‌ی تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس‌های مخصوص مسابقه موتوسواری و جلیقه‌های ضدگلوله استفاده می‌شود.

۱۵۸۶ (B) عبارتهای (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): واکنش تولید پلی‌استرها و پلی‌آمیدها به صورت زیر است:



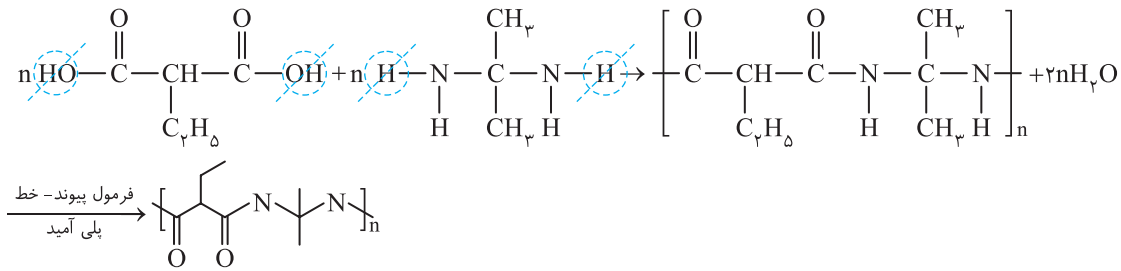
همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مولکول‌های دی‌اسید، واکنش‌دهنده مشترک هر دو واکنش هستند. بررسی عبارتهای (ب) و (ث): معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



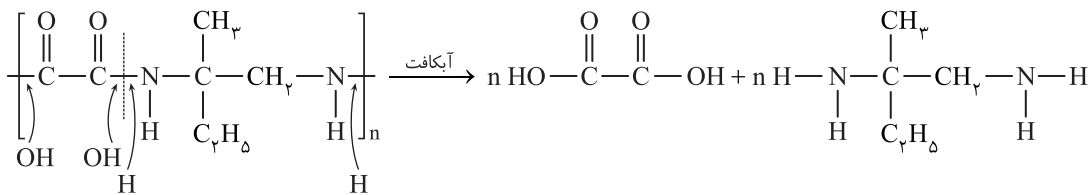
عبارت (پ): اگر n دی‌اسید و n دی‌آمین با هم ترکیب شوند، ۲n-۱ گروه عاملی آمیدی و ۲n-۱ مولکول آب تولید می‌شود. بنابراین در اثر ترکیب شدن ۴ دی‌آمین و ۴ دی‌اسید، ۷ گروه عاملی آمیدی و ۷ مولکول آب تولید می‌شود. عبارت (ت): واحد تکرار شونده پلی‌آمیدها به صورت مقابل است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار هر واحد تکرار شونده آن حداقل ۲ پیوند دوگانه کربن-اکسیژن (C=O) وجود دارد که با احتساب n واحد تکرار شونده، می‌شود ۲n پیوند دوگانه.



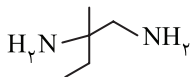
**۱ ۱۵۸۷ B** قسمت اول: با توجه به ساختار دی‌آسید و دی‌آمین داده شده، می‌توان دریافت که قسمت اسیدی در واحد تکرارشونده پلی‌آمید باید شاخه فرعی اتیل و قسمت آمینی باید دو شاخه فرعی متیل داشته باشد؛ در بین گزینه‌ها، فقط مولکول گزینه (۴) این دو شرط را دارد.



قسمت دوم: با توجه به ساختار پلی‌آمید داده شده، ساختار دی‌آمین سازنده آن را تعیین کنید.

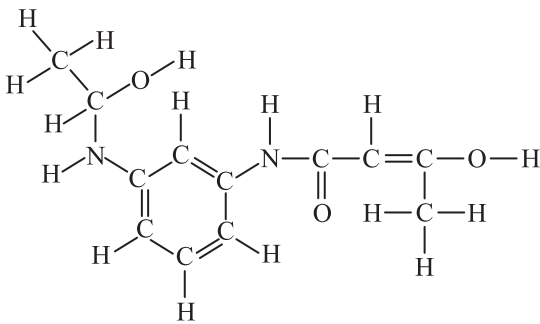


فرمول پیوند - خط دی‌آمین سازنده آن به صورت مقابل است:



**۳ ۱۵۸۸ B**

**\* توجه** در پاسخنامه کلیدی منتشر شده توسط سازمان سنجش، جواب صحیح این سؤال گزینه (۳) در نظر گرفته شده است. اگر چه طبق توضیحات، محاسبات و جواب تشریحی که در ادامه خواهید دید، عبارت هر چهار گزینه نادرست است. این ترکیب دو گروه عاملی هیدروکسیل، یک گروه آمینی و یک گروه آمیدی دارد. در واحد تکرارشونده پلی‌آمیدها حتماً باید گروه‌های عاملی کربوکسیلی و آمینی وجود داشته باشد که در این ترکیب گروه عاملی آمینی وجود ندارد؛ پس این ترکیب واحد تکرارشونده پلی‌آمید نیست. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** فرمول شیمیایی این ترکیب  $\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_3\text{N}_2$  است؛ بنابراین شماره اتم‌های کربن در آن، ۴ برابر شماره اتم‌های اکسیژن است. **گزینه (۳):** با توجه به فرمول ساختاری ترکیب داده شده، در این ترکیب، ۲۸ پیوند یگانه و ۵ پیوند دوگانه بین اتم‌ها وجود دارد.



برای به دست آوردن کل پیوندها می‌توانید از فرمول زیر نیز استفاده کرد:

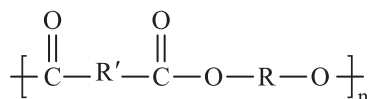
$$\text{شمار پیوندهای کووالانسی} = \frac{(4 \times \text{C}) + (1 \times \text{H}) + (2 \times \text{O}) + (3 \times \text{N}) + (1 \times \text{هالوژن})}{2} = \frac{(4 \times 12) + (1 \times 16) + (2 \times 3) + (3 \times 2)}{2} = \frac{76}{2} = 38$$

از این ۳۸ پیوند اشتراکی ۱۰ پیوند به شکل ۵ پیوند دوگانه وجود دارند، پس ۲۸ پیوند یگانه به شمار پیوندهای دوگانه برابر  $\frac{28}{5} = 5\frac{3}{5}$  است. **گزینه (۴):** در ترکیب‌های آلی، به ازای هر اتم اکسیژن، ۲ جفت الکترون ناپیوندی و به ازای هر اتم نیتروژن ۱ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ بنابراین:

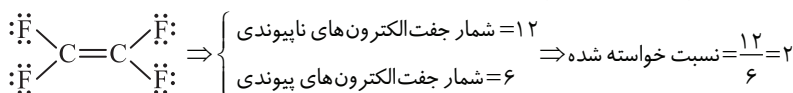
$$\text{شمار اتم‌های هیدروژن} = \frac{16}{2} = 8$$

$$\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی} = (3 \times 2) + (2 \times 1) = 8$$

**۳ ۱۵۸۹ B** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل صحیح فرمول عمومی پلی‌استرها به صورت زیر است:



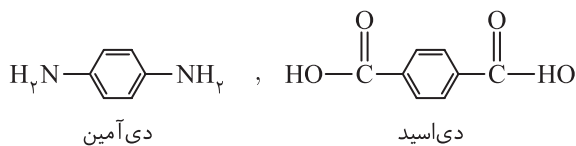
عبارت (ب): مونومر سازنده تفلون، تترافلوروئتان است. ساختار لوویس این ترکیب به صورت زیر است:



عبارت (پ): ناخن و پوست بدن از پلیمرهای طبیعی با گروه عاملی آمیدی  $\left( \text{—C}(=\text{O})\text{—N—} \right)$  تشکیل شده‌اند. در ساختار پلی‌آمیدها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد.

عبارت (ت): کاتالیزگرهای به کار رفته در فرایند تولید پلی‌اتن بر طول رشته کربنی و میانگین جرم مولی پلی‌اتن تولیدی مؤثر هستند.

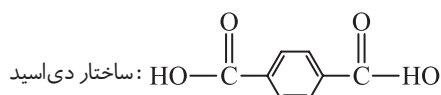
**B ۱۵۹۰ ۳** موارد اول، دوم و چهارم درست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** کولار یک پلی آمید ساختگی است که از واکنش دی آمین و دی اسید تولید می شود. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم تر است. **مورد دوم:** از کولار در تهیه تایلر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس های مخصوص مسابقه موتور سواری و جلیقه های ضد گلوله استفاده می شود.



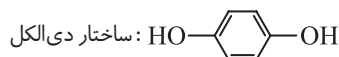
**مورد سوم:** ساختار دی اسید و دی آمین سازنده کولار به صورت مقابل است. فرمول مولکولی دی اسید و دی آمین سازنده کولار به ترتیب  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$  و  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$  است و تفاوت جرم آنها برابر ۵۸ گرم بر مول است. **مورد چهارم:** این پلیمر دارای گروه عاملی آمیدی بوده؛ بنابراین یک پلی آمید محسوب می شود. مونومرهای سازنده کولار (دی آمین و دی اسید) هر دو دارای حلقه بنزنی بوده و آروماتیک هستند.

**B ۱۵۹۱ ۳** موارد اول، دوم و چهارم درست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** پلی آمید B از چهار نوع عنصر کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن و پلی استر A از سه نوع عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن ساخته شده است؛ بنابراین شمار نوع عناصر پلی آمید B از پلی استر A بیشتر است. **مورد دوم:** در پلی آمید B، اتصال اتم هیدروژن به اتم نیتروژن وجود دارد، از این رو امکان برقراری پیوند هیدروژنی در میان مولکول های پلی آمید وجود دارد. اما در پلی استر A، اتم های هیدروژن فقط به اتم کربن اتصال دارد و امکان برقراری پیوند هیدروژنی بین مولکول های پلی استر وجود ندارد. **مورد سوم:** اگر n در هر دو پلیمر برابر ۸۰۰ باشد، فرمول پلی استر A و پلی آمید B به ترتیب  $(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_2)_n$  و  $(\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_4)_n$  است. تفاوت جرم مولی این دو پلیمر برابر ۱۶۰۰ گرم بر مول خواهد بود:

$$A \text{ جرم پلیمر } = 800 \cdot [(14 \times 12) + (10 \times 1) + (2 \times 16)] - 800 \cdot [(14 \times 12) + (8 \times 1) + (4 \times 16)] = 1600 \cdot \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



**مورد چهارم:** ساختار دی اسید و دی الکل سازنده پلی استر A به صورت زیر است:

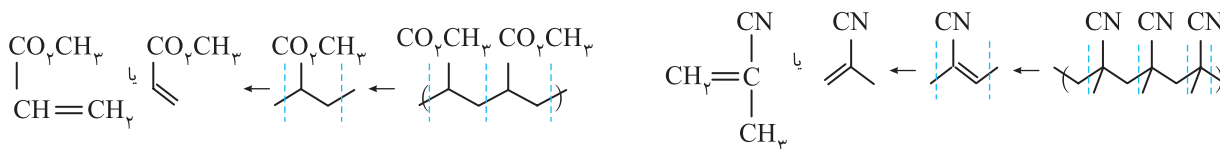


دی اسید و دی الکل سازنده پلی استر A دارای حلقه بنزنی بوده و آروماتیک هستند. فرمول مولکولی دی اسید و دی الکل سازنده پلی استر به ترتیب  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$  و  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$  بوده و تفاوت جرم مولی آنها برابر ۵۶ گرم بر مول است.

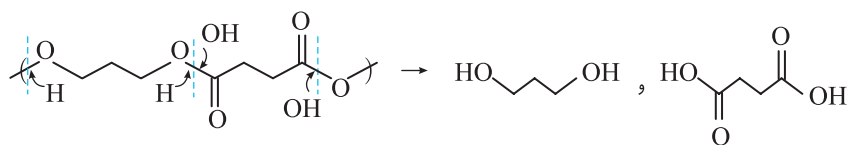
$$\left. \begin{aligned} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4 \text{ جرم مولی} &= (8 \times 12) + (8 \times 1) + (4 \times 16) = 166 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2 \text{ جرم مولی} &= (6 \times 12) + (6 \times 1) + (2 \times 16) = 110 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی} = 166 - 110 = 56 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

**B ۱۵۹۲ ۱** منظور این تست از واحد تکرار شونده پلیمر همان مونومر است. مونومر سازنده پلیمر هر گزینه را بررسی می کنیم:

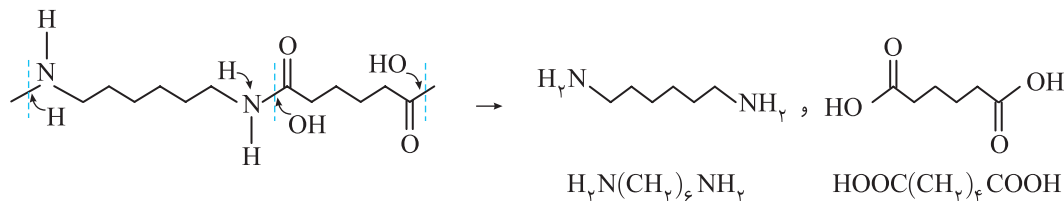
گزینه (۲):



گزینه (۱):

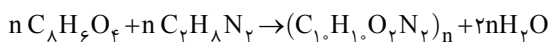
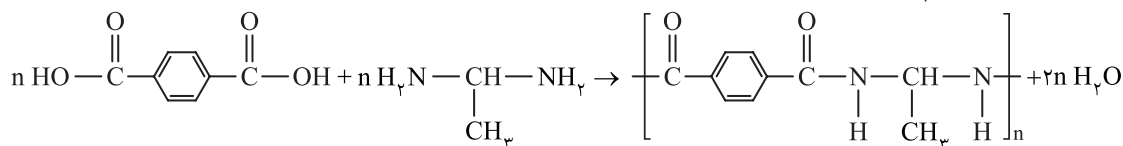


گزینه (۳):



گزینه (۴):

**B ۱۵۹۳ ۴** قسمت اول: معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{g} (\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}_2)_n = 47/56 \text{g} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4}{166 \text{g } \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4} \times \frac{1 \text{ mol } (\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}_2)_n}{n \text{ mol } \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4} \times \frac{190 \text{n g پلی آمید}}{1 \text{ mol } (\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}_2)_n} = 47/56 \text{g} (\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}_2)_n$$



$$\frac{\text{جرم دی اسید}}{\text{جرم پلی آمید}} = \frac{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{41/5}{166 \times n} = \frac{x}{190 \cdot n \times 1} \Rightarrow x = 47/5g$$

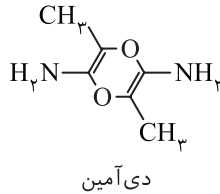
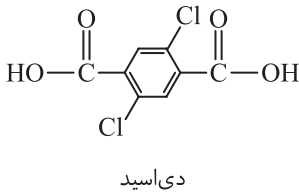
روش دوم (تناسب):

$$? g C_2H_8N_2 = 41/5g C_8H_6O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_6O_4}{166g C_8H_6O_4} \times \frac{n \text{ mol } C_2H_8N_2}{n \text{ mol } C_8H_6O_4} \times \frac{60g C_2H_8N_2}{1 \text{ mol } C_2H_8N_2} = 15g C_2H_8N_2$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم دی آمین}}{\text{جرم دی اسید}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{41/5}{166 \times 1} = \frac{x}{60} \Rightarrow x = 15g C_2H_8N_2$$

روش دوم (تناسب):



۱۵۹۴ B ۴ در واکنش تولید پلی آمید، دی اسید ۲ OH و دی آمین ۲ H از دست می دهند؛ بنابراین ساختار دی اسید و دی آمین سازنده این پلی آمید به صورت مقابل است: فرمول مولکولی دی اسید و دی آمین سازنده این پلی آمید به ترتیب  $C_8H_4Cl_2O_4$  و  $C_2H_5N_2$  است.

قسمت اول: تفاوت جرم مولی دو مونومر برابر است با:  $93g \cdot mol^{-1} - 142g \cdot mol^{-1} = 235g \cdot mol^{-1}$  تفاوت جرم مولی دی اسید و دی آمین

قسمت دوم: شمار پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون های پیوندی) در مولکولها را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(\text{تعداد هیدروژن و هالوژن} \times 1) + (\text{تعداد اکسیژن} \times 2) + (\text{تعداد نیتروژن} \times 3) + (\text{تعداد کربن} \times 4)}{2}$$

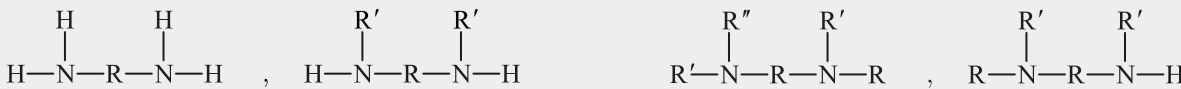
$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی دی آمین} = \frac{(4 \times 6) + (3 \times 2) + (2 \times 2) + (1 \times 0)}{2} = 22$$

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی دی اسید} = \frac{(4 \times 8) + (2 \times 4) + (4) + (2)}{2} = 23$$

تفاوت شمار پیوندهای اشتراکی دی اسید و دی آمین برابر یک است.

۱۵۹۵ C ۳

**نکته ترکیب** برای آن که یک واکنش تولید پلی آمید انجام شود، نیاز است تا از دی آمینی استفاده کنیم که به هر دو گروه آمین آن، هرکدام حداقل یک اتم هیدروژن متصل باشد، در غیر این صورت آن دی آمین نمی تواند وارد واکنش آמידی شدن شود. دی آمین های سمت چپ می توانند در واکنش ذکر شده شرکت کنند. در عوض دی آمین های سمت راست یا در واکنش تولید پلی آمید نمی توانند شرکت کنند و یا به طور کلی نمی توانند با کربوکسیلیک اسیدها وارد واکنش شوند:



موارد دوم، چهارم و پنجم می توانند فرمول پیوند - خط دی آمین مورد نظر باشند. فرمول مولکولی دی اسید داده شده به صورت  $C_4H_6O_4$  است. باید فرمول مولکولی دی آمین را به دست آوریم:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \frac{44/4g}{70/8g C_4H_6O_4} = \frac{\text{جرم مولی دی آمین}}{118g C_4H_6O_4} \times \frac{n \text{ mol دی آمین}}{n \text{ mol } C_4H_6O_4} = \frac{44/4g}{70/8g} \Rightarrow \text{جرم مولی دی آمین} = 74g \cdot mol^{-1}$$

$$\frac{\text{جرم دی آمین}}{\text{جرم دی اسید}} = \frac{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{70/8}{118 \times n} = \frac{44/4}{x \times n} \Rightarrow x = 74g \cdot mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

با توجه به اینکه در همه موارد داده شده، گروه های R موجود در دی آمین سیر شده هستند، پس فرم کلی این دی آمین ها به صورت  $C_nH_{2n+4}$  بوده و جرم مولی آن ها از فرمول « $14n+32$ » به دست می آید. اکنون تعداد اتم های کربن موجود در دی آمین را محاسبه می کنیم:

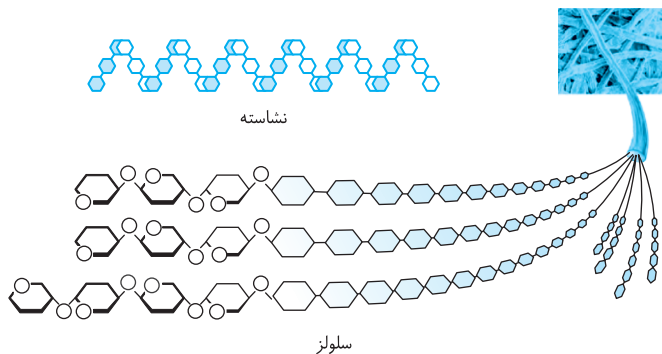
$$14n+32=71 \Rightarrow 14n=42 \Rightarrow n=3$$

پس باید به دنبال دی آمین های ۳ کربنی باشیم. موارد دوم، چهارم، پنجم و ششم دارای سه اتم کربن هستند ولی دقت کنید که در ساختار دی آمین باید به هر اتم نیتروژن حداقل یک اتم H متصل باشد تا بتواند در واکنش شرکت کند که در مورد ششم این گونه نیست.

۱۵۹۶ A ۲ پلیمر نشان داده شده در شکل، نشاسته است. نشاسته جزء پلی ساکاریدهاست و از اتصال مولکول های گلوکز به یکدیگر ساخته شده است. نان و سیب زمینی غنی از نشاسته هستند و مزه شیرینی که پس از جویدن آن ها در دهان ایجاد می شود، به دلیل وجود نشاسته در ساختار آن هاست. در ساختار این پلیمر حلقه بنزن وجود ندارد و این ترکیب آروماتیک نیست.

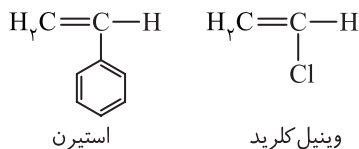
۱۵۹۷ A ۲ عبارت های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت های (الف) و (ب): شیمی دان ها براساس یافته های تجربی دریافته اند که مولکول های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب یا کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومر های سازنده (گلوکز) تبدیل می شوند و مزه شیرین ایجاد می کنند. عبارت (پ): فرایند گوارش نشاسته را می توان به صورت «گلوکز  $\xrightarrow{\text{آنزیم}}$  نشاسته + آب» نشان داد. عبارت (ت): فرایند گوارش نشاسته از دهان آغاز می شود. عبارت (ث): پلیمر کربوهیدراتی موجود در نان، نشاسته است و مونومر های سازنده آن گلوکز می باشد. نشاسته برخلاف گلوکز فاقد مزه شیرین است.





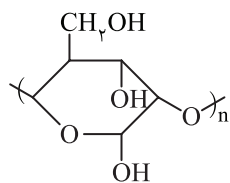
۱۵۹۸ ۳ موارد (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی موارد: مورد (الف):

فرایند تجزیه نشاسته به مولکول‌های گلوکز، یک واکنش شیمیایی است. مورد (ب): شکل‌های مقابل را با هم مقایسه کنید. در ساختار سلولز، همه مونومرها در امتداد یک خط قرار دارند، اما در ساختار نشاسته مونومرها به صورت خمیده به یکدیگر متصل شده‌اند. مورد (پ): نشاسته، پلی استرها و پلی آمیدها می‌توانند آبکافت شوند. مورد (ت): نشاسته از مونومرهای گلوکز تشکیل شده در حالی که هگزانول، الکلی تک‌عاملی با ۶ اتم کربن است. فرمول مولکولی هگزانول



۱۵۹۹ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند

محیط مرطوب با کاتالیزگر و یا محیط مرطوب و گرم به آرامی به مونومرهای سازنده خود تبدیل می‌شوند. پلی آمیدها و پلی استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند. عبارت (ب): تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول استیرین ( $C_8H_8$ ) برابر ۸ و تعداد پیوندهای دوگانه در هر مولکول وینیل کلرید برابر ۱ است: از این رو تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول استیرین ۸ برابر تعداد پیوندهای دوگانه در هر مولکول وینیل کلرید است. عبارت (پ): کولار یک پلی آمید است که از فولاد هم‌جرم خود پنج برابر مقاوم‌تر است. عبارت (ت): با جایگزین کردن یکی از اتم‌های هیدروژن مولکول اتن با گروه سیانید (CN-)، سیانواتن ایجاد می‌شود که به عنوان مونومر برای تولید پتو استفاده می‌شود.



۱۶۰۰ ۲ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: مولکول‌های نشاسته در واکنش با آب به آرامی

به مونومرهای سازنده خود (گلوکز) تجزیه می‌شوند، اما پلی آمید در واکنش با آب به مونومرهای سازنده خود (دی‌اسید و دی‌آمین) تجزیه می‌شوند؛ بنابراین واکنش نشاسته با آب یک نوع فرآورده و واکنش پلی آمید با آب دو نوع فرآورده تولید می‌کند. مورد دوم: پلی آمیدها و پلی استرها در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند. مورد سوم: نشاسته، پلیمری از گلوکز با ساختار مقابل است: (فرمول مولکولی واحد تکرارشونده  $C_6H_{10}O_5$  است.)

$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرار شونده}} = \frac{58320 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 360$$

تعداد واحدهای تکرار شونده نشاسته با جرم مولی  $58320 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  برابر است با:

مورد چهارم: کولار یک پلی آمید است و مقاومت آن پنج برابر فولاد هم‌جرم خود است.



۱۶۰۱ ۱ واکنش تبدیل نشاسته (یا هر پلی‌ساکاریدی مثل نشاسته) به گلوکز به صورت مقابل است:

ابتدا باید مقدار  $n$  و  $x$  را به دست آوریم. واکنش را موازنه می‌کنیم:  $6(150) = 700 + x \Rightarrow x = 200$  موازنه اتم اکسیژن،  $6n = 900 \Rightarrow n = 150$  موازنه اتم کربن بنابراین معادله واکنش تجزیه این نمونه نشاسته به صورت  $C_{900}H_{1400}O_{700} + 200H_2O \rightarrow 150C_6H_{12}O_6$  است.

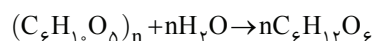
$$? g H_2O = \frac{200 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol نشاسته}} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 3600 \text{ g } H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

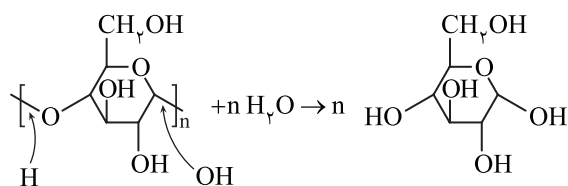
$$? \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = \frac{150 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol نشاسته}} \times \frac{1}{4} = 37.5 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

$$\frac{\text{مول نشاسته}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول گلوکز}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1}{150} = \frac{x}{200 \times 18} \Rightarrow x = 60 \text{ mol } C_6H_{12}O_6, y = 1080 \text{ g } H_2O$$

روش دوم (تناسب):



۱۶۰۲ ۴ معادله واکنش تجزیه پلیمر داده شده به صورت روبه‌رو است:



ابتدا باید تعداد مول گلوکز تولید شده در اثر تجزیه این پلی‌ساکارید را به دست آوریم:

$$? \text{ mol } C_6H_{12}O_6 = 64 / 8g (C_6H_{10}O_5)_n \times \frac{1 \text{ mol } (C_6H_{10}O_5)_n}{162n \text{ g } (C_6H_{10}O_5)_n} \times \frac{n \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } (C_6H_{10}O_5)_n} = 0.4 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

معادله موازنه شده واکنش فتوسنتز به صورت  $6CO_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$  است.

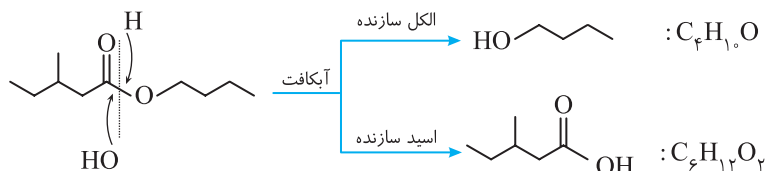
$$? g CO_2 = 0.4 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 105.6 \text{ g } CO_2$$



**B ۱۶۰۶ ۱** می‌دانیم از آبکافت یک استر در محیط اسیدی، الکل و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود: الکل + کربوکسیلیک اسید  $\xrightarrow{\text{محیط اسیدی}}$  آب + استر  
 با توجه به اینکه الکل تشکیل شده انحلال پذیری کمی در آب دارد، باید در مولکول خود بیش از ۵ کربن داشته باشد و چون اسید تولید شده به هر نسبتی در آب حل می‌شود باید تعداد کربن‌های موجود در هر مولکول آن ۴ یا کمتر از ۴ باشد؛ بنابراین گزینه‌های (۲) و (۳) نمی‌توانند درست باشند؛ زیرا اتانول و پروپانویک اسید به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. همچنین گزینه (۴) نیز نمی‌تواند درست باشد؛ زیرا پنتانویک اسید به هر نسبتی در آب حل نمی‌شود.

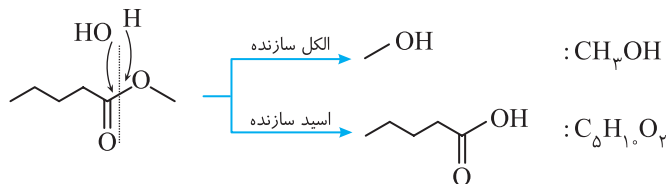
**نکته** در الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی، با افزایش شمار اتم‌های کربن بخش هیدروکربنی (R)، میزان انحلال پذیری آن‌ها در آب کاهش می‌یابد.  
 (۱) الکل‌های تک‌عاملی دارای ۱ تا ۵ اتم کربن، در آب محلول هستند و الکل‌هایی که ۱ تا ۳ اتم کربن دارند به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.  
 (۲) کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی دارای ۱ تا ۷ اتم کربن، در آب محلول هستند و اسیدهای آلی که ۱ تا ۴ اتم کربن دارند، به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

**B ۱۶۰۷ ۴** همه عبارت‌ها جمله را به درستی تکمیل می‌کنند.



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $۲ + ۱۲ + ۶ = ۲۰$  مجموع شمار اتم‌ها  $\Rightarrow C_6H_{14}O_4$ : فرمول مولکولی اسید

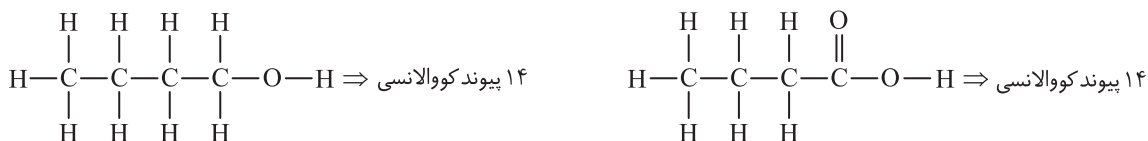
عبارت (ب): الکل سازنده این استر یک ترکیب قطبی و محلول در آب است و در آن پیوند هیدروژنی بر نیروهای وان‌دروالسی غلبه می‌کند. عبارت (پ): استرها و کربوکسیلیک اسیدهایی با تعداد اتم کربن برابر، فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوتی دارند و ایزومر یکدیگرند. کربوکسیلیک اسید سازنده این استر، ۶ اتم کربن دارد. عبارت (ت): شمار اتم‌های هیدروژن در هر دو مولکول برابر با ۱۰ است.



**B ۱۶۰۸ ۲** باید اسید و الکل سازنده این استر را پیدا کنیم. با توجه به فرمول عمومی استرها که به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است، فرمول مولکولی یک استر تک‌عاملی سیر شده خطی با ۱۶ اتم هیدروژن به صورت  $C_8H_{16}O_2$  است. با توجه به جرم مولی الکل داریم:

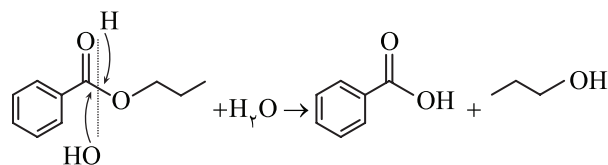
فرمول عمومی الکل‌ها:  $C_nH_{2n+2}O \Rightarrow$  فرمول عمومی الکل‌ها  
 $C_4H_{10}O$ : الکل  $\Rightarrow n=4 \Rightarrow 14n+18=74 \Rightarrow n=4$  جرم مولی  $\Rightarrow C_nH_{2n+2}O$

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اسید و الکل سازنده این استر بوتانویک اسید و بوتانول هستند، بنابراین نام این استر بوتیل بوتانوات است. عبارت (ب): در فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید سازنده این استر، ۸ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن وجود دارد. عبارت (پ): ساختار اسید و الکل سازنده این استر به صورت زیر است:

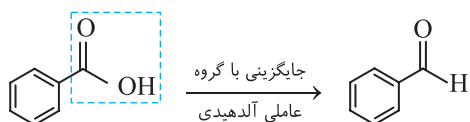


**نکته** شمار پیوندهای کووالانسی در اسیدها و الکل‌های تک‌عاملی خطی سیر شده با تعداد کربن یکسان، با هم برابر است و از رابطه  $۳n+۲$  به دست می‌آید که n در این رابطه شمار اتم‌های کربن است.

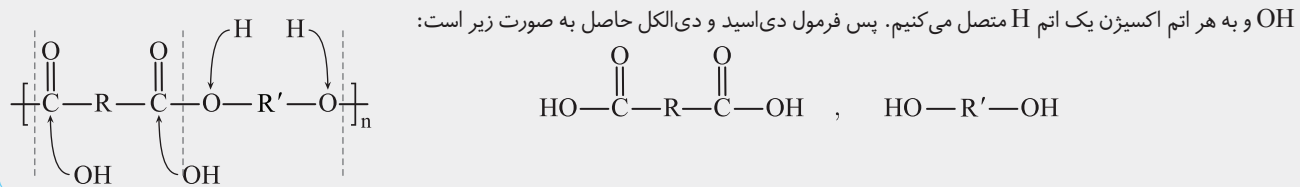
عبارت (ت): فرمول مولکولی نفتالن به صورت  $C_{10}H_8$  است. تعداد اتم‌های هیدروژن در اسید سازنده این استر و نفتالن برابر با ۸ است. عبارت (ث): بوتانول یک الکل محلول در آب است ولی به هر نسبتی در آب حل نمی‌شود.



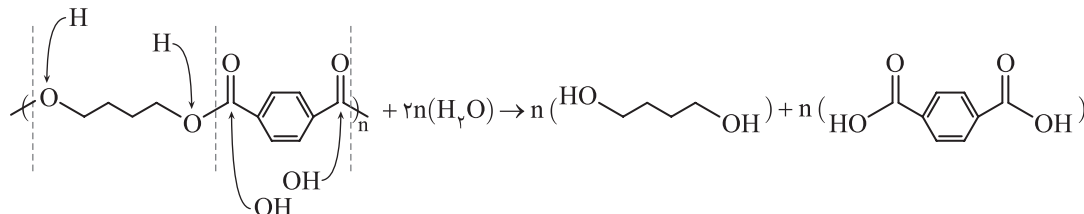
**B ۱۶۰۹ ۲** عبارت گزینه (۲) برخلاف سایر گزینه‌ها درست است. کربوکسیلیک اسید سازنده این استر، بنزویک اسید است. این ترکیب جزء نگهدارنده‌هاست و سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد ماده غذایی می‌شود را کاهش می‌دهد. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): الکل سازنده این استر، پروپانول یا فرمول  $C_3H_8O$  و ساده‌ترین کتون، استون با فرمول مولکولی  $C_3H_6O$  می‌باشد. جرم مولی پروپانول به اندازه  $2g \cdot mol^{-1}$  بیشتر از جرم مولی استون است. گزینه (۳): ترکیب به دست آمده، بنزالدهید است. این ترکیب در بادام یافت می‌شود. ترکیب آلی موجود در میخک «۲-هپتانون» است. گزینه (۴): در مولکول اسید سازنده این استر ۶ اتم هیدروژن و در مولکول الکل سازنده آن ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.



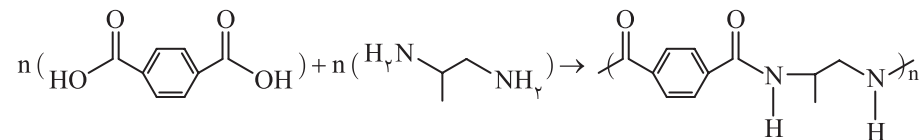
**نکته ترکیب** فرآورده‌های حاصل از آبکافت پلی‌استرها: در آبکافت پلی‌استرها، پیوندهای یگانه کربن - اکسیژن (C—O) را شکسته و به هر اتم کربن، یک گروه



همه موارد درست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** فرمول مولکولی این پلی‌استر به صورت  $(\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{O}_4)_n$  است. **مورد دوم:** معادله واکنش آبکافت این پلی‌استر به صورت زیر است:



دی‌اسید حاصل دارای یک حلقه بنزنی بوده و آروماتیک است و فرمول مولکولی آن به صورت  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$  می‌باشد. **مورد سوم:** دی‌الکل حاصل به دلیل داشتن دو گروه عاملی (—OH)، نیروی جاذبه قطبی قوی‌تری نسبت به الکل تک‌عاملی  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  داشته و انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. **مورد چهارم:** معادله واکنش دی‌اسید و دی‌آمین مورد نظر به صورت زیر است:



**قسمت اول:** در اثر آبکافت هر مول استر تک‌عاملی در شرایط مناسب، یک مول اسید تک‌عاملی و یک مول الکل تک‌عاملی ایجاد می‌شود. به طوری که مجموع شمار اتم‌های کربن اسید و الکل تولیدی با شمار اتم‌های کربن استر برابر است. از آنجا که الکل تولیدی بوتانول ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ) است و ۴ اتم کربن دارد، پس اسید آلی دارای ۶ اتم کربن بوده و فرمول آن به صورت  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOH}$  می‌باشد. معادله واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

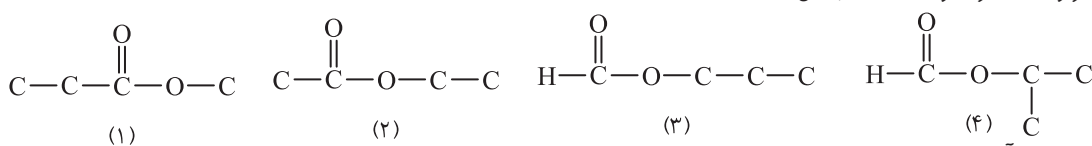
**قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):**

$$? \text{ g } \text{C}_9\text{H}_{17}\text{CO}_2 = 29 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOH} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOH}}{116 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOH}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_9\text{H}_{17}\text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOH}} \times \frac{172 \text{ g } \text{C}_9\text{H}_{17}\text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_9\text{H}_{17}\text{CO}_2} = 43 \text{ g } \text{C}_9\text{H}_{17}\text{CO}_2$$

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{29}{116} = \frac{x}{172} \Rightarrow x = 43 \text{ g استر}$$

**روش دوم (تناسب):**

**۳ ۱۶۱۲ B** ساختارهای مربوط به استر با توجه به اسید و الکل سازنده آن عبارتند از:



متیل پروپانوات (ساختار (۱)) در اثر آبکافت به متانول و پروپانویک اسید تبدیل می‌شود.

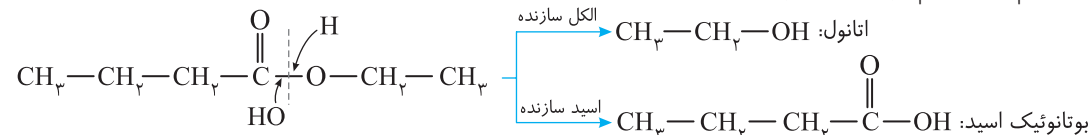
$$? \text{ g } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 = 35/2 \text{ g استر} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{88 \text{ g استر}} \times \frac{1 \text{ mol اسید}}{1 \text{ mol استر}} \times \frac{74 \text{ g اسید}}{1 \text{ mol اسید}} = 29/6 \text{ g اسید}$$

$$\frac{35/2 \times 74}{88} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار}} \frac{35 \times 74}{88} = 4 \times 74 = 296$$

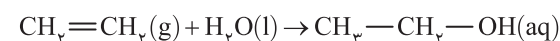
**+ توضیح محاسبات** پاسخ از جنس ۲۹۶ است. (پاسخ: ۲۹/۶)

**۴ ۱۶۱۳ C** همه موارد درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** می‌دانیم که استرها و کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیر شده که دارای شمار یکسان اتم کربن هستند، با یکدیگر همپارند. فرمول مولکولی هر دو ترکیب ذکر شده  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_2$  است.

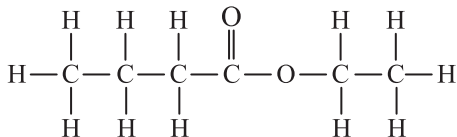
**عبارت دوم:** برای تشخیص اسید و الکل سازنده یک استر کافی است پیوند C—O شکسته و به اتم اکسیژن آن یک اتم H و به اتم کربن آن یک گروه OH متصل نماییم:



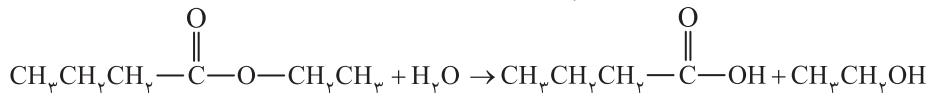
الکل سازنده این استر اتانول است. اتانول را در صنعت می‌توان از واکنش اتن ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) با آب، طبق واکنش زیر تولید کرد:



عبارت سوم: فرمول ساختاری این استر به صورت زیر است:



در این ترکیب ۱۲ پیوند C—H و ۴ پیوند C—C وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر  $\frac{12}{4}$  است. عبارت چهارم: واکنش آبکافت این استر به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_7 = \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_7}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_7} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_7}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_7} \times \frac{110 \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_7}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_7} \times \frac{60}{100} = 26/4 \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_7$$

بازده واکنش

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول استر مصرفی} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{1} \Rightarrow \frac{100 \times \frac{60}{100}}{1} = \frac{x \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_7}{1 \times 110} \Rightarrow x = 26/4 \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_7$$

واکنش مورد نظر مربوط به آبکافت استرهاست. در این واکنش‌ها، الکل و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود. **۱ ۱۶۱۴ C**



برای حل سؤال، از جرم ماده اولیه و متانول استفاده کرده و جرم مولی ماده اولیه را به دست می‌آوریم: (جرم مولی ماده اولیه را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم).

$$\frac{5/1 \text{ g C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2}{M \text{ g C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2} \times \frac{32 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} \times \frac{50}{100} = 1/8 \text{ g CH}_3\text{OH} \Rightarrow M = 102 \text{ g mol}^{-1}$$

بازده واکنش

اکنون از جرم مولی ماده اولیه، شمار اتم‌های کربن و سپس فرمول مولکولی آن را به دست می‌آوریم:

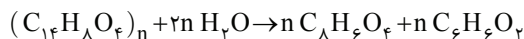
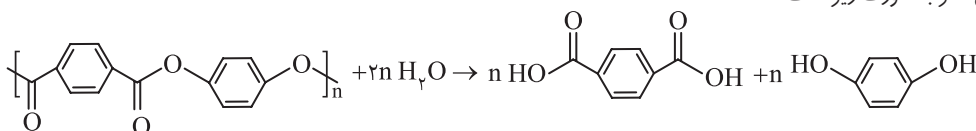
$$(M) = n(12) + 2n(1) + 2(16) = 102 \Rightarrow 14n + 32 = 102 \Rightarrow n = 5$$

بنابراین فرمول مولکولی ماده اولیه  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  است و به این ترتیب می‌توانیم گزینه درست را انتخاب نماییم. در صورتی که می‌خواهید جرم مولی ماده A را محاسبه کنید، کافی است از قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، به صورت زیر، استفاده کنید:

$$110 \text{ g mol}^{-1} = \text{جرم مولی ماده A} \Rightarrow 32 + \text{جرم مولی ماده A} = 102 + 18 \Rightarrow \text{جرم مولی ماده A} = 88 \text{ g mol}^{-1}$$

همچنین از اختلاف شمار اتم‌های کربن ماده اولیه و متانول، می‌توان تشخیص داد که ماده A، ۴ اتم کربن دارد. فرمول کربوکسیلیک اسید چهارکربنه به صورت  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  بوده و جرم مولی آن برابر  $110 \text{ g mol}^{-1}$  است. **۲ ۱۶۱۵ B**

معادله واکنش آبکافت پلی‌استر به صورت زیر است:



$$? \text{ g C}_6\text{H}_6\text{O}_2 = 132/18 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{n \text{ mol C}_6\text{H}_6\text{O}_2}{n \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{110 \text{ g C}_6\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_6\text{O}_2} = 88 \text{ g C}_6\text{H}_6\text{O}_2$$

$$? \text{ g } (\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4)_n = 132/18 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{1 \text{ mol } (\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4)_n}{n \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{240n \text{ g } (\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4)_n}{1 \text{ mol } (\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4)_n} = 192 \text{ g } (\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4)_n$$

$$\frac{132/18 \times 240}{166} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{400 \times 240}{3} = \frac{400 \times 240 \times 2}{1000} = \frac{4 \times 240 \times 2}{10} = 192$$

به جای ۱۳۲/۱۸ و ۴۰۰/۳ اعداد ۱۶۶ و ۴۰۰ قرار گیرد.

توضیح محاسبات

معادله واکنش آبکافت استر به صورت زیر است. در این واکنش ضریب استوکیومتری همه گونه‌ها برابر یک است. الکل + کربوکسیلیک اسید  $\rightarrow$  آب + استر **۲ ۱۶۱۶ B**

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): از آنجا که استر جزء واکنش دهنده‌ها است، نمودار غلظت - زمان آن به صورت نزولی است. با توجه به جدول، نمودار داده شده، صحیح رسم شده است.

گزینه (۲):

$$\bar{R}(\text{اسید}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta n(\text{استر})}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{استر}] \times V}{\Delta t} = -\frac{(0/31 - 0/55) \times 20}{30 \text{ s}} = 0/16 \text{ mol s}^{-1}$$

گزینه (۳): در واکنش‌های شیمیایی به طور کلی، با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد. گزینه (۴): سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) کاتالیزگر واکنش آبکافت استرها است و اضافه کردن آن به واکنش سبب افزایش سرعت واکنش می‌شود.



قسمت اول: معادله آکفایت این استر، به صورت « بوتانوئیک اسید + اتانول → آب + اتیل بوتانات » است. بر اساس قانون پایستگی جرم، داریم: جرم آب + جرم اتیل بوتانات = مجموع جرم اسید و الکل تولید شده

$$? \text{ g H}_2\text{O} = \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}{116 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = \frac{1}{35} \text{ g H}_2\text{O}$$

ابتدا جرم آب مصرف شده در این واکنش را به دست می آوریم:  $\frac{1}{35} \text{ g H}_2\text{O}$

در نتیجه مقدار نظری برای مجموع جرم اسید و الکل تولید شده در این واکنش برابر است با:

$$\text{مقدار عملی} \times 100 = \frac{4}{0.2} \times 100 = 20\% \Rightarrow \text{بازده درصدی} = \frac{1}{35} \times 100 = 2.86\% \Rightarrow \text{مقدار نظری برای مجموع جرم الکل و اسید}$$

قسمت دوم: معادله واکنش بوتانوئیک اسید با پنتانول به صورت  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} \rightarrow \text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$  است.

$$? \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O} = \frac{1}{35} \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}\text{O}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2} \times \frac{116 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}}{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}\text{O}} = \frac{100 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}}{116 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}}$$

خالص  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  بازده درصدی  $= 3 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  خالص

$$\frac{1/35 \times 4 \times 100}{18 \times 100} = ? \rightarrow \frac{1/35 \times 4 \times 100}{18 \times 100} = \frac{1/35 \times 4 \times 100}{18 \times 100} = \frac{1 \times 4 \times 100}{35 \times 18 \times 100} = \frac{4}{630} = \frac{2}{315} = \frac{3}{20} = 3$$

+ توضیح محاسبات

قسمت اول: معادله این واکنش به صورت زیر است. (توجه کنید که طبق قانون پایستگی جرم،  $n + n' = 9$  است.)  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2 + \text{C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O}$

ابتدا جرم الکل و اسید تولید شده را به دست می آوریم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2 = \frac{1}{5} \text{ mol استر} \times \frac{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2}{1 \text{ mol استر}} \times \frac{(14n + 32) \text{ g C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2} \times \frac{60}{100} = \frac{6}{9} (14n + 32) \text{ g C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$$

بازده واکنش

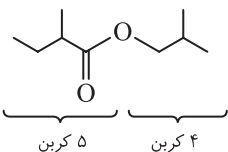
$$? \text{ g C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O} = \frac{1}{5} \text{ mol استر} \times \frac{1 \text{ mol C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O}}{1 \text{ mol استر}} \times \frac{(14n' + 18) \text{ g C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O}}{1 \text{ mol C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O}} \times \frac{60}{100} = \frac{6}{9} (14n' + 18) \text{ g C}_{n'}\text{H}_{2n'+2}\text{O}$$

بازده واکنش

اکنون با توجه به اینکه  $n + n' = 9$  برابر ۹ و تفاوت جرم الکل و اسید تولید شده برابر  $25/2$  گرم است، خواهیم داشت:

$$\text{جرم الکل تولیدی} - \text{جرم اسید تولیدی} = 25/2 \Rightarrow \frac{6}{9} (14n + 32) - \frac{6}{9} (14n' + 18) = 25/2 \Rightarrow 14n + 32 - 14n' - 18 = \frac{25}{2}$$

$$14n - 14n' + 14 = 28 \Rightarrow 14n - 14n' = 14 \Rightarrow n - n' = 1 \quad \text{(II)} \xrightarrow{\text{(I), (II)}} n = 5, n' = 4$$

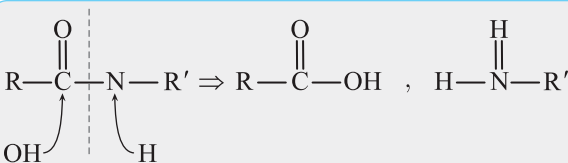


پس استر مورد نظر از یک اسید ۵ کربنی و الکل ۴ کربنی تشکیل شده است.

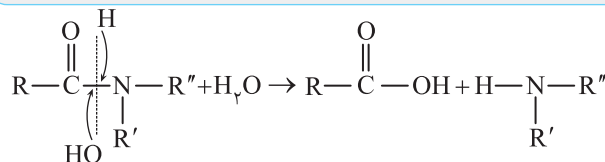
۱۶۱۹ A

نتیجه ترکیب

فرآورده‌های حاصل از آکفایت آمیدها: در آکفایت یک آمید، پیوند بین اتم کربن و اتم نیتروژن موجود در گروه عاملی آمیدی شکسته و به اتم کربن گروه  $\text{OH}$  و به اتم نیتروژن اتم  $\text{H}$  متصل می‌کنیم:

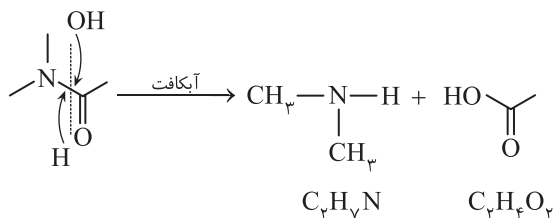


معادله واکنش آکفایت یک آمید به صورت زیر است:

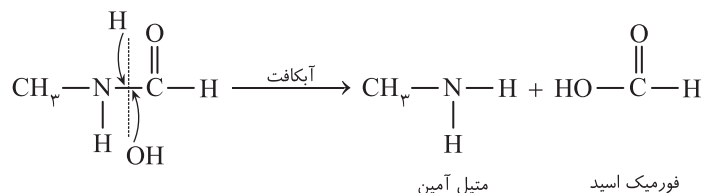


همان‌طور که می‌بینید گروه  $\text{OH}$  از مولکول آب به اتم کربن متصل شده و اتم  $\text{H}$  مولکول آب نیز به اتم  $\text{N}$  متصل می‌شود و آمین و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود. بررسی گزینه‌های (۳) و (۴):

گزینه (۴):



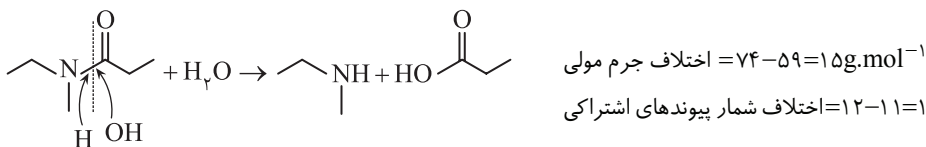
گزینه (۳):





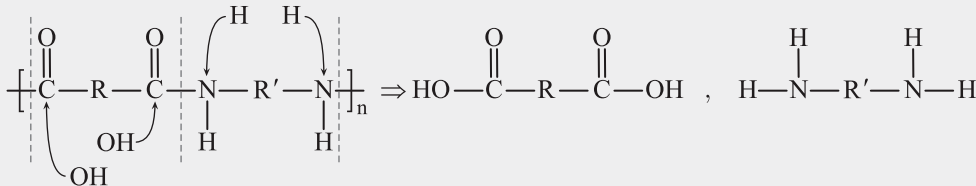
۱ ۱۶۲۰ B معادله آبکافت آمید مورد نظر به صورت زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} ۱۲ = \text{شمار پیوندهای اشتراکی}, \quad ۳(۱۲) + ۹(۱) + ۱(۱۴) = ۵۹ \text{g.mol}^{-1}, \quad \text{C}_7\text{H}_9\text{N} \Rightarrow \text{آمین} \\ ۱۱ = \text{شمار پیوندهای اشتراکی}, \quad ۳(۱۲) + ۶(۱) + ۲(۱۶) = ۷۴ \text{g.mol}^{-1}, \quad \text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2 \Rightarrow \text{اسید} \end{array} \right.$$

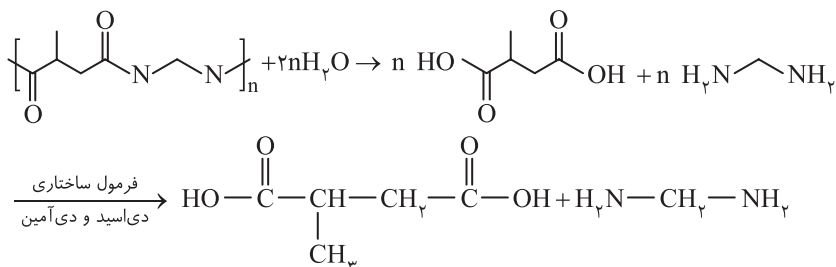


۳ ۱۶۲۱ B

**نکته ترکیبی** فرآورده‌های حاصل از آبکافت پلی‌آمیدها: در آبکافت پلی‌آمیدها، پیوند C-N گروه‌های عاملی آمیدی را شکسته و به هر اتم کربن، گروه -OH و به هر اتم نیتروژن، اتم هیدروژن متصل می‌کنیم:



همه عبارت‌ها به جز عبارت دوم درست هستند. واکنش آبکافت پلی‌آمید داده شده به صورت زیر است:

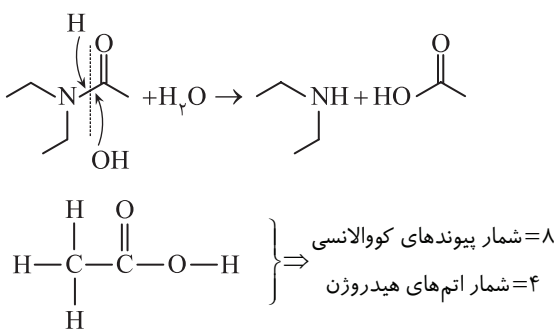


۲ = ۸ - ۶ = اختلاف شمار اتم‌های هیدروژن  $\Rightarrow \text{CH}_7\text{N}_2 \Rightarrow$  فرمول مولکولی آمین،  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ : فرمول مولکولی اسید

در مولکول پلیمر هیدروژن متصل به نیتروژن وجود دارد، پس میان مولکول‌های این پلیمر علاوه بر نیروی وان دروالسی، پیوند هیدروژنی نیز وجود دارد و درصد جرمی

$$\%N = \frac{2n \times 14}{(6n \times 12) + (10n \times 1) + (2n \times 14) + (2n \times 16)} \times 100 = \frac{28n}{142n} \times 100 = 19.7\%$$

نیتروژن در این پلیمر برابر است با:



۱ ۱۶۲۲ B عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. فرمول مولکولی اسید و آمین تولید شده

به ترتیب  $\text{C}_7\text{H}_{11}\text{N}$  و  $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2$  می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار

آمید داده شده، اتم H متصل به اتم N یا اتم O وجود ندارد، بنابراین این آمید نمی‌تواند با

مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی ایجاد کند. در ساختار آمین تولید شده به دلیل وجود اتم H

متصل به اتم N و در ساختار اسید تولید شده به دلیل وجود اتم H متصل به اتم O، بین

مولکول‌های آن‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. عبارت (ب): در ساختار این ترکیب دو گروه

اتیل متصل به اتم N وجود دارد. عبارت (پ): فرمول ساختاری اسید به صورت مقابل است:

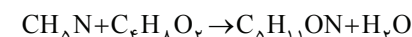
عبارت (ت): فرمول عمومی استرها به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  است و استری با ۵ اتم کربن، ۱۰

اتم هیدروژن دارد در حالی که در ساختار آمین داده شده، ۱۱ اتم هیدروژن دیده می‌شود.

\* توجه: شمار اتم‌های هیدروژن آمین‌های تک‌عاملی همواره فرد است و شمار اتم‌های هیدروژن در کربوکسیلیک اسیدها زوج است.

عبارت (ت): کربوکسیلیک اسید سازنده پنتیل اتانوات، اتانواتیک اسید است.

۱ ۱۶۲۳ B فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش تولید آمید به صورت روبه‌رو است:



آب آمید بوتانوئیک اسید متیل آمین

در ساختار این آمید ۱۱ اتم هیدروژن وجود دارد.

\* توجه: در ساختار آمیدهای تک‌عاملی، تعداد اتم‌های هیدروژن فرد است.

عبارت (ب): اگر بوتانوئیک اسید با متانول واکنش دهد، استری با نام «متیل بوتانوات» تولید می‌شود.

$$\left. \begin{array}{l} \text{فرمول مولکولی اسید} \\ \text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2 \Rightarrow \text{شمار اتم‌ها} = ۱۴ \\ \text{فرمول مولکولی آمین} \\ \text{CH}_5\text{N} \Rightarrow \text{شمار اتم‌ها} = ۷ \end{array} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف شمار اتم‌ها} = ۱۴ - ۷ = ۷$$

عبارت (ب):

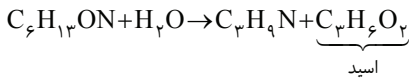
عبارت (ت): متیل آمین، یک اتم کربن دارد و آمید مورد نظر دارای ۵ اتم کربن است، بنابراین اسید سازنده این آمید باید ۴ اتم کربن داشته باشد. با توجه به اینکه فرمول

عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی خطی سیر شده به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  است، فرمول مولکولی اسید مورد نظر  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  است. اسید سازنده استر ایجادکننده

طعم و بوی موز، اتانواتیک اسید است. فرمول مولکولی این ترکیب  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$  و شمار اتم‌های کربن در آن نصف شمار اتم‌های کربن در بوتانوئیک اسید می‌باشد.



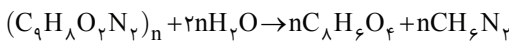
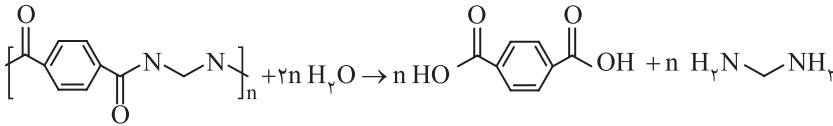
۱ ۱۶۲۴ B فرمول مولکولی آمین تولید شده به صورت  $C_3H_9N$  است. بنابراین واکنش آبکافت این آمید به صورت زیر می‌باشد:



با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری اسید تولید شده و آب مصرف شده با هم برابر است، داریم:

$$\frac{\text{جرم مولی اسید}}{\text{جرم مولی آب}} = \frac{\text{جرم مولی اسید} \times \text{تعداد مول اسید}}{\text{جرم مولی آب} \times \text{تعداد مول آب}} = \frac{1 \times 74}{1 \times 18} = 4/1$$

۲ ۱۶۲۵ B معادله واکنش آبکافت پلی‌آمید به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$22g (C_9H_8O_2N_2)_n \times \frac{1 \text{ mol } (C_9H_8O_2N_2)_n}{176n \text{ g } (C_9H_8O_2N_2)_n} \times \frac{n \text{ mol } CH_6N_2}{1 \text{ mol } (C_9H_8O_2N_2)_n} \times \frac{46g CH_6N_2}{1 \text{ mol } CH_6N_2} \times \frac{R}{100} = 4/6g CH_6N_2 \Rightarrow R = 7.8\%$$

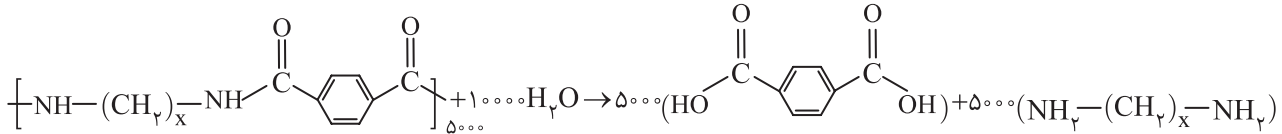
بازده درصدی

$$? g C_8H_6O_4 = 4/6g CH_6N_2 \times \frac{1 \text{ mol } CH_6N_2}{46g CH_6N_2} \times \frac{n \text{ mol } C_8H_6O_4}{n \text{ mol } CH_6N_2} \times \frac{166g C_8H_6O_4}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} = 16/6g C_8H_6O_4$$

$$\frac{\text{جرم پلی‌آمید}}{100} \times \frac{R}{100} = \frac{\text{جرم دی‌آمین}}{\text{جرم دی‌اسید}} \Rightarrow \frac{22 \times \frac{R}{100}}{1 \times 176n} = \frac{x}{n \times 166} \Rightarrow x = 16/6g, R = 7.8\%$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۱۶۲۶ C معادله واکنش آبکافت این پلی‌آمید به صورت زیر است:



باید جرم اسید و آمین تولید شده در این واکنش را به دست آوریم:

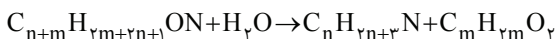
$$? g C_8H_6O_4 = 0.5 \text{ mol پلی‌آمید} \times \frac{5000 \text{ mol } C_8H_6O_4}{1 \text{ mol پلی‌آمید}} \times \frac{166g C_8H_6O_4}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} = 41500g C_8H_6O_4$$

$$? g \text{ آمین} = 0.5 \text{ mol پلی‌آمید} \times \frac{5000 \text{ mol آمین}}{1 \text{ mol پلی‌آمید}} \times \frac{M \text{ g آمین}}{1 \text{ mol آمین}} = 250 M \text{ g آمین}$$

$$102 = (14+2) \times 2 + (12+2)x = 102 \Rightarrow x = 5 \quad 41500 - 250M = 16000 \Rightarrow M = 102g \cdot mol^{-1}$$

۲ ۱۶۲۷ C فرض می‌کنیم که آمین سازنده این آمید n اتم کربن و اسید سازنده آن m اتم کربن دارد. بنابراین فرمول مولکولی آمین به صورت  $C_nH_{2n+3}N$  و

فرمول مولکولی اسید به صورت  $C_mH_{2m}O_2$  است. معادله آبکافت این آمید به صورت زیر است:



سرعت متوسط تولید اسید و آمین در این واکنش، برابر با سرعت متوسط واکنش است. در نتیجه:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(\text{اسید}) = \bar{R}(\text{آمین}) \Rightarrow \text{مقدار مول آمین تولیدی} = \text{مقدار مول اسید تولیدی} \Rightarrow \bar{R}(\text{واکنش}) \times \Delta t = 0.18 \times 25 = 4.5 \text{ mol}$$

با توجه به اینکه مجموع جرم اسید و آمین تولید شده برابر با ۶۶۱/۵g است، داریم:

$$661/5 = 4/5 \times (\text{جرم مولی اسید}) + 4/5 \times (\text{جرم مولی آمین}) = 4/5 \times (\text{اسید}) + 4/5 \times (\text{آمین})$$

$$147 = (\text{جرم مولی اسید}) + (\text{جرم مولی آمین}) \Rightarrow (12n + (2n+3) + 14) + (12m + 2m + 32) = 147$$

$$14n + 14m = 98 \Rightarrow m + n = 7 \quad (I)$$

$$5 = (\text{تعداد اتم‌های هیدروژن اسید}) - (\text{تعداد اتم‌های هیدروژن آمین}) \Rightarrow (2n+3) - 2m = 5 \Rightarrow 2n - 2m = 5 - 3 \Rightarrow n - m = 1 \quad (II)$$

اکنون مقدار n و m را به دست می‌آوریم:  $m + n = 7, n - m = 1 \Rightarrow n = 4, m = 3 \Rightarrow$  فرمول آمین  $C_4H_{11}N$

۲ ۱۶۲۸ A موارد اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی موارد نادرست: مورد چهارم: پلیمرهای زیست تخریب‌ناپذیر (مانندگار) ساختاری شبیه آلکان‌ها دارند و

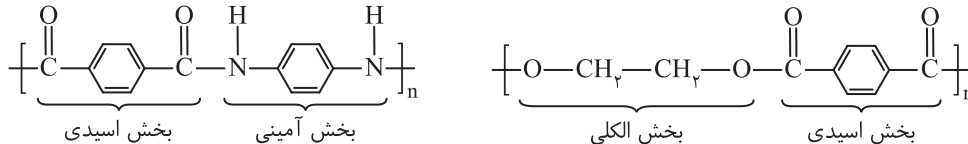
سیر شده هستند، از این رو پوشاک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی‌شوند. مورد پنجم: به طور کلی واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها بسیار

کند است، در حالی که پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده آبکافت می‌شوند.

۱۶۲۹ ۳ فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت (الف): ماندگاری بالای پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر هر چند از لحاظ اقتصادی به صرفه است، ولی از نگاه پیشرفت پایدار مطلوب نیست و می‌تواند سبب مشکلات فراوانی از جمله تبدیل محیط زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهره شهرها و محیط زیست و آسیب زدن به زندگی جانداران شود. این موارد هزینه‌های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد.

۱۶۳۰ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): پلیمرهای ماندگار، پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی هستند و با جایگزینی آن‌ها با پلیمرهای زیست تخریب پذیر می‌توان از اثرات نامطلوب آن‌ها کاست. عبارت (پ): پلی اتن جزء پلیمرهای ساختگی و زیست تخریب ناپذیر است و بازیافت این پلیمرها یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری از منابع منجر خواهد شد. عبارت (ت): منظور از پلیمرهایی که ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند، پلیمرهایی هستند که ساختاری کاملاً سیر شده دارند و تمایلی بسیار اندک به انجام واکنش‌های شیمیایی دارند. در ساختار این پلیمرها به جز کربن و هیدروژن می‌تواند عنصرهای دیگری هم وجود داشته باشد؛ به عنوان مثال پلی سیانو اتن، پلی وینیل کلرید و تفلون هر سه ساختاری سیر شده دارند، اما علاوه بر اتم‌های کربن و هیدروژن در ساختار آن‌ها اتم‌های نیتروژن، کلر و فلوئور هم دیده می‌شود.

۱۶۳۱ ۲ در آبکافت و تجزیه پلی آمیدها و پلی استرها، پیوندی که دو بخش آمینی و اسیدی با دو بخش الکی و اسیدی را به هم متصل می‌کند، تجزیه می‌شود؛ بنابراین برای آبکافت پلی آمید، پیوند b و برای آبکافت پلی استر، پیوند y شکسته می‌شود.



۱۶۳۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): سرعت پوسیده شدن لباس‌های نخی در محیط گرم و مرطوب، بیشتر است، زیرا در محیط گرم و مرطوب، سرعت واکنش‌های شیمیایی بیشتر است. عبارت (ت): بسیاری از پلی آمیدها و پلی استرها ساختگی جزء پلیمرهای ماندگار هستند.

۱۶۳۳ ۱ در یک تقسیم بندی، می‌توان انواع پلیمرها را به صورت زیر دسته بندی کرد:

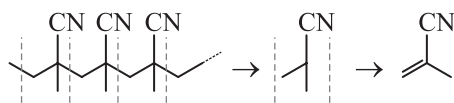
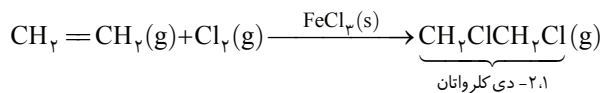
پلیمرها	زیست تخریب پذیر <math>\Leftarrow</math> پلیمرهای طبیعی مانند پلی ساکاریدها (نشاسته و سلولز)، پلی آمیدها و پلی استرها طبیعی
	زیست تخریب ناپذیر (ماندگار) <math>\Leftarrow</math> پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی مانند پلی اتن، پلی وینیل کلرید، پلی سیانو اتن، پلی پروپن، تفلون و پلی استیرن

پلی سیانو اتن جزء پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر و سلولز جزء پلیمرهای زیست تخریب پذیر است، بنابراین زمان ماندگاری پلی سیانو اتن در طبیعت بیشتر از سلولز است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): استفاده از پلیمرهای زیست تخریب پذیر برخلاف پلیمرهای ماندگار از نگاه توسعه پایدار مطلوب است. با توجه به اینکه پلی پروپن زیست تخریب ناپذیر و نشاسته زیست تخریب پذیر است، استفاده از پلی پروپن از نگاه توسعه پایدار نامطلوب و استفاده از نشاسته از نگاه توسعه پایدار مطلوب است. گزینه (۳): تأثیر انواع مواد شیمیایی بر روی پلیمرهای زیست تخریب پذیر مانند پلی آمیدها و پلی استرها طبیعی بیشتر از تأثیر آن‌ها بر روی پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر مانند پلی اتن است. پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر ساختاری سیر شده و تمایل بسیار کمی به انجام واکنش‌های شیمیایی دارند. گزینه (۴): پروتئین جزء پلیمرهای زیست تخریب پذیر و پلی استیرن جزء پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر هستند. پلیمرهای زیست تخریب پذیر برخلاف پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر در طبیعت با سرعت بیشتری تجزیه می‌شوند.

۱۶۳۴ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): علاوه بر ساختار مونومرهای سازنده آن‌ها، شرایط محیطی هم بر آهنگ تجزیه پلی استرها و پلی آمیدها مؤثر است، مثل گرما و رطوبت محیط. عبارت (ب): سلولز و نشاسته جزء پلیمرهای زیست تخریب پذیر و کولار، پلی وینیل کلرید و پلی اتن جزء پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر هستند. عبارت (پ): پلیمرهای ماندگار که ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند، از هیدروکربن‌های سیر نشده به دست می‌آیند. دقت کنید که هیدروکربن‌های سیر شده نمی‌توانند در واکنش پلیمری شدن شرکت کنند. چون در ساختار آن‌ها پیوند دوگانه وجود ندارد. عبارت (ت): ترکیب‌های اسیدی می‌توانند کاتالیزگر واکنش آبکافت پلی استرها و پلی آمیدها باشند و سرعت این واکنش‌ها را افزایش بدهند. عبارت (ث): پلی لاکتیک اسید یک پلیمر زیست تخریب پذیر است و استفاده از آن از نگاه توسعه پایدار مطلوب است.

۱۶۳۵ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت (ب): بیش از ۵۰٪ الیاف تولیدی در جهان را الیاف ساختگی تشکیل می‌دهد. \* توجه ممکن است بسیاری از شما، عبارت (الف) را به دلیل اینکه به جای پلی استیرن گفته استیرن غلط در نظر گرفته باشید ولی باید بگوییم که سازمان سنجش به دلیل اینکه پلی استیرن نیز از مونومرهای استیرن ساخته می‌شود و در واقع ماده اولیه ظرف یکبار مصرف، استیرن است، این عبارت را درست در نظر گرفته است.

۱۶۳۶ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: مواد زیست تخریب پذیر موادی هستند که در طبیعت، ظرف چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل می‌شوند. مورد دوم: در واکنش تهیه پلی اتن، در صورتی که کاتالیزگرهای محتوی آلومینیم و تیتانیوم به نسبت ۳ به ۱ به کار روند، پلی اتن با بیشترین جرم مولی به دست می‌آید. مورد سوم: معادله واکنش گاز اتن و گاز کلر به صورت زیر است:



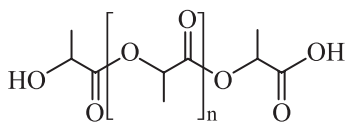
مورد چهارم:

۱۶۳۷ ۴ فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): دسته‌ای از پلیمرها توسط جانداران ذره بینی تجزیه شده، به طوری که هر گاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آن‌ها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل می‌شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند. عبارت (پ): پلیمرهای سبز از فرآورده‌های کشاورزی مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌شوند. عبارت (ت): نشاسته موجود در پلیمرهای سبز را ابتدا به لاکتیک اسید تبدیل کرده و سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی لاکتیک اسید تولید می‌کنند. از پلی لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و... تولید شده است، این پلاستیک‌ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند، به همین دلیل رد پای کوچک‌تری در محیط زیست برجای می‌گذارند.

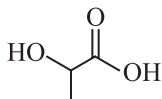


**۱۶۳۸** **۳** عبارات‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است. در فرایند تولید پلی‌لاکتیک اسید، نخست نشاسته موجود در سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر را به لاکتیک اسید تبدیل می‌کنند. **عبارت (ب):** از واکنش پلیمری شدن لاکتیک اسید، پلی‌لاکتیک اسید به‌دست می‌آید. از پلی‌لاکتیک اسید انواع طرف‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. **عبارت (پ):** پلاستیک‌های تهیه شده از نفت خام برخلاف پلاستیک‌های تهیه شده از پلی‌لاکتیک اسید، در طبیعت امکان تبدیل شدن به کود را ندارند. **عبارت (ت):** پلی‌لاکتیک اسید جزء پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر است و به علت ماندگاری کوتاه‌مدت در طبیعت، تولید و استفاده از آن از دیدگاه توسعه پایدار مطلوب است. **عبارت (ث):** پلیمر سبز یک پلیمر طبیعی است و سرعت تجزیه آن بیشتر از پلیمرهای ساختگی است.

**۱۶۳۹** **۳** عبارات‌های اول، دوم و سوم درست و عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارات‌ها: مورد اول:** پلیمرهای سبز، زیست‌تخریب‌پذیر بوده و با رها شدن در طبیعت پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب (H<sub>2</sub>O) و کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) تبدیل می‌شوند. **مورد دوم:** از پلی‌لاکتیک اسید انواع طرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. **مورد سوم:** پلاستیک‌های سبز که با استفاده از پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌شوند، امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک‌تری در محیط زیست برجای می‌گذارند. **مورد چهارم:** پلیمرهای سبز را از فرآورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. به طوری که نخست نشاسته موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده، سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌کنند.



**۱۶۴۰** **۴** عبارات‌های (ب) و (ت) نادرست است. فرمول ساختاری این پلیمر به صورت مقابل است. فرمول واحد تکرارشونده این پلیمر به صورت (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>)<sub>n</sub> است. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** در ساختار این پلیمر، گروه عاملی استری دیده می‌شود و به همین دلیل این پلیمر جزء خانواده پلی‌استرهاست.



**عبارت (ب):** فرمول مونومر سازنده پلی‌لاکتیک اسید به صورت مقابل است. فرمول شیمیایی مونومر به صورت C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> است.

**عبارت (پ):**

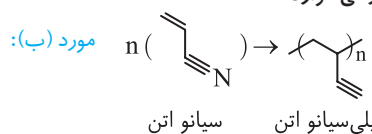
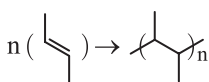
$$n = \frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}} = \frac{2880}{72} = 40$$

$$n = \frac{2880}{72} = 40$$

**عبارت (ت):** مونومر سازنده پلی‌لاکتیک اسید، لاکتیک اسید است. لاکتیک اسید را از نشاسته تهیه می‌کنند، در حالی که ترکیب سازنده لیاف پنبه سلولز است.

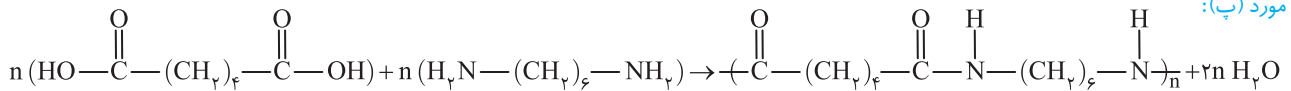
**۱۶۴۱** **۱** عبارات‌های دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت اول:** تجربه نشان می‌دهد که واکنش آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدهای ساختگی به سادگی صورت نمی‌گیرد و بسیار کند است. ولی پلی‌استرها و پلی‌آمیدهای طبیعی به سادگی در طبیعت تجزیه می‌شوند. **عبارت دوم:** از پلی‌لاکتیک اسید انواع طرف‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است. **عبارت سوم:** به منظور آسان‌سازی و افزایش کیفیت بازیافت و افزایش کیفیت فرآورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه‌ای در نظر گرفته شده که بر روی کالا حک می‌شود. **عبارت چهارم:** اگر چه شیر ترش شده حاوی لاکتیک اسید است اما برای تهیه صنعتی پلی‌لاکتیک اسید استفاده نمی‌شود. در صنعت، پلی‌لاکتیک اسید را از فرآورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. **عبارت پنجم:** ماندگاری پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده بیشتر از پلی‌آمیدها و پلی‌استرهاست.

**۱۶۴۲** **۱** فقط مورد (پ) نادرست است. **بررسی موارد:**

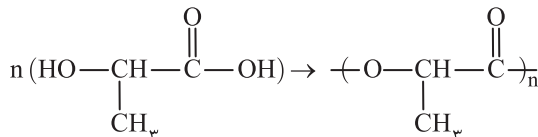


**مورد (الف):**

**مورد (پ):**

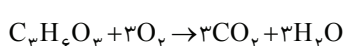


**مورد (ت):** مونومرهایی که در ساختار خود یک گروه الکلی و یک گروه کربوکسیلی دارند، به تنهایی می‌توانند در واکنش تولید پلی‌استرها شرکت کرده و پلی‌استر تولید کنند.



**۱۶۴۳** **۳** عبارات‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت اول:** نشاسته از جمله پلیمرهای طبیعی است که می‌تواند در محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به مونومرهای سازنده خود (گلوکز) تبدیل شود. از این رو یک پلیمر زیست‌تخریب‌پذیر محسوب می‌شود. **عبارت دوم:** برای تهیه پلی‌لاکتیک اسید، ابتدا نشاسته موجود در فرآورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی را نخست به لاکتیک اسید تبدیل کرده و سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی‌لاکتیک اسید تولید می‌کنند. **عبارت‌های سوم و پنجم:** نشاسته یک پلیمر طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر است که از مونومرهای گلوکز تشکیل شده است و جزء پلی‌استرها نیست! **عبارت چهارم:** نشاسته در محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به مونومرهای سازنده خود، یعنی گلوکز تبدیل می‌شود.

**۱۶۴۴** **۴** همه موارد درست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** برای تولید پلی‌استر می‌توان از الکل و اسید دوامالی و یا مولکولی که دارای گروه‌های عاملی اسیدی و الکلی باشد، استفاده کرد. از این رو لاکتیک اسید در شرایط مناسب می‌تواند پلی‌استر تولید کند. **عبارت (ب):** با توجه به ساختار لاکتیک اسید، در هر مولکول آن ۱۲ پیوند وجود دارد. در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن دارای ۲ جفت الکترون ناپیوندی است، از این رو لاکتیک اسید دارای ۶ جفت الکترون ناپیوندی است. نسبت شمار جفت الکترون پیوندی (پیوند اشتراکی) به شمار جفت الکترون ناپیوندی برابر  $\frac{12}{6}$  است. **عبارت (پ):** معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل لاکتیک اسید به صورت مقابل است:



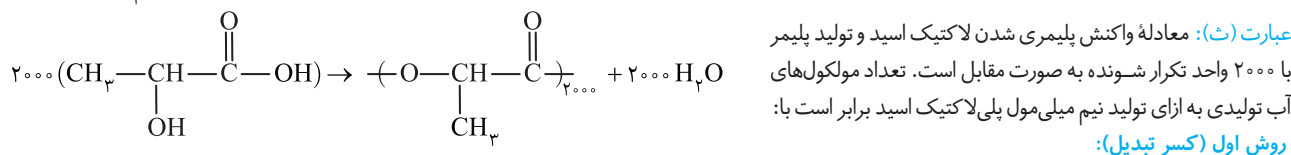
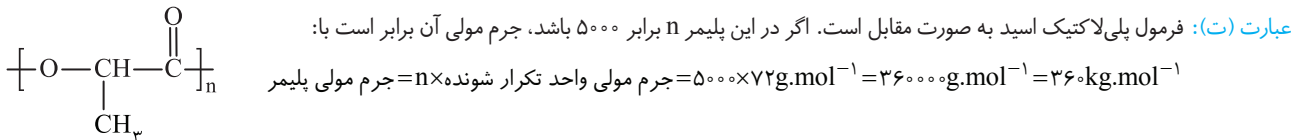
حجم گاز اکسیژن مصرفی به ازای مصرف ۳ گرم لاکتیک اسید برابر است با:

$$? L O_2 = 3g C_3H_6O_3 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_6O_3}{90g C_3H_6O_3} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_3H_6O_3} \times \frac{22.4 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 2/24 L O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم لاکتیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز اکسیژن}}{1 \times 90} \Rightarrow \frac{x L O_2}{3 \times 22/4} \Rightarrow x = 2/24 L O_2$$

روش دوم (تناسب):



$$? \text{ molecule } H_2O = 0.5m \text{ mol پلی استر} \times \frac{1 \text{ mol پلی استر}}{1000m \text{ mol پلی استر}} \times \frac{2000 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol پلی استر}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2O$$

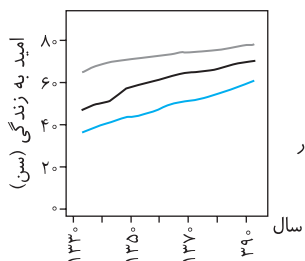
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پلی استر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مولکول آب}}{N_A \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ molecule } H_2O}{2000 \times 6/0.2 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 6/0.2 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2O$$

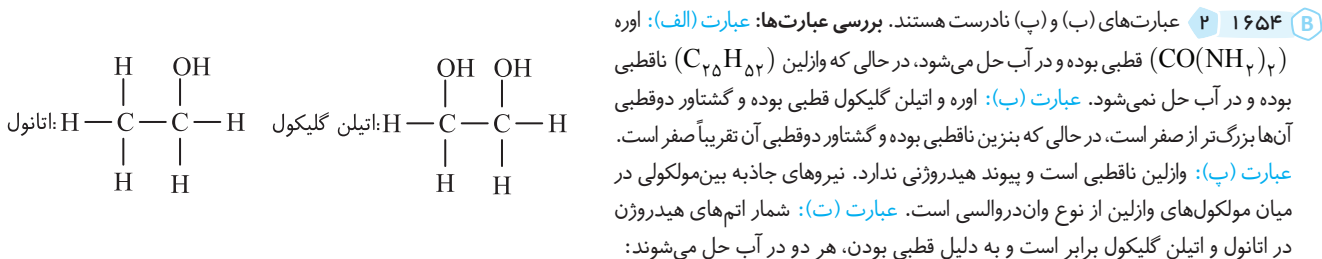
### شیمی ۳: فصل اول

### پاسخ تشریحی

- ۴ ۱۶۴۵ (A) همه عبارات درست هستند.
- ۲ ۱۶۴۶ (A) بیماری وبا در طول تاریخ چندین بار در جهان همه گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفته است و هنوز هم می‌تواند از بیماری‌های تهدیدکننده هر جامعه باشد.
- ۱ ۱۶۴۷ (A) عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): میزان امید به زندگی برای مناطق و کشورهای برخوردار بیشتر از مناطق و کشورهای کم‌برخوردار است.
- ۳ ۱۶۴۸ (A) همه موارد به جز مورد چهارم درست هستند. بررسی عبارت چهارم: عوامل مختلفی روی امید به زندگی تأثیر می‌گذارند، که سطح بهداشت جامعه تنها یکی از آنها می‌باشد؛ بنابراین نمی‌توان با قطعیت گفت کمتر بودن امید به زندگی در نواحی کمتر برخوردار، تنها به دلیل کمتر بودن سطح بهداشت آن جامعه است.



- ۱ ۱۶۴۹ (B) فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به طوری که بیماری‌های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می‌یافت. برای نمونه وبا یک بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود. مورد دوم: با گذشت زمان، سطح دسترسی و بهداشت فردی و همگانی افزایش یافت، از این رو شاخص امید به زندگی نیز افزایش یافته است. مورد سوم: با توجه به نمودار مقابل، شیب نمودار امید به زندگی در نواحی کم‌برخوردار بیشتر از نواحی برخوردار است. مورد چهارم: بیماری وبا در طول تاریخ بارها در جهان همه گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفت و هنوز هم می‌تواند برای هر جامعه‌ای تهدید کننده باشد. ساده‌ترین و مؤثرترین راه پیشگیری از این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.
- ۳ ۱۶۵۰ (B) موارد اول، سوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: آلاینده‌های موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند. مورد دوم: آلودگی‌ها می‌توانند به حالت جامد، مایع و گاز باشند، اما همه آن‌ها سمی نیستند. برای نمونه میزان اندکی از CO<sub>2</sub> در هوا که آلودگی به حساب نمی‌آید ولی اگر مقدار آن در هوا که محیط زیاد شود، آلاینده است. مورد چهارم: برای زدودن آلودگی‌ها باید به بررسی ساختار و رفتار ذره‌های سازنده آلاینده‌ها و مواد شوینده و نیز نیروهای میان ذرات آن‌ها پرداخت. مورد پنجم: برای زدودن آلودگی‌ها، مولکول‌های حلال باید با مولکول‌های آلاینده برهم کنش ایجاد کند و آن را در خود حل کند.
- ۲ ۱۶۵۱ (B) عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در فرایند انحلال اگر ذرات سازنده حل شونده با ذرات سازنده حلال جاذبه مناسب برقرار کنند، حل شونده در حلال حل می‌شود و ذرات حل شونده کنار هم باقی نمی‌مانند. عبارت (ب): مولکول‌های عسل به دلیل داشتن گروه‌های OH قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با آب هستند. عبارت (پ): محلول شوینده، چربی یا گریس را در خود حل می‌کند. عبارت (ت): لکه‌های شیرینی مولکول‌هایی قطبی دارند و برای پاک کردن آن‌ها باید از حلال‌های قطبی مثل آب استفاده کرد؛ درحالی که هگزان حلالی ناقطبی است.
- ۲ ۱۶۵۲ (A) ترکیب‌های اتیلن گلیکول، نمک خوراکی و اوره محلول در آب و ترکیب‌های بنزین، روغن زیتون و وازلین محلول در هگزان هستند.
- ۲ ۱۶۵۳ (A) موارد (پ)، (ت) و (ث) جمله داده شده را به درستی کامل می‌کنند. ترکیب‌های اتیلن گلیکول، اوره، استون و عسل برخلاف ترکیب‌های نمک خوراکی، بنزین، روغن زیتون، گریس و وازلین قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با آب می‌باشند.

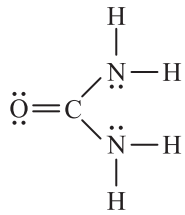




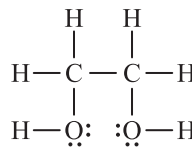


B ۱۶۵۵ ۳ عبارات‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نسبت شمار اتم‌های هیدروژن به کربن در بنزین ( $C_8H_{18}$ )، وازلین

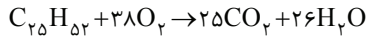
( $C_{25}H_{52}$ ) و روغن زیتون ( $C_{57}H_{104}O_6$ ) به ترتیب برابر ( $\frac{18}{8} = 2.25$ )، ( $\frac{52}{25} = 2.08$ ) و ( $\frac{104}{57} = 1.82$ ) است، بنابراین در دو ترکیب بنزین و وازلین نسبت خواسته شده، بزرگ‌تر از ۲ است. عبارت (ب): ساختار لوویس این دو ترکیب به صورت زیر است.



شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی = ۴  
شمار جفت الکترون‌های پیوندی = ۸



شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی: اتیلن گلیکول = ۴  
شمار جفت الکترون‌های پیوندی = ۹



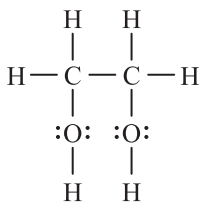
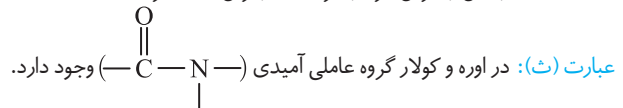
عبارت (پ): واکنش سوختن کامل وازلین به صورت روبه‌رو است:

$$? \text{ g } O_2 = 22 \text{ g } C_{25}H_{52} \times \frac{1 \text{ mol } C_{25}H_{52}}{352 \text{ g } C_{25}H_{52}} \times \frac{38 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_{25}H_{52}} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 76 \text{ g } O_2$$

$$\frac{22 \times 38 \times 32}{352} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{22 \times 38 \times 32}{352} = \frac{2 \times 38 \times 32}{32} = 2 \times 38 = 76$$

+ توضیح محاسبات

عبارت (ت): وازلین و بنزین هر دو جزء هیدروکربن‌های سیرشده (آلکان‌ها) هستند. وازلین ناقطبی است و با آب نمی‌توان لکه ایجاد شده توسط آن را شست‌وشو داد.



C ۱۶۵۶ ۲ عبارات‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ساختار لوویس اتیلن گلیکول ( $C_2H_6O_2$ ) به صورت مقابل است. پس در اتیلن گلیکول، ۹ پیوند اشتراکی (جفت‌الکترون پیوندی) وجود دارد. روغن زیتون همانند استر سنگین موجود در

چربی، یک استر سه‌عاملی با سه گروه عاملی استری  $\text{—C(=O)—O—}$  است و اگر در هر گروه آن یک پیوند دوگانه وجود داشته باشد، پس در هر مولکول آن، ۶ پیوند دوگانه وجود دارد؛ بنابراین تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی در اتیلن گلیکول، ۱/۵ برابر تعداد پیوندهای دوگانه مولکول روغن زیتون است. عبارت (ب): فرمول مولکولی اوره و اتیلن گلیکول به ترتیب به صورت  $C_2H_6O_2$  و  $CO(NH_2)_2$  است:

محاسبه درصد جرمی:  $\frac{2 \times 14}{(1 \times 12) + (1 \times 16) + (2 \times 14) + (4 \times 1)} \times 100 = 46.67\%$  درصد جرمی اتم N اوره

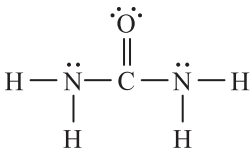
درصد جرمی اتم O در اتیلن گلیکول:  $\frac{2 \times 16}{(2 \times 12) + (6 \times 1) + (2 \times 16)} \times 100 = 51.61\%$

بنابراین درصد جرمی نیتروژن در اوره،  $\frac{46.67}{51.61} = 0.9$  برابر درصد جرمی اکسیژن در اتیلن گلیکول است. عبارت (ب): مولکول‌های اتیلن گلیکول دارای اتم‌های هیدروژن متصل به اکسیژن و مولکول‌های اوره دارای اتم‌های هیدروژن متصل به نیتروژن هستند؛ از این رو نوع نیروی بین‌مولکولی آن‌ها هیدروژنی و وان‌دروالسی است، اما مولکول‌های روغن زیتون فاقد این نوع پیوندها بوده و نوع نیروی بین‌مولکولی آن‌ها فقط از نوع وان‌دروالسی است. عبارت (ت): ابتدا به نکته زیر توجه کنید:

★ نکته برای محاسبه شمار پیوندهای اشتراکی موجود در مولکول‌های بزرگ که رسم ساختار لوویس آن‌ها بسیار دشوار و وقت‌گیر است، می‌توان از فرمول زیر استفاده نمود:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{(3 \times \text{اتم‌های نیتروژن و فسفر}) + (2 \times \text{اتم‌های اکسیژن و گوگرد}) + (\text{اتم‌های هیدروژن و هالوژن}) + (4 \times \text{اتم‌های کربن})}{2}$$

فرمول مولکولی روغن زیتون به صورت  $C_{57}H_{104}O_6$  است:  $\frac{(57 \times 4) + (104 \times 1) + (6 \times 2)}{2} = 172$  تعداد پیوند اشتراکی روغن زیتون



ساختار لوویس اوره ( $CO(NH_2)_2$ ) به صورت مقابل است. تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی اوره برابر ۴ است؛ بنابراین تعداد

پیوندهای اشتراکی روغن زیتون  $172 - \frac{4}{2} = 170$  برابر تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در اوره است.

A ۱۶۵۷ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. در مورد چربی‌ها، در درسامه مفصل توضیح داده‌ایم.

B ۱۶۵۸ ۴

نکته ترکیب اسیدهای چرب: به آن دسته از کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی ( $R - COOH$ ) که زنجیر کربنی (R) بزرگی دارند به طوری که بخش کربنی و

ناقطی آن‌ها بر بخش قطبی غلبه کرده است، اسید چرب می‌گویند. اگر گروه R در ساختار یک اسید چرب از نوع آلکیل باشد، فرمول مولکولی اسید چرب به صورت  $C_nH_{2n+1}COOH$  یا  $C_nH_{2n}O_2$  است. با توجه به اینکه در بسیاری از اسیدهای چرب ممکن است یک یا چند پیوند دوگانه در ساختار زنجیر کربنی دیده شود، به ازای هر پیوند دوگانه کربن - کربن، دو عدد از تعداد اتم‌های هیدروژن از فرمول اسید کم می‌شود؛ در نتیجه اگر L پیوند دوگانه در ساختار زنجیر کربنی اسید چرب وجود داشته باشد، فرمول اسید چرب به صورت زیر  $C_nH_{(2n+1)-2L}COOH$  یا  $C_nH_{2n-2L}O_2$  خواهد بود.

فقط عبارت (ب) نادرست است. مولکول نشان داده شده در صورت سؤال، کربوکسیلیک اسیدی با فرمول ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) می‌باشد که دارای دو بخش قطبی (گروه کربوکسیل) و ناقطبی (زنجیر هیدروکربنی) می‌باشد که از طریق گروه کربوکسیل خود می‌تواند با آب پیوند هیدروژنی برقرار نماید.



**B ۱۶۵۹ ۴** همه عبارات‌های بیان شده درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): شکل (۱) مدل فضا پرکن یک اسید چرب (کربوکسیلیک اسید با زنجیر کربنی بلند) را نمایش می‌دهد. عبارت (ب): شکل (۲) مدل فضا پرکن یک استر سنگین است. عبارت (پ): هر دو مولکول دارای پیوند دوگانه هستند، اسید چرب در گروه عاملی کربوکسیل و استر در گروه عاملی استری دارای پیوند دوگانه است. عبارات‌های (ت) و (ث): هر دو مولکول جزء مولکول‌های دویخشی هستند. در واقع در هر دو مولکول گروه هیدروکربنی، بخش ناقطبی مولکول و گروه عاملی بخش قطبی مولکول‌ها هستند و در هر دو مولکول، بخش ناقطبی بزرگ‌تر از بخش قطبی است.

\* توجه وجود شکستگی در مدل فضا پرکن، نمایانگر وجود پیوند چندگانه کربن - کربن در مولکول می‌باشد، مانند زنجیر هیدروکربنی در مولکول شماره (۲).

**B ۱۶۶۰ ۲** عبارات‌های (ب) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): بخش (A) در الگوی (۱) شامل گروه قطبی کربوکسیل (COOH-) و بخش (B)

در الگوی (۲) شامل گروه قطبی استری (O=C-O-) است. عبارت (ب): بخش داخل خط چین در هر دو الگو شامل زنجیرهای بلند هیدروکربنی است که ناقطبی هستند. عبارت (پ): الگوی (۲) مربوط به یک استر سه‌عاملی است که بخش ناقطبی آن بر بخش قطبی غلبه دارد به همین دلیل ناقطبی بوده و در هگزان حل می‌شود. عبارت (ت): نیروهای بین‌مولکولی غالب در الگوی (۱) از نوع وان‌دروالسی است؛ توجه داشته باشید که الگوی (۱) در کل ناقطبی است. عبارت (ث): در الگوی (۱) بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد؛ به همین دلیل این مولکول ناقطبی بوده و در آب حل نمی‌شود.

**B ۱۶۶۱ ۳** همه عبارات‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. این استر از واکنش یک الکل سه‌عاملی با سه کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی تولید شده است. در اثر ترکیب شدن هر یک از کربوکسیلیک اسیدهای تک‌عاملی با الکل، یک مولکول آب تولید می‌شود. بنابراین در تشکیل این استر، سه مولکول آب تولید می‌شود. در این ترکیب بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد؛ در نتیجه نیروی بین‌مولکولی از نوع وان‌دروالسی بوده و ترکیب در آب نامحلول است.

**B ۱۶۶۲ ۲** عبارات‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): گروه R، یک زنجیر هیدروکربنی بوده و قسمت ناقطبی این مولکول است. عبارت (ب): گروه R، یک گروه آلکیل ده کربنه، با فرمول  $C_{10}H_{21}$  می‌باشد، برای نوشتن فرمول این گروه آلکیل، یک اتم هیدروژن از آلکان هم‌کربن آن با فرمول  $C_{10}H_{22}$  کم کردیم.

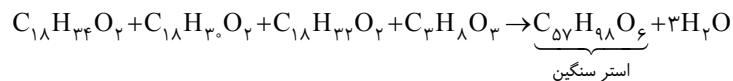
عبارت (پ): بخش ناقطبی این مولکول، گروه R می‌باشد که دارای اتم‌های کربن و هیدروژن است. عبارت (ت): بر اثر آب‌کافت هر گروه عاملی استر، یک گروه عاملی کربوکسیل و یک گروه عاملی هیدروکسیل تولید می‌شود. ترکیب مورد نظر، دارای سه گروه عاملی استر است. بنابراین با آب‌کافت یک مول از آن، سه مول کربوکسیلیک اسید با فرمول (RCOOH) تولید می‌شود.

**B ۱۶۶۳ ۳** به نکته زیر توجه کنید:

**نکته** برای تشخیص فرمول استر حاصل از واکنش اسیدهای آلی و الکل‌های یک یا چند عاملی کافی است، شمار اتم‌های موجود در فرمول الکل و اسیدها را با هم جمع کرده و به تعداد گروه‌های عاملی استری ایجاد شده در مولکول از مجموع اتم‌ها مولکول کم کنید. (در فرمول زیر، n تعداد گروه‌های عاملی استری است.)

فرمول کلی اسید چرب n کربنی یک‌عاملی با گروه R سیرشده به صورت  $C_nH_{2n}O_2$  است. پس اسید چربی با ۱۸ اتم کربن که فاقد پیوند دوگانه کربن - کربن است به صورت  $C_{18}H_{36}O_2$  می‌باشد. همان‌طور که می‌دانید به ازای هر پیوند دوگانه در ماده آلی، ۲ اتم هیدروژن از فرمول آن کاسته می‌شود؛ پس می‌توان گفت فرمول مولکولی پالمیتیک اسید، لینولنیک اسید و لینولئیک اسید به ترتیب به صورت  $C_{18}H_{34}O_2$ ،  $C_{18}H_{32}O_2$  و  $C_{18}H_{30}O_2$  است؛ از واکنش این سه اسید چرب با یک الکل سه‌عاملی، سه گروه استری ایجاد می‌شود که برای تشکیل هر گروه عاملی، یک مولکول  $H_2O$  از مولکول‌ها جدا می‌شود؛ پس برای رسیدن به فرمول مولکولی استر حاصل، باید اتم‌های الکل سه‌عاملی و اسیدها را با هم جمع کنیم و سه مولکول  $H_2O$  از آن کم کنیم.

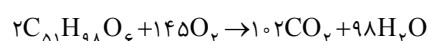
معادله واکنش اسیدها و گلیسیرین به صورت زیر است:



**C ۱۶۶۴ ۲** فرمول مولکولی استرهای بلند زنجیر سه‌عاملی که سه پیوند دوگانه (C=O) در ساختار خود دارند، به صورت  $C_nH_{2n-4}O_6$  است؛ بنابراین:

$$2n - 4 = 98 \Rightarrow n = 51$$

از این‌رو فرمول مولکولی این استر به صورت  $C_{51}H_{98}O_6$  است. معادله موازنه شده سوختن این استر به صورت زیر است:



برای حل مسئله، ابتدا باید حجم مولی گازها را از جرم و حجم گاز کلر به دست آوریم:

حجم مولی گازها در شرایط آزمایش برابر  $23/2L \cdot mol^{-1}$  است. اکنون حجم گاز اکسیژن مصرفی و کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای مصرف استر با خلوص P٪ را محاسبه می‌کنیم:

$$? L O_2 = 470g \text{ استر ناخالص} \times \frac{Pg \text{ استر}}{100g \text{ استر ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{806g \text{ استر}} \times \frac{145 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol استر}} \times \frac{23/2 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = (9/8P) L O_2$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

محاسبه حجم گاز کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای مصرف مقدار خالص استر:

$$? L CO_2 = 470g \text{ استر ناخالص} \times \frac{Pg \text{ استر}}{100g \text{ استر ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{806g \text{ استر}} \times \frac{102 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol استر}} \times \frac{23/2 L CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = (6/9P) L CO_2$$



از آنجا که تفاوت حجم  $O_2$  مصرفی و  $CO_2$  تولیدی برابر  $124/7$  لیتر است، می‌توانیم مقدار  $P$  را محاسبه کنیم:

$$CO_2 \text{ و } O_2 \text{ تفاوت حجم} = 9/8P - 6/9P = 124/7 \Rightarrow 2/9P = 124/7 \Rightarrow P = 43\%$$

$$\frac{\text{تفاوت حجم } CO_2 \text{ و } O_2 \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی } CO_2 \times \text{ضریب} - \text{جرم مولی } O_2 \times \text{ضریب}} = \frac{470 \times \frac{P}{100}}{2 \times 806} = \frac{124/7}{(145-102) \times 23/2} \Rightarrow P = 43\%$$

روش دوم (تناسب):

**۱۶۶۵** **۲** موارد دوم و چهارم نادرست هستند. بررسی موارد: مورد اول: مخلوطها نقش بسیار بزرگی در زندگی ما دارند به طوری که اغلب موادی که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده‌اند. مورد دوم و سوم: آب دریا، هوا، نوشیدنی‌ها، انواع رنگ‌ها، سرامیک‌ها، چسب‌ها، شوینده‌ها و داروهای همگی مخلوط هستند. مخلوطها خواص متفاوتی دارند. برای نمونه محلول مس (II) سولفات (کات کبود) در آب، مخلوطی همگن است؛ در حالی که شربت معده یک سوسپانسیون است، مخلوطی ناهمگن که ته‌نشین می‌شود. مورد چهارم: کلوئیدها، مخلوطهایی ناهمگن و پایدار هستند؛ در حالی که محلولها، مخلوطی همگن و پایدارند و خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آنها یکسان است.

**۱۶۶۶** **۱** موارد اول و دوم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: رنگ‌های پوششی، نمونه‌ای از کلوئیدها هستند. کلوئیدها، مخلوطی ناهمگن و پایدار هستند. مورد دوم: ذره‌های تشکیل دهنده کلوئیدها، توده‌های مولکولی با اندازه متفاوت هستند. مورد سوم: اجزای تشکیل دهنده کلوئیدها بزرگ‌تر از محلولها است. به همین دلیل کلوئیدها برخلاف محلولها نور را پخش می‌کنند. مورد چهارم: کلوئیدها پایدار هستند و اجزای تشکیل دهنده آنها ته‌نشین نمی‌شوند. مورد پنجم: کلوئیدها برخلاف محلولها شفاف نیستند؛ بنابراین مسیر نور در کلوئیدها قابل مشاهده است.

**۱۶۶۷** **۲** عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به طور کلی کلوئیدها مخلوطهایی کدر هستند که برخلاف محلولها بخشی از نور را از خود عبور نمی‌دهند. عبارت سوم: مقایسه اندازه ذره‌های سازنده انواع مخلوطها به صورت «محلول > کلوئید > سوسپانسیون» است. عبارت چهارم: آب گل‌آلود نمونه‌ای از سوسپانسیون است. عبارت (مواد حل شده) در مورد سوسپانسیونها نادرست است؛ زیرا سوسپانسیونها مخلوطهایی ناپایدار و ناهمگن هستند و در آنها مواد در یکدیگر حل نمی‌شوند.

**۱۶۶۸** **۳** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی موارد: مورد الف): ذره‌های سازنده کلوئیدها، توده‌های مولکولی و ذره‌های سازنده سوسپانسیونها، ذره‌های ریزماده هستند. از این رو ذره‌های موجود در سوسپانسیونها، درشت‌تر از ذره‌های موجود در کلوئیدها هستند. عبارت (ب): سوسپانسیونها و کلوئیدها، ناهمگن هستند و مسیر عبور نور در آنها معلوم بوده و نور را پخش می‌کنند. عبارت (پ): کلوئیدها، پایدار و سوسپانسیونها، ناپایدار هستند. از این رو در صورت ساکن بودن، اجزاء کلوئیدها برخلاف سوسپانسیونها ته‌نشین نمی‌شوند. عبارت (ت): کلوئیدها و سوسپانسیونها، ناهمگن هستند، از این رو خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آنها یکسان نیست.

**۱۶۶۹** **۱** محلولها برخلاف کلوئیدها، شفاف و همگن هستند و نور را پخش نمی‌کنند. همچنین اندازه ذرات در کلوئیدها بزرگ‌تر از محلولها است. کلوئیدها و محلولها، موادی ناخالص بوده و پایدار می‌باشند.

\* توجه: مخلوطها در هر نوعی که باشند، حداقل از دو نوع ماده تشکیل شده‌اند، از این رو همه مخلوطها ناخالص هستند.

**۱۶۷۰** **۱** مورد دوم و پنجم درست هستند. ظرف (الف)، نشان‌دهنده محلول و ظرف (ب)، نشان‌دهنده کلوئید است. بررسی موارد: مورد اول: کلوئیدها مخلوطهایی ناهمگن و حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت هستند. مورد دوم: رفتار کلوئیدها را می‌توان رفتاری بین محلول و سوسپانسیون در نظر گرفت. مورد سوم: آب دریا محلول است و نمی‌تواند نور را پخش کند. مورد چهارم: ذرات سازنده کلوئیدها بزرگ‌تر از ذرات سازنده محلولها هستند. مورد پنجم: کلوئیدها و محلولها پایدار هستند و در صورت ساکن بودن، ذرات آنها ته‌نشین نمی‌شود.

**۱۶۷۱** **۱** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف): کلوئیدها مخلوط ناهمگن و محلولها مخلوط همگن هستند. عبارت (ب): هم سوسپانسیون و هم کلوئید، قادر به پخش نور هستند و مسیر عبور نور از داخل آنها قابل رویت است. عبارت (پ): ذرات سازنده کلوئیدها پایدار هستند و ته‌نشین نمی‌شوند. عبارت (ت): ذرات سازنده کلوئیدها را نمی‌توان به کمک صافی از هم جدا کرد.

**۱۶۷۲** **۱** فقط مورد چهارم درست است. بررسی موارد: مورد اول: فرمول کلی صابون‌های جامد به صورت  $RCOONa$  بوده که در آن  $R$  بیانگر زنجیر بلند هیدروکربنی است. مورد دوم: صابونها دارای دو بخش قطبی و ناقطبی هستند. زنجیر هیدروکربنی، بخش ناقطبی بوده و آب‌گریز و چربی‌دوست است. مورد سوم: برای تولید صابون از کربوکسیلیک اسیدها، باید از کربوکسیلیک اسیدهای سنگین که شمار زیادی اتم کربن دارند استفاده نمود. مورد چهارم: صابون‌های جامد، نمک سدیم  $(Na^+)$  اسیدهای چرب و صابون‌های مایع نمک پتاسیم  $(K^+)$  یا آمونیوم  $(NH_4^+)$  اسیدهای چرب هستند.

**۱۶۷۳** **۴** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت الف): نمک سدیم اسیدهای چرب که دارای گروه  $COO^-Na^+$  هستند، صابون‌های جامد را تشکیل می‌دهند. عبارت (ب): دم هیدروکربنی این مولکول، بخش ناقطبی آن را می‌سازد که دارای ۱۷ اتم کربن است. دقت کنید کربنی که با اکسیژن پیوند دوگانه دارد، جزء بخش قطبی محسوب می‌شود. عبارت (پ): صابون از واکنش یک کربوکسیلیک اسید و یک باز (مانند  $NaOH$ ) تولید می‌شود عبارت (ت): از آنجا که این مولکول دارای دو بخش قطبی و ناقطبی است، می‌تواند هم در چربی (یک ماده ناقطبی) و هم در آب (یک ماده قطبی) حل شود.

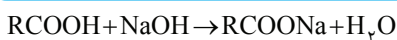
**۱۶۷۴** **۳**

**نکته ترکیبی** پاک‌کننده‌های صابونی: پاک‌کننده‌های صابونی، نمک‌های سدیم  $(Na^+)$ ، پتاسیم  $(K^+)$  یا آمونیوم  $(NH_4^+)$  اسیدهای چرب هستند که موارد دوم و سوم در تولید صابون‌های مایع به کار می‌روند. فرمول عمومی این صابونها در صورتی که از یک اسید چرب گروه  $R$  سیرشده با  $n$  اتم کربن در ساختار خود استفاده شود به صورت‌های زیر است:

$C_nH_{2n-1}O_2Na$ : نمک سدیم اسید چرب

$C_nH_{2n-1}O_2K$ : نمک پتاسیم اسید چرب

$C_nH_{2n-1}O_2NH_4$  یا  $C_nH_{2n+3}NO_2$ : نمک آمونیوم اسید چرب



واکنش اسید چرب با سدیم هیدروکسید به صورت روبه‌رو است:

فرمول عمومی زنجیر  $R$  که یک گروه آلکیل است، به صورت  $(C_nH_{2n+1})$  می‌باشد. نسبت شمار اتم‌های کربن زنجیر  $R$  به شمار اتم‌های اکسیژن اسید، برابر  $Y$  است، پس زنجیر  $R$  دارای  $14$  اتم کربن است.  $(2 \times Y = 14)$

$$C_{14}H_{29}COOH + NaOH \rightarrow C_{14}H_{29}COONa + H_2O$$

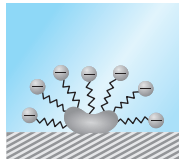
$$\text{جرم مولی کربن} \times \text{تعداد اتم کربن} = \frac{15 \times 12}{264} \times 100 = 68\%$$

درصد جرمی کربن =

**B ۱۶۷۵ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ماده X دارای سه گروه عاملی هیدروکسیل (OH) است، پس یک الکل سه‌عاملی می‌باشد. عبارت (ب): مولکول‌های قطبی عسل با مولکول‌های ماده X که به دلیل داشتن سه گروه OH، قطبی هستند، پیوند هیدروژنی برقرار کرده و در سراسر آن پخش می‌شوند. عبارت (پ): در استر داده شده در صورت سؤال، قسمت  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$  همان زنجیر R است که فرمول آن به صورت  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35})$  بوده و یک گروه آلکیل سیرشده ۱۷ کربنی می‌باشد. عبارت (ت): در یک مولکول صابون، تنها یک بخش قطبی ( $\text{COO}^-$ ) وجود دارد اما در یک مولکول از ماده X، سه بخش قطبی (OH) وجود دارد. عبارت (ث): با توجه به معادله واکنش داریم:

$$\text{صابون } 3 \text{ mol} = \frac{3 \text{ mol استر}}{1 \text{ mol استر}} \times \frac{1 \text{ mol استر}}{89 \text{ g استر}} \times 89 \text{ g صابون} = 3 \text{ mol صابون}$$

**B ۱۶۷۶ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نیروهای جاذبه تشکیل شده بین C (زنجیر هیدروکربنی بخش آنیونی) و مولکول‌های روغن از نوع وان‌دروالسی است. عبارت (ب): C (زنجیر هیدروکربنی بخش آنیونی) بخش ناقطبی و چربی‌دوست و B ( $\text{COO}^-$ ) بخش قطبی و آب‌دوست صابون را تشکیل می‌دهد. عبارت (پ): A جزء آنیونی صابون است که از سمت زنجیر کربنی خود (C) که ناقطبی است، چربی را به خود جذب کرده و از سمت B ( $\text{COO}^-$ ) که قطبی است، مولکول‌های قطبی آب را به خود جذب می‌کند. عبارت (ت): در شکل B جهت‌گیری جزء آنیونی صابون در اطراف روغن درست نمایش داده نشده است. نمایش درست به صورت روبه‌رو است. در واقع چربی ناقطبی است و جذب زنجیر هیدروکربنی جزء آنیونی صابون می‌شود.



**A ۱۶۷۷ ۴** با افزودن صابون به آب، مولکول‌های صابون در آب حل می‌شوند و وقتی در مجاورت لکه چربی قرار می‌گیرند، از بخش ناقطبی خود با مولکول‌های چربی جاذبه برقرار می‌کنند و تعدادی از آن‌ها را در آب حل می‌کنند. با ادامه این عمل همه لکه چربی از روی لباس زدوده می‌شود. دقت کنید که مولکول‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار گرفته و سبب پخش شدن چربی در آب می‌شود.

**B ۱۶۷۸ ۴** موارد (پ) و (ت) درست هستند. در شکل‌های داده شده، a به دلیل داشتن گروه عاملی کربوکسیل و داشتن گروه R بزرگ، یک اسید چرب ( $\text{RCOOH}$ ) است. b به دلیل داشتن گروه‌های عاملی استری و داشتن گروه‌های R بزرگ جزء استرهای سنگین است و c به دلیل داشتن فرم  $\text{RCOO}^- \text{M}^+$  یک پاک‌کننده صابونی است. با توجه به توضیحات، به سراغ بررسی هر یک از عبارت‌ها می‌رویم: بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چربی‌ها مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای سنگین، یعنی مولکول‌های a و b، هستند. عبارت (ب): a یک اسید چرب است که به دلیل داشتن بخش هیدروکربنی بزرگ، در آب نامحلول و در چربی محلول است. این در حالی است که c یک پاک‌کننده صابونی ( $\text{RCOO}^- \text{M}^+$ ) بوده و در آب و چربی محلول می‌باشد. عبارت (پ): از واکنش اسیدهای چرب (a) و استرهای سنگین (b) با محلول بازی سدیم هیدروکسید، در شرایط مناسب می‌توان پاک‌کننده صابونی (c) را تولید نمود. عبارت (ت): استرهای سنگین (b) به دلیل داشتن بخش ناقطبی بزرگ، در آب نامحلول‌اند. مخلوط استرهای سنگین و آب را می‌توان با اضافه کردن پاک‌کننده‌های صابونی (c) به کلوتید تبدیل کرد. در این مخلوط کلوتیدی، مولکول‌های صابون مانند پلی میان استرهای سنگین و آب قرار می‌گیرند و سبب پخش شدن این دو ماده در یکدیگر می‌شوند. عبارت (ث): با توجه به توضیحات بالا، c یک پاک‌کننده صابونی است؛ زیرا فرم کلی آن به صورت  $\text{RCOO}^- \text{M}^+$  می‌باشد؛ این در حالی است که فرم کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی به صورت  $\text{RC}_x\text{H}_y\text{SO}_3^- \text{M}^+$  می‌باشد.

**B ۱۶۷۹ ۱** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مخلوط شکل (الف)، مخلوط آب و روغن را نشان می‌دهد که ناپایدار است و از دو لایه مجزا تشکیل شده است. عبارت (ب): اگر به مخلوط آب و روغن مقداری صابون اضافه کرده و آن را به هم بزیم، یک مخلوط پایدار تشکیل می‌شود که به ظاهر همگن است. دقت کنید که آب و روغن (مخلوط شکل (الف)) مخلوطی ناهمگن است و محلول به شمار نمی‌رود. عبارت (پ): در شکل (ب) صابون پلی بین مولکول‌های آب و روغن تشکیل داده و مانع از جمع شدن ذرات روغن در کنار یکدیگر می‌شود. در واقع شکل (ب) کلوتید پایدار شده آب و روغن با استفاده از صابون را نمایش می‌دهد. عبارت (ت): در اثر اضافه کردن صابون به مخلوط آب و روغن، روغن در آب پخش می‌شود و دیگر از روی ظاهر نمی‌توان آب و روغن را تفکیک کرد.

**B ۱۶۸۰ ۳** شکل داده شده، مولکول‌های صابون در مخلوط چربی و آب را نشان می‌دهد. C بخش قطبی صابون، B بخش ناقطبی صابون، D که به سمت بخش قطبی صابون است، آب و A که به سمت بخش ناقطبی صابون است، مولکول‌های چربی است؛ بنابراین عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): صابون از سمت بخش قطبی خود، یعنی C، با مولکول‌های آب برهم‌کنش دارد و از سمت بخش ناقطبی خود، یعنی B، با مولکول‌های چربی برهم‌کنش می‌کند. پس D مولکول‌های آب و A مولکول‌های چربی هستند. عبارت (ب): با ریختن مقداری  $\text{CaCl}_2$ ، رسوب  $(\text{RCOO})_2\text{Ca}$  تولید می‌شود که منجر به کاهش تأثیر صابون و جدا شدن روغن و آب می‌شود. عبارت (پ): مخلوط آب و روغن ناپایدار است اما به محض اضافه کردن صابون به این مخلوط، یک مخلوط پایدار و ناهمگن حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت به نام کلوتید به وجود می‌آید که قابلیت پخش نور را دارد. عبارت (ت): C بخش قطبی ( $\text{COO}^-$ ) است، پس مولکول‌های آب از سمت بخش مثبت خود (اتم هیدروژن) به آن نزدیک می‌شوند. عبارت (ث): بین بخش B (زنجیر ناقطبی هیدروکربنی) و مولکول‌های بخش A (روغن) نیروی وان‌دروالسی برقرار است.

**B ۱۶۸۱ ۴** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اوره، اتم هیدروژن متصل به نیتروژن و عسل، اتم هیدروژن متصل به اکسیژن را دارد درحالی که در پاک‌کننده‌های صابونی اتم H متصل به O، F، N وجود ندارد. عبارت (ب): این استر ۶ اتم اکسیژن و ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی دارد. عبارت (پ): عسل ماده‌ای قطبی و روغن زیتون ماده‌ای ناقطبی است، پس عسل در روغن زیتون حل نمی‌شود و مخلوطی همگن و یکنواخت (محلول) ایجاد نمی‌کند، اما اتیلن گلیکول و اوره هر دو ترکیب‌هایی قطبی هستند که می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار کنند و مخلوطی همگن و یکنواخت ایجاد کنند. عبارت (ت): در آب سخت یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$  با صابون تشکیل رسوب داده و تعدادی از آن‌ها را از محیط عمل خارج می‌کنند، به همین دلیل شمار مولکول‌های صابون باقی‌مانده در آب سخت کمتر از آب معمولی است.

**B ۱۶۸۲ ۴** صابون‌های جامد نمک سدیم و صابون‌های مایع نمک آمونیوم یا پتاسیم اسیدهای چرب می‌باشند. پس ماده بازی موجود در واکنش، NaOH است در

ادامه مقدار مول اسید چرب را محاسبه می‌کنیم: اسید چرب ۲ mol =  $\frac{1 \text{ mol اسید چرب}}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times 8 \text{ g NaOH}$  = ۸g اسید چرب mol ?

سپس جرم مولی اسید چرب را به دست می‌آوریم:  $\frac{\text{جرم}}{\text{مول}} = \frac{8}{0.2} = 40 \text{ g.mol}^{-1}$

فرمول عمومی اسیدهای چرب با زنجیره آلکیل سیرشده به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  می‌باشد. پس:  $284 = 2n + 2 \times 16 + 12(n) \Rightarrow n = 18$  جرم مولی اسید چرب



۱۶۸۳ C از ۱۷ کربن موجود ۱۶ تا در بخش R و یک کربن در قسمت  $\text{COO}^-$  داریم و وقتی قسمت R سیر شده است فرمول کلی  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  دارد ولی طبق

گفته سؤال، پاک کننده سه پیوند دوگانه دارد که باید توجه کنیم یک پیوند دوگانه در قسمت  $\text{C}=\text{O}$  و دو پیوند دوگانه در قسمت R داریم که هر پیوند دوگانه در قسمت R دو واحد از تعداد Hها کاهش می دهد پس فرمول R با احتساب کاهش ۴ اتم هیدروژن به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n-3}$  می باشد و چون n برابر ۱۶ است R می شود  $\text{C}_{16}\text{H}_{29}$  و فرمول کلی این پاک کننده  $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{COONH}_4$  می باشد و آمونیوم تنها کاتیونی بین صابونی ها می باشد که فلز نیست و این پاک کننده در مجموع ۵۳ اتم دارد. در ضمن فرمول مولکولی گریس که نوعی آلکان ۱۸ کربنه است به صورت  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  می باشد. پس تفاوت شمار اتم های هیدروژن در این دو ترکیب برابر ۵ (۳۳-۳۸) است.

۱۶۸۴ C همه موارد درست هستند. صابون های مایع، نمک پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) یا آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) اسیدهای چرب هستند و چون گفته شده صابون دارای اتم فلزی است و یک پیوند دوگانه دارد؛ بنابراین فرمول مولکولی این صابون به صورت  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$  است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): درصد جرمی اتم پتاسیم در

صابون ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$ ) برابر است با: 
$$\frac{39}{(18 \times 12) + (33 \times 1) + (2 \times 16) + (1 \times 39)} \times 100 = 12\%$$
 درصد جرمی اتم K در صابون

عبارت (ب): نسبت شمار اتم های هیدروژن به اتم های کربن در هر مولکول آن برابر  $\frac{33}{18}$  است. عبارت (پ): معادله واکنش تولید صابون از اسید چرب و

محلول پتاس به صورت زیر است: 
$$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}(s) + \text{KOH}(aq) \rightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}(l) + \text{H}_2\text{O}(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): 
$$\frac{\text{محلول KOH } 100\text{g}}{2/18\text{g KOH}} \times \frac{1\text{mol KOH}}{1\text{mol KOH}} \times \frac{56\text{g KOH}}{1\text{mol KOH}} \times \frac{1\text{mol KOH}}{1\text{mol صابون}} \times 5\% = \text{محلول KOH } 9\text{g}?$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{جرم مولی KOH}}{\text{جرم مولی صابون}} = \frac{\text{درصد جرمی KOH}}{100} \times \frac{100}{x} \Rightarrow x = 100\text{g KOH}$$

عبارت (ت): در ترکیبات آلی، هر اتم اکسیژن ۲ جفت الکترون ناپیوندی دارد، از این رو هر مولکول از این صابون ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. تعداد پیوندهای دوگانه هر مولکول صابون برابر ۲ ( $\text{C}=\text{C}$  و  $\text{C}=\text{O}$ ) است؛ بنابراین نسبت شمار جفت الکترون های ناپیوندی به شمار پیوندهای دوگانه برابر ۲ ( $\frac{4}{2}$ ) است.

۱۶۸۵ A همه موارد درست هستند.

۱۶۸۶ A آب هایی که حاوی یون های کلسیم و منیزیم هستند، به آب سخت معروف اند. صابون در این آب ها به خوبی کف نمی کند و قدرت پاک کنندگی کمی دارد، زیرا تعدادی از مولکول های صابون با یون های موجود در آب رسوب می دهند و مقدار آن ها در محلول کاهش می یابد.

۱۶۸۷ A عبارت های (الف) و (ت) درست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): در اثر واکنش صابون ها با یون های  $\text{Mg}^{2+}$  موجود در آب، ترکیب نامحلول  $(\text{RCOO})_2\text{Mg}$  ایجاد می شود که به صورت رسوب سفید رنگ ظاهر می شود؛ این در حالی است که صابون های جامد و مایع در آب محلول هستند. عبارت (ب): به

دلیل وجود یون های  $\text{Mg}^{2+}$  و  $\text{Ca}^{2+}$  در آب سخت، صابون ها به میزان بیشتری در آن حل می شوند. زیرا بخشی از صابون در واکنش با این یون ها مصرف می شوند. ضمناً پاک کننده های صابونی در آب سخت قدرت پاک کنندگی کمتری دارند. عبارت (پ): به آبی که در آن غلظت یون های منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) و کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) زیاد است، آب سخت می گویند. عبارت (ت): پاک کننده های صابونی دارای یک سر قطبی و یک سر ناقطبی هستند که به واسطه سر قطبی خود با مولکول های آب، نیروی جاذبه یون-دوقطبی و از طریق سر ناقطبی خود با مولکول های چربی نیروی جاذبه واندروالسی برقرار کرده و باعث پخش شدن چربی در آب می شوند.

۱۶۸۸ B عبارت های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): با افزایش دما در صورت ثابت بودن سایر عوامل مؤثر بر میزان

پاک کنندگی، قدرت پاک کنندگی افزایش می یابد. بنابراین درصد لکه باقی مانده در ردیف دوم نسبت به ردیف اول باید کمتر باشد. عبارت (ب): نوع پارچه، دما، نوع آب، استفاده از آنزیم و مقدار صابون بر روی قدرت پاک کنندگی صابون تأثیرگذار است. عبارت (پ): در نمودار داده شده با افزایش کمیت محور افقی، درصد لکه باقی مانده روی پارچه کاهش می یابد. بنابراین محور افقی می تواند مربوط به دما، مقدار صابون و درصد آنزیم باشد.

\* توجه با افزایش درصد پلی استر موجود در پارچه قدرت پاک کنندگی صابون کاهش می یابد.

عبارت (ت): با توجه به اینکه در دمای  $40^\circ$  درصد لکه باقی مانده بر روی پارچه نخی کمتر از درصد لکه باقی مانده بر روی پارچه پلی استری است، می توان نتیجه گرفت که میزان چسبندگی لکه های چربی بر روی پارچه نخی کمتر از پارچه پلی استری است.

۱۶۸۹ B فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): افزایش دما باعث افزایش سرعت جنب و جوش ذرات و پخش شدن سریع تر ذرات

آلودگی در آب می شود، از این رو قدرت پاک کنندگی صابون را افزایش می دهد. عبارت (ب): صابون در آب های سخت به خوبی کف نمی کند و قدرت پاک کنندگی آن کاهش می یابد؛ زیرا صابون با یون های موجود در آب سخت رسوب تشکیل می دهند. لکه های سفیدی که پس از شستن لباس یا صابون روی آن ها برجای می ماند، نشانه ای از تشکیل چنین رسوب هایی است. عبارت (پ): آب دریا و آب های مناطق کویری که شور هستند، مقادیر چشمگیری از یون های کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) و منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) دارند.

چنین آب هایی به آب سخت معروف هستند. یون های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$ ، یون پایدار عناصر دوره های سوم و چهارم گروه دوم جدول دوره ای هستند. عبارت (ت): فرمول مولکولی وازلین و گریس به ترتیب به صورت  $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$  و  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  است. از آنجا که زنجیر هیدروکربنی در وازلین بزرگ تر است، چسبندگی بیشتری دارد؛ از این رو هنگامی که با صابون شسته شود، مقدار بیشتری از آن روی پارچه باقی می ماند. عبارت (ث): افزودن آنزیم، سبب افزایش قدرت پاک کنندگی صابون ها می شود.



**B ۱۶۹۰ ۲** هر مول NaCl پس از انحلال در آب، یک مول یون  $\text{Na}^+$  و یک مول یون  $\text{Cl}^-$  (در مجموع دو مول یون) تولید می‌کند. با محاسبه مقدار مول NaCl، می‌توان تعداد مول یون‌ها را به دست آورد. صابون ( $\text{RCOONa}$ ) در مجموع ۱۸ اتم کربن دارد که یک اتم کربن مربوط به گروه کربوکسیل و ۱۷ اتم کربن مربوط به زنجیر هیدروکربنی R می‌باشد. R یک آلکیل سیرشده با فرمول عمومی  $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1})$  است. برای محاسبه جرم مولی  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa})$ ، داریم:

$$\text{یون } 4 \text{ mol} = \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \times \frac{2 \text{ mol صابون}}{30.6 \text{ g صابون}} \times 612 \text{ g یون} = ? \text{ mol}$$

**B ۱۶۹۱ ۳** معادله واکنش به صورت روبه‌رو است:

برای محاسبه جرم مولی  $(\text{RCOO})_p\text{Ca}$ ، ابتدا جرم زنجیر R را به صورت تابعی از n که همان تعداد اتم کربن است، محاسبه کرده و با جرم سایر اتم‌ها جمع می‌کنیم:

$$(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COO})_p\text{Ca} = ((12n + 2n + 1 + 12 + 32) \times 2) + 40 = (28n + 130) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

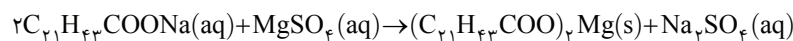
$$121/2 \text{ g } (\text{RCOO})_p\text{Ca} = 1000 \text{ mL CaCl}_2 \times \frac{1 \text{ L CaCl}_2}{1000 \text{ mL CaCl}_2} \times \frac{2 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ L CaCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol } (\text{RCOO})_p\text{Ca}}{1 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{(28n + 130) \text{ g}}{1 \text{ mol } (\text{RCOO})_p\text{Ca}} \Rightarrow n = 17$$

عدد ۱۷ تعداد کربن زنجیر R را نشان می‌دهد، پس شمار اتم‌های کربن صابون برابر ۱۸ می‌باشد. زیرا در گروه قطبی  $(\text{COO}^-)$  نیز یک اتم کربن وجود دارد.

**C ۱۶۹۲ ۴** ابتدا باید فرمول شیمیایی صابون جامد را به دست آوریم. فرمول عمومی صابون‌های جامد با بخش آب‌گریز سیرشده و خطی به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COONa}$  است. قسمت آب‌گریز این صابون،  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  است.

$$n + 2n + 1 = 3n + 1 = 64 \Rightarrow n = 21$$

بنابراین فرمول شیمیایی صابون مورد نظر به صورت  $\text{C}_{21}\text{H}_{43}\text{COONa}$  است. معادله واکنش این صابون با ترکیب منیزیم سولفات به صورت زیر است:



باید جرم منیزیم سولفات مصرف شده در این واکنش را محاسبه کنیم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g MgSO}_4 = 3/62 \text{ g C}_{21}\text{H}_{43}\text{COONa} \times \frac{1 \text{ mol C}_{21}\text{H}_{43}\text{COONa}}{362 \text{ g C}_{21}\text{H}_{43}\text{COONa}} \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{2 \text{ mol C}_{21}\text{H}_{43}\text{COONa}} \times \frac{120 \text{ g MgSO}_4}{1 \text{ mol MgSO}_4} = 0/6 \text{ g MgSO}_4$$

$$\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی صابون}} = \frac{\text{جرم MgSO}_4}{\text{جرم مولی MgSO}_4} \Rightarrow \frac{3/62}{2 \times 362} = \frac{x}{120 \times 1} \Rightarrow x = 0/6 \text{ g MgSO}_4$$

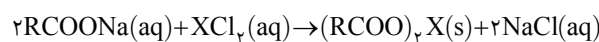
روش دوم (تناسب):

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم MgSO}_4}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{0/6 \text{ g}}{2/4 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mL}}} \times 10^6 = 25 \text{ ppm}$$

$$\frac{3/62 \times 120 \times 10^6}{362 \times 2 \times 2/4 \times 1000} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{3/62 \times 120 \times 10^6}{362 \times 2 \times 2/4 \times 1000} = \frac{10^3 \times 10^6}{100 \times 2 \times 2 \times 1000} = \frac{10^3}{4} = 250$$

+ توضیح محاسبات

**C ۱۶۹۳ ۲** صابون‌ها در آب سخت، طبق معادله زیر با یون‌های منیزیم و کلسیم  $(\text{X}^{2+})$  واکنش داده و رسوب سفید رنگی را ایجاد می‌کنند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهند.



باتوجه به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم و حجم نمونه آب، ابتدا تعداد مول‌های هر یک از این دو یون را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol Mg}^{2+} = 2/5 \text{ L آب} \times \frac{10^3 \text{ mL آب}}{1 \text{ L آب}} \times \frac{1 \text{ g آب}}{1 \text{ mL آب}} \times \frac{244 \text{ g Mg}^{2+}}{10^6 \text{ g آب}} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{244 \text{ g Mg}^{2+}} = 2/75 \times 10^{-2} \text{ mol Mg}^{2+}$$

$$? \text{ mol Ca}^{2+} = 2/5 \text{ L آب} \times \frac{0/025 \text{ mol Ca}^{2+}}{1 \text{ L آب}} = 6/25 \times 10^{-3} \text{ mol Ca}^{2+}$$

**قسمت اول:** با توجه به یکسان بودن بار یون‌های منیزیم و کلسیم  $(\text{X}^{2+})$ ، از مجموع مول این دو یون، می‌توانیم مقدار صابونی که رسوب می‌کند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد را به دست آوریم:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ و } \text{Mg}^{2+} \text{ مجموع مول یون‌های } = 2/75 \times 10^{-2} + 6/25 \times 10^{-3} = 3/375 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{صابون } 20/25 \text{ g} = \frac{30 \text{ g صابون}}{1 \text{ mol X}^{2+}} \times \frac{2 \text{ mol صابون}}{1 \text{ mol X}^{2+}} \times \frac{3/375 \times 10^{-2} \text{ mol X}^{2+}}{3/375 \times 10^{-2} \text{ mol X}^{2+}} = 20/25 \text{ g صابون}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{اکنون درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را در آب سخت از دست داده است را به دست می‌آوریم: } \frac{20/25 \text{ g}}{27 \text{ g}} \times 100 = 75\% \text{ درصد صابون رسوب کرده}$$

**روش دوم (تناسب):** به این منظور درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد را X٪ در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی صابون}} \times \frac{X}{100} = \frac{\text{تعداد مول } (\text{Ca}^{2+} \text{ و } \text{Mg}^{2+})}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{27 \times X}{100} = \frac{3/375 \times 10^{-2}}{2 \times 300} \Rightarrow X = 75\%$$



قسمت دوم: با توجه به معادله موازنه شده واکنش، به ازای هر مول از یونهای  $Mg^{2+}$  و  $Ca^{2+}$ ، ۲ مول  $Na^{2+}$  مبادله می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{ g } Na^{+} = 3/375 \times 10^{-2} \text{ mol } (Ca^{2+} \text{ و } Mg^{2+}) \times \frac{2 \text{ mol } Na^{+}}{1 \text{ mol } (Ca^{2+}, Mg^{2+})} \times \frac{23 \text{ g } Na^{+}}{1 \text{ mol } Na^{+}} \approx 1/55 \text{ g } Na^{+} \quad \text{روش اول (کسر تبدیل):}$$

$$1 \text{ mol } (Mg^{2+} \text{ و } Ca^{2+}) \sim 2 \text{ mol } Na^{+} \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

$$\frac{(Ca^{2+} \text{ و } Mg^{2+}) \text{ تعداد مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Na^{+}}{\text{جرم مولی } \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/375 \times 10^{-2}}{1} = \frac{\text{جرم } Na^{+}}{2 \times 23} \Rightarrow \text{جرم } Na^{+} = 1/55 \text{ g } Na^{+}$$

۱۶۹۴ (A) عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ث): شیمی‌دان‌ها توانستند از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمیایی، پاک‌کننده‌های غیرصابونی را تولید کنند.

۱۶۹۵ (B) موارد اول و پنجم درست هستند. بررسی موارد: مولکول نشان داده شده، یک پاک‌کننده غیرصابونی است که فرمول ساختاری آن به صورت روبه‌رو است. مورد دوم: گروه  $RC_6H_5$  جزء بخش ناقطبی این مولکول است.

مورد سوم: پاک‌کننده‌های غیرصابونی برخلاف صابون‌ها در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند. مورد چهارم: پاک‌کننده‌های غیرصابونی به دلیل نداشتن اتم هیدروژن متصل به N، O یا F، توانایی برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود را ندارند. مورد پنجم: قسمت (الف) همان بخش ناقطبی و قسمت (ب) همان بخش قطبی پاک‌کننده غیرصابونی است. بخش (الف) نیروی جاذبه وان‌دروالسی و بخش (ب) که قطبی بوده دارای بار منفی است، می‌تواند جاذبه یون - دوقطبی ایجاد کند.

۱۶۹۶ (B) تمام عبارتهای نادرست هستند. بررسی عبارتهای (الف): ترکیب نشان داده شده، یک پاک‌کننده غیرصابونی بدون شاخه فرعی است. عبارت (ب): سر قطبی این مولکول ( $SO_3^-$ ) سبب پخش شدن چربی‌ها در آب می‌شود. عبارت (پ): فرمول شیمیایی آن  $(C_{18}H_{37}SO_3Na)$  می‌باشد. عبارت (ت): لکه‌های چربی به سر ناقطبی (زنجر هیدروکربنی) این ترکیب می‌چسبند.

۱۶۹۷ (B) با جایگزینی بخش یونی ( $SO_3^-Na^+$ ) ترکیب صورت سؤال با اتم H، ترکیب مقابل حاصل می‌شود:  $H_3C-(CH_2)_{11}-C_6H_5-H$  فرمول شیمیایی ترکیب حاصل  $C_{18}H_{37}$  است. فرمول مولکولی متیل متانوات به صورت  $C_4H_8O_2$  است:

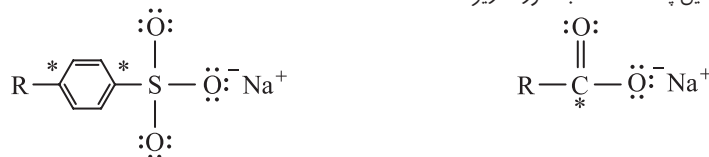
$$C_{18}H_{37} \quad \text{جرم مولی} = 18 \times (12) + 37 \times (1) = 246 \text{ g.mol}^{-1}, \quad C_4H_8O_2 \quad \text{جرم مولی} = 2 \times (12) + 4 \times (1) + 2 \times (16) = 88 \text{ g.mol}^{-1}$$

نسبت جرم مولی  $C_{18}H_{37}$  به  $C_4H_8O_2$  برابر  $4/1$  ( $246/60$ ) است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): طی این فرایند پاک‌کننده غیرصابونی که یک ترکیب یونی است به یک ترکیب مولکولی که یک ترکیب آلی سیرنشده است تبدیل شده و اتفاقاً قابلیت سوختن آن در هوا افزایش می‌یابد. گزینه (۳): فرمول مولکولی آلکین مورد نظر  $C_{18}H_{34}$  است که ۴ اتم هیدروژن از ترکیب مورد نظر یعنی  $C_{18}H_{37}$  بیشتر داشته و در نتیجه جرم مولی آن‌ها یکسان نیست. گزینه (۴): ترکیب نخست یک شوینده غیرصابونی است که می‌تواند از سرقطبی خود به راحتی در آب حل شود. اما ترکیب حاصل یک هیدروکربن است که گشتاور دوقطبی آن نزدیک به صفر بوده و در آب نامحلول است.

۱۶۹۸ (A) فقط مورد چهارم به درستی بیان شده است. پاک‌کننده‌های غیرصابونی همانند پاک‌کننده‌های صابونی دارای دو بخش آب‌دوست و آب‌گریز هستند، با این تفاوت که پاک‌کننده‌های غیرصابونی از واکنش مواد پتروشیمیایی در صنعت تولید می‌شوند، اما پاک‌کننده‌های صابونی از واکنش چربی‌ها (اسیدهای چرب) با موادی مانند سدیم هیدروکسید و ... هر دو پاک‌کننده صابونی و غیرصابونی می‌توانند در آب، لکه‌ها و چربی‌ها را زدوده و آن‌ها را پاک نمایند.

۱۶۹۹ (B) موارد دوم، سوم، چهارم و ششم، جمله را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی موارد: مورد اول: در ساختار هر دو پاک‌کننده، کاتیون یک بار مثبت و آنیون یک بار منفی دیده می‌شود. این آنیون در پاک‌کننده‌های صابونی گروه ( $COO^-$ ) و در گروه پاک‌کننده‌های غیرصابونی گروه ( $SO_3^-$ ) است. مورد دوم: در ساختار هر دو پاک‌کننده، دم هیدروکربنی (گروه R) دیده می‌شود. مورد سوم: در ساختار پاک‌کننده غیرصابونی، حلقه بنزنی دیده می‌شود. مورد چهارم: پاک‌کننده‌های صابونی از مواد طبیعی و پاک‌کننده‌های غیرصابونی از مواد پتروشیمیایی به دست می‌آیند. مورد پنجم: پاک‌کننده‌های صابونی برخلاف پاک‌کننده‌های غیرصابونی، در آب سخت، قدرت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهند. مورد ششم: پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی با ذرات آلاینده، فقط بر هم کنش بین ذرات دارند.

۱۷۰۰ (B) عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): پاک‌کننده‌های غیر صابونی دارای یک حلقه بنزن هستند. این حلقه بنزن دارای سه پیوند دوگانه است. در یک مول پاک‌کننده غیر صابونی برای تبدیل این سه پیوند دوگانه به پیوند یگانه، به سه مول گاز هیدروژن که جرمی معادل ۶ گرم دارد، نیاز داریم. عبارت (ب): ساختار لوویس این پاک‌کننده‌ها به صورت زیر است:




عبارت (پ): در توضیح عبارت (ب) اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، با هیچ اتم هیدروژنی پیوند اشتراکی ندارند که این تعداد در پاک‌کننده غیرصابونی، دو اتم کربن و در پاک‌کننده صابونی، یک اتم کربن است. عبارت (ت): اگر گروه R این دو ترکیب یکسان باشد، فرمول و جرم مولکولی آن‌ها برابر است با:

$$67 + \text{جرم مولی R} = 23 + (16 \times 2) + 12 + \text{جرم مولی R} = \text{جرم مولی RCOONa} \Rightarrow \text{پاک‌کننده صابونی}$$

$$179 + \text{جرم مولی R} = (1 \times 23) + (3 \times 16) + (1 \times 32) + (4 \times 1) + (6 \times 12) + \text{جرم مولی R} = \text{جرم مولی R} \Rightarrow \text{پاک‌کننده غیرصابونی}$$

$$179 - 67 = 112 \text{ g.mol}^{-1} = \text{اختلاف جرم مولی}$$



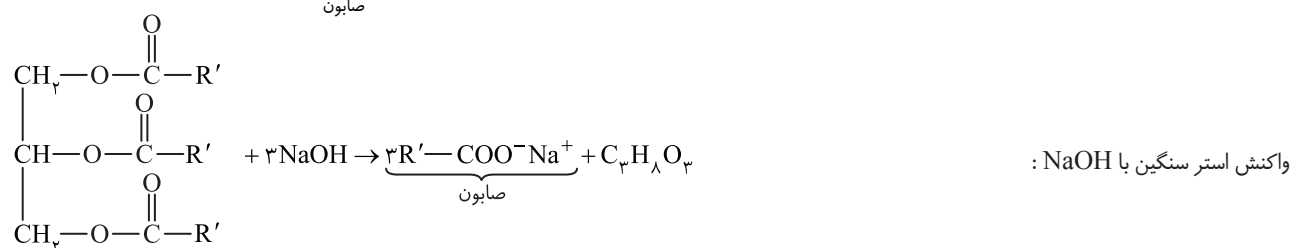
**نکته ترکیب** پاک‌کننده‌های غیرصابونی: پاک‌کننده‌های غیرصابونی، نمک‌هایی از سدیم هستند که در ساختار خود علاوه بر یک زنجیر هیدروکربنی (R)، یک گروه بنزنی  نیز دارند. این مواد برخلاف پاک‌کننده‌های صابونی، در آب‌های سخت نیز قدرت پاک‌کنندگی خود را حفظ کرده و رسوب نمی‌دهند. فرمول عمومی این مواد در صورتی که زنجیر کربنی آن‌ها خطی و سیرشده با n اتم کربن باشد، به صورت  $C_nH_{2n-7}SO_3Na$  یا  $C_nH_{(2n+1)}C_6H_4SO_3Na$  است.

می‌دانیم فرمول کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی با گروه هیدروکربنی سیرشده به صورت  $(C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na)$  است. ابتدا با استفاده از درصد جرمی اکسیژن n را به دست می‌آوریم:

$$\frac{3 \times 16}{((n+6) \times 12) + ((2n+5) \times 1) + 22 + 3 \times 16 + 23} \times 100 = \text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم کل اتم‌ها}} \times 100 \Rightarrow 15 = \frac{3 \times 16}{14n + 118} \times 100 \Rightarrow n = 10$$

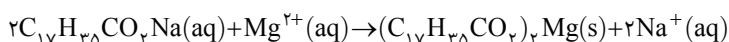
بنابراین فرمول این پاک‌کننده غیرصابونی به صورت  $(C_{16}H_{21}C_6H_4SO_3Na)$  یا  $(C_{16}H_{25}SO_3Na)$  است و در هر مولکول آن، ۱۶ اتم کربن وجود دارد.

**۱۷۰۲ ۴ B** عبارت‌های (الف)، (ت) و (ث) نادرست هستند. شکل‌های ۱ تا ۴ به ترتیب نشان‌دهنده اسید چرب، پاک‌کننده غیرصابونی، پاک‌کننده صابونی و استر سنگین هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): قدرت پاک‌کنندگی، پاک‌کننده‌های غیرصابونی بیشتر از پاک‌کننده‌های صابونی است. عبارت (ب): فرمول مولکولی ترکیب (۲) به صورت  $C_{18}H_{24}SO_3Na$  و فرمول مولکولی ترکیب (۳) به صورت  $C_{18}H_{35}O_4Na$  است. جرم مولی این دو ترکیب به ترتیب برابر ۳۴۸ و ۳۰۶ گرم بر مول بوده و تفاوت جرم مولی آن‌ها برابر ۴۲ گرم بر مول است. عبارت (پ): چربی‌ها مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای بلند زنجیر هستند. در چربی‌ها نیروی جاذبه بخش ناقطبی بر قطبی غلبه دارد، از این رو چربی‌ها که شامل اسیدهای چرب و استرهای بلند زنجیر هستند در آب نامحلول اند. عبارت (ت): از واکنش یک مول از اسید چرب با سود سوزآور، یک مول صابون و از واکنش یک مول از استر سنگین با سود سوزآور، سه مول صابون تشکیل می‌شود.



**عبارت (ث):** شکل (۳) نوعی صابون جامد است و همچنین پاک‌کننده‌های غیرصابونی در دمای اتاق جامد دارند.

**۱۷۰۳ ۲ C** قسمت اول: پاک‌کننده صابونی با یون‌های  $Mg^{2+}$  واکنش داده و رسوب ایجاد می‌کند. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



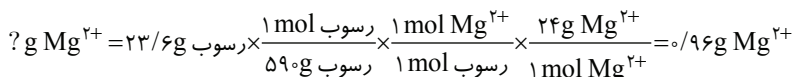
ابتدا جرم صابون را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{صابون} = \frac{306 \text{ g صابون}}{1 \text{ mol صابون}} \times \frac{2 \text{ mol صابون}}{1 \text{ mol رسوب}} \times \frac{1 \text{ mol رسوب}}{590 \text{ g رسوب}} = 24/48 \text{ g صابون}$$

درصد پاک‌کننده غیرصابونی برابر است با:

$$\text{درصد پاک‌کننده غیرصابونی} = \frac{200 - 24/48}{200} \times 100 = 87/76\%$$

**قسمت دوم:** در ادامه جرم یون  $Mg^{2+}$  موجود در آب را به دست می‌آوریم:



در آخر غلظت ppm یون  $Mg^{2+}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{\text{جرم آب}} \times 10^6 = \frac{0/96 \text{ g}}{5 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 = 192 \text{ ppm}$$

**۱۷۰۴ ۲ C** فرض می‌کنیم که شمار گروه‌های  $CH_2$  در پاک‌کننده غیرصابونی برابر x و در پاک‌کننده صابونی برابر (x+5) باشد. در نتیجه



به علت وجود پیوند دوگانه

$$\frac{9+x}{2} = \text{نسبت شمار اتم‌های C به O در پاک‌کننده صابونی} \quad \frac{y+x}{3} = \text{نسبت شمار اتم‌های C به O در پاک‌کننده غیرصابونی}$$

$$\frac{9+x}{2} = \frac{14+2x}{27+3x} \Rightarrow 70+10x = 81+9x \Rightarrow x = 11$$

$$\left. \begin{array}{l} 2x+4+3 = 2x+7 = 2(11)+7 = 29 \\ 3+2x+10+2 = 2x+15 = 2(11)+15 = 37 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف شمار اتم‌های هیدروژن} = 37-29 = 8$$



A ۱۷۰۵ ۲ برای تهیه این صابون، بیه گوسفند و سود سوزآور (سدیم هیدروکسید) را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند.

B ۱۷۰۶ ۳ برای از بین بردن جوش صورت و قارچ‌های پوستی از صابون گوگرددار و برای افزایش خاصیت میکروب‌کشی از صابون کلردار استفاده می‌شود. بنابراین A عنصر گوگرد و B عنصر کلر است. عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هر دو عنصر گوگرد و کلر در تناوب سوم قرار دارند. عبارت (ب):

گوگرد در دمای اتاق به صورت جامدی زرد رنگ دیده می‌شود و از طریق تشکیل آنیون  $S^{2-}$  به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسد. عبارت (پ): برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده از نمک فسفات استفاده می‌شود. اتم مرکزی این آنیون، اتم فسفر است که در تناوب سوم قرار دارد. عبارت (ت): فلئوئر فعال‌ترین هالوژن جدول تناوبی است.

B ۱۷۰۷ ۲ موارد اول، دوم و چهارم درست هستند. برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آن‌ها نمک‌های فسفات  $(PO_4^{3-})$  می‌افزایند. بررسی موارد: مورد اول: نمک‌های فسفات با یون‌های کلسیم و منیزیم آب سخت واکنش می‌دهند. فسفات با فرمول شیمیایی  $PO_4^{3-}$ ، یونی چند اتمی است. مورد دوم: ساختار لوویس یون فسفات  $(PO_4^{3-})$  به صورت مقابل است:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید همه اتم‌های موجود در این یون به آرایش هشتایی رسیده‌اند. مورد سوم: نمک‌های این یون با جلوگیری از ایجاد رسوب مولکول‌های صابون در آب سخت باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی صابون می‌شوند و نقش آنزیمی ندارند. مورد چهارم: با توجه به ساختار لوویس فسفات، تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی یون فسفات برابر ۱۲ و تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی آن برابر ۴ است؛ بنابراین نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر  $\frac{12}{4}$  است.

مورد پنجم: معادله واکنش یون‌های فسفات با یون‌های کلسیم و منیزیم  $(X^{2+})$  موجود در آب سخت به صورت مقابل است:  $3X^{2+}(aq) + 2PO_4^{3-}(aq) \rightarrow X_3(PO_4)_2(s)$

مقدار مول مصرفی یون  $X^{2+}$  به ازای مصرف  $4 \times 10^{-3}$  مول یون  $PO_4^{3-}$  برابر است با:

$$\text{مصرفی} \text{ مول } X^{2+} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol } PO_4^{3-} \times \frac{3 \text{ mol } X^{2+}}{2 \text{ mol } PO_4^{3-}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol } X^{2+} \text{ (مصرفی)}$$

معادله واکنش یون‌های موجود در آب سخت با صابون به صورت مقابل است:

جرم صابون مصرفی به ازای مصرف  $6 \times 10^{-3}$  مول از یون  $X^{2+}$  برابر است با:

$$2C_{17}H_{35}COO^-Na^+ + X^{2+} \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2X + 2Na^+$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{مول } X^{2+}}{\text{جرم صابون}} = \frac{6 \times 10^{-3}}{2 \times 306} \Rightarrow \frac{x}{2 \times 306} = \frac{6 \times 10^{-3}}{1} \Rightarrow x = 3/672 \text{ g صابون}$$

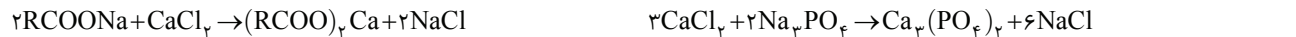
C ۱۷۰۸ ۴ موارد (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند.

• صابون‌های گوگرددار برای از بین بردن جوش‌های صورت و قارچ‌های پوستی استفاده می‌شوند. از این‌رو عنصر X همان گوگرد (S) است.

• ترکیبات کلردار به منظور افزایش خاصیت ضد عفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آن‌ها افزوده می‌شوند. بنابراین عنصر Y همان کلر (Cl) است.

• برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده به آن‌ها نمک‌های فسفات می‌افزایند. از این‌رو عنصر Z همان (P) است. بررسی موارد: مورد (الف): فسفر، گوگرد و کلر سه عنصر متوالی هستند و ترتیب عدد اتمی آن‌ها به صورت:  $17Cl < 16S < 15P$  است. مورد (ب): عناصر گوگرد و کلر به رنگ زرد دیده می‌شوند. در دمای اتاق گوگرد و فسفر حالت جامد داشته، اما کلر حالت گازی دارد. مورد (پ): رنگ شعله سوختن گوگرد، آبی و رنگ شعله حاصل از محلول نمک‌های  $Cu^{2+}$ ، سبز است. انرژی رنگ آبی بیشتر از سبز است؛ بنابراین طول موج رنگ آبی کوتاه‌تر از سبز است. مورد (ت): همه پاک‌کننده‌های صابونی از واکنش یک باز با چربی تولید می‌شوند.

C ۱۷۰۹ ۱ معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



ابتدا جرم مولی رسوب  $(RCOO)_2Ca$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی رسوب } (RCOO)_2Ca: (255 \times 2) + 40 = 550 \text{ g.mol}^{-1}$$

سپس جرم یون  $Ca^{2+}$  موجود در آب چشمه را به دست می‌آوریم:

$$g \text{ Ca}^{2+} = 27/55 \text{ g } (RCOO)_2Ca \times \frac{1 \text{ mol } (RCOO)_2Ca}{550 \text{ g } (RCOO)_2Ca} \times \frac{1 \text{ mol } CaCl_2}{1 \text{ mol } (RCOO)_2Ca} \times \frac{1 \text{ mol } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } CaCl_2} \times \frac{40 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} = 2 \text{ g } Ca^{2+}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{گرم } Ca^{2+}}{\text{گرم محلول}} \times 10^6 = \frac{2}{1000} \times 10^6 = 2000$$

در ادامه غلظت ppm یون  $Ca^{2+}$  را محاسبه می‌کنیم:

برای قسمت دوم مسئله خواهیم داشت:

$$? \text{ mol } Na_3PO_4 = 27/55 \text{ g } (RCOO)_2Ca \times \frac{1 \text{ mol } (RCOO)_2Ca}{550 \text{ g } (RCOO)_2Ca} \times \frac{1 \text{ mol } CaCl_2}{1 \text{ mol } (RCOO)_2Ca} \times \frac{2 \text{ mol } Na_3PO_4}{3 \text{ mol } CaCl_2} = 0.033 \text{ mol } Na_3PO_4$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{27/55 \times 2}{550 \times 3} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{27/55 \times 2}{550 \times 3} = \frac{2/55 \times 2}{50 \times 3} = \frac{1}{30} = 0.033$$

۱۷۱۰ P موارد اول و چهارم نادرست هستند. بررسی موارد نادرست: مورد اول: رسوب تشکیل شده بر روی دیواره کتری، لوله‌ها، آب‌راه‌ها و دیگ‌های بخار آن‌چنان به این سطح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند. مورد چهارم: محلول هریک از مواد صابون، جوهر نمک و سود، به ترتیب خاصیت بازی، اسیدی و بازی دارند و کاغذ pH را به رنگ‌های آبی، قرمز و آبی درمی‌آورند.

۱۷۱۱ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. نوعی پاک‌کننده که به شکل پودر عرضه می‌شود؛ شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک‌کننده برای باز کردن مجاری مسدود شده در برخی وسایل و دستگاه‌های صنعتی استفاده می‌شود. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این پاک‌کننده با چربی‌ها و رسوبات موجود در لوله‌ها و مسیرهای مسدود شده واکنش می‌دهد، از این رو پاک‌کننده خوردنده محسوب می‌شود. این پاک‌کننده مخلوطی از پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید است. عبارت (ب): معادله واکنش این پاک‌کننده با آب به صورت زیر است:

$$2\text{NaOH}(s) + 2\text{Al}(s) + 6\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 3\text{H}_2(g) + 2\text{NaAl}(\text{OH})_4(aq) + \text{Q}$$

طی این واکنش گاز هیدروژن تولید می‌شود و سبب افزایش قدرت پاک‌کنندگی این پودر می‌شود. عبارت (پ): فرایند انجام شده گرماده است و گرمای تولید شده باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی مخلوط می‌شود. عبارت (ت): این پاک‌کننده به دلیل وجود سدیم هیدروکسید خاصیت بازی دارد و در واکنش با چربی‌های موجود در لوله صابون تولید می‌کند که خود نوعی پاک‌کننده است.

۱۷۱۲ P رسوب لوله‌ها آن‌چنان به سطح لوله‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زدوده نمی‌شوند، این نوع آلاینده‌ها را با استفاده از پاک‌کننده‌های خوردنده می‌زدایند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): محلول جوهر نمک و سرکه سفید خاصیت اسیدی دارند. رنگ کاغذ pH در محیط اسیدی قرمز است. گزینه (۳): واکنش پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب گرماده بوده، گرمای تولید شده باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی می‌شود. گزینه (۴): گاز هیدروژن تولید شده در طی واکنش پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب، با ایجاد فشار باعث از بین بردن و کندن رسوب‌ها از سطح لوله می‌شود.

۱۷۱۳ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:

$$2\text{Al}(s) + 2\text{NaOH}(s) + 6\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 3\text{H}_2(g) + 2\text{NaAl}(\text{OH})_4(aq)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در این واکنش برابر ۱۵ است. مورد دوم: گاز هیدروژن تولید شده در طی این واکنش، با ایجاد فشار و کندن رسوبات باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی مخلوط می‌شود. مورد سوم: از این پودر برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی استفاده می‌شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی‌ها بسته شده‌اند. مورد چهارم: این پودر علاوه بر هر هم کنش فیزیکی با آلاینده‌ها، بر هم کنش شیمیایی نیز دارد، از این رو پاک‌کننده خوردنده است و واکنش آن با آب گرماده است.

۱۷۱۴ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش مخلوط آلومینیم و سود با آب همانند واکنش سوختن، یک واکنش گرماده می‌باشد و علامت Q در هر دو واکنش منفی است. عبارت (ب): لکه‌های سفیدی که بعد از شستن لباس با صابون روی آن‌ها بر جای می‌ماند، رسوب‌هایی هستند که یون‌های محلول در آب سخت با مولکول‌های صابون تولید کرده‌اند و در آب حل نمی‌شوند. عبارت (پ): دم هیدروکربنی اسیدهای چرب همیشه سیر شده نیستند. ممکن است در این قسمت پیوندهای دوگانه و سه‌گانه کربن - کربن دیده شود. عبارت (ت): با گذشت زمان سرعت رشد میزان امید به زندگی در مناطق کم‌برخوردار بیشتر از مناطق برخوردار می‌باشد، به همین دلیل فاصله میان نمودار امید به زندگی در این دو منطقه با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

۱۷۱۵ B ابتدا شمار اتم‌های کربن موجود در گروه R پاک‌کننده غیرصابونی را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} & \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} \\ & 12/\text{dg NaOH} \times \frac{80\text{g NaOH}}{100\text{g NaOH}} \times \frac{1\text{mol NaOH}}{40\text{g NaOH}} \times \frac{1\text{mol C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}}{1\text{mol NaOH}} \times \frac{(12n+2n+1+12+32+1)\text{g C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}}{1\text{mol C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}} \\ & = 71\text{g C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH} \end{aligned}$$

اکنون فرمول شیمیایی صابون را نوشته و جرم مولی آن را محاسبه می‌کنیم:

۱۷۱۶ C عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی موارد: مورد (الف): با توجه به واکنش موازنه شده تفاوت ضرایب استوکیومتری واکنش

دهنده‌ها و فراورده‌ها، برابر ۵ است.

مورد (ب): واکنش بالای یک واکنش گرماده است (علامت آنتالپی منفی) در صورتی که واکنش فتوسنتز، واکنشی گرماگیر است (علامت آنتالپی مثبت) مورد (پ): گاز A همان گاز هیدروژن است که در اثر واکنش آهن با هیدروکلریک اسید نیز به دست می‌آید.

مورد (ت): طبق واکنش موازنه شده داریم:

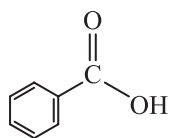
مورد (ث): مخلوط پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید برخلاف پاک‌کننده‌های غیرصابونی، در دسته پاک‌کننده‌های خوردنده قرار می‌گیرد.

۱۷۱۷ A در میان موارد، فقط مورد دوم نادرست است. بررسی عبارت دوم: برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک، به آن آهک می‌افزایند.

۱۷۱۸ A عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ب): دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است.

۱۷۱۹ B عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت دوم: رنگ کاغذ pH در محلول‌های اسیدی به رنگ سرخ است.

عبارت سوم: اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و گاز  $\text{H}_2$  آزاد می‌کنند. عبارت چهارم: اکسیدهای نافلزی در صورت حل شدن در آب، pH را کاهش می‌دهند، به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای اسیدی گفته می‌شود؛ مانند  $\text{SO}_2$  و  $\text{N}_2\text{O}_5$ . اکسیدهای فلزی در صورت حل شدن در آب، pH را افزایش می‌دهند و به آن‌ها اکسیدهای بازی می‌گویند؛ مانند  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{MgO}$ . عبارت پنجم: میوه‌هایی مانند تمشک و توت‌فرنگی حاوی بنزوئیک اسید هستند. پس بنزوئیک اسید از جمله اسیدهای آلی خوراکی است. فرمول این اسید به صورت مقابل است:



عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): هیدروکسید فلزهای قلیایی و برخی فلزهای قلیایی خاکی جزء بازهای قوی به شمار می‌آیند.



**۱ ۱۷۲۱ (B)** فقط مورد سوم درست است. بررسی موارد: مورد اول: همه پاک کننده‌ها، یعنی پاک کننده‌های خورنده و پاک کننده‌های صابونی و غیرصابونی، با ذرات آلودگی برهم کنش‌های فیزیکی دارند. اما فقط پاک کننده‌های خورنده هستند که علاوه بر برهم کنش‌های فیزیکی با ذرات آلودگی برهم کنش شیمیایی دارند. مورد دوم: از صابون گوگرددار، برای از بین بردن جوش‌های صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود. مورد سوم: پارچه‌های پلی‌استری برخلاف پارچه‌های نخی پیوندهای  $O-H$  ندارند. از این رو خاصیت نافطی و چربی‌دوستی بیشتری از پارچه‌های نخی دارند و جاذبه قوی‌تری با لکه‌های چربی ایجاد می‌کنند. مورد چهارم: اوره دارای پیوندهای  $N-H$  و اتیلن گلیکول دارای پیوندهای  $O-H$  است، از این رو هر دو با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند. مورد پنجم: اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند؛ در حالی که بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می‌کنند و به آن نیز آسیب می‌رسانند.

**۱ ۱۷۲۲ (A)** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): شواهد بسیاری در تاریخ علم وجود دارد که نشان می‌دهد پیش از آن که ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند. عبارت (ت): طبق پژوهش‌های آرنیوس میزان رسانایی الکتریکی اسیدها و بازهای مختلف، با یکدیگر متفاوت است.

**۱ ۱۷۲۳ (B)** فقط عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت سوم: محلول اکسیدهای فلزی در آب خاصیت بازی دارد و یون  $OH^-(aq)$  را تولید می‌کند. محلول اکسیدهای نافلزی در آب خاصیت اسیدی دارد و یون  $H_3O^+(aq)$  را تولید می‌کند. عبارت پنجم: طبق نظریه آرنیوس، اسید و باز حتماً باید محلول در آب باشند. اسیدها در اثر حل شدن در آب یون  $H^+$  و بازها در اثر حل شدن در آب، یون  $OH^-$  تولید می‌کنند.

**نکته ترکیبی** نظریه آرنیوس و برخی نارسایی‌های آن: آرنیوس، نخستین دانشمندی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد. او معتقد بود که اسیدها و بازها هنگام انحلال در آب به ترتیب غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  آب را افزایش می‌دهند. از این رو محلول حاوی این مواد، دارای رسانایی الکتریکی هستند. نظریه اسید و باز آرنیوس با وجود انقلابی بودن و ایجاد تحول بسیار در علم شیمی دو اشکال عمده داشت: ۱- در این نظریه صرفاً به شناسایی اسید یا باز بودن یک ماده پرداخته می‌شود و به میزان اسیدی یا بازی بودن یک ماده یا محلول توجهی نمی‌شود. لذا نمی‌توان تعریف pH را به این نظریه نسبت داد. ۲- بسیاری از واکنش‌های اسیدها و بازها ممکن است در فاز محلول انجام نشود و در حالت گازی رخ دهد. از آنجا که نظریه آرنیوس بر اساس رسانایی الکتریکی محلول‌ها مطرح شده است، توجیهی برای چنین واکنش‌هایی ندارد.

**۲ ۱۷۲۴ (B)** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): محلول شماره (۱) خاصیت بازی و محلول شماره (۳) خاصیت اسیدی دارد؛ بنابراین رنگ کاغذ pH در محلول شماره (۱) آبی و در محلول شماره (۳) قرمز است. عبارت (ب): علت رنگ قرمز کاغذ pH در محلول شماره (۲) به علت خاصیت اسیدی محلول است که ناشی از حضور یون  $H_3O^+$  است. عبارت (پ): معادله واکنش انجام شده در شکل (۴) به صورت گفته شده است. عبارت (ت): طبق شکل کتاب درسی، رنگ کاغذ pH در محلول شماره (۳) قرمز تر از محلول شماره (۲) است. علت این امر، قوی‌تر بودن HCl نسبت به HF در غلظت‌های برابر از آن‌ها است. عبارت (ث): با توجه به شکل، در محلول‌های (۲) و (۴) برخلاف محلول‌های (۱) و (۳)، علاوه بر یون، مولکول حل‌شونده نیز مشاهده می‌شود.

**۲ ۱۷۲۵ (B)** گاز هیدروژن کلرید، یک اسید آرنیوس به شمار می‌آید زیرا در آب یون  $H_3O^+$  تولید می‌کند. سدیم هیدروکسید جامد، یک باز آرنیوس به حساب می‌آید، زیرا در آب یون  $OH^-$  تولید می‌کند. حواستان باشد که انحلال الکل‌ها در آب کاملاً به صورت مولکولی بوده و در آب یون هیدرونیوم و هیدروکسید ایجاد نمی‌کنند؛ از این رو الکل‌ها اسید یا باز آرنیوس نیستند. عبارت‌های دوم و پنجم نادرست هستند. نام  $H_3O^+(aq)$ ، یون هیدرونیوم بوده و دارای ۱۰ الکترون است:

$$H_3O^+ \text{ های } 10 = (1 \times 8) + (3 \times 1) - 1 = 10 \text{ تعداد الکترون های } H_3O^+$$

دقت کنید که همه اسیدهای آرنیوس در ساختار خود  $H^+$  ندارند. برای نمونه اکسیدهای اسیدی فاقد این یون در ساختار خود هستند ولی هنگام انحلال در آب، یون هیدرونیوم تولید می‌کنند.

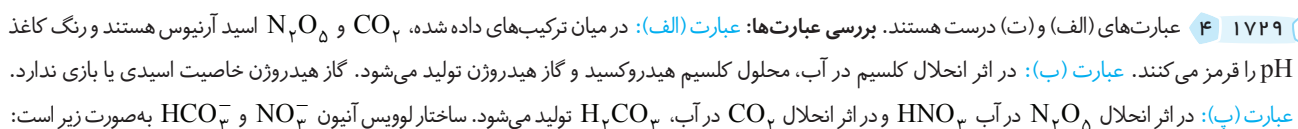
**۱ ۱۷۲۷ (B)** در واکنش (الف)، واکنش انجام شده درون ظرف به درستی نوشته شده است و در موارد (ب) و (ت)، اکسید خاصیت اسیدی دارند؛ زیرا اکسید نافلزی هستند. شکل درست و موازنه شده هر چهار واکنش به صورت زیر است:



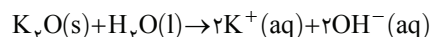
**۲ ۱۷۲۸ (B)** موارد اول، دوم و سوم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. معادله انحلال ترکیب‌ها در آب به صورت زیر است:



عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در میان ترکیب‌های داده شده،  $CO_2$  و  $N_2O_5$  اسید آرنیوس هستند و رنگ کاغذ pH را قرمز می‌کنند. عبارت (ب): در اثر انحلال کلسیم در آب، محلول کلسیم هیدروکسید و گاز هیدروژن تولید می‌شود. گاز هیدروژن خاصیت اسیدی یا بازی ندارد. عبارت (پ): در اثر انحلال  $N_2O_5$  در آب  $HNO_3$  و در اثر انحلال  $CO_2$  در آب،  $H_2CO_3$  تولید می‌شود. ساختار لوویس آنیون  $NO_3^-$  و  $HCO_3^-$  به صورت زیر است:



عبارت (ت): معادله انحلال پتاسیم اکسید ( $K_2O$ ) در آب به صورت روبه‌رو است:



$$? \text{ mol ion} : 28/2 \text{ g } K_2O \times \frac{1 \text{ mol } K_2O}{94 \text{ g } K_2O} \times \frac{4 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol } K_2O} = 1/2 \text{ mol ion}$$

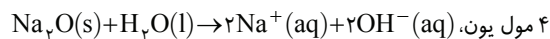
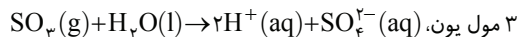
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم پتاسیم اکسید}}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول یون}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{28/2}{94 \times 1} = \frac{x}{4} \Rightarrow x = 1/2 \text{ mol ion}$$

روش دوم (تناسب):

۴ ۱۷۳۵ (B) واکنش b در حالت محلول آبی قرار ندارد؛ بنابراین قابل توجیه با نظریه آرنیوس نیست.

۱ ۱۷۳۱ (B) عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): برخی اکسیدها با آب واکنش می‌دهند. اکسیدهایی مثل CO وارد واکنش با آب نمی‌شوند. عبارت (ب): مطابق نظریه آرنیوس، باز ماده‌ای است که هنگام حل شدن در آب یون هیدروکسید پدید می‌آورد. این ماده الزاماً در ساختار خود یون هیدروکسید ندارد. عبارت (پ): شیمی دان‌ها به کمک مدل آرنیوس نتوانستند اسیدها و بازهای ضعیف و قوی را شناسایی کنند. در نظریه آرنیوس نمی‌توان در مورد میزان اسیدی یا بازی بودن محلول اظهار نظر کرد. عبارت (ت): معادله انحلال این دو ترکیب به صورت مقابل است:

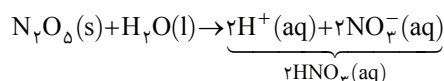


گاز هیدروژن + هیدروکسید فلز → آب + فلز

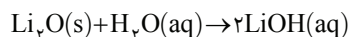
عبارت (ت): در اثر حل شدن فلزها در آب باز تولید می‌شود. مطابق واکنش روبه‌رو:

چون این واکنش در یک محلول آبی انجام می‌شود، به کمک نظریه آرنیوس قابل توجیه است.

۲ ۱۷۳۲ (B) عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): نیتریک اسید (HNO<sub>3</sub>) از انحلال ترکیب N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> طبق واکنش زیر تولید می‌شود:

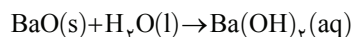


با انحلال N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> در آب، غلظت یون هیدرونیوم افزایش می‌یابد، از این رو این اکسید نافلزی یک اسید آرنیوس محسوب می‌شود. عبارت (ب): معادله واکنش انحلال



در H<sub>2</sub>O با صورت مقابل است:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مجموع ضرایب در معادله این واکنش برابر ۴ است. عبارت (پ): اکسیدهای فلزی مثل BaO، با انحلال در آب باعث افزایش غلظت



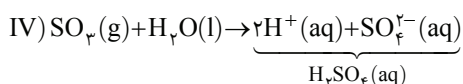
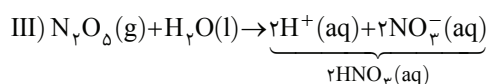
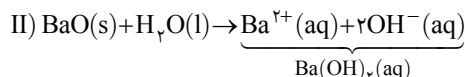
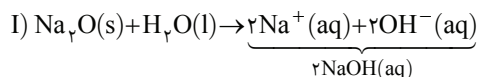
یون هیدروکسید (OH<sup>-</sup>) می‌شوند. معادله واکنش انحلال این اکسید در آب به صورت مقابل است:

عبارت (ت): اکسیدهای نافلزی مثل N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدرونیوم می‌شوند و یک محلول اسیدی ایجاد می‌کنند؛ بنابراین کاغذ pH

را به رنگ سرخ درمی‌آورند. اکسیدهای فلزی مثل BaO و Li<sub>2</sub>O با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید می‌شوند و محلول بازی ایجاد می‌کنند، از

این رو کاغذ pH را به رنگ آبی درمی‌آورند. پس از بین محلول اکسیدهای مورد نظر، در دو مورد کاغذ pH آبی رنگ و در یک مورد کاغذ pH سرخ رنگ است.

۳ ۱۷۳۳ (B) معادله واکنش انحلال هر یک از اکسیدها در آب به صورت زیر است:



بررسی همه موارد: مورد اول: یون‌های OH<sup>-</sup>، H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>، NO<sub>3</sub><sup>-</sup> و SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>، یون‌های چنداتی هستند؛ بنابراین در همه واکنش‌ها یون چنداتی تولید می‌شود.

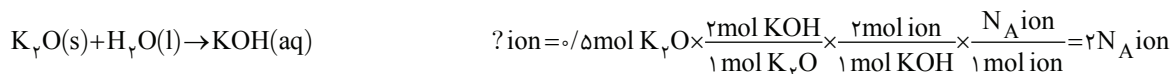
مورد دوم: در واکنش (II) به ازای انحلال یک مول BaO، دو مول OH<sup>-</sup> و یک مول Ba<sup>2+</sup> و در واکنش (IV) به ازای انحلال یک مول SO<sub>3</sub>، دو مول H<sup>+</sup>

و یک مول SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> تولید می‌شود؛ پس مجموع غلظت یون‌های موجود در محلول واکنش‌های (II) و (IV) برابر است. مورد سوم: در هیچ یک از واکنش‌ها، گاز

دواتمی تولید نمی‌شود. مورد چهارم: هر یک از محلول‌های (III) و (IV) دارای خاصیت اسیدی هستند، از این رو رنگ کاغذ pH را به رنگ قرمز تغییر می‌دهند.

۳ ۱۷۳۴ (C) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): فرمول عمومی این رسوب‌ها به صورت (RCOO)<sub>p</sub>Ca یا (RCOO)<sub>p</sub>Mg است. در این رسوب‌ها نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۲ است. عبارت (ب): این مخلوط، یک کلئید است. کلئیدها پایدار هستند و ته‌نشین نمی‌شوند و نور را

پخش می‌کنند. عبارت (پ): معادله انحلال این دو اکسید در آب به صورت زیر است:



$$3N_A - 2N_A = N_A = 6/0.2 \times 10^{23}$$

عبارت (ت): فرمول عمومی پاک‌کننده‌های غیرصابونی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیرشده به صورت C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>SO<sub>3</sub>Na است. ۱۴ = n + ۵ ⇒ n = ۹

$$n + 6 = 14 + 6 = 20 = \text{شمار اتم‌های کربن}$$

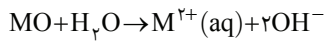
عبارت (ث): برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک (CaO) اضافه می‌کنند. مجموع n و l الکترون‌های ظرفیت در Ca برابر است با:

$${}_20\text{Ca}: [1s^2 \text{Ar}] 4s^2 \Rightarrow \text{مجموع } n \text{ و } l \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(4+0) = 8$$

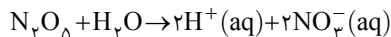




۱ ۱۷۳۵ C معادله کلی یونش اکسیدهای فلزی با فرمول شیمیایی MO به صورت مقابل است:



در اثر انحلال هر مول از این اکسید دو مول یون هیدروکسید تولید می‌شود. معادله یونش دی‌نیتروژن پنتا اکسید ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) به صورت زیر است:



در اثر انحلال هر مول از این اکسید نافلزی ۲ مول یون هیدرونیوم تولید می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تعداد مول‌های برابری از این دو اکسید حل شده است.

$$n_{\text{MO}} = n_{\text{N}_2\text{O}_5} \Rightarrow \frac{m_{\text{MO}}}{M_{\text{MO}}} = \frac{m_{\text{N}_2\text{O}_5}}{M_{\text{N}_2\text{O}_5}} \Rightarrow \frac{m_{\text{N}_2\text{O}_5}}{m_{\text{MO}}} = \frac{M_{\text{N}_2\text{O}_5}}{M_{\text{MO}}} = 2/68$$

$$2/68 = \frac{1.8}{M_{\text{MO}}} \Rightarrow M_{\text{MO}} = 40/3 \text{ g.mol}^{-1}$$

اکنون جرم مولی MO را به دست می‌آوریم:

بنابراین جرم مولی فلز M برابر  $24/3 \text{ g.mol}^{-1}$  (۱۶-۴۰/۳) است.

۱ ۱۷۳۶ A فقط عبارت چهارم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در محلول‌های الکترولیت به دلیل وجود یون‌ها و حرکت آن‌ها، بارهای الکتریکی جابه‌جا می‌شوند.

عبارت دوم: اگر محلول‌های الکترولیت در یک مدار الکتریکی قرار گیرند، با حرکت یون‌ها به سوی قطب‌های نام‌هم نام، جریان الکتریکی برقرار می‌شود. عبارت سوم: انحلال مواد الکترولیت قوی در آب کاملاً به صورت یونی است. عبارت چهارم: رسانایی الکتریکی محلول‌های الکترولیت به میزان یون‌هایی که در آب ایجاد می‌کنند، وابسته است. هرچه تعداد یون تولید شده توسط یک محلول الکترولیت در آب بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی محلول بیشتر است.

۱ ۱۷۳۷ B فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ترکیب‌های مولکولی و محلول در آب بسیاری مثل گلوکز، متانول، اتانول، استون و ... وجود دارند که غیرالکترولیت هستند. عبارت (ب): مولکول‌هایی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، مولکول‌های قطبی هستند. تعداد زیادی از مولکول‌های قطبی مثل الکل‌ها، شکر و ... غیرالکترولیت محسوب می‌شوند. عبارت (پ): ترکیب‌هایی مثل  $\text{NH}_3$  و  $\text{HCl}$  از مولکول ساخته شده‌اند و به ترتیب، الکترولیت ضعیف و الکترولیت قوی هستند. عبارت (ث): تمام فلزها همانند گرافیت رسانای الکترونی هستند زیرا رسانایی آن‌ها به وسیله الکترن‌ها انجام می‌شود.

۳ ۱۷۳۸ B محلول شماره (۱)، یک محلول الکترولیت قوی (محلول آبی سدیم کلرید) و محلول شماره (۲)، یک محلول غیرالکترولیت (محلول آبی شکر) است. با توجه به اینکه انحلال محلول شماره (۱) کاملاً به صورت یونی و انحلال محلول شماره (۲) به صورت مولکولی است، رسانایی محلول شماره (۱) بیشتر است. بررسی گزینه (۳): در محلول آبی سدیم کلرید یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر محلول پراکنده‌اند. با توجه به اینکه در اغلب ترکیب‌ها شعاع آنیون بزرگ‌تر از شعاع کاتیون است، یون‌های بزرگ‌تر در محلول شماره (۱) آنیون‌ها هستند که به سمت قطب مثبت حرکت می‌کنند.

۳ ۱۷۳۹ A اتیلن گلیکول غیرالکترولیت و نارسانا است. آمونیاک الکترولیت ضعیف و رسانای ضعیف است. سایر ترکیب‌ها الکترولیت قوی هستند. در غلظت‌های یکسان از محلول‌های الکترولیت قوی، هر محلولی که تعداد بیشتری یون ایجاد کند، رسانای قوی‌تری است. سدیم فسفات در آب ۴ یون، سدیم سولفید در آب ۳ یون و لیتیم نیترات در آب ۲ یون تولید می‌کند. بنابراین سدیم فسفات بیشترین رسانایی را دارد.

۲ ۱۷۴۰ B عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به موادی مانند اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) و شکر ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) که انحلال آن‌ها در آب به شکل کاملاً مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آن‌ها، محلول غیرالکترولیت می‌گویند. عبارت (ب): اسید HF، یک اسید ضعیف بوده و محلول آن یک الکترولیت ضعیف است. رسانایی محلول‌های حاوی الکترولیت‌های ضعیف با افزایش غلظت، اندکی افزایش می‌یابد. عبارت (پ): رسانایی الکتریکی محلول شماره (۲) به یون‌های  $\text{K}^+$  و  $\text{OH}^-$  وابسته است؛ از این‌رو این محلول یک رسانای یونی است. به اجسامی که رسانایی آن‌ها به الکترن‌ها وابسته است (مثل فلزها و گرافیت)، رسانای الکترونی می‌گویند. عبارت (ت): ترکیبات  $\text{KOH}$  و  $\text{NaCl}$  در محلول به‌طور کامل به آنیون و کاتیون تفکیک می‌شوند، از این‌رو جایگزینی  $\text{KOH}$  با همان غلظت از  $\text{NaCl}$ ، تغییر محسوسی در رسانایی الکتریکی ایجاد نمی‌کند. در واقع هر دو مقدار مول یکسانی از یون‌ها را ایجاد می‌کنند.

۴ ۱۷۴۱ B در میان چند الکترولیت قوی با غلظت‌های متفاوت، محلولی که حاصل عبارت زیر برای آن بزرگ‌تر باشد، رسانای قوی‌تری است. [غلظت مولی محلول  $\times$  تعداد یون‌های حاصل از تفکیک یونی]

دقت کنید که حجم محلول، تأثیری در روند محاسبات ندارد. بررسی موارد:

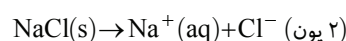
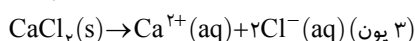


بنابراین بیشترین رسانایی مربوط به محلول (ت) و کمترین رسانایی مربوط به محلول (ب) است.

۳ ۱۷۴۲ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (پ): اسیدها با حل شدن در آب یون تولید می‌کنند اما بعضی از آن‌ها اسید ضعیف بوده و الکترولیت ضعیفی هستند.

۱ ۱۷۴۳ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست می‌باشند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون‌ها عامل برقراری جریان الکتریکی در محلول‌ها هستند و هرچه تعداد آن‌ها در یک محلول بیشتر باشد، آن محلول رسانایی بیشتری دارد. عبارت (ب): HF الکترولیت ضعیف و  $\text{NaCl}$  الکترولیت قوی است و بنابراین در غلظت یکسان، محلول  $\text{NaCl}$  رسانایی الکتریکی بیشتری دارد. عبارت (پ): در غلظت‌های یکسان از دو محلول الکترولیت قوی، هرچه تعداد یون ایجاد شده توسط یک محلول بیشتر باشد، آن محلول رسانایی الکتریکی بالاتری دارد. عبارت (ث): یکی از روش‌هایی که برای تعیین غلظت یون هیدرونیوم می‌توان به کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است.

۱ ۱۷۴۴ B فقط عبارت دوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: محلول اسیدها و بازهای قوی الکترولیت قوی و محلول اسیدها و بازهای ضعیف، الکترولیت ضعیف محسوب می‌شوند. عبارت دوم: انحلال سدیم اکسید در آب باعث تولید باز می‌شود؛ زیرا اکسیدهای فلزی خاصیت بازی دارند و بازها نیز الکترولیت محسوب می‌شوند. اما دقت کنید که اگر محلول خیلی رقیق باشد، نمی‌تواند رسانای جریان برق باشد. عبارت سوم: شکر به صورت مولکولی در آب حل شده و پس از انحلال، یونی در آب تولید نمی‌کند، پس محلول آن غیرالکترولیت است؛ اما نمک خوراکی ( $\text{NaCl}$ ) در آب حل شده و تولید یون می‌کند، در نتیجه محلول آن الکترولیت است. عبارت چهارم: معادله انحلال کلسیم کلرید



و سدیم کلرید به صورت زیر است:

در شرایط یکسان رسانایی الکتریکی  $\text{CaCl}_2$  بیشتر است؛ زیرا یون بیشتری در آب تولید می‌کند.



- B 1۷۴۵ ۳** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست و عبارت (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل شماره (۱) یک محلول الکترولیت قوی و شکل شماره (۲) یک محلول الکترولیت ضعیف را نشان می‌دهد. بنابراین شکل شماره (۱) می‌تواند متعلق به HCl باشد. عبارت (ب): با توجه به اینکه یون‌های  $H^+$  اندازه کوچک‌تری نسبت به آنیون‌ها دارد، یونی که به سمت قطب (الف) در حال حرکت است یون  $H^+$  و یونی که به سمت قطب (ب) در حال حرکت است، آنیون  $Cl^-$  می‌باشد. در نتیجه علامت قطب (الف) منفی و علامت قطب (ب) مثبت است. عبارت (پ): شکل (۲) نشان‌دهنده یک محلول الکترولیت ضعیف است که انحلال آن بیشتر به صورت مولکولی است در حالی که انحلال در شکل (۱) کاملاً به صورت یونی است. عبارت (ت): غلظت یون هیدرونیوم در محلول (۱) بیشتر است؛ از این رو محلول (۱) اسیدی‌تر از محلول (۲) است.
- B 1۷۴۶ ۴** همه عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: در محلول‌های الکترولیت به دلیل وجود یون‌ها و امکان جابه‌جایی آزادانه آن‌ها، رسانایی الکتریکی پدید می‌آید. مورد دوم: در محلول همه اسیدهای قوی تک‌پروتون‌دار، غلظت آنیون‌ها با کاتیون‌ها برابر است، اما در محلول اسیدهای قوی چندپروتونی مانند  $H_2SO_4$ ، غلظت کاتیون‌ها بیشتر از آنیون‌ها است:  $H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- مورد سوم: در محلول اسیدهای ضعیف، شمار ناچیزی از یون‌های آب‌پوشیده هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های اسید یونیده نشده حضور دارند.

**نکته ترکیبی** رسانایی الکتریکی محلول اسیدها و بازها: در یک محلول حاوی الکترولیت‌ها، رسانایی الکتریکی به دو عامل نوع حل‌شونده و غلظت محلول وابسته است. در غلظت‌های یکسان، رسانایی الکتریکی محلول یک الکترولیت قوی (اسید یا باز قوی)، بیشتر از الکترولیت ضعیف (اسید یا باز ضعیف) است؛ دقت کنید در صورتی که غلظت محلول الکترولیت ضعیف خیلی بیشتر از محلول الکترولیت قوی باشد به طوری که غلظت یون‌های موجود در آن بیشتر باشد، رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت ضعیف بیشتر است. همه نمک‌ها جزء الکترولیت‌های قوی هستند. برای مقایسه میزان رسانایی چند نمک، کافی است غلظت آن‌ها را در تعداد یون‌های موجود در فرمول شیمیایی آن‌ها ضرب کنید. هر چه حاصل آن بیشتر باشد، غلظت یون‌ها در آن بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی محلول بیشتر خواهد بود.

مورد چهارم: رسانایی الکتریکی محلول به میزان یون‌های موجود در آن‌ها بستگی دارد؛ پس رسانایی الکتریکی محلول اسید ضعیف لزوماً کمتر از اسید قوی نیست؛ زیرا ممکن است غلظت اسید قوی به قدری کم باشد که غلظت یون‌ها در محلول اسید ضعیف بیشتر از آن باشد.

- C 1۷۴۷ ۳** عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در هر دو محلول (الف) و (ب)، یون‌ها به صورت آزاد وجود دارند؛ از این رو هر دو محلول، رسانایی الکتریکی دارند. عبارت (ب): معادله یونش اسیدهای تک‌پروتون‌دار قوی و ضعیف به صورت زیر است:

$HA(aq) \rightarrow H^+(aq) + A^-(aq)$  یونش اسیدهای قوی تک‌پروتونی  
 $HB(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + B^-(aq)$  یونش اسیدهای ضعیف تک‌پروتونی

چون ضریب استوکیومتری آنیون و کاتیون در هر دو واکنش برابر است، به ازای یونش مقدار مشخصی از این اسیدها، شمار یون‌های مثبت و منفی برابر است. عبارت (پ): در میان عناصر دوره دوم جدول تناوبی، تنها اتم F می‌تواند با اتم H تشکیل یک اسید ضعیف به فرم HA بدهد؛ از این رو یون اطراف قطب مثبت محلول (ب)، می‌تواند  $F^-$  باشد. مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های لایه آخر  $F^-$  برابر ۲۲ است:  $2(2+0) + 6(2+1) = 22$  مجموع  $n+l$  زیرلایه‌ها  $2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$   $F^-$

عبارت (ت): محلول (ب)، به دلیل یونش کم اسید و غلظت پایین یون‌ها یک محلول الکترولیت ضعیف است و لامپ متصل به این محلول به حالت نیمه‌روشن در خواهد آمد، در حالی که محلول اتانول یک محلول غیرالکترولیت بوده و نمی‌تواند لامپ را روشن کند. عبارت (ث): محلول (ب)، محلول یک اسید ضعیف است، تنها هالوژنی که می‌تواند یک محلول اسیدی ضعیف ایجاد کند، فلئوژن (F) است؛ از این رو هالید موجود در محلول (الف)، در هر صورت خصلت نافلزتی کمتری از فلئوژن دارد.

- C 1۷۴۸ ۲** موارد (الف) و (پ) همواره در HCl بیشتر از HF است. بررسی موارد: عبارت (الف): درجه یونش HCl بزرگ‌تر از HF است؛ از این رو در غلظت‌های یکسان، میزان تبدیل شدن به یون در محلول HCl بیشتر از محلول HF است. عبارت (ب): در HF به دلیل وجود اتم هیدروژن متصل به فلئوژن، میان مولکول‌های آن پیوند هیدروژنی وجود دارد؛ از این رو نیروهای بین‌مولکولی HF قوی‌تر از HCl بوده و دمای جوش آن نیز بالاتر است. عبارت (پ): درجه یونش و ثابت یونش HCl بزرگ‌تر از HF است؛ از این رو در غلظت‌های یکسان از محلول این دو اسید، خاصیت اسیدی محلول HCl بیشتر از محلول HF است. عبارت (ت): خاصیت نافلزتی اتم F از اتم Cl بیشتر است؛ از این رو تمایل به گرفتن الکترون و تبدیل شدن به آنیون در اتم F بیشتر از اتم Cl است. عبارت (ث): شعاع اتمی و خاصیت نافلزتی اتم F از اتم Cl بیشتر است؛ از این رو طول پیوند H—F از طول پیوند H—Cl کوچک‌تر است و قطبیت پیوند HF از HCl بیشتر است و انرژی لازم برای شکستن یک مول از پیوندهای H—F بیشتر از H—Cl است.
- B 1۷۴۹ ۳** عبارتهای (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ت): اسیدهای ضعیف مانند HF به مقدار اندکی در آب یونیده می‌شوند و در محلول آن‌ها اندکی یون وجود دارد.

**A 1۷۵۰ ۴** با توجه به نمودار یونش اسید HX، چون پس از یونش اسید HX، شمار بسیار زیادی از مولکول‌های اسید، یونیده نشده باقی مانده‌اند، می‌توان دریافت که اسید مربوطه ضعیف است و بنابراین گزینه‌های (۱) و (۳) که در آن‌ها اسید HX به‌طور کامل یونش یافته است نادرست‌اند. در هنگام برقراری جریان الکتریکی در محلول‌های الکترولیت، یون‌ها به سمت قطب‌های ناهم‌نام حرکت می‌کنند. بنابراین گزینه (۴) پاسخ صحیح خواهد بود؛ زیرا در گزینه (۲) یون‌ها به سمت قطب‌های هم‌نام حرکت کرده‌اند.

**B 1۷۵۱ ۱** فقط عبارت (پ) نادرست است. اسید HX به‌طور کامل یونیده می‌شود؛ در نتیجه الکترولیت قوی و اسید قوی محسوب می‌شود. HCl هم یک اسید قوی است. اسید HA به‌طور جزئی یونیده می‌شود؛ در نتیجه الکترولیت ضعیف و اسید ضعیف به حساب می‌آید. HF هم یک اسید ضعیف است. بررسی عبارت (پ): محلول آبی HA الکترولیت ضعیف است.

**B 1۷۵۲ ۱** عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در زندگی روزانه با انواع اسیدها سروکار داریم که برخی قوی و اغلب آن‌ها ضعیف هستند. عبارت (ب): در محلول اسیدهای قوی مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود و این محلول‌ها فقط شامل یون‌های آب‌پوشیده هستند. عبارت (پ): در محلول اسیدهای ضعیف، بیشتر مولکول‌های اسید به‌صورت یونیده نشده باقی می‌مانند و تنها تعداد کمی از مولکول‌ها یونش می‌یابند. عبارت (ت): در محلول اسیدهای ضعیف اندک یون‌های موجود در محلول با مولکول‌های یونیده نشده اسید در تعادل قرار دارند، می‌دانیم در حالت تعادل غلظت تمام گونه‌ها ثابت است.

**B 1۷۵۳ ۳** مطالب گزینه (۳) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. در مورد اسیدهای قوی می‌توان گفت:  $[H_3O^+] = [A^-] = [HA]$

در مورد اسیدهای ضعیف می‌توان گفت:  $[H_3O^+] = [A^-] < [HA]$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): اسید موجود در ریواس یک اسید ضعیف است و در نتیجه:  $[H_3O^+] < 1 \text{ mol.L}^{-1}$

گزینه (۲): هیدروکلریک اسید یک اسید قوی است، بنابراین:  $[H_3O^+] = [Cl^-] = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$

گزینه (۳): سرکه اسید ضعیف به حساب می‌آید. در نتیجه:  $[CH_3COO^-] = [H_3O^+] < 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$

گزینه (۴): نیتریک اسید، یک اسید قوی است. بنابراین:  $[H_3O^+] = [NO_3^-] = 0.75 \Rightarrow [H_3O^+] + [NO_3^-] = 0.75 + 0.75 = 1.5 \text{ mol.L}^{-1}$

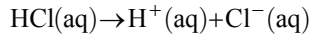
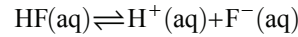


۴ ۱۷۵۴ B اسید موجود در سرکه سیب، بنزواتیک اسید و فورمیک اسید جزء کربوکسیلیک اسیدها هستند و اسید ضعیف به شمار می‌آیند درحالی که HCl یک اسید قوی است. بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در اسیدهای ضعیف حضور همزمان مولکول‌های یونیده نشده و یون‌های آب‌پوشیده دیده می‌شود. پرسش (ب): در مورد اسیدهای قوی می‌توان گفت:

$$[H_3O^+] = [A^-] = [HA]_{\text{اولیه}} \Rightarrow \frac{[H_3O^+] + [A^-]}{[HA]} = \frac{2[HA]}{[HA]} = 2$$

فقط HCl یک اسید قوی است. پرسش (پ): نمودار نشان‌دهنده یونش جزئی یک اسید ضعیف است و می‌تواند مربوط به کربوکسیلیک اسیدها باشد.

۴ ۱۷۵۵ A همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): در اثر انحلال هر مولکول از HCl، HF و  $CH_3COOH$  تنها یک یون هیدرونیوم می‌تواند تولید شود؛ از این رو جزء اسیدهای تک‌پروتون‌دار هستند. عبارت (پ): HCl، اسیدی قوی و واکنش آن با آب یک‌طرفه است، اما HF اسیدی ضعیف بوده و واکنش آن با آب دوطرفه است.



عبارت (ت): در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

$$\text{غلظت مولی مولکول‌های یونیده شده} = \frac{\text{مول مولکول‌های یونیده شده}}{\text{مول مولکول‌های حل شده}} \quad \text{غلظت مولی مولکول‌های حل شده} = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل شده}}$$

۳ ۱۷۵۶ B همه موارد به‌جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. بررسی موارد: مورد اول:  $\alpha = 0$ : انحلال ترکیب در آب کاملاً به‌صورت مولکولی است. مورد دوم:  $\alpha = 100\%$ : انحلال ترکیب در آب به‌صورت کاملاً یونی است. مورد سوم:  $0 < \alpha < 100\%$ : انحلال ترکیب در آب به‌صورت یونی - مولکولی است. مورد چهارم: اگر درصد یونش یک ترکیب  $\alpha\%$  باشد، یعنی به میزان  $\alpha\%$  از مولکول‌های آن یونیده شده و به‌صورت یونی حل شده و  $(100 - \alpha)\%$  به‌صورت مولکولی حل شده‌اند. مورد پنجم: اگر درصد یونش یک ماده کوچک‌تر از  $100$  باشد، یعنی بخشی از آن به صورت یونی و بخش دیگر به صورت مولکولی حل می‌شود؛ از این رو این ماده جزء الکترولیت‌های ضعیف است.

۳ ۱۷۵۷ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. درجه یونش اسید A بین صفر و یک است، پس این اسید به‌صورت یونی - مولکولی در آب حل شده است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چون اسید A، به‌صورت جزئی یونیده شده، پس یک اسید ضعیف است. عبارت (ب): اسید A به‌صورت جزئی یونیده شده، پس الکترولیت ضعیف است و لامپ را با روشنایی کم، روشن نگه می‌دارد. عبارت (پ): اگر  $\alpha$  به یک نزدیک‌تر باشد، انحلال بیشتر به‌صورت یونی است (بیشتر یونیده می‌شود) و اسید قوی‌تر است. اگر  $\alpha$  به صفر نزدیک‌تر باشد، انحلال بیشتر به‌صورت مولکولی است (کمتر یونیده می‌شود) و اسید ضعیف‌تر است. عبارت (ت): این اسید، یک اسید ضعیف مانند HF یا استیک اسید است.

۴ ۱۷۵۸ B

# نکته ترکیبی قدرت اسیدی کربوکسیلیک اسیدها: کربوکسیلیک اسیدها، دسته‌ای از مواد آلی هستند که ضمن انحلال در آب، یونش یافته و کاتیون و آنیون ایجاد می‌کنند. ۱- همه کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای ضعیف هستند. ۲- در میان اتم‌های هیدروژن موجود در کربوکسیلیک اسید، فقط اتم هیدروژن موجود در گروه کربوکسیل اسیدی هستند و سایر هیدروژن‌ها اسیدی نیستند! ۳- هر چه تعداد اتم‌های کربن کربوکسیلیک اسید بیشتر باشد، قدرت اسیدی آن کمتر است. برای مثال قدرت اسیدی متانواتیک (فرمیک) اسید از اتانواتیک (استیک) اسید بیشتر است.



عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): همه کربوکسیلیک اسیدها، اسید ضعیف هستند و در محلول آن‌ها شمار ناچیزی از یون‌های آب‌پوشیده همزمان با شمار زیادی از مولکول‌های اسید یونیده نشده حضور دارند، از این رو درجه یونش آن‌ها کمتر از یک است. عبارت (ب): کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل (COOH) آن‌ها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود. عبارت (پ): اسیدهای موجود در سیب، انگور، ربوواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه، از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند. عبارت (ت): نمودار نشان داده شده مربوط به یونش اسیدهای قوی با  $\alpha = 1$  است، در حالی که کربوکسیلیک اسیدها، جزء اسیدهای ضعیف هستند. عبارت (ث): ثابت یونش اسیدها و بازهای ضعیف به غلظت و دمای محلول وابسته است؛ به‌طوری که با کاهش غلظت و افزایش دما، درجه یونش اسیدها و بازهای ضعیف افزایش می‌یابد.

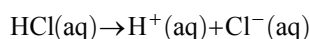
۲ ۱۷۵۹ B موارد اول، دوم و چهارم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: معادله یونش HF به صورت مقابل است:



از ۵ مولکول HF موجود در محلول (ب)، تنها یک مولکول به  $H^+$  و  $F^-$  یونش یافته است، پس درجه یونش و درصد آن برابر است با:

$$\alpha = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل شده}} = \frac{1}{5} = 0.2 \Rightarrow \alpha = 20\%$$

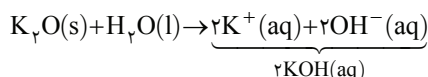
مورد دوم: رسانایی الکتریکی محلول‌ها به غلظت یون‌ها وابسته است؛ از این رو غلظت یون‌ها در محلول (ب) از محلول (الف) کمتر است، از این رو رسانایی الکتریکی محلول (ب) از محلول (الف) کمتر است. مورد سوم: هیدروکلریک اسید، یک اسید قوی با  $\alpha = 1$  است؛ از این رو معادله یونش آن یک‌طرفه می‌باشد:



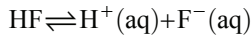
مورد چهارم: درجه یونش هیدروکلریک اسید برابر ۱ و درجه یونش هیدروفلوئوریک اسید برابر  $0.2$  است؛ از این رو نسبت درجه یونش آن‌ها برابر  $\frac{1}{0.2} = 5$  است.

مورد پنجم: حجم حل شده از هر یک از گازها و حجم آب یکسان است، از این رو غلظت مولی محلول هیدروکلریک اسید با محلول هیدروفلوئوریک اسید برابر است.

۱ ۱۷۶۰ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم عنصرهایی که عدد اتمی آن‌ها از ۱۸ تا ۳۰ است، دارای ۱۲ الکترون در زیرلایه p هستند. این عنصر می‌تواند پتاسیم ( $19K$ ) باشد، فرمول اکسید این عنصر به صورت  $K_2O$  بوده و چون با انحلال در آب باعث افزایش غلظت یون هیدروکسید می‌شود، یک باز آرنیوس است.



عبارت (ب): شواهد بسیاری نشان می‌دهند که پیش از آن که ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون‌بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند. عبارت (پ): به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تک‌پروتون‌دار می‌گویند. اما دقت کنید که از انحلال یک مول از همهٔ اسیدهای تک‌پروتون‌دار در آب، یک مول یون هیدرونیوم تولید نمی‌شود و این از ویژگی‌های اسیدهای تک‌پروتون‌دار قوی است. عبارت (ت):



معادلهٔ یونش HF به صورت مقابل است:

ضریب استوکیومتری  $\text{H}^+$  و  $\text{F}^-$  در این معادله برابر است، از این‌رو نسبت شمار یون‌های هیدرونیوم به یون‌های فلوئورید برابر یک است. عبارت (ث): غلظت یون هیدرونیوم با غلظت استیک اسید یونیده شده برابر است؛ بنابراین:

$$\frac{\text{غلظت مولی مولکول‌های یونیده شده}}{\text{غلظت مولی کل مولکول‌های حل شده}} \times 100 = \frac{1/35 \times 10^{-3}}{10^{-1}} \times 100 = 1/35$$

در ظرف (۱):  $500 - 488 = 12$  تعداد مولکول‌های HA - تعداد کل مولکول‌های حل شده = تعداد مولکول‌های یونیده شده

$$\alpha_1 = \frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}} = \frac{12}{500}$$

در ظرف (۲): هر مولکول HB، ۲ یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  و  $\text{B}^-$  تولید می‌کند، حال ۱۲ یون تولید شده، پس یعنی ۶ مولکول HB یونیده شده است:

$$\alpha_2 = \frac{\frac{6}{200} = \frac{3}{100}}{\frac{12}{500} = \frac{3}{125}} = \frac{3}{100} \times \frac{125}{3} = 1/25$$

با توجه به اینکه انحلال HA در آب به صورت  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{HA}$  است، هر یون  $\text{A}^-$  تولید شده، حاصل از انحلال یک مولکول HA است، پس ۲۰ یون  $\text{A}^-$  تولید شده، حاصل از انحلال ۲۰ مولکول HA است. ۱۴۰ مولکول HA نیز به‌صورت مولکولی باقی مانده است، پس شمار کل مولکول‌های

HA حل شده برابر با  $140 + 20 = 160$  است. درصد یونش  $\frac{\text{تعداد HA یونیده شده}}{\text{تعداد کل HA حل شده}} \times 100 = \frac{20}{160} \times 100 = 12/5$

قسمت اول: شکل، محلول آبی HA را پس از فرایند یونش نشان می‌دهد که یک یون  $\text{A}^-$  و یک یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  در آن وجود دارد، پس یک مولکول HA یونیده شده و ۷ مولکول HA نیز به‌صورت مولکولی باقی مانده است. یعنی تعداد کل مولکول‌های HA حل شده برابر  $7 + 1 = 8$  است.

$$\frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}} \times 100 = \frac{1}{8} \times 100 = 12/5$$

$$? \text{ g A}^- = 1 \text{ ذره} \times \frac{1 \text{ mol A}^-}{10^23 \text{ ذره}} \times \frac{19 \text{ g A}^-}{1 \text{ mol A}^-} = 19 \text{ g A}^-$$

قسمت دوم: ابتدا جرم  $\text{A}^-$  موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

با توجه به اینکه محلول آبی بوده و رقیق است، چگالی آن برابر  $1 \text{ g mL}^{-1}$  است:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم A}^-}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{19}{500} \times 10^6 = 3800 \text{ ppm}$$

$$\text{محلول } 500 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 500 \text{ g محلول}$$

با توجه به واکنش،  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ، هر مول استیک اسید در آب، ۲ مول یون تولید می‌کند.

پس  $3/6 \times 10^{-4}$  مول یون تولید شده، حاصل از یونیده شدن  $1/8 \times 10^{-4}$  مول استیک اسید است.

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول‌های اسید یونیده شده}}{\text{تعداد کل مول‌های اسید حل شده}} \times 100 \Rightarrow 0/6 = \frac{1/8 \times 10^{-4}}{x} \times 100 \Rightarrow x = 0/3 \text{ mol}$$

$$\text{حجم محلول} = \frac{\text{تعداد کل مول‌های اسید حل شده}}{\text{غلظت اسید حل شده}} = \frac{0/3}{2/4} = 0/125 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 125 \text{ mL}$$

$$M = \frac{10 \times 2/5 \times 1}{20} = 1/25 \text{ mol L}^{-1}$$

ابتدا غلظت هیدروفلوئوریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

سپس غلظت یون  $\text{F}^-$  را به‌دست می‌آوریم:  $[F^-] = [H^+] = M \times \alpha \Rightarrow [F^-] = 1/25 \times 2/4 \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

حال باید غلظت یون  $\text{F}^-$  را برحسب ppm به‌دست آوریم: **روش اول:** غلظت مولار یون  $\text{F}^-$  برابر  $3 \times 10^{-2}$  مول بر لیتر است؛ بنابراین در یک لیتر از آن  $3 \times 10^{-2}$  مول یون  $\text{F}^-$  داریم؛ لذا اگر حجم محلول را برابر یک لیتر در نظر بگیریم می‌توانیم جرم یون  $\text{F}^-$  را به‌دست آوریم:

$$? \text{ g F}^- = 1 \text{ L محلول} \times \frac{3 \times 10^{-2} \text{ mol F}^-}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{19 \text{ g F}^-}{1 \text{ mol F}^-} = 0/57 \text{ g F}^-$$

حال با استفاده از رابطهٔ محاسبه ppm، غلظت ppm یون  $\text{F}^-$  را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{0/57}{1000} \times 10^6 = 57 \text{ ppm}$$

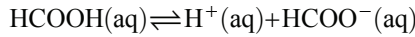
**روش دوم:** از رابطهٔ میان غلظت مولی و غلظت ppm استفاده می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{غلظت ppm}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 3 \times 10^{-2} = \frac{\text{ppm} \times 1}{19 \times 1000} \Rightarrow \text{ppm} = 57$$



۱۷۶۶ B قسمت اول: ابتدا جدول تغییر غلظت را رسم می‌کنیم:

طبق جدول تغییر غلظت و نمودار داده شده در صورت سؤال X و M را به دست می‌آوریم:



غلظت اولیه	M	۰	۰
تغییر غلظت	-x	+x	+x
غلظت نهایی	M-x	x	x

$$[\text{HCOO}^-] = x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HCOOH}] = M - x = 0.24 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow M = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

در ادامه درصد یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:  $\alpha = \frac{x}{M} = \frac{0.1}{0.25} = 0.4 \Rightarrow \alpha = 40\%$

قسمت دوم: با توجه به مقدار غلظت اولیه اسید، یعنی M، حجم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول } 200 \text{ mL} = \frac{2 \text{ g HCOOH}}{46 \text{ g HCOOH}} \times \frac{1 \text{ mol HCOOH}}{0.25 \text{ mol HCOOH}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} = 200 \text{ mL محلول}$$

$$\frac{2/3 \times 1000}{46 \times 0.25} = ? \xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}} \frac{23}{46 \times 25} = \frac{1}{50} = 0.02$$

+ توضیح محاسبات: پاسخ از جنس عدد ۲ است. (پاسخ: ۲۰۰)

۱۷۶۷ B در اسیدهای ضعیف تک‌پروتون‌دار رابطه  $[\text{H}^+] = M\alpha$  برقرار است. ابتدا غلظت اولیه HA را محاسبه می‌کنیم:

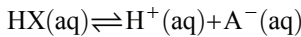
$$\text{HA اسید: } [\text{H}^+] = M\alpha \Rightarrow 10^{-2/8} = X \times 10^{-1/3} \Rightarrow X = \frac{10^{-2/8}}{10^{-1/3}} = 10^{-1/5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{HB اسید: } [\text{H}^+] = M\alpha \Rightarrow 10^{-6/4} = Y \times 10^{-5/6} \Rightarrow Y = \frac{10^{-6/4}}{10^{-5/6}} = 10^{-5/8} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت اولیه HB را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{X}{Y} = \frac{10^{-1/5}}{10^{-5/8}} = 10^{4/3} = 10^{1.33} = 10^1 \times 10^{0.33} = 2 \times 10^1$$

نسبت غلظت اولیه HA به HB که معادل  $\frac{X}{Y}$  است برابر است با:



۱۷۶۸ C عبارت‌های اول، دوم و چهارم همانند عبارت داده شده درست هستند. بررسی جمله داده شده:

$$\frac{[\text{HX}]}{[\text{H}^+] + [\text{A}^-]} = 500 \xrightarrow{[\text{H}^+] = [\text{A}^-]} \frac{[\text{HX}]}{2[\text{H}^+]} = 500 \Rightarrow [\text{HX}] = 1000[\text{H}^+]$$

پس از یونش داریم:

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{M_{\text{اولیه}}} \times 100 = \frac{[\text{H}^+]}{[\text{HA}] + [\text{H}^+]} \times 100 = \frac{[\text{H}^+]}{1000[\text{H}^+] + [\text{H}^+]} \times 100 \approx 0.1\%$$

اکنون درصد یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

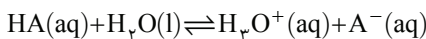
عبارت اول: فورمیک اسید (HCOOH)، اسیدی ضعیف بوده و درجه یونش آن کمتر از یک است، در حالی که هیدروژنیک اسید (HI) اسیدی قوی بوده و درجه یونش آن

برابر یک است. عبارت دوم: هیدروکلریک اسید، اسیدی قوی است و به‌طور کامل در آب یونیده می‌شود، بنابراین اسید HA که یونش جزئی دارد، نمی‌تواند هیدروکلریک اسید باشد.

عبارت سوم: محلول سرکه حاوی اسید ضعیف است بنابراین در این محلول افزون‌بر اندک یون‌های آب پوشیده شده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شود در حالی که نیتریک اسید

یک اسید قوی است که در محلول آن اسیدهای یونیده شده یافت نمی‌شود. عبارت چهارم: اسید موجود در پرتقال و HF، اسیدهای ضعیفی هستند که در این اسیدها رابطه

$[\text{HA}] > [\text{H}_3\text{O}^+]$  برقرار است در حالی که هیدروبرمیک اسید یک اسید قوی است که یونش آن کامل بوده و در آن غلظت یون هیدرونیوم با غلظت اسید برابر است.



۱۷۶۹ C معادله یونش اسید ضعیف HA به صورت مقابل است:

$$? \text{ mol HA} = 0.5 \text{ L محلول} \times \frac{0.1 \text{ mol HA}}{1 \text{ L محلول}} = 0.05 \text{ mol HA}$$

ابتدا با استفاده از حجم محلول و غلظت اولیه HA، تعداد مول اولیه آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد یونش} = \alpha \times 100 = 0.5 \Rightarrow \alpha = \frac{0.5}{100} = 0.005$$

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول‌های یونش یافته}}{\text{تعداد کل مول‌های حل شده}} \Rightarrow 0.005 = \frac{\text{تعداد مول‌های یونش یافته}}{0.05} \Rightarrow \text{تعداد مول‌های یونش یافته} = 0.05 \times 0.005 = 25 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

با توجه به معادله یونش، از هر مول HA که یونش می‌یابد، ۰.۵ مول  $\text{H}_3\text{O}^+$  و ۰.۵ مول  $\text{A}^-$  در محلول تولید می‌شود. بعد از یونش HA و رسیدن به حالت

تعادل، سه ذره را در محلول داریم: ۱- مولکول‌های HA که یونش پیدا نکرده‌اند. ۲- یون‌های  $\text{H}_3\text{O}^+$  تولید شده. ۳- یون‌های  $\text{A}^-$  تولید شده.

$$\text{در آغاز، } 0.5 \text{ mol HA در ظرف وجود داشته است و اکنون، } 5/25 \times 10^{-2} \text{ mol ذره محلول در آب در ظرف وجود دارد. بنابراین، اختلاف تعداد مول‌های ذرات محلول}$$

در آب قبل و بعد از یونش به صورت روبه‌رو، قابل محاسبه است:

$$5/25 \times 10^{-2} - 0.05 = 25 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

۱۷۷۰ A عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. اگر به پاسخ درست نرسیدید، حتماً درسنامه را مطالعه نمایید.

۱۷۷۱ B فقط مورد پنجم درست است. بررسی موارد: مورد اول: برخی از واکنش‌های برگشت‌پذیر با سرعت بالا و بعضی دیگر با سرعت کم انجام می‌شوند. سرعت واکنش

ارتباطی با انجام‌پذیر بودن یا برگشت‌پذیر بودن یک واکنش ندارد. مورد دوم: در واکنش‌های برگشت‌پذیر، واکنش‌های رفت و برگشت لزوماً به صورت هم‌زمان انجام نمی‌شوند.

برای نمونه هنگام استفاده از موبایل، باتری آن در حال دشارژ شدن است. مورد سوم: بعضی از واکنش‌های برگشت‌پذیر مانند تولید  $\text{O}_3$  از  $\text{O}_2$ ، گرماگیر و برخی دیگر مانند تولید

آمونیاک از عناصر سازنده‌اش گرماده هستند. مورد چهارم: در واکنش‌های برگشت‌پذیر، سرعت واکنش رفت لزوماً با سرعت واکنش برگشت برابر نیست. مورد پنجم: با افزایش

دما، میزان جنب و جوش مواد شرکت‌کننده بیشتر شده و میزان برخورد آن‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد؛ از این رو با افزایش دما، همواره سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد.

**B 1772 ۳** همه واکنش‌ها و فرایندها به جز مورد دوم برگشت پذیر هستند. واکنش زنگ زدن آهن یک واکنش برگشت ناپذیر است. واکنش‌های تبدیل اوزون به اکسیژن، واکنش‌های درون باتری قابل شارژ، تغییر حالت‌های فیزیکی مانند ذوب، فرایند انحلال ترکیبات یونی در آب و واکنش تولید آمونیاک از عناصر سازنده‌اش واکنش‌های برگشت پذیر هستند.

**B 1773 ۳** عبارت‌های اول، دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد: موارد اول، دوم و سوم: واکنش‌های برگشت پذیر می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب هم‌زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه لحظه‌ای فرامی‌رسد که غلظت واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت می‌ماند. این ویژگی تنها هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت و برگشت برابر شود؛ زیرا در این شرایط، هر مقداری از فرآورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شوند هم‌زمان به همان مقدار از آن‌ها مصرف می‌شود. برای واکنش دهنده‌ها نیز چنین است. به چنین سامانه‌هایی در شیمی، سامانه تعادلی می‌گویند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دلیل مقدار مواد شرکت کننده در سامانه ثابت می‌ماند. مورد چهارم: واکنش تعادلی فرضی  $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$  را در نظر بگیرید. در این واکنش سرعت تولید یا مصرف ماده B، دو برابر سرعت تولید یا مصرف ماده A است؛ زیرا ضریب استوکیومتری ماده B دو برابر A است.

$$\frac{\bar{R}(B)}{\bar{R}(A)} = \frac{2}{1}$$

**مورد پنجم:** واکنش‌های تعادلی، زیرمجموعه واکنش‌های برگشت پذیر هستند. این واکنش‌ها در محیطی بسته انجام شده و با محیط بیرون فقط مبادله گرما دارند.

**A 1774 ۳** در واکنش‌های تعادلی، لزوماً در لحظه تعادل غلظت واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها با هم برابر نمی‌شوند، فقط غلظت آن‌ها ثابت می‌ماند، زیرا هر مقداری از واکنش دهنده‌ها که در واحد زمان مصرف می‌شود، به همان میزان در واکنش برگشت نیز تولید می‌شود و در مورد فرآورده‌ها نیز این موضوع صادق است. برابر بودن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و ثابت بودن خواص ماکروسکوپی نیز از ویژگی‌های یک واکنش تعادلی است.

**B 1775 ۳** واکنش‌های برگشت پذیری که می‌توانند در شرایط مناسب، هم‌زمان و با سرعت برابر، واکنش‌های رفت و برگشت را انجام دهند، واکنش‌های تعادلی هستند. برخی واکنش‌های برگشت پذیر نیز فقط در جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند ولی به سرعت‌های برابر نمی‌رسند و تعادلی نیستند.

**B 1776 1** موارد (ب) و (ث) جمله را به درستی کامل می‌کنند. بررسی موارد: مورد (الف): در واکنش‌های تعادلی، افزایش سرعت واکنش برگشت، نتیجه افزایش غلظت فرآورده‌ها است. مورد (ب): در واکنش‌های تعادلی، کاهش سرعت واکنش رفت، نتیجه افزایش غلظت فرآورده‌ها است، زیرا هرچه غلظت واکنش دهنده‌ها کاهش یابد، غلظت فرآورده‌ها افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش رفت کاهش و سرعت واکنش برگشت افزایش می‌یابد. مورد (پ): در واکنش‌های تعادلی، افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، نتیجه انجام واکنش در جهت برگشت است. مورد (ت) و (ث): در واکنش‌های تعادلی، ثابت شدن غلظت مواد شرکت کننده و به دنبال آن ثابت ماندن خواص ماکروسکوپی، نتیجه برابر شدن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت است.

**C 1777 ۲** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش، در لحظه تعادل، غلظت فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌ها به مقدار ثابتی می‌رسد و لزوماً با هم برابر نمی‌شوند، پس غلظت  $SO_3$  الزاماً با غلظت واکنش دهنده‌ها برابر نمی‌شود. عبارت (ب): در لحظه تعادل، با توجه به اینکه ضریب  $O_2$  در معادله واکنش برابر ۱ و ضریب  $SO_3$  برابر ۲ می‌باشد، می‌توان گفت که غلظت  $SO_3$ ، دو برابر  $O_2$  می‌باشد. عبارت (پ): هر دو مول  $SO_3$  مصرف شده، ۳ مول گاز  $O_2$  و  $SO_3$  تولید می‌کند، پس تعداد مولکول‌ها در ظرف افزایش می‌یابد. عبارت (ت): برای مقایسه سرعت دو ماده باید به ضرایب استوکیومتری آن‌ها توجه کرد، بنابراین می‌توان گفت که سرعت مصرف  $SO_3$  دو برابر سرعت مصرف  $O_2$  است. عبارت (ث): از ابتدای واکنش تا رسیدن سامانه به تعادل، تعداد مول گازی افزایش می‌یابد؛ از این رو فشار نیز افزایش می‌یابد.

**B 1778 1** عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. بررسی موارد نادرست: عبارت سوم: در عبارت ثابت تعادل  $\left(\frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)$  را جایگزین کرد. عبارت پنجم: در هنگام تعادل، سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است.

**B 1779 ۲** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): برای محاسبه درجه یونش از اطلاعات یکی از ردیف‌های جدول استفاده می‌کنیم. توجه داشته باشید که به تقریب می‌توان غلظت HF اولیه را برابر غلظت HF تعادلی در نظر گرفت زیرا میزان یونش آن بسیار کم است. به عنوان مثال، ردیف اول:

$$\text{اسید ضعیف است} \rightarrow \alpha < 1 \rightarrow \frac{\text{غلظت یون } H^+}{\text{غلظت HF}} = \frac{1/75 \times 10^{-2}}{52 \times 10^{-2}} = 0.03$$

**عبارت (ب):** کسر داده شده در ستون آخر را عبارت ثابت تعادل می‌نامند که مقدار آن فقط به دما وابسته است. با توجه به اینکه در شرایط هر سه محلول، دما یکسان است، مقدار عددی ثابت تعادل نیز در هر سه آزمایش برابر می‌باشد، در نتیجه کافی است مقدار آن را فقط برای یکی از ردیف‌های جدول محاسبه کنیم:

$$K = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{(1/31 \times 10^{-2})(1/31 \times 10^{-2})}{0.29} \approx 5/9 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

**عبارت (پ):** با توجه به ثابت ماندن دما، مقدار عددی ثابت تعادل نیز تغییری نخواهد کرد. عبارت (ت): واکنش یونش HF پس از رسیدن به تعادل متوقف نمی‌شود؛ بلکه واکنش‌های رفت و برگشت به طور پیوسته و با سرعت‌های برابر در حال انجام شدن هستند و در سطح میکروسکوپی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها مدام در حال تبدیل شدن به یکدیگر هستند.

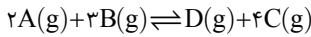
**B 1780 ۲** مورد دوم درست و سایر موارد نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد (الف): ممکن است یک واکنش تعادلی در جهت رفت پیشرفت خوبی داشته باشد (K بزرگ) ولی سرعت رسیدن به تعادل و تولید فرآورده‌ها (در آن کم باشد). مورد (ب): هرچه یک واکنش تعادلی در جهت رفت پیشرفت بهتری داشته باشد، ثابت تعادل واکنش (نسبت غلظت فرآورده‌ها به غلظت واکنش دهنده‌ها در لحظه تعادل) بیشتر خواهد بود. مورد (پ): اگر یک واکنش تعادلی در جهت رفت سرعت بالایی داشته باشد، لزوماً نمی‌توان گفت که تعداد زیادی از مولکول‌های واکنش دهنده‌ها به مولکول‌های فرآورده تبدیل شده‌اند زیرا ممکن است K کوچک باشد ولی سرعت رسیدن به تعادل زیاد باشد. مورد (ت): اگر سرعت واکنش در جهت رفت بالا باشد، تا رسیدن به لحظه تعادل و کاهش غلظت واکنش دهنده‌ها، سرعت واکنش رفت (تولید فرآورده‌ها) کاهش می‌یابد.

**B 1781 ۳** عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست‌اند. بررسی موارد: عبارت (الف): K برابر نسبت غلظت فرآورده‌ها به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها به غلظت واکنش دهنده‌ها به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها است، پس هرچه K بزرگ‌تر باشد، غلظت فرآورده‌ها در لحظه تعادل بیشتر از غلظت واکنش دهنده‌ها است. عبارت (ب): هرچه K بزرگ‌تر باشد، واکنش بیشتر در جهت رفت پیش می‌رود و واکنش دهنده‌ها بیشتر به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند. عبارت (پ): سرعت رسیدن به تعادل، رابطه‌ای با ثابت تعادل ندارد و بزرگ یا کوچک بودن ثابت تعادل تأثیری بر سرعت رسیدن به تعادل ندارد. عبارت (ت): هرچه K بزرگ‌تر باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت بهتری دارد. عبارت (ث): میزان فرآورده تولیدی در یک سامانه تعادلی به ثابت تعادل و سرعت رسیدن به تعادل وابسته است. و نمی‌توان گفت صرفاً هر چه K بزرگ‌تر باشد، در زمان کوتاه‌تر می‌توان فرآورده بیشتری تولید کرد؛ زیرا ممکن است سرعت رسیدن به تعادل کم باشد.





فقط عبارت چهارم همانند جمله داده شده در صورت تست درست است. بررسی جمله: معادله واکنش تعادلی زیر را در نظر بگیرید:



اگر مقدار مول تعادلی مواد شرکت کننده را  $n_A$ ،  $n_B$ ،  $n_C$  و  $n_D$  مول و حجم ظرف واکنش را  $V$  لیتر فرض کنیم؛ عبارت ثابت تعادل به صورت زیر خواهد بود:

$$K = \frac{[C]^4 \times [D]}{[A]^2 \times [B]^3} \Rightarrow K = \frac{\left(\frac{n_C}{V}\right)^4 \times \left(\frac{n_D}{V}\right)}{\left(\frac{n_A}{V}\right)^2 \times \left(\frac{n_B}{V}\right)^3} = \frac{(n_C)^4 \times (n_D)}{V^5} = \frac{(n_C)^4 \times (n_D)}{(n_A)^2 \times (n_B)^3}$$

بنابراین اگر در یک واکنش تعادلی، مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها برابر بود، می‌توان در رابطه ثابت تعادل، به جای غلظت تعادلی از مول تعادلی مواد استفاده کرد. بررسی عبارت‌ها: **مورد اول:** موادی که در آب سبب افزایش غلظت یون هیدروکسید ( $OH^-$ ) می‌شوند، باز آرنیوس هستند. **مورد دوم:** رسانایی الکتریکی محلول اسیدها و بازها به میزان یون‌های موجود در آن‌ها بستگی دارد. غلظت یون در محلول اسیدها و بازها به غلظت اولیه و درجه یونش آن‌ها وابسته است و برای مقایسه رسانایی الکتریکی محلول‌های حاوی اسیدها و بازها باید غلظت و درجه یونش را به صورت همزمان بررسی کرد و تنها با دانستن یک عامل نمی‌توان اظهار نظر نمود. **مورد سوم:** در یک واکنش برگشت پذیر، سرانجام مقدار واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت می‌شود، اما لزوماً مقدار آن‌ها با یکدیگر برابر نمی‌شود. **مورد چهارم:** ثابت تعادل یک واکنش تابع دماست و طبق رابطه ثابت تعادل، هرچه میزان ثابت تعادل بیشتر باشد، فرآورده بیشتری تولید می‌شود و درصد فرآورده‌ها در سامانه تعادلی بیشتر است.

۱/۸ هستند: (ضریب استوکیومتری B دو برابر A می‌باشد بنابراین منحنی نزولی با شیب بیشتر مربوط به ماده B است.)

۴ ۱۷۸۳ B با توجه به واکنش داده شده، عبارت ثابت تعادل به صورت  $K = \frac{[C]^2}{[B]^2[A]}$  است و با توجه به نمودار، مول‌های تعادلی A، B و C به ترتیب برابر ۶، ۶/۷ و ۱/۸ هستند:

$$\frac{4}{3} = \frac{\left(\frac{1/8}{V}\right)^2}{\left(\frac{6/7}{V}\right)^2 \times \left(\frac{6}{V}\right)} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{(1/8)^2 V}{(6/7)^2 \times 6} \Rightarrow V = \frac{4 \times (2/7)^2 \times 6}{3 \times (1/8)^2} = 18L$$

$$\frac{4 \times (2/7)^2 \times 6}{3 \times (1/8)^2} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{4 \times (2/7)^2 \times 6}{3 \times (1/8)^2} = \frac{4 \times 2^2 \times 6}{3 \times 1^2} = 3 \times 6 = 18$$

+ توضیح محاسبات

۱ ۱۷۸۴ B در واکنش  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ، با توجه به ثابت تعادل و غلظت‌های تعادلی  $SO_2$  و  $SO_3$ ، غلظت تعادلی  $O_2$  را محاسبه می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{[SO_3]^2}{[O_2][SO_2]^2} \Rightarrow 12/5 = \frac{(0/9)^2}{(0/3)^2 \times [O_2]} \Rightarrow [O_2] = 0/72M$$

برای محاسبه غلظت  $O_2$  در واکنش  $O_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  نیز از  $K_2$  استفاده می‌کنیم:  $K_2 = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \Rightarrow 36 = \frac{(3/6)^2}{0/4 \times [O_2]} \Rightarrow [O_2] = 0/9M$

$$|0/72 - 0/9| = 0/18$$

اختلاف غلظت‌های  $O_2$ :

۴ ۱۷۸۵ B معادله موازنه شده تعادلی به صورت  $A_p(g) + B_p(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$  است. این واکنش در لحظه  $t = \Delta h$  به تعادل می‌رسد و چون مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها با فرآورده برابر است، می‌توان در عبارت ثابت تعادل به جای غلظت تعادلی از مقدار مول تعادلی استفاده کرد:

$$K = \frac{[AB]^2}{[A_p] \times [B_p]} = \frac{n(AB)^2}{n(A_p) \times n(B_p)} = \frac{(0/2)^2}{(0/05) \times (0/05)} = 16$$

۴ ۱۷۸۶ C همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: با توجه به اینکه از غلظت A و B کاسته شده و به غلظت C افزوده می‌شود، A و B واکنش دهنده و C فرآورده است. میزان تغییرات غلظت A و C، دو برابر B است، پس ضریب استوکیومتری A و C، دو برابر B است:  $2A + B \rightleftharpoons 2C$  و به همین دلیل سرعت متوسط تولید C با سرعت متوسط مصرف A برابر است و نمودار نشان می‌دهد که در ثانیه ۴۰، غلظت‌ها ثابت شده و واکنش به تعادل رسیده است (گزینه ۳). ثابت تعادل واکنش به صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{2^2}{4^2 \times 1} = 0/25$$

$$\Delta t = 4 \cdot s = 4 \cdot s \times \frac{1 \text{ min}}{60 \cdot s} = \frac{2}{3} \text{ min}$$

$$\Delta [C] = 2 - 0 = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

سرعت متوسط واکنش برابر است با:

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(C)}{C(\text{ضریب})} = \frac{\frac{\Delta [C]}{\Delta t}}{2} = \frac{\frac{2 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{2/3 \text{ min}}}{2} = \frac{3}{2} = 1/5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

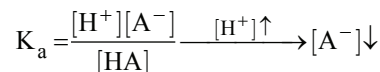


۱ ۱۷۸۷ B فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ثابت یونش به صورت  $K_a = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$  و  $K_a$  عددی کوچک است، پس

تعدلی  $[F^-]$  و تعدلی  $[H_3O^+]$  کمتر از تعدلی  $[HF]$  است. عبارت (ب): واکنش رفت متوقف نخواهد شد و تنها پس از رسیدن به تعادل، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر می‌شود و خواص ماکروسکوپی محلول ثابت می‌شود. عبارت (پ): ثابت یونش اسید HF عددی کوچک است، پس مقدار زیادی از مولکول‌های HF یونیده نشده باقی می‌مانند و تعداد کمی از آن‌ها به  $H_3O^+$  و  $F^-$  تبدیل می‌شوند. عبارت (ت): ثابت تعادل یونش HF عددی کوچک است، پس واکنش یونش HF، در جهت رفت پیشرفت کمی دارد و مقدار کمی از آن به یون‌ها تبدیل می‌شود، ولی واکنش یونش  $H_2SO_4$  و HCl (اسیدهای قوی) پیشرفت بسیار زیادی داشته و این اسیدها به‌طور کامل به یون‌ها تبدیل می‌شوند (واکنش یونش برگشت‌ناپذیر).

۲ ۱۷۸۸ A در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت، هرچه تعداد یون‌های هیدرونیوم  $H_3O^+$  در محلول اسید بیشتر باشد، ثابت یونش اسید بزرگ‌تر و اسید قوی‌تر است. در شکل (۳)، بیشترین تعداد یون هیدرونیوم مشاهده می‌شود، پس مربوط به محلول هیدروبرمیک اسید است. در شکل (۱)، کمترین تعداد یون هیدرونیوم مشاهده می‌شود، پس مربوط به محلول هیدروسولفوریک اسید است. شکل (۲)، مربوط به محلول استیک اسید است که ضعیف‌تر از محلول هیدروبرمیک اسید و قوی‌تر از محلول هیدروسولفوریک اسید است.

۱ ۱۷۸۹ B عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: ثابت یونش اسید HA، بزرگ‌تر از اسید HB بوده؛ از این رو قدرت اسیدی آن نیز بیشتر است. مورد دوم: چون ثابت یونش اسید HA بزرگ‌تر است، پس در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت، رسانایی الکتریکی در محلول اسید HA از محلول اسید HB بیشتر است. مورد سوم: چون ثابت یونش اسید HB کمتر است، در محلول‌هایی با غلظت یکسان از دو اسید، غلظت یون  $H^+$  در محلول HB کمتر است. مورد چهارم: اضافه کردن اسید قوی باعث افزایش غلظت یون  $H^+$  می‌گردد و چون در دمای ثابت مقدار  $K_a$  ثابت می‌ماند، پس غلظت یون  $A^-$  در محلول کاهش می‌یابد.



مورد پنجم: سرعت واکنش یونش اسید، به عواملی مانند دما و غلظت اولیه اسید بستگی دارد؛ از این رو نمی‌توان گفت که سرعت یونش اسید HA بیشتر از سرعت یونش اسید HB است.

۲ ۱۷۹۰ B مقایسه قدرت اسیدی، اسیدهای قوی و ضعیف در کتاب درسی به صورت زیر است:



اسیدهای قوی

اسیدهای ضعیف

بنابراین موارد (ب) و (پ) درست هستند.

۴ ۱۷۹۱ B برای حل این تست، به این نکته توجه کنید که تعادل در واکنش‌های میان اسیدها و بازها همواره از اسید و باز قوی‌تر به سمت اسید و باز ضعیف‌تر جابه‌جا می‌شود. به عبارت دیگر تعادل در سمتی قرار می‌گیرد که اسید و باز ضعیف‌تری وجود دارد. اکنون با توجه به توضیحات داده شده، به بررسی هر تعادل می‌پردازیم. بررسی گزینه (۱):  $HCl$  قوی‌تر از HF است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی HF می‌شود. گزینه (۲):  $H_2SO_4$  قوی‌تر از HCN است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی HCN می‌شود. گزینه (۳):  $HNO_3$  قوی‌تر از  $HNO_2$  است؛ بنابراین حرکت این واکنش در جهت برگشت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی  $HNO_2$  می‌شود. گزینه (۴):  $HBr$  قوی‌تر از  $CH_3COOH$  است. در این واکنش برخلاف سه واکنش دیگر، حرکت این واکنش در جهت رفت خواهد بود که منجر به تولید اسید ضعیف‌تر یعنی  $CH_3COOH$  می‌شود.

۴ ۱۷۹۲ B همه عبارت‌های بیان شده درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:  $HCl$  یک اسید قوی و HF یک اسید ضعیف است، با توجه به یکسان بودن حجم محلول‌ها، برای اینکه pH دو محلول یکسان باشد، شمار مول‌های HF حل‌شده در آب باید بیشتر از شمار مول‌های HCl حل‌شده در آب باشد. عبارت دوم: محلول HCl یک اسید قوی است و تقریباً تمام مولکول‌های HCl در آن به یون تبدیل می‌شوند؛ اما HF یک اسید ضعیف است و بخش عمده‌ای از مولکول‌ها به صورت یونش نیافته در محلول باقی می‌مانند؛ بنابراین شمار مولکول‌ها در محلول هیدروفلوئوریک اسید (محلول (II)) بیشتر است. عبارت سوم: با توجه به برابری pH در دو محلول و یکسان بودن حجم دو محلول، غلظت  $H^+$  و در نتیجه غلظت آنیون‌ها در هر دو محلول یکسان است. به علت برابری غلظت یون‌ها در هر دو محلول، رسانایی الکتریکی نیز در دو محلول یکسان می‌باشد. عبارت چهارم: در بررسی عبارت‌های دوم و سوم، گفته شد که شمار یون‌ها در هر دو محلول با هم برابر است، اما شمار مولکول‌ها در محلول هیدروفلوئوریک اسید (محلول (II)) بیشتر بوده و به همین دلیل مجموع شمار ذرات در محلول (II) بیشتر می‌باشد.

۲ ۱۷۹۳ B عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در مقایسه قدرت اسیدی اسیدهای HX که X اتم هالوژن است، هرچه عدد اتمی X بزرگ‌تر باشد، قدرت اسیدی بیشتر است. در نتیجه مقایسه قدرت اسیدی هیدروژن هالیدها به صورت روبه‌رو است:

عبارت (ب): در غلظت‌های یکسان، هرچه یک اسید قوی‌تر و مقدار  $K_a$  آن بیشتر باشد، رنگ کاغذ pH پررنگ‌تر می‌شود. عبارت (پ): نمودار داده شده، مربوط به تغییر غلظت مواد در فرآیند یونش یک اسید ضعیف است در حالی که  $HNO_3$  یک اسید قوی است و تقریباً به‌طور کامل یونیده می‌شود. عبارت (ت): در محلول اسیدهای ضعیف، علاوه بر یون‌های آب‌پوشیده، مولکول‌های یونیده نشده هم دیده می‌شود. کرنیک اسید و استیک اسید، اسیدهای ضعیف می‌باشند ولی در محلول اسیدهای قوی، مانند نیتریک اسید، فقط یون‌های آب‌پوشیده وجود دارد و مولکول‌های یونیده نشده دیده نمی‌شود.

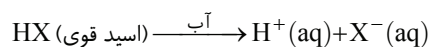
۳ ۱۷۹۴ B همه عبارت‌ها به جز (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از واکنش اسیدها با فلزها، برای مقایسه قدرت اسیدها می‌توان استفاده کرد. عبارت (ب): فرآورده این واکنش‌ها، گاز  $H_2$  و نمک فلز است. عبارت (پ): اغلب فلزها با محلول اسیدها واکنش می‌دهند ولی سرعت و شدت واکنش به قدرت اسید بستگی دارد، هرچه اسید قوی‌تر باشد و یون  $H_3O^+$  بیشتری تولید کند، شدت و سرعت واکنش نیز بیشتر است. عبارت (ت): هرچه سرعت تولید گاز  $H_2$  بیشتر باشد، اسید مورد نظر، قوی‌تر بوده و واکنش‌پذیری بیشتری دارد. عبارت (ث): میزان گاز هیدروژن تولید شده در ظرف (۱) بیشتر از ظرف (۲) است؛ در نتیجه سرعت واکنش در ظرف (۱) بیشتر از ظرف (۲) است و اسید موجود در ظرف (۱) قوی‌تر است.



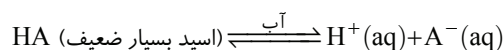
**۱۷۹۵** **B** ۲ عبارات‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** چون ثابت یونش و قدرت اسیدی، هیدروکلریک اسید از استیک اسید بیشتر است، در حجم و غلظت یکسان از دو اسید، سرعت واکنش فلز منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید بیشتر از محلول استیک اسید است. **عبارت (ب):** در واکنش فلزها با اسیدها، گاز هیدروژن و نمک فلز تولید می‌شود. از آنجا که قدرت اسیدی هیدروکلریک اسید بیشتر از استیک اسید است، پس سرعت تولید گاز هیدروژن در واکنش فلز منیزیم با هیدروکلریک اسید بیشتر از سرعت واکنش آن با استیک اسید است. **عبارت (پ):** از آنجا که ثابت یونش هیدروکلریک اسید بیشتر از استیک اسید است، پس در غلظت یکسان از آن‌ها غلظت یون‌های هیدرونیوم در محلول هیدروکلریک اسید بیشتر از محلول استیک اسید است. **عبارت (ت):** چون حجم و غلظت دو اسید با هم برابر است، در واکنش با فلز منیزیم، مقدار یکسانی گاز هیدروژن تولید می‌شود.

**۱۷۹۶** **B** ۲ غلظت  $H_3O^+$  تولید شده از انحلال یک اسید، به غلظت اسید اولیه بستگی دارد، اگر غلظت اسید ضعیف‌تر (نمودار A) زیاد باشد و غلظت اسید قوی (نمودار B) کم باشد، غلظت  $H_3O^+$  حاصل از محلول A بیشتر از محلول B است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** اسید HB به‌طور کامل یونیده شده، پس اسید قوی است و معادله یونش آن کامل و برگشت‌ناپذیر است. اسید HA به‌طور جزئی یونیده شده، پس اسیدی ضعیف است و معادله یونش آن تعادلی می‌باشد. **گزینه (۳):** اسید HB یک اسید قوی (تفکیک کامل) و اسید HA یک اسید ضعیف (تفکیک جزئی) است، پس در دما و غلظت یکسان، سرعت و شدت واکنش اسید HB با سدیم بیشتر از اسید HA است. **گزینه (۴):** اسید HB، اسید قوی است، پس در شرایط یکسان در واکنش با فلز Mg، میزان  $H_2$  آزاد شده بر اثر واکنش این اسید بیشتر است.

**۱۷۹۷** **B** ۱ همان‌طور که می‌دانید، شمار مولکول‌ها در اسیدهای قوی تقریباً برابر صفر است؛ زیرا یونش اسیدهای قوی در آب تقریباً کامل و برگشت‌ناپذیر است:



این درحالی است که در اسیدهای بسیار ضعیف، میزان یونش بسیار اندک است و تقریباً همه مولکول‌های اسید به صورت یونیده نشده در محلول باقی می‌مانند:



بنابراین برای پیدا کردن گزینه‌ای که در آن تفاوت شمار مولکول‌ها در محلول سه اسید در آب بیشترین باشد، باید به دنبال گزینه‌ای باشیم که در آن یک اسید قوی (فاقد مولکول اسید در محلول)، یک اسید بسیار ضعیف (دارای بیشترین مولکول اسید در محلول) و یک اسید نیمه ضعیف یعنی اسیدی که  $K_a$  متوسطی داشته باشد (تعداد متوسطی مولکول اسید در محلول) وجود داشته باشد. در میان گزینه‌ها فقط گزینه (۱) این ویژگی را دارد. HBr یک اسید بسیار قوی، HCN یک اسید بسیار ضعیف و  $H_2CO_3$  یک اسید نیمه ضعیف است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):**  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  هر دو اسیدهای قوی هستند و در محلول آن‌ها، تقریباً مولکولی وجود ندارد. **گزینه (۳):**  $C_6H_5COOH$ ،  $HCOOH$  و  $HNO_3$  هر سه اسیدهایی ضعیف با ثابت یونش اسیدی نزدیک به یکدیگر هستند و شمار مولکول‌ها در محلول هر سه آن‌ها تقریباً یکسان است. **گزینه (۴):**  $C_6H_5COOH$  و  $CH_3COOH$  هر دو جزء کربوکسیلیک‌اسیدها هستند. ثابت یونش اسیدی کربوکسیلیک‌اسیدها بسیار به یکدیگر نزدیک است، پس در محلول این دو اسید، شمار مولکول‌ها تقریباً یکسان است.

**۱۷۹۸** **B** ۳ عبارات‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف):** هرچه  $K_a$  اسیدی بزرگ‌تر باشد، قدرت اسیدی آن بیشتر است، در نتیجه قدرت اسیدی HA بیشتر از HB است. **عبارت (ب):** با غلظت یکسان، هرچه اسید قوی‌تر باشد، خاصیت اسیدی و  $[H_3O^+]$  آن بیشتر است، پس HA خاصیت اسیدی بیشتری دارد. **عبارت‌های (پ) و (ث):** با توجه به اینکه  $K_a(HA) > K_a(HB)$  است، اسید HA قوی‌تر از اسید HB است. ولی خاصیت اسیدی محلول و رسانایی الکتریکی آن به غلظت اسید وابسته است، اگر غلظت‌ها برابر باشد، خاصیت اسیدی اسید با  $K_a$  بزرگ‌تر، بیشتر است. **عبارت (ت):** با توجه به اینکه  $K_a$  مربوط به HA بزرگ‌تر از HB است، در غلظت برابر از هر دو اسید، غلظت  $H_3O^+$  در اسید HA بیشتر از HB است.

**۱۷۹۹** **B** ۴ **پاسخ درست پرسش‌ها: پرسش (الف):** محلول اسیدهای قوی، رسانایی الکتریکی بالایی دارند و زمانی که در یک مدار الکتریکی قرار بگیرند، می‌توانند لامپ خاموش را پر نور کنند. HBr و  $H_2SO_4$  اسیدهایی قوی هستند. **پرسش (ب):** اسیدهای ضعیف، درجه یونش کوچک‌تر از یک دارند و به‌طور کامل یونیده نمی‌شوند. HCN و فورمیک اسید، اسیدهای ضعیف هستند. دقت کنید که اسید نشان داده شده تک‌پروتون‌دار می‌باشد، بنابراین  $H_2CO_3$  نمی‌تواند پاسخ باشد. **پرسش (پ):** در شرایط یکسان، هرچه مقدار درجه یونش و ثابت یونش اسیدی کمتر باشد، غلظت یون‌های تولیدی در واکنش یونش آن اسید کمتر خواهد بود. در میان اسیدهای ذکر شده، HCN کمترین میزان درجه یونش و ثابت یونش را دارد و آنیون تولیدی در اثر یونش آن ( $CN^-$ ) کمترین غلظت را خواهد داشت. **پرسش (ت):** ثابت یونش نیتریک اسید (بزرگ) و ثابت یونش  $H_2SO_4$  و HBr (بسیار بزرگ) است؛ در نتیجه میزان پیشرفت واکنش یونش اسیدهای HBr و  $H_2SO_4$  بیشتر از نیتریک اسید است.

**۱۸۰۰** **C** ۱ **موارد دوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد: عبارات اول و دوم:** در شکل (الف)، مولکول‌های اسید یونیده نشده وجود دارد، پس اسید موجود در شکل (الف) یک اسید ضعیف است. در شکل (ب)، همه مولکول‌های اسید یونیده شده‌اند، پس اسید در شکل (ب)، یک اسید قوی است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش فلز منیزیم با اسید موجود در شکل (ب) بیشتر از اسید موجود در شکل (الف) است. شکل (ب) می‌تواند مربوط به اسید قوی HCl و شکل (الف) می‌تواند مربوط به اسید ضعیف  $CH_3COOH$  باشد. **عبارت سوم:** غلظت اسیدها، نامعلوم است؛ بنابراین نمی‌توان گفت همواره غلظت  $H^+$  در کدام ظرف بیشتر است، اگر غلظت اسیدها برابر باشد، می‌توان گفت غلظت  $H^+$  در ظرف (ب) (حاوی اسید قوی) بیشتر است. **عبارت چهارم:** اسید موجود در ظرف (الف)، اسیدی ضعیف است، پس تمایل آن برای تولید هیدرونیوم کمتر از اسید موجود در ظرف (ب) است. **عبارت پنجم:** در محلول (ب)، همه مولکول‌های اسید یونیده شده‌اند، پس درجه یونش اسید آن برابر ۱ است ولی در محلول (الف)، از ۶ مولکول اسید، یک مولکول یونیده شده است، پس درجه یونش آن برابر  $\frac{1}{6}$  است.

$$\frac{\alpha(\text{محلول (ب)})}{\alpha(\text{محلول (الف)})} = \frac{1}{\frac{1}{6}} = 6$$

۱۸۰۱ B بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): به‌ازای یونش هر مول از HA، ۱ مول از هر کدام از یون‌ها، تولید می‌شود. گزینه (۲): براساس اطلاعات مربوط به محلول

شماره (۱)، ثابت تعادل را به‌دست می‌آوریم که با ثابت تعادل در محلول‌های شماره (۲) و (۳) برابر است:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(0.008)^2}{0.04} = 1.6 \times 10^{-3}$$

طبق محلول (۲):

$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]} \Rightarrow 1.6 \times 10^{-3} = \frac{X \times W}{0.1} \xrightarrow{X=W} 1.6 \times 10^{-6} = X^2 \Rightarrow 4 \times 10^{-3} = X$$

طبق محلول (۳):

$$Y = 0.002 \Rightarrow 1.6 \times 10^{-3} = \frac{0.002 \times 0.002}{Z} \Rightarrow Z = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

گزینه (۳): ثابت تعادل فقط تابع دما است. گزینه (۴): در هر سه آزمایش دما ثابت است، بنابراین ثابت تعادل نیز ثابت خواهد بود که براساس اطلاعات محلول شماره (۱)، ثابت تعادل برابر  $1.6 \times 10^{-3}$  می‌باشد.

۱۸۰۲ B در لحظه تعادل، رابطه  $[CH_3COO^-] = [H_3O^+] = [CH_3COOH]$  برقرار است. در نتیجه غلظت یون استات نیز برابر با  $0.006 \text{ mol.L}^{-1}$  است. برای محاسبه

ثابت تعادل به‌صورت روبه‌رو عمل می‌کنیم:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{(0.006)^2}{0.2} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۸۰۳ B غلظت اولیه اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol HA} = 5 \text{ g HA} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{100 \text{ g HA}} = 0.05 \text{ mol HA} \Rightarrow M = \frac{0.05 \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

درجه یونش این اسید برابر  $10^{-2}$  و با توجه به این مقدار، ثابت یونش این اسید برابر است با:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 = 1 \times (10^{-2})^2 = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۸۰۴ B غلظت اولیه اسید ۱ مولار و غلظت نهایی آن  $0.4$  مولار است، پس  $0.6$  مولار آن به یون‌های هیدرونیوم و آنیون اسید تبدیل شده است. درجه یونش ( $\alpha$ )

اسید را محاسبه می‌کنیم:  $\alpha = \frac{0.6}{1} = 0.6$ . با توجه به میزان  $\alpha$  از رابطه روبه‌رو برای محاسبه ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{1 \times (0.6)^2}{1 - 0.6} = 0.9 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۸۰۵ B تعداد مول یونیده نشده اسید برابر است با:

$$1 \text{ mol} - 0.2 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol} \Rightarrow \frac{0.8 \text{ mol}}{0.2 \times 10^{-23} \text{ مولکول}} = 4 \times 10^{23} \text{ مولکول}$$

درجه یونش اسید برابر است با:  $\frac{0.2}{0.8} = 0.25$ . غلظت اولیه اسید برابر است با:

$$M = \frac{0.8 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به میزان  $\alpha$  و  $M$  از رابطه روبه‌رو برای محاسبه ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{0.4 \times (0.25)^2}{1 - 0.25} = 0.133 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۸۰۶ B غلظت یون هیدرونیوم را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+] = \frac{0.133 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.0665 \text{ mol.L}^{-1}$$

درجه یونش این اسید برابر با  $0.3$  است و با توجه به مقدار آن، ثابت یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow K_a = \frac{M \alpha \times \alpha}{1 - \alpha} = \frac{[H^+] \times \alpha}{1 - \alpha} = \frac{0.3 \times (0.3)}{1 - 0.3} = 1.286 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۸۰۷ B غلظت تعادلی هیدرونیوم را  $X$  فرض می‌کنیم، پس غلظت نهایی اسید برابر  $(0.9 - X)$  می‌شود و با توجه به اختلاف آن‌ها،  $X$  به‌دست می‌آید:

$$0.9 - X - X = 0.1 \Rightarrow X = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

درجه یونش اسید برابر است با:  $\alpha = \frac{0.4}{0.9} = \frac{4}{9}$ . با توجه به درجه یونش اسید، از رابطه روبه‌رو برای به‌دست آوردن ثابت یونش اسید استفاده می‌کنیم:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{0.9 \times (\frac{4}{9})^2}{1 - \frac{4}{9}} = 0.32 \text{ mol.L}^{-1}$$

+ توضیح محاسبات

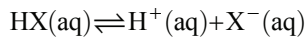
$$\frac{0.9 \times (\frac{4}{9})^2}{1 - \frac{4}{9}} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار}} \frac{9 \times \frac{4}{9} \times \frac{4}{9}}{\frac{5}{9}} = \frac{9 \times 4 \times \frac{4}{9}}{5} = \frac{9 \times 4 \times 4}{9 \times 5} = \frac{16}{5} = 3.2$$

پاسخ از جنس ۳۲ است. (پاسخ: ۰/۰۳۲)



$$? \text{ mol HX} = 1.0 \text{ g HX} \times \frac{1 \text{ mol HX}}{20 \text{ g HX}} = 0.05 \text{ mol HX}$$

ابتدا مقدار مول اولیه اسید HX را محاسبه می کنیم: **B 1808 2**



مول اولیه	0.05	0	0
تغییرات مول	-x	+x	+x
مول تعادلی	0.05-x	x	x

$$\frac{(0.05-x)+x+x}{0.05-x} = 3 \Rightarrow x = 0.025 \text{ mol}$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مقدار مول تعادلی گونه‌ها را به دست می آوریم؛ در ادامه با توجه به اطلاعات مسئله مقدار x را محاسبه می کنیم:

سپس غلظت تعادلی گونه‌ها را محاسبه می کنیم:

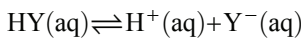
$$[\text{H}^+] = [\text{X}^-] = \frac{x}{V} = \frac{0.025 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.025 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HX}] = \frac{0.05-x}{V} = \frac{(0.05-0.025) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.025 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{X}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(0.025)(0.025)}{(0.025)} = \frac{1}{4}$$

و در آخر، مقدار عددی ثابت یونش اسید HX را به دست می آوریم:

معادله یونش اسیدهای ضعیف مانند HY به صورت زیر است: **B 1809 3**



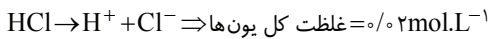
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{Y}^-]}{[\text{HY}]} = \frac{(0.003)(0.003)}{(0.02)} = 4.5 \times 10^{-4}$$

**بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** همان طور که می دانید، هر چه غلظت  $\text{OH}^-$  در یک محلول بیشتر باشد، pH آن محلول بزرگ تر است. مقایسه pH این سه محلول به صورت « اسید معده > آب گازدار > آمونیاک » است؛ بنابراین مقایسه غلظت  $\text{OH}^-$  در این سه محلول به صورت « اسید معده > آب گازدار > آمونیاک » می باشد.

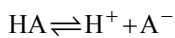
$$\% \alpha = \frac{[\text{X}^-]}{M_{\text{HX}}} \times 100 = \frac{1/6 \times 10^{-2}}{0.1} \times 100 = 1.7\%$$

**گزینه (۲):** معادله یونش HX به صورت  $\text{HX(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{X}^-(\text{aq})$  است؛ بنابراین:

**گزینه (۴):** در اسیدها و بازها، هر چه یک اسید یا یک باز ضعیف تر باشد، pH آن به عدد ۷ نزدیک تر است؛ بنابراین اختلاف pH محلول‌های یک مولار استیک اسید (اسید ضعیف) و آمونیاک (باز ضعیف) کمتر از اختلاف pH محلول‌های یک مولار هیدرویدیک اسید (اسید قوی) و سدیم هیدروکسید (باز قوی) است.



**بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** HCl اسیدی قوی است. **B 1810 2**



0.2-x	x	x
-------	---	---

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 0.1 = \frac{x^2}{0.2-x} \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت کل یون ها} = 2x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

**گزینه (۲):** HA اسید ضعیفی می باشد. برای تعیین غلظت یون‌ها، جدول تغییرات را تنظیم می کنیم:

**گزینه (۳):** در محلول HX غلظت  $\text{H}_3\text{O}^+$  با غلظت  $\text{X}^-$  برابر است. (درجه یونش  $\alpha = 0.2$ )

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = M \times \alpha = 0.05 \times 0.2 = 0.01$$

$$\text{غلظت کل یون ها} = 2 \times 0.01 = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{mol HNO}_3 = 0.315 \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} = 0.005 \text{ mol HNO}_3$$

**گزینه (۴):**  $\text{HNO}_3$  اسید قوی به شمار می آید.

$$[\text{HNO}_3] = \frac{0.005 \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{غلظت کل یون ها} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{2/7 \times 10^{-1}}{1/35} \text{ mol H}^+$$

$$[\text{H}^+] = \frac{2/7 \times 10^{-1}}{1/35} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

**B 1811 1** غلظت یون‌های هیدرونیوم و آنیون اسید با یکدیگر برابر است، پس غلظت یون هیدرونیوم برابر است با:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1-\alpha} = \frac{[\text{H}^+] \times \alpha}{1-\alpha} \Rightarrow 9 \times 10^{-2} = \frac{0.1 \alpha}{1-\alpha} \Rightarrow \alpha = \frac{9}{19}$$

با توجه به رابطه  $[\text{H}^+] = M \cdot \alpha$ ، درجه یونش اسید را از رابطه روبه‌رو به دست می آوریم:

$$[\text{H}^+] = M \cdot \alpha \Rightarrow M = \frac{[\text{H}^+]}{\alpha} = \frac{19}{9} \text{ mol.L}^{-1}$$

در نتیجه، غلظت اسید اولیه به دست می آید:

$$\frac{19}{9} = \frac{n \text{ mol}}{1/35 \text{ L}} \Rightarrow n = 0.185 \text{ mol}$$

با استفاده از حجم ظرف و غلظت اولیه اسید، تعداد مول اولیه اسید را محاسبه می کنیم:

**C 1812 2** عبارت‌های دوم و سوم نادرست‌اند. در اسیدهای آلی، هر چه شماره اتم‌های کربن افزایش یابد، قدرت اسیدی کمتر می‌شود؛ بنابراین ثابت یونش فورمیک

اسید، ۱۰ برابر استیک اسید است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** برای محاسبه غلظت  $\text{H}^+$  یک محلول با استفاده از غلظت اولیه اسید (M) و ثابت یونش اسید

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot M \cdot (1-\alpha)}$$

( $K_a$ ) می‌توان از فرمول تستی مقابل استفاده نمود.

حال به کمک این رابطه، نسبت غلظت  $\text{H}^+$  را در دو محلول به دست می آوریم:

$$\frac{[\text{H}^+]_{\text{I}}}{[\text{H}^+]_{\text{II}}} = \frac{\sqrt{K_{a\text{I}} \cdot M_{\text{I}} \cdot (1-\alpha_{\text{I}})}}{\sqrt{K_{a\text{II}} \cdot M_{\text{II}} \cdot (1-\alpha_{\text{II}})}} \xrightarrow{K_{a\text{I}} = 10 \cdot K_{a\text{II}}, M_{\text{I}} = M_{\text{II}}} \frac{[\text{H}^+]_{\text{I}}}{[\text{H}^+]_{\text{II}}} = \frac{\sqrt{10 \cdot K_{a\text{II}} \cdot M_{\text{II}} \cdot (1-\alpha_{\text{I}})}}{\sqrt{K_{a\text{II}} \cdot M_{\text{II}} \cdot (1-\alpha_{\text{II}})}} = \frac{\sqrt{10 \cdot (1-\alpha_{\text{I}})}}{\sqrt{1-\alpha_{\text{II}}}} = \sqrt{10} \times \sqrt{\frac{1-\alpha_{\text{I}}}{1-\alpha_{\text{II}}}}$$

از آنجا که فورمیک اسید از استیک اسید قوی‌تر است، پس  $\alpha_I$  از  $\alpha_{II}$  بزرگ‌تر بوده و حاصل « $1-\alpha_I$ » از « $1-\alpha_{II}$ » کوچک‌تر است و  $\sqrt{\frac{1-\alpha_I}{1-\alpha_{II}}}$  کوچک‌تر از واحد بوده و در نتیجه نسبت  $\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}$  که برابر  $\sqrt{10} \times \sqrt{\frac{1-\alpha_I}{1-\alpha_{II}}}$  است، کوچک‌تر از  $\sqrt{10}$  است.

$$\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}} = \sqrt{10} \times \sqrt{\frac{1-\alpha_I}{1-\alpha_{II}}} < \sqrt{10}$$

کوچک‌تر از ۱

**عبارت دوم:** در بالا، نسبت غلظت  $H^+$  در دو محلول را کمتر از  $\sqrt{10}$  به دست آوردیم؛ بنابراین نسبت شمار یون‌ها در دو محلول که معادل نسبت غلظت یون‌ها در دو محلول است، برابر است با:

$$\begin{cases} [H^+]_I = [HCOO^-] \\ [H^+]_{II} = [CH_3COO^-] \end{cases} \Rightarrow \frac{[H^+]_I + [HCOO^-]}{[H^+]_{II} + [CH_3COO^-]} = \frac{2[H^+]_I}{2[H^+]_{II}} < \sqrt{10}$$

**عبارت سوم:** ثابت یونش تنها به دما وابسته است و با تغییر غلظت، همچنان ثابت باقی می‌ماند. **عبارت چهارم:** با توجه به اینکه غلظت و دمای محلول هر دو اسید یکسان است و فورمیک اسید (محلول (I)) قوی‌تر است، پس شمار مولکول‌های اسید یونیده شده در آن بیشتر و در نتیجه شمار مولکول‌های اسید یونیده نشده کمتر است.

محلول استیک اسید (محلول (II)) > محلول فورمیک اسید (محلول (I)): مقایسه شمار مولکول‌های یونیده شده  
 محلول استیک اسید (محلول (III)) < محلول فورمیک اسید (محلول (I)): مقایسه شمار مولکول‌های یونیده نشده

بنابراین نسبت شمار مولکول‌های یونیده نشده در محلول (II) به شمار این مولکول‌ها در محلول (I) بزرگ‌تر از یک است.

**۱۸۱۳ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. اطلاعات مربوط به ۳ محلول اسیدی در جدول زیر آورده شده است: دقت کنید که در شکل محلول HY، تعداد یون‌های حاصل از یونش اسید با تعداد یون‌های هیدرونیوم برابر نیست و شکل این محلول به وضوح ایراد دارد! **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** محلول HX، کوچک‌ترین درجه یونش را در میان اسیدها دارد و در نتیجه با توجه به یکسان بودن غلظت محلول هر سه اسید، کمترین قدرت اسیدی را دارد. **عبارت دوم:** هر سه اسید درجه یونش کوچک‌تر از یک دارند و یونش آن‌ها در آب به صورت تعادلی است. **عبارت سوم:** اگرچه مقدار ثابت یونش اسید HY را نداریم و درجه یونش اسیدها به غلظت اولیه آن‌ها وابسته است، اما اتانویک اسید یک اسید بسیار ضعیف بوده و درجه یونش آن قطعاً از درجه یونش HY ( $\alpha = 0.075$  یا  $0.08$ ) کوچک‌تر است. **عبارت چهارم:** با توجه به جدول رسم شده در ابتدای پاسخ، این عبارت درست است. **عبارت پنجم:** با توجه به درجه یونش به دست آمده در جدول بالا، HZ قوی‌تر از HX است و همچنین قدرت اسیدی هیدروفلوئوریک اسید از هیدروسیانیک اسید بیشتر است؛ بنابراین اگر HX هیدروسیانیک اسید باشد، HZ می‌تواند هیدروفلوئوریک اسید باشد.

HX	HY	HZ	اسید
۱	۶ یا ۸	۲	تعداد مولکول یونیده شده
۹	۲	۸	تعداد مولکول یونیده نشده
۰/۱	۰/۷۵ یا ۰/۸	۰/۲	درجه یونش

از آنجا که HI به طور کامل در آب یونیده می‌شود، تا قبل از حل شدن نیترو اسید  $[H^+]$  برابر ۰/۱ مولار می‌باشد:

$$HI \rightarrow H^+ + I^-$$

غلظت نهایی	۰/۱-۰/۱	+۰/۱	+۰/۱
------------	---------	------	------

**۱۸۱۴ ۲** با انحلال هیدروژن یدید در آب، هیدرویدیک اسید HI(aq) وجود می‌آید که به طور کامل یونیده می‌شود.

$$? \text{ mol HI} = \frac{6}{4} \text{ g HI} \times \frac{1 \text{ mol HI}}{128 \text{ g HI}} = 0.05 \text{ mol HI} \quad [HI]_{\text{اولیه}} = \frac{0.05}{0.5} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

از آنجا که HNO<sub>3</sub> را تا رسیدن به تعادل بررسی می‌کنیم. غلظت  $H^+(aq)$  موجود در محلول برابر حاصل جمع غلظت یون  $H^+$  تولید شده بر اثر یونش HI و غلظت  $H^+$  تولید شده بر اثر یونش HNO<sub>3</sub> است. در عبارت ثابت تعادل، باید غلظت  $H^+$  تولید شده توسط دو اسید را قرار دهیم.

$$? \text{ mol HNO}_3 = \frac{94 \text{ g HNO}_3}{100 \text{ g ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{47 \text{ g HNO}_3} = 0.2 \text{ mol HNO}_3 \quad [HNO_3]_{\text{اولیه}} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

تغییرات غلظت HNO<sub>3</sub> را تا رسیدن به تعادل بررسی می‌کنیم. غلظت  $H^+(aq)$  موجود در محلول برابر حاصل جمع غلظت یون  $H^+$  تولید شده بر اثر یونش HI و غلظت  $H^+$  تولید شده بر اثر یونش HNO<sub>3</sub> است. در عبارت ثابت تعادل، باید غلظت  $H^+$  تولید شده توسط دو اسید را قرار دهیم.

$$K_{HNO_3} = \frac{[H^+][NO_3^-]}{[HNO_3]_{\text{تعادلی}}} = \frac{(0.1+x) \times \frac{0.5}{2}}{0.2-x} = \frac{0.025(1+x)}{0.2-x} = 20x^2 + 2x = 0.2 - x \Rightarrow 20x^2 + 3x - 0.2 = 0$$

$$x = \frac{-3 \pm \sqrt{9 - 4(20)(-0.2)}}{40} = \frac{-3 \pm 5}{40} = +0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = 0.1 + x \xrightarrow{x=0.05} [H^+] = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

**۱۸۱۵ ۴** عوامل مؤثر بر ثابت یونش: ثابت یونش اسیدها ( $K_a$ ) فقط تابع دما می‌باشد و تا زمانی که دمای یک محلول حاوی اسید تغییر نکند، ثابت یونش ثابت خواهد ماند. این نکته در حل مسائل رقیق‌سازی اسیدهای ضعیف با آب بسیار مهم است؛ زیرا با توجه به آن می‌توان حدس زد که غلظت یون‌ها در این محلول‌ها صرفاً متناسب با حجم محلول تغییر نمی‌کند و علاوه بر حجم محلول باید به ثابت یونش هم توجه کرد.

برای حل این تست می‌توان از رابطه تستی  $K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$  استفاده نمود. از آنجا که ثابت یونش فرمیک اسید کوچک‌تر از  $10^{-3}$  است از این‌رو می‌توان از  $\alpha$  در برابر عدد یک در عبارت ثابت تعادل صرف‌نظر کرد و در حل تست از رابطه ساده‌تر  $K_a = M\alpha^2$  استفاده نمود. ابتدا نسبت غلظت اولیه و نهایی فرمیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow M_1 \times 1 \text{ mL} = M_2 \times (1+8) \text{ mL} \Rightarrow M_2 = \frac{1}{9} M_1$$

چون دما ثابت است؛ بنابراین مقدار ثابت تعادل تغییری نمی‌کند؛ از این‌رو حاصل  $M\alpha^2$  برای اسید در دو حالت با هم برابر است:

$$M_1 \alpha_1^2 = M_2 \alpha_2^2 \Rightarrow M_1 \alpha_1^2 = \frac{1}{9} M_1 \alpha_2^2 \Rightarrow \frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2} = 9 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \sqrt{9} = 3$$



۴ ۱۸۱۶ A همه عبارات درست هستند.

۱ ۱۸۱۷ A عبارات‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارات‌های نادرست: عبارت (پ): معده انسان خاصیت اسیدی دارد اما خون جاری در بدن انسان با  $pH=7/4$  تقریباً خنثی و مقدار بسیار کمی خاصیت بازی دارد. عبارت (ت):  $pH$  روده انسان بیشتر از ۷ بوده و خاصیت بازی دارد اما دهان انسان گستره  $pH$  متفاوت دارد که هر دو خاصیت اسیدی و بازی را شامل می‌شود.

۱ ۱۸۱۸ A عبارات‌های (الف) و (ب) درست و عبارات‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کمیت  $pH$  به صورت منفی لگاریتم غلظت یون هیدرونیوم تعریف می‌شود.

عبارت (ب): برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم از کمیت  $pH$  استفاده می‌شود زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌کند. عبارت (پ): کمیت  $pH$  برای محلول‌های آبی و در دمای اتاق، در گستره صفر تا ۱۴ بیان می‌شود. عبارت (ت): با افزایش غلظت یون هیدرونیوم مقدار  $pH$  کمتر می‌شود.

۳ ۱۸۱۹ B ابتدا مقادیر A, B, C و D را محاسبه می‌کنیم:

[H <sup>+</sup> ]	pH	شماره محلول
A = 7 × 10 <sup>-3</sup>	2/15	۱
3/6 × 10 <sup>-4</sup>	B = 3/4	۲
C = 4 × 10 <sup>-12</sup>	11/4	۳
۱	۰	۴

$$(۱) \text{ محلول } pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/15} = 10^{-3} \times 10^{+0/15}$$

$$= 7 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{اسیدی}$$

$$(۲) \text{ محلول } pH = -\log[H^+] \Rightarrow pH = -\log(3/6 \times 10^{-4}) = -\log 10^{-5} - \log 3/6$$

$$= 5 - 2 \log 3 - 2 \log 2 = 5 - 2(0/5) - 2(0/3) = 3/4$$

$$(۳) \text{ محلول } pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11/4} = 10^{-12} \times 10^{+1/4}$$

$$= 4 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{بازی}$$

$$(۴) \text{ محلول } pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{(7 \times 10^{-3}) \times (4 \times 10^{-12})}{3/4 + 1} = \frac{28 \times 10^{-15}}{4/4} = 6/3 \times 10^{-15}$$

اکنون حاصل عبارت  $\frac{A \times C}{B + D}$  را به دست می‌آوریم:

۳ ۱۸۲۰ B فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $pH$  محلول‌های (۲) و (۳) به ترتیب برابر با ۳/۴ و ۱۱/۴ است و اگر محلولی با  $pH$  برابر ۸ (۱۱/۴ - ۳/۴) داشته باشیم، این محلول خاصیت بازی دارد. عبارت (ب): اختلاف  $pH$  محلول‌های (۳) و (۱) برابر با ۹/۲۵ (۱۱/۴ - ۲/۱۵) است.

$$[H^+] = \frac{[H^+]_3}{[H^+]_1} = \frac{4 \times 10^{-12}}{7 \times 10^{-3}} = \left(\frac{4}{7} \times 10^{-9}\right) \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log\left(\frac{4}{7} \times 10^{-9}\right) = -\log 10^{-9} - \log 4 + \log 7 = 9 - 0/6 + 0/85 = 9/25$$

عبارت (پ):  $pH$  محلول (۲) برابر ۳/۴ است.

$$[H^+] = [H^+]_1 \times [H^+]_4 = 7 \times 10^{-3} \times 1 = 7 \times 10^{-3} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(7 \times 10^{-3}) = -\log 10^{-3} - \log 7 = 3 - 0/85 = 2/15 < 3/4$$

عبارت (ت): محلول (۱) خاصیت اسیدی داشته و اگر غلظت یون هیدرونیوم موجود در آن با غلظت یون هیدرونیوم یک محلول اسیدی دیگر جمع شود، باز هم خاصیت اسیدی دارد.

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/7} = 10^{-3+0/3} = 10^{-3} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

۳ ۱۸۲۱ B بررسی پرسش‌ها: عبارت (الف):

$$pH = -\log[H^+] = -\log(2/5 \times 10^{-4}) = -\log(25 \times 10^{-5}) = 5 - 2 \log 5 = 5 - 2(0/7) = 3/6$$

عبارت (ب):

$$[H^+] = \frac{1}{10000} \times 10^{-4/5} = 10^{-8/5} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-8/5} = 8/5$$

عبارت (پ):

۳ ۱۸۲۲ C استیک اسید (CH<sub>3</sub>COOH) یک اسید آلی و ضعیف با ثابت یونش  $K_a = 1/8 \times 10^{-5}$  است؛ بنابراین در محلول آن، اسید به‌طور عمده به شکل مولکولی

حل شده و شمار یون‌ها اندک است؛ این در حالی است که نیتریک اسید (HNO<sub>3</sub>) یک اسید قوی با ثابت یونش بزرگ است و در محلول آن همه مولکول‌های اسید به صورت

یون‌های H<sup>+</sup> و NO<sub>3</sub><sup>-</sup> وجود دارند. با توجه به توضیحات، به بررسی هر کدام از گزینه‌ها می‌پردازیم: گزینه (۱): غلظت یون‌ها در محلول اسیدهای قوی (محلول II) بیشتر

از غلظت آن‌ها در محلول اسیدهای ضعیف (محلول I) است. (به شرطی که هر دو محلول از نظر غلظت و دما یکسان باشند). گزینه (۲): با افزایش دما، غلظت H<sup>+</sup> در محلول نیتریک اسید (اسید قوی) ثابت است، در نتیجه  $pH$  این محلول تغییر نمی‌کند، ولی با افزایش دما، درجه یونش استیک اسید (اسید ضعیف) افزایش و در نتیجه غلظت

H<sup>+</sup> در آن افزایش می‌یابد و به این ترتیب  $pH$  محلول کاهش می‌یابد. گزینه (۳): درجه یونش نیتریک اسید (اسید قوی) برابر یک است و با افزایش دما تغییر چندانی

نمی‌کند ولی با افزایش دما، درجه یونش استیک اسید (اسید ضعیف) که بسیار کوچک است، افزایش می‌یابد و در نتیجه شمار بیشتری از مولکول‌های استیک اسید به یون تبدیل

می‌شوند. پس با افزایش دمای دو محلول به یک اندازه، غلظت یون‌ها در محلول نیتریک اسید ثابت ولی غلظت یون‌ها در محلول استیک اسید افزایش می‌یابد و به این ترتیب

تفاوت آن‌ها کاهش می‌یابد. گزینه (۴): درصد یونش اسیدهای قوی مانند نیتریک اسید تقریباً برابر ۱۰۰٪ است و با افزایش غلظت تغییر چندانی نمی‌کند. این در حالی است

که درصد یونش اسیدهای ضعیف مانند استیک اسید که بسیار کوچک است، با افزایش غلظت، کاهش می‌یابد. پس با افزایش غلظت، تفاوت درصد یونش دو محلول افزایش

می‌یابد. این در حالی است که ثابت یونش اسیدها مستقل از غلظت آن‌ها است و با افزایش غلظت آن‌ها، ثابت یونش اسیدی تغییر نمی‌کند و تفاوت آن‌ها ثابت می‌ماند.

\* توجه ثابت یونش اسیدها و بازها فقط به دما وابسته است و به غلظت اسیدها و بازها ارتباطی ندارد.



**C ۱۸۲۳ P** موارد (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چون غلظت یون هیدرونیوم از رابطه  $[H^+] = M\alpha$  به دست می‌آید علاوه بر درجه یونش، غلظت مولار اسید نیز بر روی غلظت یون هیدرونیوم تأثیرگذار است و ممکن است تحت شرایطی غلظت یون هیدرونیوم هر ۲ اسید برابر باشد که باعث می‌شود pH برابر داشته باشند حتی ممکن است در شرایطی pH اسید HA از pH اسید HB بزرگ‌تر باشد. عبارت (ب): چون غلظت مولار اولیه ۲ اسید داده نشده است لذا این نتیجه‌گیری همواره درست نیست و غلظت یون هیدرونیوم علاوه بر ثابت یونش به غلظت مولار اولیه نیز بستگی دارد. عبارت (پ): در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت، هر چه ثابت یونش اسید بزرگ‌تر باشد غلظت یون هیدرونیوم تولید شده آن بیشتر و pH محلول آبی آن کوچک‌تر خواهد بود.  $pH_{(HB)} > pH_{(HA)}$

عبارت (ت): با توجه به آنکه هر دو اسید ضعیف هستند لذا هر دو معادله یونش در اسیدها تعادلی است. عبارت (ث):

$$\frac{[H^+]_{HA}}{[H^+]_{HB}} = 10 \xrightarrow{-\log} -\log \frac{[H^+]_{HA}}{[H^+]_{HB}} = -\log 10 \Rightarrow -\log [H^+]_{HA} - (-\log [H^+]_{HB}) = -1 \Rightarrow pH_{HA} - pH_{HB} = -1 \Rightarrow pH_{HB} = pH_{HA} + 1$$

**B ۱۸۲۴ P** عبارت‌های اول، دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی موارد سوم و چهارم: معادله واکنش یونش آب به صورت  $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

بوده و برای آب و محلول‌های آبی در دمای اتاق رابطه زیر برقرار است:

**B ۱۸۲۵ P** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. عبارت (الف): با توجه به اینکه با افزودن ماده (۱) به آب خالص، غلظت یون هیدروکسید و با افزودن ماده (۲) به آب خالص، غلظت یون هیدرونیوم بیشتر شده است پس ماده (۱) باز آرنیوس و ماده (۲) اسید آرنیوس است. عبارت (ب): براساس اندازه‌گیری‌ها در دمای اتاق برای آب و محلول‌های آبی رابطه روبه‌رو برقرار است:

$$[OH^-][H^+] = 10^{-14}$$

عبارت (پ): در همه محلول‌های آبی، مقداری از هر کدام از یون‌های هیدروکسید و هیدرونیوم وجود دارد. عبارت (ت): محلول (۱) بازی و pH آن بزرگ‌تر از ۷ می‌باشد و محلول (۲) اسیدی بوده و دارای pH کمتر از ۷ است.

**B ۱۸۲۶ P** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اندازه‌گیری‌ها نشان داده که در دمای اتاق، در محلول‌های آبی رابطه

$$[OH^-][H^+] = 10^{-14} \text{ برقرار است. عبارت (ب): } [OH^-][H^+] = 10^{-14} \Rightarrow pH = -\log 10^{-1} = 1 \text{ اسید معده } [H^+] = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pH = -\log 10^{-11} = 11 \text{ محلول آمونیاک}$$

اختلاف pH این دو محلول برابر با  $11 - 1 = 10$  است.

$$[H^+] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} = 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{10^{-4}}{10^{-10}} = 10^6 \text{ عبارت (پ):}$$

$$[H^+] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[H^+]_{\text{اسید معده}}}{[OH^-]_{\text{آب گازدار}}} = \frac{10^{-1}}{10^{-13}} = 10^{12} \text{ عبارت (ت):}$$

**B ۱۸۲۷ P** موارد دوم و پنجم برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیستند. مورد اول: هر چه  $[H^+]$  در یک محلول بیشتر باشد، با توجه به اینکه  $pH = -\log [H^+]$

است، pH محلول کمتر است. مورد دوم: هر چه میزان بازی بودن در یک محلول بیشتر باشد، غلظت  $OH^-(aq)$  و pH آن محلول بیشتر است. مورد سوم: هر چه  $[H^+]$  در یک محلول بیشتر باشد، با توجه به اینکه  $[H^+] \times [OH^-]$  مقداری ثابت دارد،  $[OH^-]$  کمتر می‌شود. مورد چهارم: هر چه میزان اسیدی بودن در یک محلول بیشتر باشد،  $[H^+]$  در آن بیشتر و  $[OH^-]$  در آن محلول کمتر است. مورد پنجم: هر چه pH یک محلول اسیدی بیشتر باشد، خاصیت اسیدی یون هیدرونیوم در آن کمتر است. خاصیت اسیدی یک محلول به غلظت اسید و ثابت یونش آن وابسته است و نمی‌توان بدون دانستن غلظت، در مورد ثابت یونش آن اظهار نظر کرد.

**B ۱۸۲۸ P** عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با افزایش pH،  $[H^+]$  کاهش می‌یابد ( $[H^+] = 10^{-pH}$ ) پس خاصیت اسیدی محلول کاهش می‌یابد. قدرت اسیدی وابسته به ثابت یونش اسید است و با تغییر غلظت یون هیدرونیوم مقدار آن تغییری نمی‌کند. عبارت (ب): با افزودن آب، حجم محلول افزایش و  $[H^+]$  کاهش می‌یابد. پس pH افزایش ( $pH = -\log [H^+]$ ) و خاصیت اسیدی کاهش می‌یابد، اما قدرت اسیدی تغییری نمی‌کند.

عبارت (پ): ثابت یونش HBr از ثابت یونش HCl، بزرگ‌تر است، پس قدرت اسیدی HBr از قدرت اسیدی HCl، بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): با توجه به اینکه K در دمای معین عددی ثابت است، با کاهش  $[H^+]$ ،  $[OH^-]$  و خاصیت بازی افزایش و pOH کاهش می‌یابد. عبارت (ث):

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{8 \times 10^{-5}} = 1/25 \times 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$$

**B ۱۸۲۹ P** نمودارهای (الف) و (پ) به درستی رسم شده‌اند. بررسی نمودارها: نمودار (الف): حاصل ضرب غلظت  $OH^-(aq)$  در غلظت  $H^+(aq)$  در دمای

$$K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [OH^-] = \frac{K(\text{ثابت})}{[H^+]}$$

معین عدد ثابتی است؛ بنابراین با کاهش غلظت  $H^+$ ، غلظت  $OH^-$  به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد.

نمودار (ب): با افزایش خاصیت اسیدی محلول،  $[H^+]$  افزایش و pH کاهش می‌یابد. نمودار (پ): با افزایش pH، محلول کاهش می‌یابد و زمانی که

$$pH = -\log [H^+] = -\log 1 = 0$$

$[H^+] = 1$  باشد، داریم:

نمودار (ت): با کاهش  $[OH^-]$  در محلول، خاصیت بازی محلول نیز کاهش می‌یابد.



عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: در دمای اتاق، رابطه زیر برقرار است:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

از آنجا که در آب خالص که خنثی است، غلظت  $H^+$  با غلظت  $OH^-$  برابر است: از این رو غلظت یون هیدرونیوم بسیار کم و برابر  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$  است.

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \xrightarrow{[H^+] = [OH^-]} [H^+]^2 = 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

مورد دوم: در دمای اتاق برای محلول‌های آبی، رابطه زیر برقرار است:

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \xrightarrow{[H^+] = 4 \times 10^{-3}} (4 \times 10^{-3}) \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 2/5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

مورد سوم: بیشترین غلظت یون  $H^+$ ، در محلول‌های با pH کمتر و بیشترین غلظت یون  $OH^-$  در محلول‌های با pH بیشتر دیده می‌شود. پس بیشترین غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  به ترتیب در محلول‌های A و D وجود دارد. مورد چهارم: HBr یک اسید آرنیوس است و اضافه کردن آن به آب باعث افزایش غلظت  $H^+$  و در نتیجه کاهش pH می‌شود. در دمای ثابت، ثابت یونش آب ثابت است. مورد پنجم: آب خالص، همواره خنثی است و در آن غلظت یون  $H^+$  با یون  $OH^-$  برابر است:

$$[OH^-] = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

از آن جا که غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  در آب خالص یکسان است، پس در دمای  $60^\circ C$  حاصل ضرب  $[H^+]$  در  $[OH^-]$  برابر است با:

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-6} \times 10^{-6} = 10^{-12}$$

$$K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-12}}{4 \times 10^{-11}} = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

مولاریته  $OH^-$  در محلول آمونیاک: 1 1831 B

$$K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-12}}{1/25 \times 10^{-12}} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

مولاریته  $H^+$  در محلول نیتریک اسید:

$$\text{نسبت مورد نظر} = \frac{2/5 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-3}} = 3/12 \times 10^{-2}$$

**توضیح محاسبات**

$$\frac{2/5 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-3}} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار}} \frac{25}{8} \xrightarrow{\text{تقسیم یکنانی}} \frac{25}{8} = 3/125$$

پاسخ از جنس  $3/125$  است. (پاسخ:  $3/12 \times 10^{-2}$ )

ابتدا غلظت  $[H^+]$  را با استفاده از K به دست آورده و سپس pH را محاسبه می‌کنیم: 1 1832 B

$$K = [H^+][OH^-] \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-13/2}}{1/36 \times 10^{-9/2}} = 36 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}, \quad pH = -\log [H^+] = -\log (36 \times 10^{-4}) = 4 - \log 36 = 4 - 2(\log 2 + \log 3) = 2/4$$

همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: 4 1833 B

$$\frac{[OH^-] \text{ در شیر منیزی}}{[OH^-] \text{ در شیر}} = \frac{10^{-4}}{10^{-8}} = 10^4$$

$$\begin{cases} pH \text{ (آب باتری خودرو)} = -\log [H^+] = -\log (10^{-1}) = 1 \\ pH \text{ (شیر منیزی)} = -\log [H^+] = -\log (10^{-10}) = 10 \end{cases} \Rightarrow 10 + 1 = 11$$

عبارت دوم:

عبارت سوم: نسبت  $\frac{[H^+]}{[OH^-]}$  را در هر سه محلول به دست می‌آوریم:

$$\text{در شیر: } [H^+] = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}, [OH^-] = \frac{K}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{10^{-6}}{10^{-8}} = 100$$

$$\text{در آب باتری خودرو: } [H^+] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}, [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{10^{-1}}{10^{-13}} = 10^{12}$$

$$\text{در شیر منیزی: } [H^+] = 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}, [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{10^{-10}}{10^{-4}} = 10^{-6}$$

$$\frac{[H^+] \text{ در آب باتری خودرو}}{[H^+] \text{ در شیر منیزی}} = \frac{10^{-1}}{10^{-10}} = 10^9$$

ترتیب مقایسه این نسبت به صورت «شیر منیزی > شیر > آب باتری خودرو» است. عبارت چهارم:

**نکته ترکیبی** جدول تغییر مول یا غلظت: در مسائل اسید-باز که غلظت تعادلی گونه‌ها در محلول داده نشده و یا نسبت، تفاوت و یا مجموع غلظت‌های تعادلی گونه‌ها داده شده، برای حل سریع‌تر، می‌توان از جدول تغییرات غلظت یا مول استفاده نمود. به این منظور فرض کنید واکنشی به صورت مقابل داریم:  $aA + bB \rightarrow cC + dD$

اگر به ترتیب  $m$  و  $n$  مول از واکنش‌دهنده‌های  $A$  و  $B$  داشته باشیم، جدول تغییرات مول یا غلظت به صورت زیر است:

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

مول یا غلظت اولیه	$m$	$n$	$\circ$	$\circ$
تغییر مول یا غلظت	$-ax$	$-bx$	$+cx$	$+dx$
مول یا غلظت نهایی	$m-ax$	$n-bx$	$cx$	$dx$

اگر با یک واکنش تعادلی روبه‌رو باشیم، می‌توانیم پس از محاسبه غلظت مواد با استفاده از مقدار مول نهایی آن‌ها، ثابت تعادلی واکنش را محاسبه کنیم و یا اینکه با تقسیم مول مصرفی بر مول اولیه هر کدام از واکنش‌دهنده‌ها ضربدر  $100$  بازده درصدی آن‌ها را محاسبه کنیم. کاربرد دیگر این جدول این است که مقدار تغییر هر ماده را بر زمان تولید آن تقسیم کرده و سرعت متوسط مصرف یا تولید آن را محاسبه کرد و کلی کاربرد دیگر!

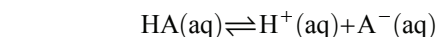
$$1 \text{ mol.L}^{-1} \times \frac{\circ}{2L} = \frac{\circ}{2} \text{ mol}$$

اسید ضعیف  $HA$  به صورت تعادلی یونیده می‌شود.

$$\frac{\circ}{25} = \frac{\circ}{2} - x + x + x \Rightarrow x = \frac{\circ}{5}$$

$$[H^+] = [A^-] = \frac{\frac{\circ}{5} \text{ mol}}{\frac{\circ}{2L}} = \frac{\circ}{25} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[HA]_{\text{تعادلی}} = \frac{\frac{\circ}{2} - \frac{\circ}{5}}{\frac{\circ}{2L}} = \frac{\circ}{75} \text{ mol.L}^{-1}$$



بیش از یونش	$\frac{\circ}{2} \text{ mol}$	$\circ$	$\circ$
پس از یونش	$\frac{\circ}{2} - x$	$+x$	$+x$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\frac{\circ}{25})^2}{\frac{\circ}{75}} = 83 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}, \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{\frac{\circ}{25}} = 4 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}, \quad \frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{\frac{\circ}{25}}{4 \times 10^{-14}} = 625 \times 10^{10}$$

ابتدا باید ثابت یونش اسید  $HA$  را در دمای  $25^\circ C$  به دست آوریم: **۴ ۱۸۳۵ C**

$$K_a(45^\circ C) = K_a(25^\circ C) + \frac{2 \times 10^{-2}}{100} K_a(25^\circ C) = 1/25 K_a(25^\circ C) \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = 1/25 K_a(25^\circ C) \Rightarrow K_a(25^\circ C) = 1/6 \times 10^{-4}$$

برای محاسبه غلظت یون هیدرونیوم ( $H^+$ ) می‌توانیم از رابطه  $[H^+] = \sqrt{\frac{K_a \times M(1-\alpha)}{[HA]}}$  استفاده کنیم:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \times [HA]} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{1/6 \times 10^{-4} \times 6} \Rightarrow [H^+] = (4 \times 10^{-2} \times \sqrt{0/6}) \text{ mol.L}^{-1}$$

حال با توجه به اینکه در دمای  $25^\circ C$  حاصل ضرب غلظت  $H^+$  در  $OH^-$  برای یک محلول برابر  $10^{-14}$  است، غلظت یون  $OH^-$  موجود در محلول را به دست می‌آوریم:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \left( \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-2} \sqrt{0/6}} \right) \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[OH^-]}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-2} \sqrt{0/6}} = \frac{10^{-14}}{(4 \times 10^{-2} \sqrt{0/6})^2} = \frac{10^{-14}}{16 \times 10^{-4} \times 0/6} = 1/1 \times 10^{-11}$$

در انتها نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

در مورد قسمت دوم این تست، با توجه به اطلاعات مسئله، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دمای محلول،  $K_a$  افزایش یافته و غلظت  $OH^-$  کاهش و غلظت  $H^+$  افزایش می‌یابد، پس در دمای  $30^\circ C$  نسبت به دمای  $20^\circ C$ ، نسبت شمار یون‌های  $OH^-$  به شمار یون‌های  $H^+$  کمتر است.

همان‌طور که می‌دانید در دمای ثابت، ثابت یونش یک اسید با تغییر غلظت محلول آن تغییر نمی‌کند و ثابت است: از این رو ابتدا ثابت یونش اسید را محاسبه می‌کنیم: **۴ ۱۸۳۶ C**

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow K_a = \frac{6 \times (\frac{\circ}{25})^2}{1-\frac{\circ}{25}} = \frac{1}{2}$$

همان‌طور که گفته شد، در دمای ثابت، ثابت یونش تغییر نمی‌کند: از این رو از مقدار  $K_a$ ، می‌توان درصد یونش اسید در محلول دوم را محاسبه کرد:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1 \times \alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 2\alpha^2 + \alpha - 1 = 0 \Rightarrow (2\alpha - 1)(\alpha + 1) = 0 \Rightarrow \alpha = -1 \text{ ق.غ.ق.}, \alpha = \frac{\circ}{5} \text{ ق.ق.}$$

پس درصد یونش اسید در محلول دوم برابر  $5\%$  است. در ادامه غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow \frac{\circ}{5} \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 2 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{\frac{\circ}{5}}{2 \times 10^{-14}} = 2/5 \times 10^{13}$$

در آخر نسبت غلظت یون هیدرونیوم به هیدروکسید را در محلول محاسبه می‌کنیم:

فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی مورد (ب): محلول‌های بازی قوی مثل  $NaOH$  و  $KOH$  موادی خورنده به‌شمار می‌روند نه همهٔ بازها! **۴ ۱۸۳۷ A**

عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است، به‌طوری که در محلول آن، شمار زیادی از مولکول‌های آمونیاک یافت می‌شود. عبارت (ت): آمونیاک باز ضعیفی است و یونش آن در آب به‌صورت جزئی انجام می‌شود به همین دلیل در محلول آمونیاک یون‌های  $OH^-$  و  $NH_4^+$  با مولکول‌های یونیده نشده باز در تعادل هستند. **۱ ۱۸۳۸ A**



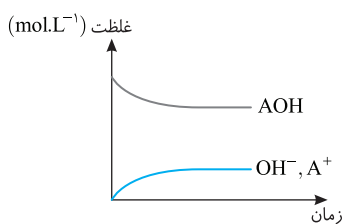
**۱۸۳۹** عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: محلول بازها با ثابت یونش زیاد، به‌طور کامل یونش یافته و واکنش یونیده شدن آن‌ها پیشرفت خوبی دارد. عبارت دوم: بازهایی که ثابت یونش زیادی دارند، به مقدار زیاد یونیده شده و غلظت  $\text{OH}^- (\text{aq})$  در محلول آن‌ها زیاد است پس الکترولیت قوی محسوب می‌شوند. عبارت سوم: هیدروکسید فلزهای گروه اول و دوم به‌جز  $\text{Be}(\text{OH})_2$  و  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  بازهایی قوی هستند و ثابت یونش بازی آن‌ها زیاد است. عبارت چهارم: معادله تفکیک بازهای قوی با ثابت یونش بازی زیاد، یک‌طرفه و برگشت‌ناپذیر است. عبارت پنجم: رسانایی الکتریکی محلول‌ها به غلظت یون‌های موجود در آن‌ها وابسته است؛ پس هر محلولی از یک باز قوی لزوماً رسانای الکتریکی نیست؛ زیرا ممکن است غلظت باز قوی بسیار اندک باشد و به میزان کافی یون در محلول آن نباشد.

**نکته ترکیبی** رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت‌ها: در یک محلول حاوی الکترولیت، رسانایی الکتریکی به دو عامل زیر وابسته است:  
 ۱- نوع حل‌شونده و درجه یونش یا میزان تفکیک آن ۲- غلظت اولیه محلول: در غلظت یکسان، رسانایی الکتریکی محلول یک الکترولیت که درجه یونش یا تفکیک بیشتری دارد، بالاتر است. در صورتی که غلظت محلول الکترولیت ضعیف خیلی بیشتر از محلول الکترولیت قوی باشد، به‌طوری که غلظت یون‌های تشکیل شده آن بیشتر باشد، اتفاقاً رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت ضعیف بیشتر است.

**۱۸۴۰** همه عبارت‌ها به جز عبارت (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): لامپ متصل به محلول (۱) پر نورتر است؛ از این‌رو با توجه به یکسان بودن شرایط (غلظت و دما)، ماده موجود در محلول (۱) الکترولیت قوی‌تری است. عبارت (ب): لامپ متصل به محلول (۲) کم نورتر است؛ بنابراین با توجه به یکسان بودن شرایط (غلظت و دما)، قدرت بازی و ثابت یونش ماده حل شده در محلول (۲) کمتر است. عبارت (پ): در شرایط یکسان، لامپ متصل به محلول (۱) پر نورتر است؛ از این‌رو غلظت یون‌ها مانند یون هیدروکسید و pH در آن بیشتر است. عبارت (ت): با افزایش دما، ثابت یونش و به دنبال آن درجه یونش اسید موجود در محلول (۲) افزایش می‌یابد و به عدد یک نزدیک می‌شود و درجه یونش باز موجود در محلول‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شود. عبارت (ث): لامپ متصل به محلول (۲) کم نورتر است؛ از این‌رو میزان غلظت یون‌های آن کمتر بوده و میزان مولکول‌های باز یونیده نشده آن بیشتر است.

**۱۸۴۱** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. با توجه به نمودار مشخص است که تعداد زیادی از مولکول‌های باز، یونیده نشده و تعداد کمی از مولکول‌های باز یونیده شده‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تعداد مولکول‌های باز یونیده شده کم است، پس واکنش یونیده شدن پیشرفت ناچیزی داشته و ثابت تعادل آن نیز کم است.

عبارت (ب): میزان  $\text{OH}^-$  تولید شده در محلول به غلظت بازها بستگی دارد، در اینجا به غلظت  $\text{NaOH}$  و  $\text{AOH}$  اشاره نشده است، پس نمی‌توان غلظت  $\text{OH}^-$  را در محلول آن‌ها مقایسه کرد. ممکن است غلظت  $\text{OH}^- (\text{aq})$  در محلول  $\text{AOH}$  بیشتر از  $\text{NaOH}$  باشد. عبارت (پ): باز نشان داده شده یک باز ضعیف، یک الکترولیت ضعیف و در نتیجه یک رسانای ضعیف است. عبارت (ت): چون تعداد کمی از مولکول‌های باز یونیده شده‌اند، ثابت تعادل بازی آن کوچک است و غلظت تعادلی فرآورده ( $\text{OH}^-$  و  $\text{A}^+$ ) از غلظت تعادلی واکنش‌دهنده ( $\text{AOH}$ ) کمتر است. نمودار «غلظت - زمان» آن به‌صورت نمایش داده شده می‌باشد.



**۱۸۴۲** همه نمودارهای داده شده درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: در دمای اتاق، در محلول‌های آبی، میان  $\text{pOH}$  و  $\text{pH}$  رابطه زیر برقرار است:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} = -\text{pOH} + 14$$

از این‌رو رابطه بین  $\text{pH}$  و  $\text{pOH}$  خطی بوده و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد.

مورد دوم: معادله یونش باز  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  به صورت مقابل است:

از این‌رو میزان تغییرات غلظت دوگونه  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  و  $\text{Ba}^{2+}$  با هم برابر و نصف تغییرات غلظت  $\text{OH}^-$  است.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  واکنش‌دهنده بوده و غلظت آن کم می‌شود، در حالی که  $\text{Ba}^{2+}$  و  $\text{OH}^-$  فرآورده هستند و غلظت آن‌ها زیاد می‌شود. مورد سوم: در دمای اتاق، در محلول‌های آبی، میان غلظت یون  $\text{H}^+$  و یون  $\text{OH}^-$

رابطه مقابل برقرار است:

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

بنابراین رابطه میان این دو به صورت هم‌گرافیک بوده و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد. مورد چهارم: در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، حاصل ضرب غلظت یون  $\text{H}^+$  غلظت یون  $\text{OH}^-$  در حجم‌های مختلف ثابت و برابر  $10^{-14}$  است.

**۱۸۴۳** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه ثابت یونش  $\text{BOH}$  از  $\text{AOH}$  بزرگ‌تر است، پس  $\text{BOH}$  باز قوی‌تری است. عبارت (ب): چون  $\text{BOH}$  باز قوی‌تری است، بنابراین در شرایط یکسان در مقایسه با  $\text{AOH}$  بیشتر یونش یافته و درجه یونش بزرگ‌تری دارد. عبارت (پ): از آنجا که در شرایط یکسان،  $\text{BOH}$  به میزان بیشتری یونش می‌یابد در نتیجه در محلول آن غلظت  $\text{OH}^-$  بیشتر و غلظت  $\text{H}^+$  کمتر بوده و pH محلول آن در مقایسه با محلول  $\text{AOH}$  بیشتر خواهد بود. عبارت (ت):  $\text{BOH}$  در مقایسه با  $\text{AOH}$  باز قوی‌تری است. بنابراین در شرایط یکسان به میزان بیشتری یونیده می‌شود و ذرات یونش نیافته در محلول آن کمتر از محلول  $\text{AOH}$  خواهد بود.

**۱۸۴۴** موارد اول، دوم و چهارم نادرست و مورد سوم درست است. بررسی موارد: مورد اول: سرعت واکنش یک محلول بازی با  $\text{CO}_2$ ، به غلظت  $\text{OH}^-$  محلول بازی وابسته است. حواستان باشد که غلظت  $\text{OH}^-$  در یک محلول افزون‌بر ثابت یونش به غلظت باز نیز بستگی دارد، از این‌رو ممکن است سرعت واکنش  $\text{AOH}$  با  $\text{CO}_2$  بیشتر از سرعت واکنش  $\text{BOH}$  با  $\text{CO}_2$  باشد. مورد دوم: pH محلول یک اسید علاوه بر ثابت یونش به غلظت باز هم وابسته است؛ از این‌رو ممکن است محلولی از  $\text{AOH}$  که غلظت بالاتری دارد pH بزرگ‌تری داشته باشد. مورد سوم: در غلظت مولی برابر، از آنجا که ثابت یونش محلول  $\text{AOH}$  کوچک‌تر از  $\text{BOH}$  است، میزان یون‌ها در محلول  $\text{BOH}$  بیشتر از  $\text{AOH}$  است و غلظت  $\text{A}^+ (\text{aq})$  کمتر از غلظت  $\text{B}^+ (\text{aq})$  است. مورد چهارم: با افزودن مقداری اسید به محلول‌های بازی، pH هر دو محلول کاهش می‌یابد، اما ثابت یونش آن‌ها تغییر نمی‌کند؛ زیرا ثابت یونش فقط تابع دما است.

**۱۸۴۵ B ۳** در واکنش یونش بازی با ثابت یونش برابر  $5 \times 10^{-4}$  (کوچک)، همانند واکنش یونش HF (اسید ضعیف)، تعداد زیادی از مولکول‌های واکنش‌دهنده در واکنش یونیده نمی‌شوند، زیرا واکنش در جهت پیشرفت خوبی ندارد. بررسی سایر عبارات‌ها: عبارت (الف): NaOH باز قوی بوده و به شدت با آب واکنش می‌دهد ولی  $NH_3$  به‌عنوان باز ضعیف، به میزان کمی در آب  $OH^-$  تولید می‌کند. عبارت (ب): واکنش یونش KOH (باز قوی) و سولفوریک اسید (اسید قوی) ثابت تعادل بزرگی دارند ولی واکنش یونش استیک اسید (اسید ضعیف) ثابت تعادل کوچکی دارد. عبارت (ت): در لحظه تعادل در هر واکنش تعادلی، مانند واکنش یونش  $NH_3$  یا  $CH_3COOH$ ، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر است.

**۱۸۴۶ C ۴** همه عبارات‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: محلول (۱) یک باز ضعیف (آمونیاک) و محلول (۲) یک باز قوی (سدیم هیدروکسید) است. در نتیجه در دمای معین ثابت یونش محلول (۱) کمتر از محلول (۲) است. عبارت سوم: محلول (۲) یک باز قوی است. در نتیجه:  $[NaOH] = [OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-13/4} = 10^{-14} \times 10^{+0/6} = 4 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-14}} = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت چهارم: محلول (۱) شامل یک باز ضعیف ( $NH_3$ ) است و یونش آن در آب جزئی است در حالی که محلول (۲) شامل یک باز قوی (NaOH) است که یونش آن در آب کامل است. عبارت‌های دوم و پنجم: با توجه به شکل از ۱۱ ذره  $NH_3$  موجود در محلول شماره (۱) دو مولکول یونیده شده‌اند؛ پس درجه یونش این باز برابر  $\frac{2}{11}$  است.

$$\alpha = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مولکول‌های حل شده}} = \frac{2}{11} \Rightarrow \alpha = \alpha \times 100 = \frac{2}{11} \times 100 = 18.18\%$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-10/7} = 10^{-1.43} = 3.7 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

محاسبه غلظت اولیه باز، در صورتی که  $pH = 10/7$  باشد:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow (3.7 \times 10^{-2}) \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 2.7 \times 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{[H^+]}{M} \Rightarrow M = \frac{[H^+]}{\alpha} = \frac{3.7 \times 10^{-2}}{0.11} = 0.34 \text{ mol.L}^{-1}$$

**۱۸۴۷ B 1** قسمت اول: درجه یونش برابر  $\alpha = \frac{1}{100}$  است. با توجه به اینکه  $K_b < 10^{-3}$  و  $\alpha < 0.05$  است، داریم:

$$K_b = M \cdot \alpha^2 \Rightarrow 10^{-6} = (0.01)^2 M \Rightarrow M = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = M \alpha = 0.01 \times \frac{1}{100} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

قسمت دوم:

$$K_b = \frac{[A^+][OH^-]}{[AOH]} = \frac{(M \cdot \alpha)(M \cdot \alpha)}{0.1 - M \cdot \alpha}, \quad [OH^-] = M \cdot \alpha \Rightarrow 7 \times 10^{-5} = 0.1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 7 \times 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 0.07\%$$

**۱۸۴۸ B ۴** قسمت اول:

قسمت دوم: با توجه به اینکه  $\alpha < 0.05$  است، می‌توانیم از رابطه  $K_b = \alpha^2 \cdot M$  استفاده کنیم.

**۱۸۴۹ B ۲**

$$[OH^-] = M \cdot \alpha = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}, \quad K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_4OH]} = \frac{(M \cdot \alpha)^2}{M - M \cdot \alpha} = \frac{(0.3)^2}{M - 0.3} = 4/5 \times 10^{-2} \Rightarrow M = 2/3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$NH_4OH \text{ غلظت تعادلی} = 2/3 - 0.3 = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? NH_4OH \text{ جرم} = 0.4 \text{ L} \times \frac{2 \text{ mol } NH_4OH}{1 \text{ L}} \times \frac{35 \text{ g } NH_4OH}{1 \text{ mol } NH_4OH} = 28 \text{ g } NH_4OH$$

**۱۸۵۰ B ۲** عبارات‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به رابطه محاسبه pH و pOH داریم:

$$pOH_1 = 14 - 10/7 = 3/3 \Rightarrow [OH^-]_1 = 10^{-pOH} = 10^{-3/3} = 10^{-1} = 10^{-4} \times 10^{+0/7} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH_2 = 14 - 13/4 = 0.6 \Rightarrow [OH^-]_2 = 10^{-pOH} = 10^{-0.6} = 10^{-2+1/4} = 10^{-2} \times 10^{1/4} = 10^{-2} \times (10^{0.7})^{1/4} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{[OH^-]_2}{[OH^-]_1} = \frac{2.5 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-4}} = 500$$

نسبت غلظت  $OH^-$  دو محلول برابر است با:

عبارت (ب): با توجه به اینکه غلظت و دمای محلول دو باز یکسان است و pH محلول (۲) بزرگ‌تر از محلول (۱) است؛ پس میزان یون‌ها و ثابت یونش در محلول (۲) بیشتر از محلول (۱) است. عبارت (پ): pH محلول (۲) بزرگ‌تر از محلول (۱) است، از این‌رو میزان یون‌ها در محلول (۲) بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی آن نیز بیشتر است. عبارت (ت): یکی از فراورده‌های واکنش بازهای قوی مانند NaOH که در شکل (۲) مشاهده می‌کنید، با مخلوط اسید چربی، پاک‌کننده صابونی ( $RCOONa$ ) است.

$$[OH^-] = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol}}{10^{-1} \text{ L}} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$$

**۱۸۵۱ B ۲** قسمت اول:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-14}) = -\log 5 - \log 10^{-14} = 14 - 0.7 = 13.3$$

قسمت دوم:



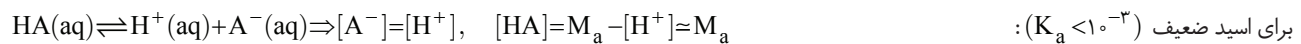
۳ ۱۸۵۲ B نمودارهای (۲)، (۳)، (۴) و (۶) همواره برقرار هستند. نمودار (۱): برای اسیدهای قوی با  $\alpha=1$ ، هر چه غلظت اسید افزایش یابد، اندازه درجه یونش تغییری نمی‌کند. نمودار (۲): هر چه غلظت  $\text{OH}^-$  یک محلول بیشتر باشد، pH آن بیشتر خواهد بود. نمودار باید لگاریتمی باشد.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log\left(\frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}\right) = 14 + \log[\text{OH}^-]$$

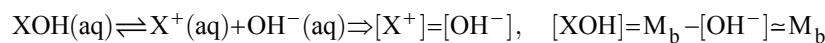
نمودار (۳): هر چه غلظت  $\text{H}^+$  بیشتر باشد، اندازه pH کوچک‌تر است. اگر غلظت  $\text{H}^+$  در یک محلول بیشتر از  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  باشد، اندازه pH منفی می‌شود. نمودار (۴): هر چه غلظت  $\text{OH}^-$  بیشتر باشد، اندازه pOH کوچک‌تر است. اگر غلظت  $\text{OH}^-$  از  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  بیشتر شود، اندازه pOH می‌تواند منفی شود. نمودار (۵): اندازه  $K_a$  فقط تابع دما است و با تغییر غلظت  $\text{H}^+$  در محلول یک اسید، مقدار  $K_a$  آن تغییر نمی‌کند. نمودار (۶): برای یک محلول آبی در دمای اتاق، میان pH و pOH رابطه‌ی مقابل برقرار است:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = -\text{pOH} + 14$

از این رو رابطه میان pH و pOH به صورت خطی است و با افزایش هر یک، دیگری کاهش می‌یابد.

۴ ۱۸۵۳ C قسمت اول: برای محاسبه غلظت یون هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول اسیدها و بازهای ضعیف، می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{M_a} \Rightarrow 2 \times 10^{-6} = \frac{[\text{H}^+]^2}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow [\text{H}^+] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$K_b = \frac{[\text{X}^+][\text{OH}^-]}{[\text{XOH}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{M_b} \Rightarrow 4 \times 10^{-4} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{10^{-2}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون نسبت غلظت  $\text{H}^+$  در محلول اسید به غلظت  $\text{OH}^-$  در محلول باز را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{غلظت مولار یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولار یون هیدروکسید}} = \frac{2 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 0.1$$

قسمت دوم: برای محاسبه درصد یونش اسید و بازهای ضعیف نیز می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$\text{درصد یونش اسید HA: } \alpha_a = \frac{[\text{H}^+]}{M_a} \times 100 = \frac{2 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}} \times 100 = 1\% \quad \text{درصد یونش باز XOH: } \alpha_b = \frac{[\text{OH}^-]}{M_b} \times 100 = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-2}} \times 100 = 20\%$$

نسبت درصد یونش باز به درصد یونش اسید برابر است با:  $\frac{20\%}{1\%} = 20$

۳ ۱۸۵۴ C عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در صورت رقیق کردن محلول یک اسید، غلظت  $\text{OH}^-$  موجود در آن افزایش می‌یابد. عبارت (ب): ترکیبات بازی مورد استفاده در شیشه پاک‌کن‌ها،  $\text{NH}_3$  (مولکولی) و ترکیبات بازی مورد استفاده در لوله بازکن‌ها،  $\text{NaOH}$  (یونی) می‌باشند. عبارت (پ): در دمای اتاق و نه در شرایط استاندارد که دما برابر صفر درجه سلسیوس است. عبارت (ت): اگر با تغییر دما pH آب خالص را تغییر دهیم، باز هم خنثی خواهد بود. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): نسبت شمار اتم‌های کربن به اکسیژن در ضد یخ  $(\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2)$  برابر ۱ است. گزینه (۲): میزان pH پرتقال برابر  $3/2$  و بازه میزان pH فضای دهان  $7/1 - 5/2$  می‌باشد و در نتیجه کمترین میزان pH فضای دهان برابر  $5/2$  می‌باشد و  $5/2 - 3/2 = 2$ . گزینه (۳): شیرمنیزی شامل  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  می‌باشد که در آن ۳ عنصر منیزیم، اکسیژن و هیدروژن وجود دارد. گزینه (۴): جزء آنیونی بخش قطبی پاک‌کننده‌های غیرصابونی  $\text{SO}_3^-$  می‌باشد که تعداد اتم‌های آن برابر ۴ است.

$$K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \quad \text{با توجه به رابطه } K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \quad (\alpha = 0.25) \quad \text{برای هر کدام از بازها داریم: باز AOH: } (\alpha = 0.25) \quad K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.25^2}{0.75} = \frac{0.0625}{0.75} = 0.0833$$

$$K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.0625}{0.75} = 0.0833 \quad \text{باز BOH: } (\alpha = 0.2) \quad K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.04}{0.8} = 0.05$$

$$\text{نسبت } \frac{K_a}{M} \text{ باز AOH به } \frac{K_a}{M} \text{ باز BOH برابر است با: } \frac{0.0833}{0.05} = 1.66$$

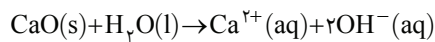
۳ ۱۸۵۶ A همه عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. بررسی عبارت (ب): واکنش انجام شده بین محلول‌های سدیم هیدروکسید و هیدروکلریک اسید به صورت مقابل است و  $\text{NaCl}(\text{aq})$  یکی از فراورده‌های آن می‌باشد.

۱ ۱۸۵۷ B واکنش‌های داده شده همگی از واکنش‌های خنثی شدن اسید و باز هستند؛ اما شکل نشان داده شده، مربوط به واکنش یک اسید قوی تک‌پروتون‌دار و یک باز قوی با یک عامل  $\text{OH}^-$  می‌باشد، زیرا در شکل هر محلول، همه مولکول‌های حل‌شونده، یونیده شده و به ازای هر یون مثبت یک یون منفی تولید شده است. پس واکنش‌های (الف) و (پ) می‌توانند به تصویر داده شده مربوط باشند. بررسی سایر واکنش‌ها: واکنش (ب):  $\text{HF}(\text{aq})$  یک اسید ضعیف است که مولکول‌های آن به‌طور جزئی یونیده می‌شوند. واکنش (ت):  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  یک باز قوی با دو عامل  $\text{OH}^-$  است و به ازای هر یون مثبت، دو یون منفی  $\text{OH}^-$  تولید می‌کند.



**۱۸۵۸ ۴ B** همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** واکنش خنثی شدن اسید و باز، مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها است؛ به‌طوری که با توجه به ماده کثیفی که اسیدی یا بازی باشد، می‌توانیم شوینده‌های مناسب اسیدی یا بازی را انتخاب کنیم. **عبارت دوم:** اگر مسیر لوله‌ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده باشد، برای باز کردن آن از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده می‌کنیم:  $\text{RCOOH(s)} + \text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{RCOONa(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ . **عبارت سوم:** اگر موادی که سبب گرفتگی لوله‌ها و مجاری می‌شوند، خاصیت بازی داشته باشند، برای باز کردن آن‌ها می‌توان از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده نمود. **عبارت چهارم:** فراورده واکنش شوینده‌های بازی با اسیدهای چرب، خود نوعی پاک‌کننده است که در آب حل می‌شود و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید. **عبارت پنجم:** واکنش داده شده، واکنش تولید استر از یک کربوکسیلیک اسید و یک الکل بوده و جزء واکنش‌های خنثی شدن اسید - باز نیست.

**۱۸۵۹ ۴ B** عنصر  $X$ ،  $\text{Ca}$ ، کلسیم است. محلول اکسیدهای فلزی خاصیت بازی دارند و رنگ گل‌های گیاه ادیسی در خاکی که خاصیت بازی دارد به رنگ سرخ شکوفا می‌شوند. از انحلال هر مول کلسیم اکسید در آب، ۳ مول یون تولید می‌شود در حالی که از انحلال هر مول  $\text{N}_2\text{O}_5$ ، ۴ مول یون تولید می‌شود:



یک مول کلسیم اکسید با دو مول هیدروکلریک اسید خنثی می‌شود.

**۱۸۶۰ ۱ B** عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت الف):** در واکنش خنثی شدن اسید و باز، یون‌های نمک حاصل نقش ناظر یا تماشاچی را دارند و واکنش اصلی بین یون‌های  $\text{H}^+$  و  $\text{OH}^{-}$  می‌باشد. **عبارت ب):** در برخی موارد که لوله‌ها با اسیدهای چرب گرفتگی داشته باشند برای رفع این گرفتگی باید از مواد بازی مانند  $\text{NaOH}$  استفاده کرد. **عبارت پ):**  $\text{HNO}_3$  برعکس  $\text{CH}_3\text{COOH}$  اسید قوی بوده و در غلظت و شرایط یکسان یون بیشتری تولید می‌کند و الکترولیت قوی‌تری است. **عبارت ت):** هیدروژن کلرید ضمن حل شدن در آب یون  $\text{H}^+(\text{aq})$  تولید می‌کند و اسید آرنیوس می‌باشد. **عبارت ث):**

$$\text{pH} = 2/7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2/7} = 10^{-3} \times 10^{-1/7} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad [\text{OH}^{-}] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-3}} = \frac{1}{2} \times 10^{-11} = 5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

**۱۸۶۱ ۳ A** فقط عبارت اول درست است. در بدن انسان بالغ روزانه در حدود ۲ تا ۳ لیتر شیر معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود  $0.3 \text{ mol.L}^{-1}$  است (رد عبارت دوم). دیواره داخلی معده به‌طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند (رد عبارت سوم). به هنگام مصرف مواد غذایی به دلیل ترشح هیدروکلریک اسید در معده، pH محیط درونی معده کاهش می‌یابد (رد عبارت چهارم).

**۱۸۶۲ ۱ B** فقط عبارت (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت ت):** دیواره داخلی معده به‌طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول‌های سازنده دیواره معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیلی بیش از اندازه معمول شود، شمار یون‌های جذب شده توسط سلول‌های دیواره معده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود. **عبارت ث):**

$$[\text{H}^+] = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(0.3) = -\log(3 \times 10^{-1}) = 1 - \log 3 = 1 - 0.5 = 0.5$$

**۱۸۶۳ ۲ B** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت الف):** ضداسیدها خود خاصیت بازی دارند و واکنش آن‌ها با اسید معده (هیدروکلریک اسید) یکی از انواع واکنش‌های خنثی شدن اسید و باز است. **عبارت ب):** جدول زیر، مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد که در کتاب درسی مطرح شده‌اند:

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$\text{Al(OH)}_3$ ، $\text{NaHCO}_3$	$\text{Al(OH)}_3$ ، $\text{Mg(OH)}_2$	$\text{NaHCO}_3$

بنابراین  $\text{NaHCO}_3$  به تنهایی و همراه با  $\text{Al(OH)}_3$  در بین مواد مؤثر برخی از ضداسیدها وجود دارد. **عبارت پ):** شیر منیزی  $(\text{Mg(OH)}_2)$  همان محلول هیدروکسید دوامین فلز از گروه دوم جدول تناوبی است. **عبارت ت):** ضداسیدها مقدار اسید معده و غلظت یون هیدرونیوم معده را کاهش داده و pH درون معده را افزایش می‌دهند.

**۱۸۶۴ ۲ B** گروهی از ضداسیدها، شامل سدیم هیدروژن کربنات هستند. از نظر آرنیوس هر ماده‌ای که در آب یون هیدروکسید ایجاد کند، باز می‌باشد. از این رو، سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) یک ماده بازی است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه ۱):** مصرف غذاها و داروهای اسیدی، باعث اسیدی‌تر شدن معده می‌شوند. از این رو پزشکان برای رفع و کاهش عوارض آن‌ها، ضد اسیدها را تجویز می‌کنند. **گزینه ۳):** شیر منیزی، یکی از رایج‌ترین ضد اسیدها است که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو با اسید معده به شکل زیر واکنش داده و آن را خنثی می‌کند و سبب کاهش غلظت یون هیدرونیوم در محیط معده می‌شود.



**گزینه ۴):** ضداسیدها می‌توانند همزمان شامل دو ماده با خاصیت بازی باشند. برای مثال شربت‌های «آلومینیم - ام جی» دارای دو ماده  $\text{Al(OH)}_3$  و  $\text{Mg(OH)}_2$  به عنوان ماده مؤثر هستند.

**۱۸۶۵ ۳ B** جمله داده شده درست است. عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی جمله داده شده:**

$$[\text{H}^+]_{\text{ورود غذا}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1/5} = 10^{-0.2} = 10^{-2} \times 10^{-1/5} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{استراحت}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3/7} = 10^{-0.4} = 10^{-4} \times 10^{-3/7} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

نسبت غلظت  $\text{H}^+$  با ورود غذا به معده، ۱۵۰ برابر می‌شود  $(\frac{3 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-4}} = 150)$ . **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** pH شیره معده کمتر از pH معده در حال استراحت است:

پس غلظت یون هیدرونیوم آن بیشتر است. **عبارت دوم:** نام دیگر سدیم هیدروژن کربنات، جوش شیرین است. **عبارت سوم:** جوش شیرین مانند بازهای  $\text{Al(OH)}_3$



**عبارت چهارم:** برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؛ زیرا آنیون  $\text{HCO}_3^{-}(\text{aq})$  در محلول آبی یون هیدروکسید تولید کرده و محیط را بازی می‌کند. از طرفی یون هیدروکسید تولید شده با چربی‌ها واکنش داده و گروه‌های آب‌دوست در ساختار چربی ایجاد می‌کند. این موضوع باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی شوینده‌ها می‌شود.

**۱۸۶۶ ۲ B** فقط عبارت (ب) نادرست است. اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون‌های هیدرونیوم جذب شده توسط سلول‌های دیواره داخلی معده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود.



۴ ۱۸۶۷ B ابتدا تعداد مول  $\text{OH}^-$  تولید شده از یک قاشق شربت را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol OH}^- = 435 \text{ mg Mg(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ g Mg(OH)}_2}{1000 \text{ mg Mg(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{58 \text{ g Mg(OH)}_2} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} = 0.15 \text{ mol OH}^-$$

$$\frac{435 \times 2}{1000 \times 58} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{435 \times 2}{1000 \times 58} = \frac{15 \times 2}{1000 \times 2} = 0.15$$

+ توضیح محاسبات

این مقدار می‌تواند ۰/۱۵ مول یون هیدرونیوم را خنثی کند. غلظت یون هیدرونیوم موجود در اسید معده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.5} = 10^{-2} \times 10^{+0.5} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = \frac{0.15 \text{ mol H}^+}{V \text{ L}} \Rightarrow V = 0.5 \text{ L}$$

حجم اسید خنثی شده برابر است با:

۲ ۱۸۶۸ C عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): محلول شیشه پاک کن حاوی آمونیاک است. این محلول یک الکترولیت

ضعیف است و همانند جوش شیرین خاصیت قلیایی دارد. آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یونهای آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکولهای آمونیاک نیز یافت می‌شود. عبارت (ب): برابر شدن سرعت واکنش رفت و سرعت واکنش برگشت نشان دهنده حالت برقراری تعادل است. در این واکنش در حالت تعادل، سرعت تولید یا مصرف  $\text{SO}_3$  باید ۲ برابر سرعت تولید یا مصرف  $\text{O}_2$  باشد. عبارت (پ):

$$2n - 1 = 47 \Rightarrow n = 24 \Rightarrow \text{فرمول پاک کننده صابونی} = \text{C}_{24}\text{H}_{47}\text{O}_2\text{Na} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کربن}}{\text{تعداد اتم اکسیژن}} = 12$$

در ساختار پاک کننده غیرصابونی، ۱۲ گروه  $\text{CH}_2$  وجود دارد؛ بنابراین فرمول گروه R این پاک کننده  $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$  و فرمول پاک کننده غیرصابونی به صورت  $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$  است:

عبارت (ت): ضداسیدها (مانند شربت معده) که برای خنثی کردن مقادیر اضافی از اسید معده به کار می‌روند، معمولاً سوسپانسیون هستند. سوسپانسیونها مخلوطهایی ناممکن و ناپایدار هستند و ذرات سازنده آنها ذره‌های ریز سازنده ماده هستند. مولکولهای بزرگ یا توده‌های مولکولی ذرات سازنده کلوتیدها می‌باشند.

۴ ۱۸۶۹ C عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): جزء کاتیونی در صابونهای مایع  $\text{K}^+$  و  $\text{NH}_4^+$  است که جرم مولی

آنها به ترتیب برابر ۳۹ و ۱۸ گرم بر مول است و pH محلول لوله بازن و شیشه پاک کن به ترتیب برابر ۱۳/۴ و ۱۰/۷ است؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{39 + 18}{2} - (13/4 + 10/7) = 28/5 - 24/1 = 4/4$$

عبارت (ب): طبق متن کتاب درسی، در بدن انسان بالغ، روزانه بین ۲ تا ۳ لیتر محلول جوهر نمک (HCl) با غلظت ۰/۳ مولار تولید می‌شود؛ بنابراین:

$$99 \text{ g HCl} = \frac{36}{58} \frac{\text{g HCl}}{\text{mol HCl}} \times \frac{3 \text{ L محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{30 \text{ روز}}{1 \text{ ماه}} \times \frac{30 \text{ روز}}{1 \text{ ماه}} = 1 \text{ بیشترین مقدار HCl تولیدی}$$

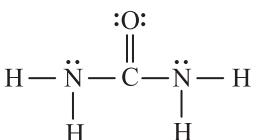
$$66 \text{ g HCl} = \frac{36}{58} \frac{\text{g HCl}}{\text{mol HCl}} \times \frac{2 \text{ L محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{30 \text{ روز}}{1 \text{ ماه}} \times \frac{30 \text{ روز}}{1 \text{ ماه}} = 1 \text{ کمترین مقدار HCl تولیدی}$$

عبارت (پ): همه گازهای نجیب در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود فاقد الکترون منفرد هستند و دومین گاز نجیب از نظر عدد اتمی نئون ( ${}_{10}\text{Ne}$ ) است. نئون با یون سدیم ( ${}_{11}\text{Na}^+$ )

که کاتیون صابونهای جامد و با یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) که کاتیون صابونهای مایع است، هم الکترون می‌باشد. عبارت (ت): فرم کلی صابونهای پتاسیم دار و پاک کننده‌های غیرصابونی به ترتیب به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOK}$  و  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$  است. در صورت یکسان بودن n در هر دو ترکیب، اختلاف جرم مولی این دو پاک کننده برابر است با:

$$96 \text{ g.mol}^{-1} = [M_R + 179] - [M_R + 83] = [M_R + (6 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 32) + (3 \times 16) + (1 \times 23)] - [M_R + (1 \times 12) + (2 \times 16) + (1 \times 39)]$$

pH آب گازدار برابر است با:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(10^{-4}) = 4$



نسبت خواسته شده برابر  $\frac{96}{4} = 24$  است. عبارت (ث): ساختار لوویس اوره  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$  به صورت زیر است. نسبت

شمار جفت الکترونهای ناپیوندی به شمار الکترونهای پیوندی در اوره برابر  $\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$  است.

۳ ۱۸۷۰ B محاسبه pH محلول HCl: هیدروکلریک اسید، یک اسید قوی تک‌طرفیتی است، پس:

$$[\text{H}^+] = M = 6 \times 10^{-2} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2 \times 3 \times 10^{-2}) = 2 - 0.3 - 0.5 = 1.2$$

محاسبه pH محلول  $\text{Ba(OH)}_2$ : با توجه به اینکه  $\text{Ba(OH)}_2$  یک باز قوی دوظرفیتی است:

$$[\text{OH}^-] = M.n = 4 \times 10^{-3} \times 2 = 8 \times 10^{-3}, \quad K = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{K}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{8 \times 10^{-3}} = 1.25 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(1.25 \times 10^{-12}) = -\log(5^3 \times 10^{-14}) = (3 \times -0.7) + 14 = 11.9$$

تفاوت pH این دو محلول برابر  $10.7 - (11.9 - 1.2) = 10.7 - 10.7 = 0$  است.

۱۸۷۱ B ۴ ابتدا تعداد مول  $H^+$  را در اسید پیدا می‌کنیم:

$$? \text{ mol } H^+ = 1120 \text{ mL HBr} \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{22400 \text{ mL HBr}} \times \frac{1 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol HBr}} = 0.05 \text{ mol } H^+$$

حال غلظت  $H^+$  را در محلول اسید به دست می‌آوریم. حجم محلول را تقریباً با حجم آب مقطر، برابر در نظر می‌گیریم:

$$[H^+] = \frac{\text{mol } H^+}{\text{حجم محلول}} = \frac{0.05}{0.5} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{pH} = -\log[0.1] = 1$$

در آب خالص در دمای  $25^\circ\text{C}$ ،  $\text{pH} = 7$  است، پس میزان کاهش pH را به دست می‌آوریم:

۱۸۷۲ B ۱ ابتدا با توجه به نسبت داده شده و مقدار K در دمای اتاق، pH محلول اسید HI را به دست می‌آوریم:

$$[OH^-] = 4 \times 10^{-12} [H^+], \quad [OH^-][H^+] = 10^{-14} \Rightarrow 4 \times 10^{-12} [H^+]^2 = 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس pH محلول سود (NaOH) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log 0.05 = 2 - \log 5 = 1.3$$

$$[OH^-] = M = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{pOH} = -\log[OH^-] = 5 - 2 \log 5 = 3/6, \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 3/6 = 10.4$$

$$\text{نسبت مورد نظر} = \frac{1/3}{10/4} = 0.125$$

۱۸۷۳ B ۳ حالت (۱): pH محلول از ۷ (حالت خنثی) به ۴/۷ رسیده است. با توجه به pH ابتدا غلظت و سپس مقدار ماده حل‌شونده در محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{pH} = 4/7, \quad \text{pH} = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4/7} = 10^{-5} \times 10^{+3/7} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g HNO}_3 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol HNO}_3 \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} = 0.252 \text{ g HNO}_3$$

$$? \text{ g HNO}_3 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol HNO}_3 \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} = 0.252 \text{ g HNO}_3$$

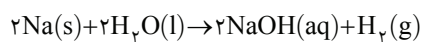
حالت (۲): pH محلول از ۷ (حالت خنثی) به ۱۲ رسیده است. با توجه به pH ابتدا غلظت و سپس مقدار ماده حل‌شده در محلول را به دست می‌آوریم.

$$\text{pH} = 12, \quad \text{pH} = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{[H^+][OH^-] = 10^{-14}} [OH^-] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g KOH} = 2 \text{ mol KOH} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}} = 112 \text{ g KOH}$$

$$? \text{ g KOH} = 2 \text{ mol KOH} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}} = 112 \text{ g KOH}$$

۱۸۷۴ B ۲ در واکنش فلز سدیم با آب، هر ۲ مول سدیم، ۲ مول باز قوی تک‌ظرفیتی NaOH تولید می‌کند.



ابتدا غلظت سود تولید شده و سپس pOH و pH را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol NaOH} = 9/2 \text{ g Na} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{23 \text{ g Na}} = 0.28 \text{ mol NaOH}$$

$$M = \frac{0.28 \text{ mol NaOH}}{2/8 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = M = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[OH^-] = -\log(0.1) = 1 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pH} = 14 - 1 = 13$$

۱۸۷۵ B ۴ قسمت اول: ابتدا pOH و غلظت  $OH^-$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 13 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 14 - 13 = 1 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-\text{pOH}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به واکنش فلز Ba با آب می‌توان جرم Ba حل‌شده را محاسبه کرد:



$$\text{Ba} \text{ گرم} = 10 \text{ L محلول} \times \frac{0.05 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Ba}}{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2} \times \frac{137 \text{ g Ba}}{1 \text{ mol Ba}} = 68.5 \text{ g Ba}$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه غلظت محلول باریوم هیدروکسید ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) برابر  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  است، پس غلظت یون  $\text{Ba}^{2+}$  در محلول برابر  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  است.

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.1} = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$$

در ادامه غلظت یون هیدرونیوم ( $H^+$ ) را محاسبه می‌کنیم:

نسبت غلظت  $\text{Ba}^{2+}$  به  $H^+$  برابر  $5 \times 10^{11}$  است.



۱۸۷۶ B ابتدا تعداد مول  $\text{OH}^-$  حاصل از  $\text{NaOH}$  اضافه شده را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol OH}^- = \frac{۰/۶ \text{ mol NaOH}}{۱۰۰ \text{ mol NaOH}} \times \frac{۱ \text{ mol OH}^-}{۱ \text{ mol NaOH}} = ۰/۴۸ \text{ mol OH}^-$$

$$? \text{ mol OH}^- \text{ در } V \text{ L محلول} = \frac{۰/۳ \text{ mol OH}^-}{۱ \text{ L محلول}} \Rightarrow V = ۰/۳ \text{ L}$$

اکنون با داشتن  $\text{pOH}$  نهایی محلول می توان حجم محلول را محاسبه کرد:

$$\text{pH} = ۱۳/۸ \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = ۱۴} \text{pOH} = ۱۴ - ۱۳/۸ = ۰/۲ \xrightarrow{[\text{OH}^-] = ۱۰^{-\text{pOH}}} [\text{OH}^-] = ۱۰^{-۰/۲} = ۱۰^{۰/۵} = ۱۰^{۰/۷} = \frac{۳}{۵} = ۰/۶$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{تعداد کل مول های OH}^-}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{۰/۴۸ + ۰/۳V}{V} \Rightarrow V = ۱/۶ \text{ L}$$

۱۸۷۷ B قسمت اول: لیتیم اکسید ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) یک اکسید بازی است و خواص آن مشابه  $\text{CaO}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  است. قسمت دوم:  $\text{pH}$  آب مقطر برابر با ۷ است:

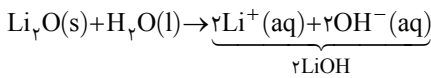
بنابراین  $\text{pH}$  محلول حاصل که ۵۰٪ بیشتر از  $\text{pH}$  آب مقطر است برابر  $۱۰/۵(\gamma) + ۷$  می باشد.

با توجه به  $\text{pH}$  محلول حاصل می توانیم غلظت یون های  $\text{OH}^-$  را به دست آوریم:

$$\text{pH} + \text{pOH} = ۱۴ \xrightarrow{\text{pH} = ۰/۵} \text{pOH} = ۱۴ - ۰/۵ = ۳/۵$$

$$[\text{OH}^-] = ۱۰^{-\text{pOH}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = ۱۰^{-۳/۵} = ۱۰^{-۰/۵} \times ۱۰^{-۲} = ۳ \times ۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون با توجه به معادله واکنش انحلال لیتیم اکسید در آب، جرم  $\text{Li}_2\text{O}$  را محاسبه می کنیم:



$$? \text{ mg Li}_2\text{O} = \frac{۲ \text{ mol OH}^-}{۳ \times ۱۰^{-۴} \text{ mol OH}^-} \times \frac{۱ \text{ mol Li}_2\text{O}}{۲ \text{ mol OH}^-} \times \frac{۳۰ \text{ g Li}_2\text{O}}{۱ \text{ mol Li}_2\text{O}} \times \frac{۱۰۰۰ \text{ mg Li}_2\text{O}}{۱ \text{ g Li}_2\text{O}} = ۱۱/۲۵ \text{ mg Li}_2\text{O}$$

$$\frac{\text{OH}^- \text{ غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Li}_2\text{O}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow x = ۱۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳} \text{ g Li}_2\text{O} = ۱۱/۲۵ \text{ mg Li}_2\text{O}$$

۱۸۷۸ B با توجه به اینکه غلظت  $\text{H}^+$  به صورت  $[\text{H}^+] = ۱۰^{-\text{pH}}$  است، هرچه اختلاف  $\text{pH}$ ها بیشتر و هرچه  $\text{pH}$  کوچک تر باشد، اختلاف غلظت  $\text{H}^+$  بیشتر خواهد بود؛ پس به میزان بیشتری اسید برای تولید  $\text{H}^+$  و کاهش  $\text{pH}$  نیاز است.

اختلاف غلظت  $\text{H}^+$  در گزینه (۴) بیشتر است:

$$[\text{H}^+] \text{ اختلاف} = (۱۰^{-۲}) - (۱۰^{-۳}) = ۹ \times ۱۰^{-۳} \text{ mol.L}^{-1}$$

بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): اختلاف غلظت  $\text{H}^+$  برابر  $۹ \times ۱۰^{-۶} \text{ mol.L}^{-1}$  است.

گزینه (۲): اختلاف غلظت  $\text{H}^+$  برابر  $۹ \times ۱۰^{-۵} \text{ mol.L}^{-1}$  است.

گزینه (۳): اختلاف غلظت  $\text{H}^+$  برابر  $۹ \times ۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-1}$  است.

۱۸۷۹ B ابتدا غلظت مولی و تعداد مول اسید در  $۶۴۰$  میلی لیتر محلول اسید را به دست می آوریم:

$$\text{pH} = ۰/۳ \Rightarrow [\text{H}^+] = ۱۰^{-\text{pH}} = ۱۰^{-۰/۳} = ۰/۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

حال از حجم محلول  $\text{HNO}_3$  به حجم محلول ۲۴٪ جرمی با چگالی  $۱/۲۶ \text{ g.mL}^{-1}$  می رسیم:

$$? \text{ mL محلول} = \frac{۰/۳۲ \text{ mol HNO}_3}{۱ \text{ mol HNO}_3} \times \frac{۶۳ \text{ g HNO}_3}{۱۰۰ \text{ g محلول}} \times \frac{۱ \text{ mL محلول}}{۱/۲۶ \text{ g محلول}} = ۶۷ \text{ mL}$$

۱۸۸۰ B قسمت دوم: ابتدا غلظت  $\text{H}^+$  را در محلول  $\text{HCl}$  محاسبه می کنیم:

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{OH}^-]} = ۱۰^{۱۲} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{[\text{H}^+]}{۱۰^{۱۲}}$$

حال  $\text{pH}$  محلول  $\text{HCl}$  را حساب می کنیم:

قسمت اول: معادله واکنش محلول  $\text{HCl}$  با  $\text{NaHCO}_3$  به صورت مقابل است:

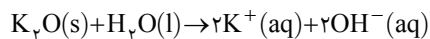
مقدار گاز  $\text{CO}_2$  تولیدی به ازای مصرف  $۵۰۰$  میلی لیتر محلول  $\text{HCl}$  را به یکی از روش های زیر محاسبه می کنیم:

$$? \text{ L CO}_2 = \frac{۵۰۰ \text{ mL HCl}}{۱۰۰۰ \text{ mL HCl}} \times \frac{۱ \text{ L HCl}}{۱ \text{ L HCl}} \times \frac{۱ \text{ mol CO}_2}{۱ \text{ mol HCl}} \times \frac{۲۲/۴ \text{ L CO}_2}{۱ \text{ mol CO}_2} = ۱/۱۲ \text{ L CO}_2$$

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم CO}_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۰/۵ \times ۰/۱}{۱} = \frac{V \text{ L CO}_2}{۱ \times ۲۲/۴} \Rightarrow V = ۱/۱۲ \text{ L CO}_2$$

۱۸۸۱ P ابتدا تعداد مول  $K_2O$  تولید شده را به دست می‌آوریم:  $? \text{ mol } K_2O = 30/3 \text{ g } KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KNO_3}{101 \text{ g } KNO_3} \times \frac{2 \text{ mol } K_2O}{4 \text{ mol } KNO_3} = 0.15 \text{ mol } K_2O$

سپس غلظت  $K_2O$  و غلظت یون  $OH^-$  را محاسبه می‌کنیم:



$$M = \frac{0.15 \text{ mol } K_2O}{0.075 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ mol.L}^{-1}, \quad [OH^-] = M.n = 0.2 \times 2 = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون pH محلول را به دست می‌آوریم:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 0.4 = 0.4 \Rightarrow pH = 14 - pOH = 14 - 0.4 = 13.6$$

۱۸۸۲ C قسمت اول: واکنش موازنه شده به صورت  $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$  است. تغییر جرم تنها به دلیل مصرف Mg است.

بنابراین ابتدا از جرم Mg مصرفی، مقدار  $[H^+]$  مصرفی را به دست می‌آوریم: مصرفی  $? \text{ mol } H^+ = 0.3 \text{ g } Mg \times \frac{1 \text{ mol } Mg}{24 \text{ g } Mg} \times \frac{2 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol } Mg} = 0.025 \text{ mol } H^+$

$$[H^+]_{\text{مصرفی}} = \frac{n}{V} = \frac{0.025 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1} \quad pH_{\text{اولیه}} = 1 \Rightarrow [H^+]_{\text{اولیه}} = 10^{-1} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$pH_{\text{نهایی}} = -\log(0.05) = 1.3$ ,  $pH = 14 - 0.05 = 13.95$  غلظت  $H^+$  اولیه = غلظت  $H^+$  باقی مانده

قسمت دوم: با توجه به اینکه  $\Delta H$  واکنش برابر  $-120 \text{ kJ}$  است، مقدار گرمای آزاد شده به ازای مصرف  $0.3 \text{ g}$  فلز Mg را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ kJ} = 0.3 \text{ g } Mg \times \frac{1 \text{ mol } Mg}{24 \text{ g } Mg} \times \frac{120 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } Mg} = 1.5 \text{ kJ}$$

۱۸۸۳ C قسمت اول: ابتدا تعداد مول باریم هیدروکسید و سپس مولاریته محلول آن را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol } Ba(OH)_2 = 427/5 \times 10^{-3} \text{ g } Ba(OH)_2 \times \frac{1 \text{ mol } Ba(OH)_2}{171 \text{ g } Ba(OH)_2} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ mol}, \quad Ba(OH)_2 \text{ مولاریته} = \frac{2/5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{250 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

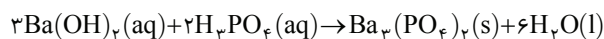
سپس با توجه به اینکه باریم هیدروکسید  $(Ba(OH)_2)$  یک باز قوی دوعاملی است، از غلظت مولی باریم هیدروکسید، غلظت یون هیدروکسید را حساب می‌کنیم:

$$[OH^-] = M.n \xrightarrow{n=2} [OH^-] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

حال از غلظت  $OH^-$  محلول، غلظت  $H^+$  موجود در محلول را محاسبه و سپس pH محلول را به دست می‌آوریم:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \xrightarrow{[OH^-] = 2 \times 10^{-2}} [H^+] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-13}) = 13 - \log 5 = 13 - 0.7 = 12.3$$



قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mg } Ba_3(PO_4)_2 = 150 \times 10^{-3} \text{ L } Ba(OH)_2 \text{ محلول} \times \frac{10^{-2} \text{ mol } Ba(OH)_2}{1 \text{ L } Ba(OH)_2 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } Ba_3(PO_4)_2}{3 \text{ mol } Ba(OH)_2} \times \frac{601 \text{ g } Ba_3(PO_4)_2}{1 \text{ mol } Ba_3(PO_4)_2} \times \frac{10^3 \text{ mg } Ba_3(PO_4)_2}{1 \text{ g } Ba_3(PO_4)_2} = 300/5 \text{ mg } Ba_3(PO_4)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی محلول} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{Ba_3(PO_4)_2 \times \text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{(150 \times 10^{-3}) \times 10^{-2}}{3} = \frac{x \text{ g } Ba_3(PO_4)_2}{1 \times 601} \Rightarrow x = 0.3005 \text{ g} = 300/5 \text{ mg } Ba_3(PO_4)_2$$

۱۸۸۴ C معادله موازنه شده واکنش تولید صابون به صورت مقابل است:  $C_{17}H_{35}(C_{18}H_{35}O_2)_2 + 3NaOH \rightarrow 3C_{17}H_{35}CO_2Na + C_{18}H_{35}(OH)_2$

ابتدا مقدار مول NaOH لازم برای تولید  $489/6$  گرم صابون را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } NaOH = 489/6 \text{ g صابون} \times \frac{1 \text{ mol صابون}}{306 \text{ g صابون}} \times \frac{3 \text{ mol } NaOH}{1 \text{ mol صابون}} = 2 \text{ mol } NaOH$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{NaOH \text{ مول} \times R}{100} \Rightarrow \frac{489/6}{3 \times 306} = \frac{x \times 100}{3} \Rightarrow x = 2 \text{ mol } NaOH$$

روش دوم (تناسب):

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-13.7} = 10^{-14+0.3} = 10^{-14} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت مولی محلول NaOH را از pH آن حساب می‌کنیم:

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow 2 \times 10^{-14} \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = M\alpha \Rightarrow M_{NaOH} = \frac{[OH^-]}{\alpha} \xrightarrow{\alpha=1} M_{NaOH} = 0.5 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون حجم محلول NaOH مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mL } NaOH = 2 \text{ mol } NaOH \times \frac{1 \text{ L } NaOH \text{ محلول}}{0.5 \text{ mol } NaOH} \times \frac{10^3 \text{ mL } NaOH \text{ محلول}}{1 \text{ L } NaOH \text{ محلول}} = 4 \times 10^3 \text{ mL } NaOH$$



همه موارد درست هستند. ابتدا عدد  $10^{-12/7}$  را که برابر حاصل ضرب  $[H^+]$  در  $[OH^-]$  است به عددی استاندارد تبدیل می‌کنیم:

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-12/7} = 10^{-12+0/3} = 10^{-12} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-13}$$

بررسی موارد: مورد اول: در آب خالص غلظت یون‌های  $H^+$  و  $OH^-$  برابر است؛ بنابراین:

$$[H^+] \times [OH^-] = 2 \times 10^{-13} \xrightarrow{[H^+] = [OH^-]} [H^+]^2 = 2 \times 10^{-13} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{2 \times 10^{-13}} = \sqrt{2} \times 10^{-6/5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\sqrt{2} \times 10^{-6/5}) = -\left(\frac{1}{2} \log 2 + \log 10^{-6/5}\right) = -\left(0/15 - 6/5\right) = 6/35$$

مورد دوم: با توجه به مورد اول، محلول‌های آبی با pH بزرگ‌تر از ۶/۳۵ خاصیت بازی دارند، پس در این شرایط، محلول‌های آبی با pH بزرگ‌تر از ۷ همگی خاصیت

بازی دارند. مورد سوم: معادلهٔ تفکیک باریم هیدروکسید در آب به صورت مقابل است:

ابتدا غلظت یون  $OH^-$  را حساب می‌کنیم:

$$[OH^-] = M.n.\alpha = (1/5 \times 10^{-2}) \times 2 \times 1 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت یون  $H^+$  را به دست می‌آوریم:

$$[H^+] \times [OH^-] = 2 \times 10^{-13} \Rightarrow [H^+] \times 2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-13} \Rightarrow [H^+] = \frac{2}{3} \times 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

در آخر pH محلول باریم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = -\log[H^+] = -\log\left(\frac{2}{3} \times 10^{-11}\right) = 11 - \log 2 + \log 3 = 11 - 0/3 + 0/5 = 11/2$$

مورد چهارم: ابتدا فرض می‌کنیم که هیدروفلوئوریک اسید یک اسید قوی است و pH محلول ۰/۱ مولار آن را حساب می‌کنیم:

$$[H^+] = M.n.\alpha = 0/1 \times 1 \times 1 = 0/1 \text{ mol.L}^{-1} \quad pH = -\log[H^+] = -\log(0/1) = 2$$

از آنجا که هیدروفلوئوریک اسید یک اسید ضعیف است؛ غلظت یون  $H^+$  در آب کمتر از ۰/۱ مولار بوده و pH آن بزرگ‌تر از ۲ است.

۱۸۸۶ ۲ طبق اطلاعات سؤال، شرایطی مورد قبول است و باعث رشد جلبک می‌شود که pH نمونه در محدوده ۵ تا ۸/۳ قرار داشته باشد. بررسی موارد: مورد اول:

در اثر افزودن ۲۰ میلی‌لیتر محلول KOH حجم آن از ۲۰ mL به ۲۰ L می‌رسد و در واقع ۱۰۰۰ مرتبه رقیق‌تر می‌شود؛ پس pH آن به اندازه ۳ به ۱۰<sup>۳</sup> واحد به pH‌های خنثی نزدیک‌تر شده و از ۱۱ به ۸ می‌رسد ← رشد جلبک مورد دوم: ابتدا شمار مول‌های سدیم هیدروکسید را محاسبه کرده و pH محلول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol NaOH} = 0/4 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{6 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g NaOH}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$[NaOH] = [OH^-] = \frac{\text{مول NaOH}}{\text{حجم محلول}} = \frac{6 \times 10^{-3}}{20} = 3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

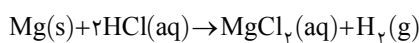
$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(3 \times 10^{-4}) = 4 - \log 3 = 4 - 0/5 = 3/5 \xrightarrow{pH + pOH = 14} pH = 10/5 \rightarrow \text{عدم رشد جلبک}$$

مورد سوم: طی این فرایند حجم محلول HCl از ۴ mL به ۲۰ L رسیده و ۵۰۰۰ برابر شده است. پس مقدار pH آن به اندازه  $\log 5000$  یعنی ۳/۷ به pH‌های خنثی

نزدیک شده و به ۶/۴ می‌رسد ← رشد جلبک مورد چهارم:

$$[HNO_3] = [H^+] = \frac{6/3 \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3}}{20 \text{ L}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad pH = -\log(5 \times 10^{-3}) = 3 - \log 5 = 3 - 0/7 = 2/3 \rightarrow \text{عدم رشد جلبک}$$

۱۸۸۷ ۲ عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست‌اند. فلز مورد نظر  $Mg^{2+}$  بوده و معادلهٔ واکنش موازنه شده به صورت زیر می‌باشد:



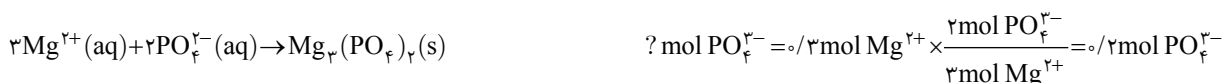
$$? \text{ L } H_2 = 7/2 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{22/4 \text{ L } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 6/72 \text{ L } H_2$$

بررسی عبارتهای (الف):

عبارت (ب): ۰/۶ مول اسید در واکنش مصرف می‌شود که غلظت آن در حجم ۲ لیتر برابر ۰/۳ مولار می‌باشد و در اسید قوی تک‌ظرفیتی  $[H^+] = M = 0/3 \text{ mol.L}^{-1}$

پH =  $-\log(3 \times 10^{-1}) = 1 - \log 3 \approx 0/5$  بوده و در نتیجه داریم:

عبارت (پ): به‌ازای مصرف ۰/۳ مول فلز، ۰/۳ مول  $MgCl_2$  که حاوی ۰/۳ مول یون  $Mg^{2+}$  است، تولید می‌شود که با افزودن یون فسفات به رسوب تبدیل می‌شود.



عبارت (ت): در مورد عنصر منیزیم از بین ۳ ایزوتوپ آن  $Mg^{24}$  بیشترین درصد فراوانی و  $Mg^{25}$  کمترین درصد فراوانی را داشته و درصد فراوانی  $Mg^{26}$  مابین این دو می‌باشد.

۱۸۸۸ ۴ با داشتن تعداد مول  $H^+$  و حجم محلول، ابتدا غلظت  $H^+$  را به دست آورده و سپس با توجه به اینکه اسید ضعیف HA یک‌ظرفیتی است، می‌توان  $\alpha$  را محاسبه کرد.

$$[H^+] = \frac{2/7 \times 10^{-4} \text{ mol } H^+}{0/4 \text{ L محلول}} = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(6 \times 10^{-4}) = 4 - \log 2 - \log 3 = 4 - 0/3 - 0/5 = 3/2$$

$$[H^+] = \alpha.M \Rightarrow \alpha = \frac{6 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 6 \times 10^{-2} \xrightarrow{\% \alpha = \alpha \times 100} \% \alpha = 6 \times 10^{-2} \times 100 = 6\%$$



pH=۱۱  $\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}$  pOH=۳  $\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}$   $[OH^-]=۱۰^{-۳} \text{ mol.L}^{-1}$  ابتدا غلظت  $OH^-$  را محاسبه می‌کنیم: ۴ ۱۸۸۹ B

$\alpha = \frac{۰/۰۲}{۱۰۰} = ۲ \times ۱۰^{-۴}$   $[OH^-] = \alpha \cdot M \Rightarrow M = \frac{۱۰^{-۳}}{۲ \times ۱۰^{-۴}} = ۵ \text{ mol.L}^{-1}$  اکنون، غلظت مولی باز را پیدا می‌کنیم:

۴ ۱۸۹۰ B کلسیم هیدروکسید یک باز قوی دوظرفیتی است، پس:

$[OH^-] = M \cdot n = ۶ \times ۱۰^{-۲} \times ۲ = ۱۲ \times ۱۰^{-۲} \text{ mol.L}^{-1}$   $\xrightarrow{pOH = -\log[OH^-]}$  pOH =  $-\log(۳ \times ۲ \times ۱۰^{-۲}) = ۲ - ۰/۵ - ۲(۰/۳) = ۰/۹$

pH = ۱۴ - pOH = ۱۴ - ۰/۹ = ۱۳/۱

$\alpha = ۲/۵ \times ۱۰^{-۲}$  استیک اسید، یک اسید ضعیف تک‌ظرفیتی است، پس:

$[H^+] = M \cdot \alpha = ۱/۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۲/۵ \times ۱۰^{-۲} = ۳ \times ۱۰^{-۵} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = ۵ - \log ۳ = ۴/۵$ ، اختلاف pHها =  $۱۳/۱ - ۴/۵ = ۸/۶$

۴ ۱۸۹۱ B ابتدا غلظت  $H^+$  و سپس تعداد مول اسید را محاسبه کرده و در نهایت با استفاده از جرم اسید، جرم مولی آن را می‌یابیم:

pH = ۴  $\Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-1}$ ،  $\alpha = \frac{۰/۲}{۱۰۰} = ۲ \times ۱۰^{-۳}$

$[H^+] = \alpha \cdot M \Rightarrow M = \frac{۱۰^{-۴}}{۲ \times ۱۰^{-۳}} = ۰/۰۵ \text{ mol.L}^{-1}$ ،  $\frac{۰/۰۵ \text{ mol HA}}{۱ \text{ L محلول}} \times \text{محلول} = ۲۵ \times ۱۰^{-۳} \text{ mol HA}$

$۲۵ \times ۱۰^{-۳} \text{ mol HA} = ۱/۹۵ \text{ g HA} \times \frac{۱ \text{ mol HA}}{x \text{ g HA}} \Rightarrow x = ۷۸ \text{ g.mol}^{-1}$

۲ ۱۸۹۲ B ابتدا غلظت  $OH^-$  را محاسبه می‌کنیم:

pH = ۱۱/۳  $\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}$  pOH = ۲/۷  $\xrightarrow{[OH^-]=۱۰^{-pOH}}$   $[OH^-] = ۱۰^{-۲/۷} = ۱۰^{-۳+۰/۳} = ۲ \times ۱۰^{-۳} \text{ mol.L}^{-1}$

$[OH^-] = \alpha \cdot M \Rightarrow M = \frac{۲ \times ۱۰^{-۳}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۲}} = ۰/۱۲۵ \text{ mol.L}^{-1}$  درجه یونش  $NH_3$  برابر  $\frac{۱/۶}{۱۰۰}$  است، پس می‌توان غلظت و جرم  $NH_3$  را محاسبه کرد:

? g  $NH_3 = ۰/۴۸ \text{ L محلول} \times \frac{۰/۱۲۵ \text{ mol } NH_3}{۱ \text{ L محلول}} \times \frac{۱۷ \text{ g } NH_3}{۱ \text{ mol } NH_3} = ۱/۰۲ \text{ g } NH_3$

۱ ۱۸۹۳ B قسمت اول: رابطه میان غلظت اولیه اسید، درجه یونش و غلظت  $H^+$  در محلول آن به صورت  $[H^+] = M \cdot \alpha$  است؛ بنابراین:

$\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}} = \frac{M_{HA} \cdot \alpha_{HA}}{M_{HD} \cdot \alpha_{HD}} \xrightarrow{M_{HA} = M_{HD}}$   $\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}} = \frac{\alpha_{HA}}{\alpha_{HD}} = \frac{\lambda}{۳/۲} = ۲/۵$

قسمت دوم: ابتدا غلظت یون  $H_3O^+$  موجود در محلول HA را محاسبه می‌کنیم تا بتوانیم غلظت یون  $H_3O^+$  و pH محلول حاوی اسید HD را به دست آوریم:

pH<sub>HA</sub> = ۴  $\Rightarrow [H_3O^+]_{HA} = ۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-1}$

$\frac{[H_3O^+]_{HA}}{[H_3O^+]_{HD}} = ۲/۵ \Rightarrow \frac{۱۰^{-۴}}{[H_3O^+]_{HD}} = ۲/۵ \Rightarrow [H_3O^+]_{HD} = ۴ \times ۱۰^{-۵} \text{ mol.L}^{-1}$

از قسمت قبل داریم:

pH<sub>HD</sub> =  $-\log[H_3O^+] = -\log(۴ \times ۱۰^{-۵}) = ۵ - \log ۴ = ۵ - ۲ \log ۲ = ۵ - ۲ \times (۰/۳) = ۴/۴$

سپس pH محلول ۰/۲ مولار باز قوی و تک‌عاملی پتاسیم هیدروکسید ( $n=۱, \alpha=۱$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$[OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha = ۰/۲ \times ۱ \times ۱ = ۰/۲ \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pOH = -\log[OH^-] = -\log(۰/۲) = ۱ - \log ۲ = ۱ - ۰/۳ = ۰/۷$

pH + pOH = ۱۴  $\Rightarrow$  pH = ۱۴ - ۰/۷ = ۱۳/۳

$\frac{pH_{HD}}{pH_{KOH}} = \frac{۴/۴}{۱۳/۳} = ۰/۳۳$

بنابراین نسبت pH محلول HD به محلول KOH برابر است با:

۱ ۱۸۹۴ B قسمت اول: غلظت مولی اسیدهای HA و HD را به صورت جداگانه حساب کرده و نسبت آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$HA: [H^+] = M_{HA} \cdot \alpha_{HA} \Rightarrow ۱۰^{-۲} = M_{HA} \times ۱۰^{-۱} \Rightarrow M_{HA} = ۱۰^{-۱} \text{ mol.L}^{-1}$   
 $HD: [H^+] = M_{HD} \cdot \alpha_{HD} \Rightarrow ۱۰^{-۳} = M_{HD} \times ۰/۲ \Rightarrow M_{HD} = ۵ \times ۱۰^{-۳} \text{ mol.L}^{-1}$   $\left. \vphantom{M_{HD}} \right\} \Rightarrow \frac{M_{HA}}{M_{HD}} = \frac{۱۰^{-۱}}{۵ \times ۱۰^{-۳}} = ۲۰$

قسمت دوم: غلظت یون هیدروکسید را در محلول دو اسید به صورت جداگانه محاسبه کرده و نسبت آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$\left. \begin{aligned} HA \text{ در محلول: } [OH^-]_{HA} &= \frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]_{HA}} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۲}} = ۱۰^{-۱۲} \text{ mol.L}^{-1} \\ HD \text{ در محلول: } [OH^-]_{HD} &= \frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]_{HD}} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۳}} = ۱۰^{-۱۱} \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{[OH^-]_{HA}}{[OH^-]_{HD}} = \frac{۱۰^{-۱۲}}{۱۰^{-۱۱}} = ۱۰^{-۱}$



۱ ۱۸۹۵ B پاسخ پرسش‌ها: پرسش (الف): هر دو حل‌شونده، اسید آرنیوس هستند، زیرا در هر دو ظرف شاهد تولید یون هیدرونیوم ( $H_3O^+$ ) هستیم. پرسش (ب):

در ظرف (۱)،  $10^{-3}$  ذره اسید حل شده است و همگی یونیده شده‌اند و  $10^{-3}$  ذره یون هیدرونیوم و  $10^{-3}$  ذره آنیون اسید تولید شده است. پس درجه یونش این اسید  $\alpha_1 = 1$  است. در ظرف (۲)،  $10^{-3}$  ذره اسید حل شده است، اما فقط یک مولکول آن یونیده شده و  $10^{-3}$  ذره یون هیدرونیوم و  $10^{-3}$  ذره آنیون اسید تولید شده است. پس درجه یونش این اسید  $\alpha_2 = 1/9$  است: پرسش (پ): ظرف (۱) حاوی  $10^{-3}$  ذره یون هیدرونیوم است، پس:

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ mol}}{5 \times 10^{-1} \text{ L}} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH}_1 = -\log(2 \times 10^{-2}) = 2 - \log 2 = 2 - 0.3 = 1.7$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ mol}}{5 \times 10^{-1} \text{ L}} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH}_2 = -\log(2 \times 10^{-3}) = 3 - \log 2 = 3 - 0.3 = 2.7$$

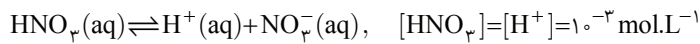
ظرف (۲) حاوی  $10^{-3}$  ذره یون هیدرونیوم است، پس:

$$\text{pH}_1 + \text{pH}_2 = 1.7 + 2.7 = 4.4$$

۳ ۱۸۹۶ B با توجه به اینکه نیتریک اسید ( $HNO_3$ ) یک اسید قوی است؛ پس غلظت مولار محلول آن برابر  $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  است.

$$M_{HNO_3} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

از آنجا که pH محلول دو اسید یکسان است، پس غلظت یون هیدرونیوم در دو محلول یکسان و برابر  $10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  می‌باشد. اکنون با توجه به  $K_a$  و غلظت یون هیدرونیوم در محلول اسید HA، غلظت اولیه آن را به دست می‌آوریم:



$$\text{pH}_{(HNO_3)} = \text{pH}_{(HA)} \xrightarrow{\text{pH} = -\log[H^+]} [H^+]_{(HNO_3)} = [H^+]_{(HA)} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = 10^{-3} \alpha \Rightarrow \alpha = 0.2, \quad [H^+] = M.n.\alpha \Rightarrow 10^{-3} = M_{HA} \times 0.2 \Rightarrow M_{HA} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{غلظت محلول HA}}{\text{غلظت محلول HNO}_3} = \frac{5 \times 10^{-3}}{10^{-3}} = 5$$

اکنون نسبت خواسته شده در صورت سؤال را به دست می‌آوریم:

\* توجه برخی دانش‌آموزان در حل این مسئله، به دلیل غلظت پایین اسید، در مخرج رابطه  $K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$ ، از  $\alpha$  برابر یک صرف نظر نکردند و برای  $\alpha$  عدد دقیق‌تری به دست آوردند و در نهایت به گزینه «۴» رسیدند ولی دقت کنید که چون در متن سؤال واژه «به تقریب» آمده است، حتماً باید در مخرج این رابطه از  $\alpha$  در برابر یک صرف نظر نموده و از رابطه ساده‌تر  $K_a = M\alpha^2$  استفاده کرد.

۲ ۱۸۹۷ B با توجه به آنکه NaOH یک باز قوی تک‌ظرفیتی است، داریم:

$$\text{pH} = 12.3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-12.3} \Rightarrow [H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-1/7} \Rightarrow [OH^-] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \quad M_{NaOH} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g NaOH} = 100 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{0.2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 8 \times 10^{-2} \text{ g NaOH}$$

$$\text{pH} = 4.7 \Rightarrow [H^+] = 10^{-4.7} = 2 \times 10^{-5}$$

$$M = \frac{[H^+]}{\alpha} = \frac{2 \times 10^{-5}}{0.2} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

برای محلول اسیدی می‌توان نوشت:

$$? \text{ mg HA} = 100 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{10^{-3} \text{ mol HA}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{60 \text{ g HA}}{1 \text{ mol HA}} \times \frac{1000 \text{ mg HA}}{1 \text{ g HA}} = 6 \text{ mg HA}$$

۲ ۱۸۹۸ B ابتدا جدول تغییر غلظت‌ها را رسم کرده و غلظت‌های پس از یونش را بر حسب X به دست می‌آوریم.

	$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$		
قبل یونش	۶۰۰	۰	۰
بعد یونش	۶۰۰-X	X	X

$$600 - X + X + X = 630 \Rightarrow 600 + X = 630 \Rightarrow X = 30$$

$$\alpha = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}} = \frac{30}{600} = \frac{1}{20} = 0.05$$

قسمت اول: محاسبه درجه یونش اسید:

قسمت دوم: محاسبه pH محلول:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-3}} = \frac{1}{2} \times 10^{-11} = 5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

محاسبه غلظت  $OH^-$  محلول:

$$\text{pH} = \frac{2}{7} = 0.286 \Rightarrow 10^{0.286} = 1.94 \Rightarrow 5 \times 10^{-12} \times 1.94 = 9.7 \times 10^{-12}$$

به دست آوردن نسبت pH به  $[OH^-]$  محلول:

ابتدا با استفاده از غلظت ppm محلول به غلظت مولی اسید می‌رسیم:

$$M = \frac{15 \text{ mg CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{60 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت  $\text{H}^+$  و درصد یونش را به دست می‌آوریم:

$$\text{pH} = 5/1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-5/1} = 10^{-5/1} = 10^{-6+0/9} = 8 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+] = M \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{8 \times 10^{-6}}{2.5 \times 10^{-4}} = 3/2 \times 10^{-2}, \quad \% \alpha = \alpha \times 100 = 3/2$$

ابتدا غلظت مولی باز را به دست می‌آوریم:

$$\alpha = \frac{1/6}{100}$$

$$\text{pH} = 12/6 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 12/6 = 14/6 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-14/6} = 10^{-2+0/6} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = M \cdot \alpha \Rightarrow M = \frac{4 \times 10^{-2}}{1/6 \times 10^{-2}} = 2.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به اینکه گفته شده، انحلال پذیری BOH در ۱۰۰ g آب، ۴۰ گرم است، می‌توان نتیجه گرفت که در ۱۴۰ گرم محلول، ۴۰ گرم BOH وجود دارد.

$$152 \text{ g BOH} \times \frac{1 \text{ mol BOH}}{40 \text{ g BOH}} \times \frac{x \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 1 \text{ L محلول} \times 2.4 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow x = 1/33 \Rightarrow \text{چگالی محلول} = 1/33 \text{ g.mL}^{-1}$$

قسمت اول: ابتدا غلظت  $\text{OH}^-$  تولید شده را در این مدت زمان به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{\text{OH}^-} = \frac{[\text{OH}^-]}{\Delta t} \Rightarrow 3/75 \times 10^{-3} = \frac{[\text{OH}^-]}{40} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت  $\text{H}^+$  را محاسبه می‌کنیم:

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{0.15} = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون pH محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log \frac{10^{-12}}{15} = 12 + \log 15 = 13/2$$

قسمت دوم: با توجه به شکل داریم:  $M_{\text{XOH}} = [\text{XOH}]_{\text{تعداد}} + [\text{OH}^-]$  تعادل اولیه  $\text{XOH}$

$$\begin{cases} [\text{OH}^-] = 0.15 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{XOH}] = 0.15 + 0.3 = 0.45 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

$$M_{\text{XOH}} = 0.45 + 0.15 = 0.6 \text{ mol.L}^{-1}$$

قسمت ۴ ۱۹۰۲ ابتدا جدول تغییر مول را برای اسید HA رسم می‌کنیم: (مقدار مول اولیه HA را برابر a mol در نظر می‌گیریم.) با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

	HA(aq)	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+(\text{aq})$	$+$	$\text{A}^-(\text{aq})$
مول اولیه	a		۰		۰
تغییر مول	-x		+x		+x
مول نهایی	a-x		x		x

$$\begin{cases} (a-x) + x + x = 1/919 \\ \frac{a}{2x} = 50 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a+x = 1/919 \\ a = 100x \end{cases}$$

$$\Rightarrow (100x + x) = 1/919 \Rightarrow 101x = 1/919 \Rightarrow x = 1/9 \times 10^{-2}$$

قسمت اول: محاسبه pH محلول HA:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2 \times 10^{-3}) = 3 - \log 2 = 3 - 0.3 = 2.7$

قسمت دوم: محاسبه غلظت یون  $\text{OH}^-$ :

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow (2 \times 10^{-3}) \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

قسمت ۳ ۱۹۰۳ همه عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند. با توجه به داده‌های مسئله می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$\text{HB محلول: } M_1 \cdot \alpha_1 = 10^{-\text{pH}_1} \xrightarrow{M_1 = 0.96} \alpha_1 = \frac{10^{-\text{pH}_1}}{0.96} \quad \text{محلول استیک اسید: } M_2 \cdot \alpha_2 = 10^{-\text{pH}_2} \xrightarrow{M_2 = 0.16} \alpha_2 = \frac{10^{-\text{pH}_2}}{0.16}$$

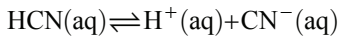
$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{10^{-\text{pH}_2 + 1/5}}{0.96} = \frac{10^{-\text{pH}_2} \times 10^{0.2}}{0.96} = 5 \quad \text{عبارت‌های (الف) و (ب): با توجه به اینکه } \text{pH}_1 = \text{pH}_2 - 1/5 \text{ نسبت } \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \text{ را پیدا می‌کنیم:}$$

با توجه به متفاوت بودن غلظت اولیه اسیدها، برای مقایسه قدرت اسیدی باید ثابت یونش آن‌ها را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه کنیم:

$$K_{a(\text{HB})} = M \alpha^2 = 0.96 \times \left( \frac{10^{-\text{pH}_1}}{0.96} \right)^2 = 0.96 \times \left( \frac{10^{-\text{pH}_2 + 1/5}}{0.96} \right)^2 = \frac{10^{-2\text{pH}_2} \times 10^{-2/5}}{0.96} = 1.042 \times 10^{-2\text{pH}_2}$$

$$K_{a(\text{استیک اسید})} = M \alpha^2 = 0.16 \times \left( \frac{10^{-\text{pH}_2}}{0.16} \right)^2 = \frac{10^{-2\text{pH}_2}}{0.16} = 6.25 \times 10^{-2\text{pH}_2}$$

با توجه به بزرگ‌تر بودن  $K_a$  اسید HB، پس HB اسید قوی‌تری است. عبارت (ب): با توجه به اینکه pH محلول HB کوچک‌تر است، پس خاصیت اسیدی محلول آن بیشتر بوده و کاغذ pH در آن پررنگ‌تر است. عبارت (ت): در غلظت و دمای یکسان، هر چه یک اسید قوی‌تر باشد، غلظت یون‌ها در آن بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی بیشتری دارد.



روش اول: معادله یونش هیدروسیانیک اسید به صورت مقابل است:

ابتدا به کمک رابطه ثابت یونش، غلظت  $\text{H}^+$  موجود در محلول را محاسبه می کنیم:

$$K = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} \xrightarrow{[\text{H}^+] = [\text{CN}^-]} K = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{HCN}]} \Rightarrow 4/9 \times 10^{-10} = \frac{[\text{H}^+]^2}{10^{-1}} \Rightarrow [\text{H}^+] = 7 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(7 \times 10^{-6}) = 6 - \log 7 = 6 - 0.85 = 5.15$$

سپس pH محلول HCN را به دست می آوریم:

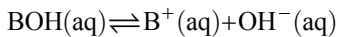
روش دوم (تستی): ابتدا به کمک رابطه تستی زیر، مقدار  $\alpha$  را محاسبه می کنیم:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 4/9 \times 10^{-10} = 0.1 \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 4/9 \times 10^{-9} \Rightarrow \alpha = \sqrt{4/9 \times 10^{-9}} = 7 \times 10^{-5}$$

$$[\text{H}^+] = M\alpha = 0.1 \times (7 \times 10^{-5}) = 7 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت  $\text{H}^+$  موجود در محلول را به دست می آوریم:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(7 \times 10^{-6}) = 6 - \log 7 = 6 - 0.85 = 5.15$$



معادله تفکیک این باز به صورت مقابل است:

$$K = \frac{[\text{B}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]_{\text{تعادلی}}} \xrightarrow{[\text{B}^+] = [\text{OH}^-] \text{ و } [\text{BOH}]_{\text{تعادلی}} = M - [\text{OH}^-]} K = \frac{[\text{OH}^-]^2}{M - [\text{OH}^-]}$$

ابتدا غلظت یون  $\text{OH}^-$  را در محلول حساب می کنیم:

$$9 \times 10^{-3} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{10^{-2} - [\text{OH}^-]} \Rightarrow [\text{OH}^-]^2 + 9 \times 10^{-3} [\text{OH}^-] - 9 \times 10^{-5} = 0 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ ق.ق. } 1, [\text{OH}^-] = -1/5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ ق.ق. } 2$$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] \times 6 \times 10^{-3} = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{1}{6} \times 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس pH محلول باز را به دست می آوریم:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log\left(\frac{1}{6} \times 10^{-11}\right) = 11 - \log \frac{1}{6} = 11 + \log 6 = 11 + 0.78 = 11.78$$

روش دوم (تستی): ابتدا غلظت  $\text{H}^+$  را محاسبه می کنیم:

$$K_b = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 9 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 0.1 \alpha^2 + (9 \times 10^{-3}) \alpha - 9 \times 10^{-3} = 0 \Rightarrow \alpha = 0.6 \text{ ق.ق. } 1, \alpha = -1/5 \text{ ق.ق. } 2$$

$$[\text{OH}^-] = M\alpha = 0.1 \times 0.6 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{6 \times 10^{-2}} = \frac{1}{6} \times 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log\left(\frac{1}{6} \times 10^{-11}\right) = 11 + \log 6 = 11 + 0.78 = 11.78$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 2/25 \times 10^{-4} = 0.1 \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 225 \times 10^{-6} \Rightarrow \alpha = 0.15$$

محاسبه pH محلول اول: ۳ ۱۹۰۶ B

$$[\text{H}^+] = M\alpha = 0.1 \times 0.15 = 1/5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(1/5 \times 10^{-3}) = -(\log \frac{1}{5} + \log 10^{-3}) = 3 - \log 5 + \log 2 = 3 - 0.70 + 0.30 = 2.60$$

محاسبه pH محلول دوم:

$$K = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K < 10^{-3}} K = M\alpha^2 \xrightarrow{[\text{OH}^-] = M\alpha} K = [\text{OH}^-] \times \alpha \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = [\text{OH}^-] \times 2 \times 10^{-2} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(10^{-2}) = 2 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = 12$$

تفاوت pH دو محلول برابر  $9/2 = (12 - 2)/2$  است.

ابتدا غلظت مولی محلول اسید HA را محاسبه می کنیم: ۱ ۱۹۰۷ B

$$? \text{ mol HA} = 0.32 \text{ g HA} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{80 \text{ g HA}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol HA}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 1/25 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-3} \times \alpha^2 \Rightarrow \alpha = 1/25 \times 10^{-2}$$

سپس درجه یونش اسید HA را محاسبه می کنیم:

$$[\text{H}^+] = M\alpha = 8 \times 10^{-3} \times 1/25 \times 10^{-2} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-4} = 4$$

حال pH اسید HA را به دست می آوریم:

۱ ۱۹۰۸ B ابتدا غلظت یون  $H^+$  محلول این اسید را از pH آن محاسبه می‌کنیم:  $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.7} = 10^{-2+0.3} = 10^{-3} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

سپس غلظت مولار اسید HA را محاسبه می‌کنیم:  $[H^+] = M \cdot \alpha \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = M \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow M = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$

حال ثابت یونش اسید HA را حساب می‌کنیم:  $K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 0.5} K_a = M\alpha^2 = 0.5 \times (4 \times 10^{-3})^2 = 8 \times 10^{-6}$

۳ ۱۹۰۹ B غلظت  $OH^-$  در محلول آمونیاک:  $pH = 9.5 \Rightarrow pOH = 14 - pH = 4.5 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-4.5} = 10^{-5+0.5} = 3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

غلظت  $H^+$  در محلول نیترو اسید:  $K_a < 10^{-3} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a \cdot M} = \sqrt{6 \times 10^{-4} \times 1/5} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$

نسبت مورد نظر  $= \frac{3 \times 10^{-5}}{0.3} = 10^{-3}$

۴ ۱۹۱۰ B قسمت اول: با توجه به اینکه دما ثابت است، مقدار عددی ثابت تعادل ثابت بوده و تغییری نمی‌کند و چون ثابت تعادل کوچک‌تر از  $10^{-3}$  است، رابطه

$$M_1 \cdot \alpha_1^2 = M_2 \cdot \alpha_2^2 \xrightarrow{M_2 = 2.5 M_1} \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} = \sqrt{\frac{1}{2.5}} = \frac{1}{\sqrt{2.5}} \Rightarrow \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{2.5}} \alpha_1$$

در نظر گرفت:  $K_a = M \cdot \alpha^2$

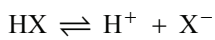
$$\Delta\alpha = \frac{|\alpha_2 - \alpha_1|}{\alpha_1} \times 100 = \frac{|\frac{1}{\sqrt{2.5}}\alpha_1 - \alpha_1|}{\alpha_1} \times 100 = \frac{\frac{1}{\sqrt{2.5}} - 1}{1} \times 100 = \frac{1 - \sqrt{2.5}}{\sqrt{2.5}} \times 100 = 7.8\%$$

محاسبه درصد تغییرات درجه یونش اسید:

$$\frac{[H^+]_2}{[H^+]_1} = \frac{M_2 \cdot \alpha_2}{M_1 \cdot \alpha_1} \xrightarrow{M_2 = 2.5 M_1, \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{2.5}} \alpha_1} \frac{2.5 M_1 \times \frac{1}{\sqrt{2.5}} \alpha_1}{M_1 \times \alpha_1} = \sqrt{2.5} = 1.58$$

قسمت دوم: ابتدا نسبت غلظت  $H^+$  در محلول (۲) به محلول (۱) را محاسبه می‌کنیم:

در این فرایند، غلظت  $H^+$ ، ۵ برابر شده است؛ بنابراین pH به میزان ۰/۷ واحد تغییر می‌کند.  $(\log 5 = 0.7)$



۰/۵۲	۰	۰
-x	+x	+x
۰/۵۲-x	+x	+x

$$HX \text{ مولاریته} = 26 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{50 \text{ g}} \times \frac{1}{1 \text{ L}} = 0.52 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$HZ \text{ مولاریته} = 6 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{60 \text{ g}} \times \frac{1}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+]_{HZ} = M \cdot \alpha = 0.1 \times \frac{2}{100} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}, [H^+]_{HZ} = [H^+]_{HX} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow x = 0.2, K_{aHX} = \frac{0.2 \times 0.2}{0.5} = 8 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol HA} = 280 \text{ L HA} \times \frac{1 \text{ mol HA}}{22/4 \text{ L HA}} = 12.7 \text{ mol HA} \quad M = \frac{12.7 \text{ mol HA}}{100 \text{ L}} = 0.127 \text{ mol.L}^{-1} \text{ HA} \quad ۴ ۱۹۱۲ B$$

با توجه به جدول زیر داریم:  $(0.127 - x) - x = 0.075 \Rightarrow 2x = 0.05 \Rightarrow [H^+] = x = 0.025 \text{ mol.L}^{-1}$



M-x	x	x
0.127-x	x	x

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{0.025 \times 0.025}{0.1} = 6.25 \times 10^{-3}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(2.5 \times 10^{-3}) = -(\log 2.5 + \log 10^{-3}) = 1/6$$

حال برای محاسبه pH داریم:

۲ ۱۹۱۳ C عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. ابتدا غلظتهای دو اسید را به دست می‌آوریم:

$$\text{mol HX} = 12 \text{ g HX} \times \frac{1 \text{ mol HX}}{150 \text{ g HX}} = 0.08 \text{ mol} \Rightarrow M_{HX} = \frac{0.08 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{mol HY} = 8 \text{ g HY} \times \frac{1 \text{ mol HY}}{50 \text{ g HY}} = 0.16 \text{ mol} \Rightarrow M_{HY} = \frac{0.16 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.16 \text{ mol.L}^{-1}$$

بررسی عبارتهای (الف): با توجه به گفته سؤال pH دو محلول با هم برابر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت یون هیدرونیوم موجود در دو محلول یکسان است:

$$pH_{HX} = pH_{HY} \Rightarrow [H^+]_{HX} = [H^+]_{HY} \Rightarrow M_{HX} \alpha_{HX} = M_{HY} \alpha_{HY} \Rightarrow 0.08 \alpha_{HX} = 0.16 \alpha_{HY} \Rightarrow \frac{\alpha_{HX}}{\alpha_{HY}} = 2$$

اسید HX قوی‌تر است؛ زیرا درجه یونش آن ۲ برابر درجه یونش اسید HY است. عبارت (ب): برای مقایسه قدرت اسیدی باید  $K_a$  دو اسید مقایسه شود نه غلظت آن‌ها.

عبارت (پ): با توجه به اینکه مقدار ثابت یونش HX و همین‌طور HY بسیار کوچک است، می‌توان از رابطه  $K_a = M \cdot \alpha^2$  استفاده کرد:

$$\begin{cases} K_a(HX) = 0.08 \times \alpha_{HX}^2 \\ K_a(HY) = 0.16 \times \alpha_{HY}^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{K_a(HX)}{K_a(HY)} = \frac{0.08}{0.16} \times \frac{(\alpha_{HY})^2}{(\alpha_{HX})^2} = 2 \Rightarrow K_a(HX) = 2 K_a(HY)$$

عبارت (ت): با استفاده از مقدار pH می‌توان خاصیت اسیدی دو اسید را مقایسه کرد.



۲ ۱۹۱۴ B با توجه به رابطه  $[H^+] = M \cdot \alpha$  و برابر بودن غلظت محلول اسیدهای HA و HB می توان رابطه مقابل را نوشت:  $pH_p = pH_1 + 1/2$

از آنجا که در هر دو اسید،  $\alpha < 0.5$  است: آن گاه

$$[H^+]_p = 10^{-pH_1 - 1/2} = \sqrt{K_{a(HB)} \cdot M_{HB}} \Rightarrow K_{a(HB)} = \frac{10^{-2pH_1} \times 10^{-2/4}}{M_{HB}}, \quad [H^+]_1 = 10^{-pH_1} = \sqrt{K_{a(HA)} \cdot M_{(HA)}} \Rightarrow K_{a(HA)} = \frac{10^{-2pH_1}}{M_{HA}}$$

$$\frac{M_{HA} = M_{HB}}{K_{a(HA)}} \rightarrow \frac{K_{a(HB)}}{K_{a(HA)}} = \frac{M_{HB}}{M_{HA}} = \frac{10^{-2pH_1} \times 10^{-2/4}}{10^{-2pH_1}} = 10^{-2/4} = 10^{-3+0/6} = 4 \times 10^{-3}$$

۴ ۱۹۱۵ B ابتدا pH محلول هیدروفلوئوریک اسید را به دست می آوریم:

$$M = \frac{\text{mol HF}}{V} = \frac{4 \text{ g HF} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{40 \text{ g HF}}}{1 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \quad K_a = \alpha^2 \cdot M \Rightarrow 1/25 \times 10^{-4} = \alpha^2 (0.2) \Rightarrow \alpha = 2/5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

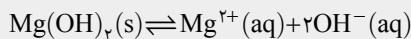
$$[H^+] = M \cdot \alpha = 2/5 \times 10^{-2} \times 0.2 = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log(8 \times 10^{-3}) = -(\log 8 - 3) = 2/3 \Rightarrow \text{محلول سدیم هیدروکسید } pH = 2/3 + 10/7 = 13, \quad [OH^-]_{NaOH} = [NaOH] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g NaOH} = 1 \text{ L NaOH محلول} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH محلول}} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 4 \text{ g NaOH}$$

۲ ۱۹۱۶ C

**نکته ترکیبی** ثابت انحلال پذیری: برای نمک های کم محلول یا نامحلول، علاوه بر مقدار انحلال پذیری که به صورت گرم نمک در ۱۰۰ گرم آب در دمای معین بیان می شود، نوع دیگری از انحلال پذیری داریم که به آن ثابت انحلال پذیری می گوئیم. به معادله انحلال منیزیم هیدروکسید در زیر توجه کنید:



انحلال این ترکیب یونی نامحلول در آب، ناچیز و به صورت تعادلی است. لذا می توان برای آن یک ثابت تعادل تحت عنوان ثابت انحلال پذیری در نظر گرفت:

$$K_{\text{انحلال پذیری}} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

حواستان باشد که  $[OH^-]$  لزوماً دو برابر  $[Mg^{2+}]$  نیست؛ زیرا به علت مقادیر بسیار پایین، غلظت  $OH^-$  ناشی از یونش آب نیز در مقدار  $[OH^-]$  محاسبه می شود.

ابتدا غلظت یون  $Fe^{2+}$  را به دست آورده و سپس با استفاده از رابطه بین یون ها، می توان pH را به دست آورد:

$$? \text{ mol } Fe^{2+} = 1/4 \text{ mg } Fe^{2+} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe^{2+}}{56 \text{ g } Fe^{2+}} = 2/5 \times 10^{-5} \text{ mol } Fe^{2+}, \quad [Fe^{2+}] = \frac{2/5 \times 10^{-5} \text{ mol } Fe^{2+}}{2 \text{ L محلول}} = 1/25 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[Fe^{2+}][OH^-]^2 = 8 \times 10^{-16} \Rightarrow [OH^-]^2 = \frac{8 \times 10^{-16}}{1/25 \times 10^{-5}} = 6/4 \times 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = 8 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 8 \times 10^{-6} = 5/1 \xrightarrow{pH+pOH=14} pH = 14 - 5/1 = 8/9$$

۳ ۱۹۱۷ C معادله موازنه شده این واکنش به صورت  $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$  است. ابتدا باید غلظت NaOH را به دست آوریم. برای این منظور باید

$$K_a = \alpha^2 \cdot M \Rightarrow 6/25 \times 10^{-8} = (1/25 \times 10^{-3})^2 \times M \Rightarrow M = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

ابتدا pH محلول را محاسبه کنیم:

$$[H^+] = M \cdot \alpha = 4 \times 10^{-2} \times 1/25 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}, \quad pH = -\log[H^+] = -\log(8 \times 10^{-5}) = -\log 10^{-5} - \log 8 = 5 - 0/7 = 4/3$$

$$pH_{NaOH} = 3 \times 4/3 = 12/9$$

pH محلول NaOH، سه برابر pH محلول HF است:

$$pOH + pH = 14 \Rightarrow pOH = 14 - 12/9 = 1/1 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-1/1} = 10^{-2} \times 10^{0/9} = 10^{-2} \times 10^3 \log 2 = 10^{-2} \times 8 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به اینکه NaOH یک باز قوی است، در آن  $[OH^-]$  با غلظت محلول NaOH برابر است. بنابراین غلظت محلول NaOH برابر با  $8 \text{ mol.L}^{-1}$  است.

تعداد مول NaOH در این محلول برابر است با:

$$M = \frac{\text{mol}}{V} \Rightarrow 0.8 = \frac{\text{mol NaOH}}{400 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} \Rightarrow \text{mol NaOH} = 0.32 \quad \text{mol } H_2 = 0.32 \text{ mol NaOH} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol NaOH}} = 0.16 \text{ mol } H_2$$

$$\bar{R}_{H_2} = \frac{\Delta n H_2}{\Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-2} = \frac{0.16}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.8 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 48 \text{ s}$$



عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. برای هر محلول، ثابت یونش اسیدی و pH را محاسبه می‌کنیم:  $[HX] = \frac{4 \times 10^{-3}}{7.5} = 0.53 \text{ mol.L}^{-1}$  ۳ ۱۹۱۸ B

محلول HX:  $[H^+] = [X^-] = \frac{6 \times 10^{-3}}{7.5} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 1/6$ ,  $K_a = \frac{24 \times 24}{1000 \times 1000} = 3/6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

محلول HY:  $[HY] = \frac{5 \times 10^{-3}}{5} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[H^+] = [Y^-] = \frac{3 \times 10^{-3}}{5} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 1/7$ ,  $K_a = \frac{18 \times 18}{1000 \times 1000} = 1/8 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

محلول HZ:  $[HZ] = \frac{4 \times 10^{-3}}{1.5} = 2.67 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[H^+] = [Z^-] = \frac{2 \times 10^{-3}}{1.5} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 1/4$ ,  $K_a = \frac{4 \times 4}{1000 \times 1000} = 2 \times 10^{-2}$

عبارت (الف): مقدار عددی ثابت تعادل فاقد اطلاعات دربارهٔ سرعت به تعادل رسیدن واکنش می‌باشد. عبارت (ب): قدرت اسیدی با ثابت یونش اسیدها رابطهٔ مستقیم دارد. در نتیجه قوی‌ترین اسید، HX می‌باشد. عبارت (پ):  $1/6 + 1/7 + 1/4 = 4/7$ . عبارت (ت): میزان اسیدی بودن با مقدار pH اسیدها رابطهٔ عکس دارد. در نتیجه اسید HY کمترین میزان اسیدیته را دارد. عبارت (ث):

ابتدا باید مجموع مول‌های  $H^+$  حاصل از هر یک از اسیدها را محاسبه کرده و بر حجم کل تقسیم کنیم تا غلظت  $H^+$  نهایی را بیابیم و سپس pH محلول ۲ ۱۹۱۹ B

حاصل را محاسبه کنیم:  $\text{HCl}: ? \text{ mol } H^+ = 0.075 \text{ L محلول} \times \frac{0.3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol HCl}} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$\text{HBr}: ? \text{ mol } H^+ = 0.025 \text{ L محلول} \times \frac{0.7 \text{ mol HBr}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol HBr}} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{H^+ \text{ های مجموع مول‌های}}{\text{حجم کل}} = \frac{(2.25 \times 10^{-3}) + (1.75 \times 10^{-3})}{0.1} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(4 \times 10^{-3}) = 2 - 2 \log 2 = 1/4$

ابتدا غلظت  $OH^-$  در محلول NaOH را محاسبه می‌کنیم:  $[OH^-] = M = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  ۴ ۱۹۲۰ B

سپس غلظت  $OH^-$  در محلول KOH را محاسبه می‌کنیم:  $\text{pH} = 13 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 1 \xrightarrow{[OH^-] = 10^{-\text{pOH}}} [OH^-] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

حال از رابطهٔ مقابل، غلظت  $OH^-$  و pH محلول نهایی را به دست می‌آوریم:  $[OH^-] = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(0.2 \times 0.3) + (0.1 \times 0.2)}{0.5} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

$\text{pOH} = -\log[OH^-] = -\log(1.6 \times 10^{-2}) = 2 - 4 \log 2 = 0.8 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pH} = 13/2$

برای حل تست ابتدا مقدار مول  $H^+$  را در هر یک از محلول‌های اسیدی محاسبه کرده و سپس غلظت  $H^+$  و pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم: ۳ ۱۹۲۱ B

$\text{HCl}: \text{pH} = 1 \Rightarrow [H^+] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow ? \text{ mol } H^+ = 0.5 \text{ L محلول} \times \frac{10^{-1} \text{ mol } H^+}{1 \text{ L محلول}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$\text{HI}: \text{pH} = 2 \Rightarrow [H^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow ? \text{ mol } H^+ = 0.25 \text{ L محلول} \times \frac{10^{-2} \text{ mol } H^+}{1 \text{ L محلول}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{H^+ \text{ های مجموع مول‌های}}{\text{حجم کل}} = \frac{(5 \times 10^{-3}) + (2.5 \times 10^{-3})}{0.3} = 25 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(25 \times 10^{-3}) = 3 - 2 \log 5 = 1/6$

تعداد مول‌های  $OH^-$  حاصل از  $\text{Ca(OH)}_2$  و KOH را به طور جداگانه به دست می‌آوریم: ۴ ۱۹۲۲ B

$\text{Ca(OH)}_2: [OH^-] = n.M = 2 \times 25 \times 10^{-2} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $? \text{ mol } OH^- = 0.4 \text{ L محلول} \times \frac{0.5 \text{ mol } OH^-}{1 \text{ L محلول}} = 0.2 \text{ mol } OH^-$

$\text{KOH}: ? \text{ mol } OH^- = 224 \text{ mg KOH} \times \frac{1 \text{ g KOH}}{1000 \text{ mg KOH}} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol } OH^-}{1 \text{ mol KOH}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol } OH^-$

غلظت  $OH^-$  در محلول حاصل:  $[OH^-] = \frac{OH^- \text{ های مجموع مول‌های}}{\text{حجم نهایی محلول}} = \frac{0.2 + 0.004}{0.4} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$

اکنون pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:  $\text{pOH} = -\log[OH^-] = -\log 0.5 = 1 - \log 5 = 0.3 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pH} = 14 - 0.3 = 13/7$



۲ ۱۹۲۳ B

ابتدا تعداد مول  $\text{OH}^-$  مورد نیاز برای افزایش pH از  $10/5$  به  $10/7$  را به دست می آوریم:

$$\text{pH} = 10/5 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 3/5 \xrightarrow{[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}} \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3/5} = 3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = 10/7 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 3/3 \xrightarrow{[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}} \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3/3} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{مورد نیاز } \text{OH}^- \text{ تعداد مول} = 6\text{L محلول} \times \frac{(\Delta \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-4}) \text{ mol OH}^-}{1 \text{ L محلول}} = 12 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

اکنون، جرم  $\text{KOH}$  مورد نیاز (برحسب میلی گرم) برای تولید این مقدار  $\text{OH}^-$  را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mg KOH} = 12 \times 10^{-4} \text{ mol OH}^- \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol OH}^-} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 672 \text{ mg KOH}$$

۱ ۱۹۲۴ B ابتدا غلظت  $\text{H}^+$  را در هر محلول محاسبه می کنیم:

$$\text{HCl: } ? \text{ mol H}^+ = 4/4 \text{ L HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{22/4 \text{ L HCl}} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HCl}} = 0/2 \text{ mol H}^+ \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{0/2 \text{ mol H}^+}{\Delta \text{ L}} = 0/04 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{HBr: } ? \text{ mol H}^+ = 16/2 \text{ g HBr} \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{81 \text{ g HBr}} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HBr}} = 0/2 \text{ mol H}^+ \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{0/2 \text{ mol H}^+}{2/5 \text{ L}} = 0/08 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(0/04 \times 750) + (0/08 \times 375)}{750 + 375} = \frac{4}{75} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{حال با استفاده از رابطه روبه‌رو، } [\text{H}^+] \text{ و pH محلول نهایی را محاسبه می کنیم:}$$

$$\text{pH} = -\log \frac{4}{75} = -\log 2^2 + \log (\Delta^2 \times 3) = -2 \log 2 + 2 \log \Delta + \log 3 = -0/6 + 1/4 + 0/5 = 1/3$$

۳ ۱۹۲۵ B جرم  $\text{KOH}$  مورد نیاز برای تولید محلول نهایی با  $\text{pH} = 11/5$  به صورت مقابل محاسبه می شود:  $[\text{OH}^-] = M = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  محلول  $\text{KOH}$

$$\text{pH}_{\text{نهایی}} = 11/5 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 2/5 \xrightarrow{[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}} \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-2/5} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

x تعداد مول  $\text{OH}^-$  حاصل از اضافه نمودن  $\text{KOH}$  جامد به محلول است:

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{OH}^- \text{ مجموع مول‌های}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \frac{(2 \times 10^{-3} \times 0/5) + x}{0/5} = 3 \times 10^{-3} \Rightarrow x = 5 \times 10^{-4} \text{ mol OH}^-$$

? g  $\text{KOH} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol OH}^- \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol OH}^-} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}} = 2/8 \times 10^{-2} \text{ g KOH}$  محاسبه جرم  $\text{KOH}$  خالص به صورت مقابل است:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times 100 = \frac{2/8 \times 10^{-2}}{4/48 \times 10^{-2}} \times 100 = 62/5$$

۲ ۱۹۲۶ C هر دو اسید اولیه ما قوی و تک‌ظرفیتی هستند و درجه یونش آن‌ها به تقریب ۱ است. ( $\alpha \approx 1$ ). بنابراین غلظت یون هیدرونیوم محلول نهایی از رابطه زیر به دست می آید:

$$[\text{H}^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$10^{-\text{pH}} = [\text{H}^+] \Rightarrow 10^{-2/7} = 10^{-3} \times 10^{0/3} = 2 \times 10^{-3} = 0/02 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{ابتدا غلظت یون هیدرونیوم محلول نهایی را محاسبه می کنیم:}$$

در صورت تست گفته شده که pH محلول نیتریک اسید یک واحد بیشتر از pH محلول هیدروکلریک اسید است. این یعنی غلظت یون‌های هیدرونیوم آن ۱/۱ برابر غلظت یون‌های هیدرونیوم با غلظت اولیه اسید برابر است. در نتیجه مولاریته محلول هیدروکلریک اسید را به صورت ( $M_1 = x$ ) و مولاریته محلول نیتریک اسید را به صورت ( $M_2 = 0/1x$ ) نمایش می دهیم.

$$0/02 = \frac{0/1x + 0/5(0/1x)}{0/1 + 0/5} \Rightarrow x = 8 \times 10^{-3} \Rightarrow M_1 = [\text{H}^+] = 8 \times 10^{-3} \quad \text{pH} = -\log (8 \times 10^{-3}) = 3 - 3 \log 2 = 3 - 3(0/3) = 2/1$$

۴ ۱۹۲۷ B اگر حجم محلول n برابر شود، pH آن به اندازه  $(\log n)$  تغییر می کند:  $\frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 10 \Rightarrow \text{pH}_{\text{جدید}} - \text{pH}_{\text{اولیه}} = \log n = \log 10 = 1$

چون محلول رقیق شده است، غلظت  $\text{H}^+$  کاهش و pH افزایش می یابد.

۳ ۱۹۲۸ B همه موارد به جز مورد سوم جمله را به درستی کامل می کنند. بررسی موارد:

$$n = 5 \Rightarrow \text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} - \log 5 = \text{pH}_{\text{اولیه}} - 0/7 \quad \text{مورد اول: } n = 3 \Rightarrow \text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} + \log 3 = \text{pH}_{\text{اولیه}} + 0/5 \quad \text{مورد دوم:}$$

$$n = 2 \Rightarrow \text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} + \log 2 = \text{pH}_{\text{اولیه}} + 0/3 \quad \text{مورد سوم: } n = 6 \Rightarrow \text{pH}_{\text{جدید}} = \text{pH}_{\text{اولیه}} - \log 6 = \text{pH}_{\text{اولیه}} - 0/8 \quad \text{مورد چهارم:}$$

B ۱۹۲۹ ۴ ابتدا (n) را پیدا می‌کنیم، pH محلول HBr از ۱/۱ به ۱/۵ رسیده است:

$$pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} + \log n = \log n = 1/5 - 1/1 = -4/5 \Rightarrow n = 10^{-4/5} = 2/5, \quad V_{\text{جدید}} = V_{\text{اولیه}} + V_{\text{آب}} = V_{\text{اولیه}} + 200$$

$$n = \frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} \Rightarrow 2/5 = \frac{V_{\text{اولیه}} + 200}{V_{\text{اولیه}}} \Rightarrow V_{\text{اولیه}} = 133 \text{ mL}$$

B ۱۹۳۰ ۴ در گزینه‌ها، برای آب خالص اضافه شده، دو حجم ۶۰۰ mL و ۷۵۰ mL وجود دارد. با هر یک از این حجم‌ها، می‌توان pH محلول نهایی را محاسبه کرد. با رقیق

شدن یک محلول بازی، غلظت  $\text{OH}^-$  و در نتیجه pH کاهش می‌یابد:  $\text{pOH} = -\log 0.5 = 0.3 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 0.3 = 13.7$  اگر حجم آب خالص اضافه شده، برابر با ۷۵۰ mL باشد:

$$V_{\text{جدید}} = 150 + 750 = 900 \text{ mL} \Rightarrow n = \frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{900}{150} = 6$$

$$pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} - \log 6 = 13.7 - 0.8 = 12.9$$

اگر حجم آب خالص اضافه شده برابر با ۶۰۰ mL باشد:

$$V_{\text{جدید}} = 150 + 600 = 750 \text{ mL} \Rightarrow n = \frac{V_{\text{جدید}}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{750}{150} = 5$$

$$pH_{\text{جدید}} = pH_{\text{اولیه}} - \log 5 = 13.7 - 0.7 = 13$$

B ۱۹۳۱ ۱ برای به دست آوردن تغییرات pH یک محلول حاوی اسید قوی، از رابطه « $\Delta \text{pH} = \log N_V$ » استفاده می‌کنیم. در این رابطه  $N_V$  مساوی با  $\frac{V_2}{V_1}$  است: بنابراین خواهیم داشت:

$$N_V = \frac{V_1 + 9V_1}{V_1} = \frac{10V_1}{V_1} = 10$$

$$\Delta \text{pH} = \log N_V = \log 10 = 1$$

بنابراین pH این محلول به میزان یک واحد افزایش می‌یابد.

قسمت دوم: pH اولیه اسید قوی برابر است با:  $\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-3} = 3 - 0.3 = 2.7$ ،  $[\text{H}^+] = M \cdot \alpha \cdot n = 2 \times 10^{-3} \times 1 \times 1 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ، اسید قوی.

در قسمت قبل دریافتیم که با رقیق کردن محلول اسید قوی، pH آن یک واحد افزایش یافته؛ پس pH آن به ۳/۷ می‌رسد و غلظت  $\text{H}^+$  در محلول آن برابر  $10^{-3.7}$  یا  $2 \times 10^{-4}$  مول بر لیتر می‌باشد.

از آنجا که pH محلول اسید قوی رقیق شده با pH محلول اسید ضعیف HA برابر است، پس غلظت  $\text{H}^+$  در محلول اسید ضعیف HA برابر  $2 \times 10^{-4}$  مول بر لیتر است. به این ترتیب  $\alpha$  اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$[\text{H}^+]_{(\text{HA})} = M \cdot n \cdot \alpha \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = (1 \times 10^{-3}) \times 1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 0.2 \Rightarrow \% \alpha = 20$$

B ۱۹۳۲ ۳ قسمت اول: ابتدا مولاریته HCl را به کمک رابطه تستی مقابل محاسبه می‌کنیم:  $\frac{10 \times 3.65 \times 1/2}{36.5} = 1/2 \text{ mol.L}^{-1}$  چگالی  $\times$  درصد جرمی  $\times$  مولاریته سپس حجم گاز HCl حل شده در شرایط STP در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ L HCl} = 200 \text{ mL HCl} \times \frac{1 \text{ L HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{1/2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl}} \times \frac{22.4 \text{ L HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 5.376 \text{ L HCl}$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول HCl را در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol HCl} = 0.1 \text{ L} \times \frac{1/2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L}} = 0.05 \text{ mol HCl}$$

HCl یک اسید قوی است؛ پس غلظت HCl و  $\text{H}^+$  موجود در محلول نهایی که pH آن برابر ۱ است، برابر  $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  می‌باشد:

$$[\text{H}^+]_2 = 10^{-\text{pH}_2} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{\text{مول H}^+}{\text{حجم محلول نهایی}} \Rightarrow 10^{-1} = \frac{0.05 \text{ mol}}{0.1 + V_{\text{آب}}} \Rightarrow V_{\text{آب}} = 0.4 \text{ L}$$

حال مقدار آب مقطر افزوده شده به محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

C ۱۹۳۳ ۲ در محلول اول، برای پیدا کردن x، ابتدا غلظت  $\text{H}^+$  در محلول نهایی و تعداد مول  $\text{H}^+$  در محلول اولیه را به دست می‌آوریم:

$$pH_{\text{نهایی}} = 2 \Rightarrow \text{pH}_{\text{اولیه}} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{نهایی}} = 10^{-2} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH_{\text{اولیه}} = 1 \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{اولیه}} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{تعداد مول H}^+ = 0.02 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol.L}^{-1} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{نهایی}} = \frac{\text{تعداد مول H}^+}{\text{حجم کل}} \Rightarrow 0.01 = \frac{2 \times 10^{-3}}{0.02 + x} \Rightarrow x = 0.18 \text{ L} = 180 \text{ mL}$$

در محلول دوم، برای پیدا کردن y، ابتدا مول  $\text{OH}^-$  در محلول اولیه و غلظت  $\text{OH}^-$  در محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

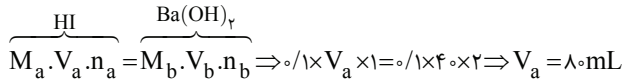
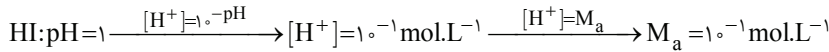
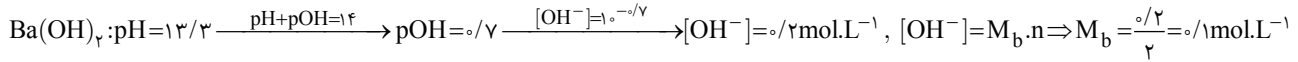
$$pH_{\text{نهایی}} = 11.7 \Rightarrow \text{pOH}_{\text{نهایی}} = 14 - 11.7 = 2.3 \Rightarrow [\text{OH}^-]_{\text{نهایی}} = 10^{-2.3} = 10^{-3} \times 10^{+0.7} = 0.005 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH_{\text{اولیه}} = 12 \Rightarrow \text{pOH}_{\text{اولیه}} = 14 - 12 = 2 \Rightarrow [\text{OH}^-]_{\text{اولیه}} = 10^{-2} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{تعداد مول OH}^- = 0.1 \times y = 0.1y \text{ (mol)}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{نهایی}} = \frac{\text{تعداد مول OH}^-}{\text{حجم کل}} \Rightarrow 0.005 = \frac{0.1y}{0.05 + y} \Rightarrow y = 0.075 \text{ L} = 75 \text{ mL} \quad \text{نسبت مورد نظر: } \frac{x}{y} = \frac{180}{75} = 2.4$$

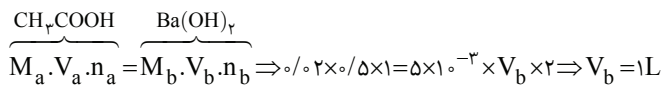
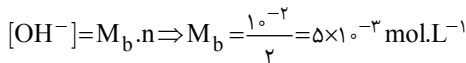
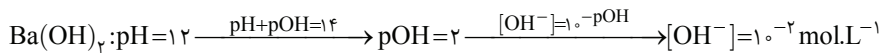
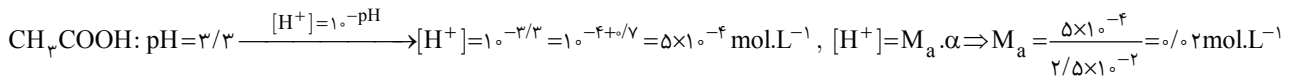


۲ ۱۹۳۴ B ابتدا غلظت باز و اسید را از روی pH محلول‌های آن‌ها به دست می‌آوریم:

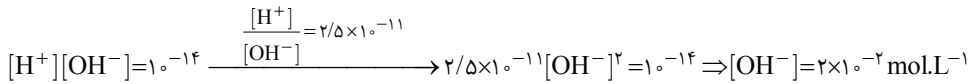


به کمک رابطه روبه‌رو، می‌توان حجم HI مورد نیاز را محاسبه کرد:

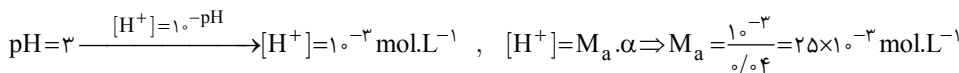
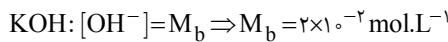
۱ ۱۹۳۵ B ابتدا غلظت مولی اسید و باز را محاسبه می‌کنیم:



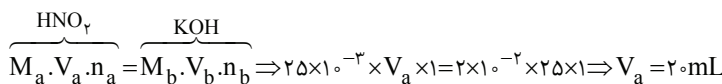
از رابطه خنثی شدن اسید و باز، حجم باز را به دست می‌آوریم:



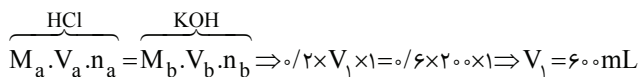
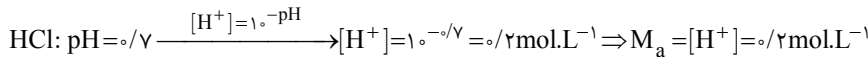
۴ ۱۹۳۶ B غلظت مولی KOH:



غلظت مولی HNO<sub>3</sub>:

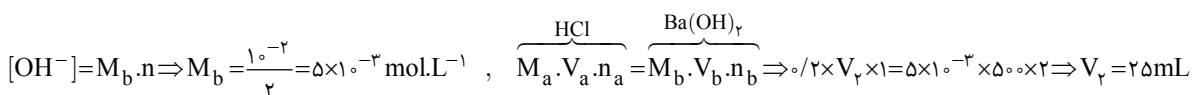
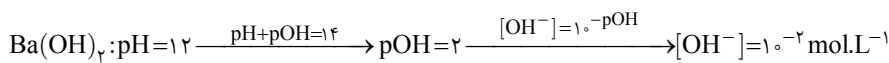


۱ ۱۹۳۷ B در واکنش اول، ابتدا غلظت مولی HCl را محاسبه می‌کنیم:

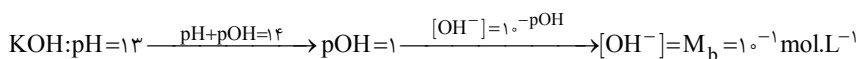


اکنون V<sub>۱</sub> را پیدا می‌کنیم:

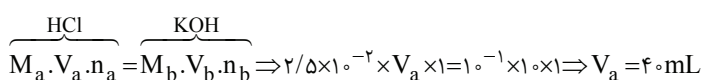
در واکنش دوم، غلظت مولی Ba(OH)<sub>2</sub> را محاسبه می‌کنیم:



$$\text{نسبت مورد نظر} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{60}{25} = 2/4$$



۲ ۱۹۳۸ B ابتدا غلظت مولی باز را به دست می‌آوریم:



سپس حجم محلول HCl را محاسبه می‌کنیم:

طبق واکنش خنثی شدن  $\text{KOH(aq)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{KCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ ، نمک KCl تولید می‌شود.

$$? \text{ mol KCl} = 40 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{2/5 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol KCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 0/01 \text{ mol KCl}$$

$$[\text{KCl}] = \frac{0/01 \text{ mol KCl}}{0/5 \text{ L}} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2/8} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

B ۱۹۳۹ ۳ ابتدا غلظت  $H^+$  را به دست می‌آوریم:

از آنجا که  $K_a < 10^{-3}$  است، می‌توانیم برای محاسبه  $M_a$  از رابطه  $[H^+] = \sqrt{K_a M_a}$  استفاده کنیم:

$$K_a < 10^{-3} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a M_a} \Rightarrow M_a = \frac{[H^+]^2}{K_a} = \frac{(1.6 \times 10^{-4})^2}{3/2 \times 10^{-6}} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون، تعداد مول باز را پیدا می‌کنیم:

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = (mol_b) n_b \Rightarrow 0.4 \times 1/2 \times 1 = (mol_b) \times 2 \Rightarrow mol_b = 0.4 \text{ mol B(OH)}_2$$

$$B(OH)_2 \text{ مولی جرم} = \frac{35/52 \text{ g B(OH)}_2}{0.4 \text{ mol Ba(OH)}_2} = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی اکسیژن و هیدروژن را از جرم مولی  $B(OH)_2$  کم می‌کنیم:

$$B \text{ مولی جرم} = 74 - 32 - 2 = 40 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$HNO_3: pH = 1/3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/3} = 10^{-2+1/3} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}, [H^+] = M_a = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

B ۱۹۴۰ ۴

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 0.5 \times 80 \times 1 = M_b \times 160 \times 1 \Rightarrow M_b = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت مولی باز  $NH_3$ :

ثابت یونش  $NH_3 (K_b)$ :

$$NH_3: pH = 11/3 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 14 - 11/3 = 2/3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2/3} = 10^{-3+1/3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = M_b \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{[OH^-]}{M_b} = \frac{2 \times 10^{-3}}{0.25} = 0.008 \text{ mol.L}^{-1} \quad \alpha < 0.05 \Rightarrow [OH^-] = \sqrt{M_b \cdot K_b} \Rightarrow K_b = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{0.25} = 1.6 \times 10^{-5}$$

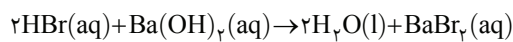
B ۱۹۴۱ ۴ ابتدا غلظت مولی سدیم ( $Na^+$ ) را به دست می‌آوریم؛ با استفاده از آن غلظت NaOH نیز به دست می‌آید.

$$[Na^+] = \frac{13/8 \text{ mg } Na^+}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g } Na^+}{1000 \text{ mg } Na^+} \times \frac{1 \text{ mol } Na^+}{23 \text{ g } Na^+} = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}, M_b = [Na^+] = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت مولی نیتریک اسید را نیز می‌توان محاسبه کرد:  $M_a = [H^+] = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}, pH = 1/5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/5} = 10^{-2+1/5} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 0.3 \times V_a \times 1 = 6 \times 10^{-4} \times 350 \times 1 \Rightarrow V_a = 7 \text{ mL HNO}_3$$

اکنون، از رابطه خنثی شدن استفاده می‌کنیم:



B ۱۹۴۲ ۴ معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

$$? \text{ mol } Ba^{2+} = 5/4 \text{ g HBr} \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{81 \text{ g HBr}} \times \frac{1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{2 \text{ mol HBr}} \times \frac{1 \text{ mol Ba}^{2+}}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} \times \frac{137 \text{ g Ba}^{2+}}{1 \text{ mol Ba}^{2+}} = 4/56 \text{ g Ba}^{2+}$$

روش دوم (تناسب): طبق معادله واکنش، به ازای مصرف ۲ مول HBr، یک مول  $BaBr_2$  تولید می‌شود که محلول در آب است و یک مول  $Ba^{2+}$  ایجاد می‌کند:

$$2 \text{ mol HBr} \sim 1 \text{ mol Ba}^{2+}, \frac{\text{جرم HBr}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Ba^{2+}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5/4}{2 \times 81} = \frac{x \text{ g } Ba^{2+}}{1 \times 137} \Rightarrow x = 4/56 \text{ g Ba}^{2+}$$

بنابراین:

روش دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } BaBr_2 = 5/4 \text{ g HBr} \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{81 \text{ g HBr}} \times \frac{1 \text{ mol BaBr}_2}{2 \text{ mol HBr}} = 0.033 \text{ mol BaBr}_2 \quad \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.033 \text{ mol}}{0.15 \text{ L}} = 0.22 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{جرم HBr}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5/4}{2 \times 81} = \frac{\text{غلظت مولی} \times 0.15}{1} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = 0.22 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

B ۱۹۴۳ ۲ می‌دانیم که اسیدها رنگ کاغذ pH را سرخ و بازها رنگ کاغذ pH را به آبی تغییر می‌دهند؛ بنابراین ترکیبات A، M و X اسید و ترکیبات D، G و E باز هستند. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): E یک باز و M یک اسید است به طوری که قدرت بازی E از قدرت اسیدی M بیشتر است. نکته مهمی که وجود دارد این است که در واکنش خنثی شدن، حاصل ضرب غلظت، حجم و ظرفیت اسید باید با این حاصل ضرب برای باز برابر باشد. با توجه به متن تست و عبارت، ظرفیت E و M برابر یک بوده ولی در مورد غلظت این دو حرفی زده نشده است، پس نمی‌توان در مورد مقایسه حجم این دو محلول برای واکنش کامل این دو ماده با یکدیگر اظهار نظر نمود. گزینه (۲): براساس نمودار، رسانایی الکتریکی محلول X، بیشتر از محلول D است؛ بنابراین چنانچه غلظت محلول‌ها را یکسان در نظر بگیریم، می‌توان نتیجه گرفت غلظت یون هیدرونیوم در محلول X، بیشتر از غلظت یون هیدروکسید در محلول D است و چون حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در دمای ثابت، مقداری ثابت است، داریم  $[H_3O^+]_D > [OH^-]_X$ . گزینه (۳): با توجه به اینکه ظرفیت A و G مشخص نیست، اظهار نظری در رابطه با pH آن‌ها نمی‌توان کرد. گزینه (۴): هیدروفلوئوریک اسید (HF) به نسبت هیدروسیانیک اسید (HCN)، اسید قوی‌تری است و در دما و غلظت یکسان، رسانایی الکتریکی محلول آن بیشتر است؛ بنابراین اگر X هیدروفلوئوریک اسید باشد، M هیدروسیانیک اسید است.



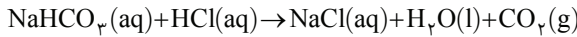
نکته

در واکنش اسید و باز، صرف نظر از قدرت اسیدی و بازی، اسید و باز براساس نسبت‌های مولی واکنش موازنه شده آن‌ها به‌طور کامل با یک‌دیگر واکنش می‌دهند و درجه یونش و ثابت یونش آن‌ها تأثیری در میزان مصرف آن‌ها ندارد. در واقع قدرت اسیدی و بازی، درجه یونش و ... صرفاً نشان‌دهنده شمار یون‌های ایجاد شده در محلول آبی این ترکیبات است و نه میزان واکنش‌پذیری آن‌ها با یکدیگر! رابطه خنثی شدن کامل اسیدها و بازها به‌صورت مقابل است:

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b$$

مول  $H^+$  در اسید      مول  $OH^-$  در باز

۱ | ۱۹۴۴ B معادله موازنه شده واکنش محلول جوهر نمک و جوش شیرین به صورت زیر است:



ابتدا مقدار مول  $HCl$  موجود در محلول جوهر نمک را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } HCl = 420 \text{ mg } NaHCO_3 \times \frac{1 \text{ g } NaHCO_3}{1000 \text{ mg } NaHCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } NaHCO_3}{84 \text{ g } NaHCO_3} \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } NaHCO_3} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } HCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{NaHCO_3 \text{ جرم}}{HCl \text{ مول}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{42}{1 \times 84} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } HCl$$

سپس غلظت  $H^+$  و  $pH$  محلول  $HCl$  را محاسبه می‌کنیم:

$$[HCl] = [H^+] = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10^{-1} \text{ L}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-2}) = 2 - \log 5 = 2 - 0.7 = 1.3$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول گاز  $CO_2$  تولیدی را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol } CO_2 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } HCl \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } HCl} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } CO_2$$

سپس مقدار مول  $Ba(OH)_2$  مصرفی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } Ba(OH)_2 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } Ba(OH)_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol } Ba(OH)_2$$

در ادامه غلظت محلول  $Ba(OH)_2$  را از  $pH$  آن محاسبه می‌کنیم:

$$pOH = 14 - pH = 14 - 1.3 = 11 \quad [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-11} = M_{Ba(OH)_2} \times 2 \times 1 \Rightarrow M_{Ba(OH)_2} = 5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

در آخر حجم محلول باریوم هیدروکسید مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$Ba(OH)_2 \text{ مولاریته} = \frac{Ba(OH)_2 \text{ مول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 5 \times 10^{-12} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{V \text{ L}} \Rightarrow V = 10^{-1} \text{ L} = 100 \text{ mL}$$

۱ | ۱۹۴۵ B ابتدا تعداد مول  $OH^-$  در  $100$  لیتر از محلول باز قوی و تعداد مول  $H^+$  در  $100$  لیتر از محلول اسید قوی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } OH^- = 100 \text{ L} \times \frac{10^{-2} \text{ mol } OH^-}{1 \text{ L}} = 10^{-2} \text{ mol } OH^- \quad pH = 10 \Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 10 = 4 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol } H^+ = 100 \text{ L} \times \frac{10^{-4} \text{ mol } H^+}{1 \text{ L}} = 10^{-2} \text{ mol } H^+ \quad pH = 4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

دقت کنید که منظور از  $pH = 7$ ، در واقع خنثی شدن این دو محلول است. اکنون مقدار  $HNO_3$  و  $NaOH$  مورد نیاز برای خنثی کردن به ترتیب محلول بازی حاوی  $10^{-2}$  مول  $OH^-$  و محلول اسیدی حاوی  $10^{-2}$  مول  $H^+$  را محاسبه می‌کنیم:

$$HNO_3(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + NO_3^-(aq) \quad ? \text{ g } HNO_3 = 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol } OH^-}{1 \text{ mol } OH^-} \times \frac{63 \text{ g } HNO_3}{1 \text{ mol } HNO_3} = 63 \text{ g}$$

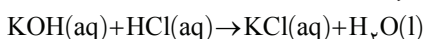
$$NaOH(aq) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + Na^+(aq) \quad ? \text{ g } NaOH = 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol } H^+} \times \frac{40 \text{ g } NaOH}{1 \text{ mol } NaOH} = 40 \text{ g}$$

نسبت جرم  $HNO_3$  مصرفی به  $NaOH$  مصرفی برابر  $(\frac{63}{40}) / 57.5$  است.

۴ | ۱۹۴۶ C همه عبارات درست هستند. پیش از آنکه به بررسی عبارات‌ها بپردازیم، ابتدا غلظت اولیه محلول  $KOH$  که معادل غلظت یون  $OH^-$  در محلول است را محاسبه می‌کنیم:

$$[KOH] = [OH^-] = \frac{1 \text{ mol } KOH}{56 \text{ g } KOH} \times \frac{0.7 \text{ g } KOH}{0.125 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: معادله موازنه شده واکنش خنثی شدن  $HCl$  توسط محلول  $KOH$  به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } HCl = 250 \text{ mL } KOH \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L } KOH \text{ محلول}}{1000 \text{ mL } KOH \text{ محلول}} \times \frac{0.1 \text{ mol } KOH}{1 \text{ L } KOH \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } KOH} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol } HCl$$



$$\frac{\text{KOH}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{mol HCl}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.25 \times 0.1}{1} = x \frac{\text{mol HCl}}{1} \Rightarrow x = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}$$

روش دوم (تناسب):

عبارت دوم: در ابتدای پاسخ غلظت یون  $\text{OH}^-$  را برابر با  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  به دست آوریم. اکنون به کمک رابطه زیر، غلظت  $\text{H}^+$  موجود در محلول را محاسبه کرده

$$[\text{OH}^-] \times [\text{H}^+] = 10^{-14} \Rightarrow 10^{-1} \times [\text{H}^+] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$$

و نسبت غلظت  $\text{OH}^-$  به  $\text{H}^+$  را به دست می‌آوریم:

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-1}}{10^{-13}} = 10^{12}$$

عبارت سوم: با توجه به تک‌عاملی بودن  $\text{KOH}$ ، در محلول  $\text{KOH}$  غلظت  $\text{OH}^-$  و  $\text{K}^+$  برابر بوده و مساوی  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  می‌باشد؛ از این رو مجموع غلظت

$$? \text{ mol ion} = 50 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.2 \text{ mol ion}}{1 \text{ L}} = 0.01 \text{ mol ion}$$

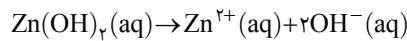
یون‌ها در این محلول برابر  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  ( $2 \times 0.1$ ) می‌باشد؛ بنابراین:

عبارت چهارم: در محلول اولیه  $0.7$  گرم پتاسیم هیدروکسید وجود دارد. اگر  $1/4$  گرم پتاسیم هیدروکسید دیگر به این محلول اضافه کنیم، جرم پتاسیم هیدروکسید به  $2/1$  گرم می‌رسد که  $3$  برابر مقدار اولیه ( $0.7$  گرم) است و چون پتاسیم هیدروکسید یک باز قوی است، غلظت یون هیدروکسید نیز  $3$  برابر می‌شود.

در فرآیند خنثی شدن غلظت  $\text{OH}^-$  محلول باز باید با مجموع غلظت  $\text{H}^+$  حاصل از انحلال مواد اسیدی در آب برابر باشد؛ پس خواهیم داشت:

$$\text{مول } \text{OH}^- = \text{مول } \text{H}^+$$

ابتدا مقدار مول  $\text{OH}^-$  موجود در محلول  $\text{Zn(OH)}_2$  را محاسبه می‌کنیم:



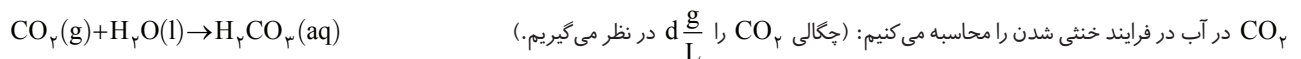
$$? \text{ mol OH}^- = 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{0.2 \text{ mol Zn(OH)}_2}{1 \text{ L}} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Zn(OH)}_2} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol OH}^-$$

سپس مقدار مول  $\text{H}^+$  موجود در محلول  $\text{HCl}$  مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.15} = 10^{-2} \times 10^{0.85} = 7 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol HCl} = 200 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{7 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+}{1 \text{ L HCl}} = 14 \times 10^{-2} \text{ mol H}^+$$

در اثر انحلال  $\text{CO}_2$  در آب، اسید  $\text{H}_2\text{CO}_3$  تولید می‌شود که در فرآیند خنثی شدن هر دو  $\text{H}^+$  آن مصرف می‌شود؛ در ادامه مقدار مول  $\text{H}^+$  حاصل از انحلال



$$? \text{ mol H}^+ = 2 \text{ L CO}_2 \times \frac{d \text{ g CO}_2}{1 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol H}_2\text{CO}_3} = \frac{d}{11} \text{ mol H}^+$$

در ادامه مول  $\text{OH}^-$  را برابر مجموع مول  $\text{H}^+$  قرار می‌دهیم و  $d$  را به دست می‌آوریم:

$$5 \times 10^{-2} = \left( \frac{1}{4} \times 10^{-2} \right) + \frac{d}{11} \Rightarrow d = 0.396 \text{ g.L}^{-1}$$

پس چگالی گاز  $\text{CO}_2$  بر حسب گرم بر متر مکعب برابر است با:

$$? \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 0.396 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 396 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

ابتدا غلظت مولی محلول  $\text{Ba(OH)}_2$  را محاسبه می‌کنیم: ۱۹۴۸ ۲

$$\text{Ba(OH)}_2: \text{pH} = 13/6 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - \text{pH} = 0.4 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-0.4} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = M_b \cdot n \Rightarrow M_b = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس با استفاده از رابطه خنثی شدن، غلظت مولی  $\text{HBr}$  را به دست می‌آوریم:  $M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 50 \times M_a \times 1 = 0.2 \times 250 \times 2 \Rightarrow M_a = 2/8 \text{ mol.L}^{-1}$

غلظت مولی  $\text{HBr}$  نشان می‌دهد که در هر لیتر محلول،  $2/8$  مول  $\text{HBr}$  حل شده است:

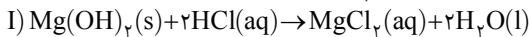
$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ g HBr} = 2/8 \text{ mol HBr} \times \frac{81 \text{ g HBr}}{1 \text{ mol HBr}} = 226/8 \text{ g HBr} \\ ? \text{ g محلول} = 1 \text{ L محلول} \times \frac{100 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1/2 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 120 \text{ g محلول} \end{array} \right. \Rightarrow \text{آب } \text{g} = 1200 - 226/8 = 973/2 \text{ g آب}$$

از آنجا که در هر  $973/2$  گرم آب،  $226/8$  گرم  $\text{HBr}$  حل شده، با یک تناسب ساده می‌توان جرم  $\text{HBr}$  حل شده در  $100$  گرم آب را محاسبه کرد:

$$\frac{226/8 \text{ g HBr}}{973/2 \text{ g H}_2\text{O}} = \frac{x \text{ g HBr}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \Rightarrow x = 23/3 \text{ g HBr}$$



ابتدا مقدار مولی از HCl که توسط ۱/۱۶ میلی گرم منیزیم هیدروکسید خنثی می‌شود را محاسبه می‌کنیم:



$$? \text{ mol HCl (I واکنش)} = \frac{1}{16} \times 10^{-3} \text{ g Mg(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{58 \text{ g Mg(OH)}_2} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol HCl (I واکنش)}$$

سپس مقدار مولی از HCl که توسط ۳/۹۰ میلی گرم Al(OH)<sub>3</sub> خنثی می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$II) \text{Al(OH)}_3(s) + 3\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O(l)}$$

$$? \text{ mol HCl (II واکنش)} = \frac{3}{9} \times 10^{-3} \text{ g Al(OH)}_3 \times \frac{1 \text{ mol Al(OH)}_3}{78 \text{ g Al(OH)}_3} \times \frac{3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} = 1/5 \times 10^{-4} \text{ mol HCl (II واکنش)}$$

بنابراین با مصرف شربت ضد اسید، در مجموع  $(4 \times 10^{-5} + 1/5 \times 10^{-4}) / 9 \times 10^{-4}$  مول HCl از شیره معده مصرف شده است. حال باید ببینیم غلظت HCl در شیره معده چند مولار است تا بتوانیم حجمی از شیره معده که با محلول ضد اسید خنثی می‌شود را به دست آوریم:

$$M_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.7} = 10^{-2+0.3} = 10^{-2} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

محاسبه غلظت HCl در شیره معده:

به دست آوردن حجمی از شیره معده که توسط شربت ضد اسید خنثی می‌شود:

$$M_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.7} = 10^{-2+0.3} = 10^{-2} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{مول مصرفی HCl} = \frac{1/9 \times 10^{-4} \text{ (mol)}}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow V = 9/5 \times 10^{-3} \text{ L} = 9/5 \text{ mL}$$

حجم شیره معده مصرفی

با توجه به روابط داده شده و غلظت یونهای  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{NO}_3^-$ ، غلظت یونهای  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{Ca(OH)}_2: [\text{OH}^-]^2 = \frac{1/64 \times 10^{-4}}{0.06} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{OH}^-] = M_b \cdot n \Rightarrow M_b = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{HNO}_3: [\text{H}^+] = \frac{9/13 \times 10^{-3}}{0.13} = 0.07 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{H}^+] = M_a = 0.07 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 0.07 \times V_a \times 1 = 0.06 \times 112 \times 2 \Rightarrow V_a = 192 \text{ mL HNO}_3$$

سپس از رابطه خنثی شدن استفاده می‌کنیم:

ابتدا غلظت مولی اسید را با استفاده از pH محلول آن محاسبه می‌کنیم:

$$\text{pH} = 2/1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2/1} = 10^{-3+0.9} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}, M_a = [\text{H}^+] = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_a \cdot V_a \cdot n_a = (M_b) \cdot n_b \Rightarrow 8 \times 10^{-3} \times 0.12 \times 1 = M_b \times 2 \Rightarrow M_b = 0.48 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

تعداد مول Ba(OH)<sub>2</sub> به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

حال جرم Ba(OH)<sub>2</sub> حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم. از آنجا که محلول اسید توسط محلول سیر شده حاصل از انحلال  $0.48 \times 10^{-3}$  مول Ba(OH)<sub>2</sub> در ۱۰۰ گرم آب خنثی شده؛ پس میزان انحلال پذیری Ba(OH)<sub>2</sub> در دمای آزمایش برابر است با (انحلال پذیری Ba(OH)<sub>2</sub> در آب بسیار کم است؛ پس  $1 \text{ g.mL}^{-1} \approx$  چگالی محلول Ba(OH)<sub>2</sub>):

$$? \text{ g Ba(OH)}_2 = 100 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{0.48 \times 10^{-3} \text{ mol Ba(OH)}_2}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{171 \text{ g Ba(OH)}_2}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} = 0.0082 \text{ g Ba(OH)}_2$$

$$S = 0.0082 \Rightarrow 0.0082 = 10^{-\theta} \Rightarrow \theta = 59^\circ \text{C}$$

اولیه آن برساند. به این منظور از فرمول رقیق سازی زیر استفاده می‌کنیم:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow M_1 \times 4/8 = 0.25 M_2 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 4/8 \times 4 = 19/2 \text{ mL} \Rightarrow \text{حجم آب اضافه شده} = 19/2 - 4/8 = 14/4 \text{ mL}$$

با توجه به اینکه گفته شده، جرم آب (g) را با حجم آب (mL) مساوی در نظر بگیرید، پس جرم آب تولید شده برابر ۱۴/۴ g است. حال مقدار MOH مصرفی در واکنش با اسید چرب را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g MOH (خالص مصرفی)} = 14/4 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol MOH}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{4 \text{ g MOH}}{1 \text{ mol MOH}} = 32 \text{ g MOH (خالص مصرفی)}$$

$$? \text{ g MOH (خالص)} = 75 \text{ g MOH (خالص)} \times \frac{32 \text{ g MOH (خالص)}}{100 \text{ g MOH (خالص)}} = 50/25 \text{ g MOH}$$

سپس جرم MOH خالص موجود در نمونه اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{اکنون درصد MOH مصرفی را به دست می‌آوریم: } \text{درصد MOH مصرفی} = \frac{\text{جرم MOH خالص مصرفی}}{\text{جرم کل MOH خالص}} = \frac{32}{50/25} \times 100 = 64\%$$

قسمت دوم: همان طور که در قسمت اول مسئله گفته شده، باقی مانده MOH با HCl واکنش می‌دهد:



ابتدا جرم HCl موجود در محلول آن را محاسبه می‌کنیم:  $1.6/65 \text{ g HCl} = 1.8/25 \text{ g MOH} \times \frac{1 \text{ mol MOH}}{40 \text{ g MOH}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MOH}} \times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}}$

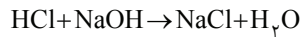
در آخر غلظت محلول HCl را برحسب گرم بر لیتر به دست می‌آوریم:  $\text{غلظت HCl} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم (لیتر)}} = \frac{1.6/65 \text{ g HCl}}{0.5 \text{ L}} = 3.3 \text{ g.L}^{-1}$

۱۹۵۳ ۱ قسمت اول: ابتدا مقدار مول اولیه HCl موجود در محلول و pH آن را محاسبه می‌کنیم:

? mol H<sup>+</sup> = 6 × 10<sup>-3</sup> L HCl محلول ×  $\frac{0.1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl محلول}}$  = 6 × 10<sup>-3</sup> mol HCl,  $M_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-1} = 1$

سپس مقدار مول NaOH موجود در ۳۰ میلی لیتر از محلول آن محاسبه می‌کنیم:

? mol NaOH = 3 × 10<sup>-3</sup> L NaOH محلول ×  $\frac{0.8 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH محلول}}$  = 2.4 × 10<sup>-3</sup> mol NaOH



معادله واکنش HCl و NaOH به صورت مقابل است:

مقدار مول مصرفی HCl به ازای ریختن ۳۰ میلی لیتر محلول NaOH برابر 2.4 × 10<sup>-3</sup> مول است و مقدار HCl باقی مانده در محلول برابر است با:

? mol HCl (باقی مانده) = 6 × 10<sup>-3</sup> - 2.4 × 10<sup>-3</sup> = 3.6 × 10<sup>-3</sup> mol

در ادامه، غلظت یون H<sup>+</sup> را در محلول پس از ریختن ۳۰ میلی لیتر محلول NaOH حساب می‌کنیم:

$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}} = \frac{3.6 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(6 + 3) \times 10^{-3} \text{ L}} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

حال pH محلول حاصل را محاسبه می‌کنیم:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(4 \times 10^{-2}) = 2 - \log 4 = 2 - 2 \log 2 = 2 - 2(\log 2) = 2 - 0.6 = 1.4$

قسمت دوم: دقت کنید که اضافه کردن یک باز به یک محلول، در صورتی که pH محلول به ۷ نزدیک تر باشد، سبب تغییر بیشتر pH می‌شود و اضافه کردن باز به محلول‌هایی که خاصیت اسیدی یا بازی بیشتری دارند، سبب تغییرات کمتر pH می‌شود؛ پس نمودار گزینه (۱) درست است.

۱۹۵۴ ۲ زیرلایه با  $l=0$  و  $n=4$  همان ۴s است، اولین عنصری که زیرلایه آن نیمه پر می‌شود، پتاسیم (K) می‌باشد:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

ابتدا غلظت مولار محلول دارای KOH را حساب می‌کنیم:

? mol KOH = 2.24 g KOH ×  $\frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}}$  = 0.04 mol KOH  $\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول KOH}}{\text{حجم محلول}} = \frac{4 \times 10^{-2} \text{ mol}}{10^{-1} \text{ L}} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$

سپس به کمک رابطه خنثی شدن کامل اسید و باز، غلظت محلول HX را محاسبه می‌کنیم:

$M_a \cdot n_a \cdot V_a = M_b \cdot n_b \cdot V_b \Rightarrow M_a \times 1 \times 50 = 0.4 \times 1 \times 20 = M_b = 1/6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

حال از ثابت یونش اسید، غلظت یون H<sup>+</sup> موجود در محلول HX را محاسبه می‌کنیم:

$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a < 10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 10^{-9} = (1/6 \times 10^{-2}) \times \alpha^2 \Rightarrow \alpha = 2/5 \times 10^{-4}$

$[\text{H}^+] = M \cdot \alpha = (1/6 \times 10^{-2}) \times (2/5 \times 10^{-4}) = 4 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

انکون pH محلول اسید HX را محاسبه می‌کنیم:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(4 \times 10^{-6}) = 6 - \log 4 = 6 - 2 \log 2 = 6 - 2(\log 2) = 6 - 0.6 = 5.4$

۱۹۵۵ ۱ pH محلول Ba(OH)<sub>۲</sub> (محلول (۱))، ۰/۶ واحد بزرگ‌تر از pH محلول NaOH (محلول (۲)) می‌باشد. بنا به رابطه  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  می‌توان گفت:

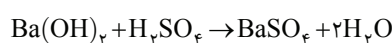
$\text{pH}_{(1)} - \text{pH}_{(2)} = 0.6 \Rightarrow \text{pOH}_{(2)} - \text{pOH}_{(1)} = 0.6 \Rightarrow -\log[\text{OH}^-]_{(2)} - (-\log[\text{OH}^-]_{(1)}) = 0.6 \Rightarrow \log \frac{[\text{OH}^-]_{(1)}}{[\text{OH}^-]_{(2)}} = 0.6 \Rightarrow \frac{[\text{OH}^-]_{(1)}}{[\text{OH}^-]_{(2)}} = 10^{0.6} = (10^{0.3})^2 = 4$

$\xrightarrow{V_1=V_2} n_{\text{OH}^-}_{(1)} = 4n_{\text{OH}^-}_{(2)}$

در محلول نهایی:  $\text{pH} = 13/1 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - 13/1 = 0.9 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-0.9} = \frac{1}{(10^{0.9})} = \frac{1}{8} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{OH}^-] = \frac{n_{\text{OH}^-}}{V_{\text{کل}}} = \frac{n_{\text{OH}^-}_{(1)} + n_{\text{OH}^-}_{(2)}}{V_1 + V_2} \xrightarrow{V_1=V_2} [\text{OH}^-] = \frac{n_{\text{OH}^-}_{(1)} + \frac{1}{4}n_{\text{OH}^-}_{(1)}}{2V} = \frac{5n_{\text{OH}^-}_{(1)}}{8V} \text{ mol.L}^{-1}$

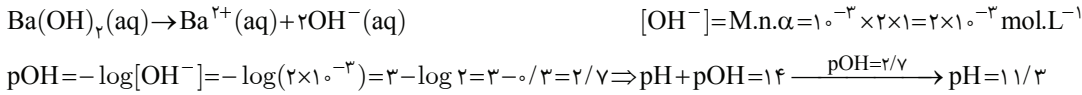
$\frac{1}{8} = \frac{5 \times n_{\text{OH}^-}_{(1)}}{8 \times V_1} \Rightarrow \frac{n_{\text{OH}^-}_{(1)}}{V_1} = \frac{1}{5} \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{M=\frac{n}{V}} [\text{OH}^-]_{(1)} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [\text{Ba(OH)}_2] = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$



محلول ۴g =  $100 \text{ mL Ba(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ L Ba(OH)}_2}{1000 \text{ mL Ba(OH)}_2} \times \frac{0.1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{1 \text{ L Ba(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{100 \text{ g محلول}}{24/5 \text{ g H}_2\text{SO}_4}$



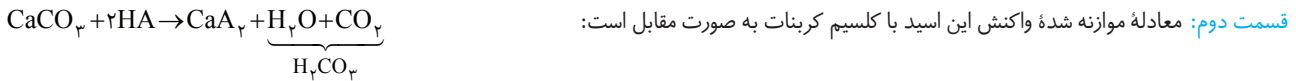
قسمت اول: pH محلول باریم هیدروکسید را به دست می آوریم: **۴ ۱۹۵۶ B**



با توجه متن سؤال، pH محلول اسید HA برابر  $4 (11.3 - 7.3)$  است. اکنون با توجه به pH محلول اسید HA، ثابت یونش آن را به دست می آوریم:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4} \Rightarrow [\text{H}^+] = \text{M.n.}\alpha \Rightarrow 10^{-4} = (5 \times 10^{-2}) \times 1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{\text{M}\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{\alpha \ll 0.5} K_a = \text{M}\alpha^2 = (5 \times 10^{-2}) \times (2 \times 10^{-3})^2 = 2 \times 10^{-7}$$



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g CaCO}_3 = \frac{0.1 \text{ L HA}}{1 \text{ L HA}} \times \frac{0.5 \text{ mol HA}}{1 \text{ mol HA}} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{2 \text{ mol HA}} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 0.25 \text{ g CaCO}_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول HA}}{1 \times 100} \Rightarrow \frac{x \text{ g CaCO}_3}{1 \times 100} = \frac{0.1 \times 0.5}{2} \Rightarrow x = 0.25 \text{ g CaCO}_3$$

**۱ ۱۹۵۷ C** فقط عبارت چهارم درست است. بررسی عبارت ها: عبارت اول: ابتدا غلظت اولیه اسید موجود در این محلول را حساب می کنیم. در لحظه تعادل (پس از

یونش)، ۴ ذره اسید HF وجود دارد و با توجه به اینکه هر ذره معادل ۰/۴ مول است، پس در لحظه تعادل  $4 \times 0.4 = 0.16 \text{ mol}$  اسید وجود دارد. از طرف دیگر، در لحظه تعادل، یک ذره  $\text{H}^+$  داریم یعنی ۰/۴ مول  $\text{H}^+$  در محلول وجود دارد. مطابق تعادل  $\text{HF}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$  به ازای تولید ۰/۴ مول یون  $\text{H}^+$ ، ۰/۴ مول اسید HF مصرف شده است. در نتیجه می توان گفت مقدار اسید مصرف شده برابر ۰/۴ مول است. مقدار اولیه اسید برابر است با:

$$0.16 + 0.4 = 0.56 \text{ mol} = \text{مقدار اولیه هیدروفلوئوریک اسید} \Rightarrow \text{مقدار اسید مصرف شده} + \text{مقدار اسید در لحظه تعادل (پس از یونش)} = \text{مقدار اولیه اسید}$$

اکنون غلظت اولیه اسید را محاسبه می کنیم:

$$M_{\text{HF}} = \frac{\text{مقدار حل شونده بر حسب مول}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}} = \frac{0.56}{2} = 0.28 \text{ مولار}$$

از آنجایی که غلظت اسید در محلول ۰/۲ مولار آن از غلظت اسید در محلول ۰/۱ مولار بیشتر است، در نتیجه غلظت یون ها نیز در محلول ۰/۲ مولار بیشتر بوده و رسانایی الکتریکی آن نیز بیشتر است. عبارت دوم: درصد یونش برابر است با:

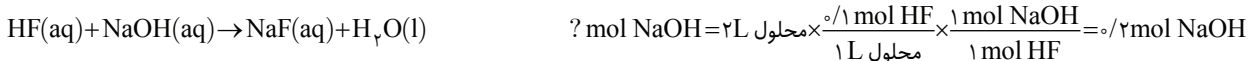
$$\text{درصد یونش} = \frac{[\text{H}^+]}{[\text{HF}]} \times 100$$

غلظت اولیه HF برابر ۰/۱ مولار است. غلظت یون  $\text{H}^+$  را نیز محاسبه می کنیم:

$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 0.4 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{درصد یونش} = \frac{0.2}{0.1} \times 100 = 200\%$$

عبارت سوم: غلظت هر یک از یون های  $\text{H}^+$  و  $\text{F}^-$  محلول HF داده شده برابر ۰/۲ مولار بوده و در نتیجه مجموع غلظت یون ها برابر ۰/۴ مولار است. در محلول ۰/۱ مولار HCl، غلظت هر یک از یون های  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  برابر ۰/۱ مولار بوده و در نتیجه مجموع غلظت یون ها برابر ۰/۲ مولار می باشد. از آنجایی که غلظت یون ها در محلول HF داده شده بیشتر از محلول HCl است، رسانایی الکتریکی محلول HF نیز بیشتر است. عبارت چهارم: ابتدا معادله واکنش خنثی شدن را می نویسیم:



برای خنثی کردن این محلول، به ۰/۲ مول NaOH نیاز داریم و از آنجایی که ۰/۲ مول NaOH، باعث تولید ۰/۲ مول یون  $\text{Na}^+$  شده، در نتیجه غلظت کل یون های موجود در محلول بیشتر شده، پس رسانایی الکتریکی محلول نیز بیشتر شده و لامپ پر نورتر می شود.

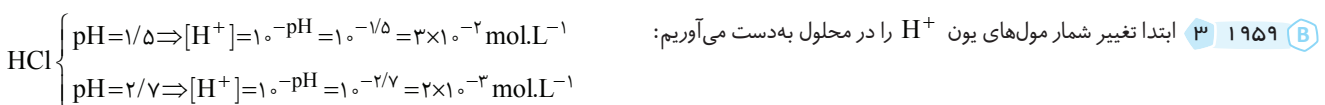
ابتدا تعداد مول یون های  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  را به دست می آوریم: **۲ ۱۹۵۸ B**

$$\text{HCl: } M_a \cdot V_a \cdot n_a = 0.2 \times 0.6 \times 1 = 0.12 \text{ mol H}^+ \quad , \quad \text{KOH: } M_b \cdot V_b \cdot n_b = 0.5 \times 0.2 \times 1 = 0.1 \text{ mol OH}^-$$

شمار مول  $\text{H}^+$  بیشتر است، پس در نهایت  $\text{H}^+$  در محلول باقی می ماند:

$$\text{H}^+ = 0.12 - 0.1 = 0.02 \text{ mol H}^+ \quad \text{شمار مول OH}^- = \text{شمار مول H}^+ = \text{شمار مول باقی مانده H}^+$$

$$[\text{H}^+] = \frac{\text{شمار مول H}^+ \text{ باقی مانده}}{\text{حجم کل}} = \frac{0.02}{0.6 + 0.2} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad , \quad \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(2.5 \times 10^{-3}) = 3 - 2 \log 5 = 1.6$$



حال غلظت  $\text{OH}^-$  محلول NaOH را به دست می آوریم:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pOH} = 2/7 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-2/7} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  چون pH در نهایت به ۲/۷ رسیده و محلول حاصل، هنوز اسیدی است، مقداری اسید در ظرف باقی می ماند.

$$[\text{H}^+] = \frac{(\text{شمار مول اولیه H}^+) - (\text{شمار مول OH}^- \text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} = \frac{(3 \times 10^{-2} \times 400 \times 1) - (2 \times 10^{-3} \times V_b \times 1)}{400 + V_b} = 2 \times 10^{-3} \Rightarrow V_b = 280 \text{ mL}$$

HBr:  $\text{pH} = 2/4 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2/4} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ابتدا باید غلظت  $\text{H}^+$  باقی‌مانده در محلول نهایی را محاسبه کنیم: **۳ ۱۹۶۰ B**

$\text{Ba(OH)}_2$ :  $\text{pH} = 11/3 \xrightarrow{\text{pH} + \text{pOH} = 14} \text{pOH} = 2/3 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2/3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{H}^+]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول اولیه } \text{H}^+) - (\text{شمار مول } \text{OH}^- \text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} = \frac{(4 \times 10^{-3} \times 75) - (2 \times 10^{-3} \times 50)}{50 + 75} = 1/6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون، از رابطه خنثی شدن استفاده می‌کنیم:  $M_b \cdot V_b \cdot n_b \Rightarrow 1/6 \times 10^{-3} \times 125 \times 1 = 0/32 \times V_b \times 2 \Rightarrow V_b = 3/125 \text{ mL}$

$$100 + V_b = 5(100) \Rightarrow V_b = 400 \text{ mL}$$

با توجه به اینکه  $V_a = 100 \text{ mL}$ ، می‌توان  $V_b$  را محاسبه کرد: **۴ ۱۹۶۱ B**

$\text{pH}$  محلول اولیه را نیز می‌توان به دست آورد:  $[\text{H}^+]_{\text{اولیه}} = M_a \cdot n_a = 0/1 \times 1 = 0/1 \Rightarrow \text{pH}_1 = -\log[\text{H}^+] = -\log 0/1 = 1$

$$\text{pH}_2 = 2 \Rightarrow \text{pH}_1 = 2(1) = 2 \quad [\text{H}^+]_{\text{باقی‌مانده}} = 10^{-\text{pH}_2} = 10^{-2} = 0/01 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون با داشتن شمار مول یون‌های  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  و غلظت  $\text{H}^+$  باقی‌مانده در محلول، می‌توان غلظت باز را محاسبه کرد:

$$\text{H}^+ \text{ شمار مول‌های اولیه} = M_a \cdot V_a \cdot n_a = 0/1 \times 0/1 \times 1 = 0/01 \text{ (mol)}, \quad \text{OH}^- \text{ شمار مول} = M_b \cdot V_b \cdot n_b = M_b \times 0/4 \times 1 = 0/4 M_b \text{ (mol)}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول } \text{H}^+ \text{ اولیه}) - (\text{شمار مول } \text{OH}^- \text{ اضافه شده})}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} \Rightarrow 0/01 = \frac{0/01 - 0/4 M_b}{0/5} \Rightarrow M_b = 0/0125 \text{ mol.L}^{-1}$$

$\text{pH}$  محلول اولیه به صورت زیر است: **۳ ۱۹۶۲ B**

$$\text{Ba(OH)}_2: [\text{OH}^-] = n \cdot M_b = 2 \times 0/02 = 0/04 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 0/04 = 2 - 2 \log 2 = 1/4$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 1/4 = 13/6$$

گفته شده که  $\text{pH}$  محلول ۰/۶ واحد تغییر می‌کند و چون اسید به آن اضافه می‌شود، غلظت  $\text{OH}^-$  کاهش و  $\text{pH}$  نیز کاهش می‌یابد؛ پس غلظت  $\text{OH}^-$  در محلول

$$\text{pH}_2 = \text{pH}_1 - 0/6 = 13/6 - 0/6 = 13 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - \text{pH} = 1, \quad [\text{OH}^-]_{\text{باقی‌مانده}} = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون شمار مول  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  را تعیین می‌کنیم:  $\text{Ba(OH)}_2: \text{OH}^- \text{ شمار مول} = 0/02 \times 2 \times 0/2 = 8 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$

$$\text{HNO}_3: \text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 0/01 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{H}^+ \text{ شمار مول} = 0/01 V_a \text{ (mol)}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول } \text{OH}^- \text{ اولیه}) - (\text{شمار مول } \text{H}^+)}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} \Rightarrow 0/01 = \frac{8 \times 10^{-3} - 0/01 V_a}{0/2 + V_a} \Rightarrow V_a = 0/2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$$

ابتدا دقت کنید که در دمای اتاق  $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$  و  $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$  است. **ظرف (I):**  $M \times 1 \Rightarrow M = 10^{-3}$  **۱ ۱۹۶۳ B**

$$[\text{H}^+] = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{10^{-3} \times 10^3 + 10^{-1} \times 10}{1010} = 2 \times 10^{-3} \Rightarrow \text{pH}'_1 = 2/7 \Rightarrow |\Delta \text{pH}_{(I)}| = |2/7 - 3| = 0/3$$

**ظرف (II):**  $\text{mol KOH} = 10^{-3} \times 1 = 10^{-3}$  ?  $\text{mol اسید} = 10 \times 10^{-3} \times 10^{-1} = 10^{-3}$

پس کامل خنثی می‌شود و  $\text{pH}$  برابر با ۷ می‌شود:  $\Delta \text{pH}_{(II)} = 11 - 7 = 4$ . نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:  $\frac{\Delta \text{pH}_{(I)}}{\Delta \text{pH}_{(II)}} = \frac{0/3}{4} = 0/075$

HA:  $\text{pH} = 2/1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-3/1} = 10^{-3} = 10^{-4+9/9} = 8 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  تعداد مول یون‌های  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  را محاسبه می‌کنیم: **۳ ۱۹۶۴ C**

$$K_a < 10^{-3} \Rightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot M_a} \Rightarrow M_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_a} = \frac{(8 \times 10^{-4})^2}{5/12 \times 10^{-4}} = 1/25 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{B(OH)}_3: \text{pH} = 12/8 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - 12/8 = 1/2$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{1/2} = 10^{-2+3/3} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad M_b = \frac{[\text{OH}^-]}{n} = \frac{6 \times 10^{-2}}{2} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

تعداد مول  $\text{OH}^-$  بیشتر است، پس در ظرف،  $\text{OH}^-$  باقی می‌ماند:

$$[\text{OH}^-]_{\text{باقی‌مانده}} = \frac{(\text{شمار مول } \text{OH}^- \text{ اولیه}) - (\text{شمار مول } \text{H}^+ \text{ اولیه})}{\text{حجم اسید} + \text{حجم باز}} = \frac{(M_b \cdot V_b \cdot n_b) - (M_a \cdot V_a \cdot n_a)}{V_b + V_a}$$

$$= \frac{(3 \times 10^{-2} \times 0/3 \times 2) - (1/25 \times 10^{-3} \times 0/2 \times 1)}{0/3 + 0/2} = 3/55 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$



۳ ۱۹۶۵ با مصرف ضد اسید، حجم محتویات معده از ۰/۴ لیتر به ۰/۴۲ لیتر و pH آن از ۳/۳ به ۳/۹ افزایش یافته است.

$$[H^+]_{\text{اولیه}} = 10^{-pH} = 10^{-3/3} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{mol } H^+ = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \times 0.4 \text{ L} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = 10^{-pH} = 10^{-3/9} = 1/25 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{mol } H^+ = 1/25 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \times 0.42 \text{ L} = 0.525 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

بنابراین طی این واکنش  $1/475 \times 10^{-4} \text{ mol}$  از اسید معده خنثی شده است. حال می‌توان جرم  $\text{Al(OH)}_3$  و سپس غلظت ppm آن را به دست آورد:

$$1/475 \times 10^{-4} \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Al(OH)}_3}{3 \text{ mol HCl}} \times \frac{78 \text{ g Al(OH)}_3}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} = 3/835 \times 10^{-3} \text{ g Al(OH)}_3$$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 1/25 = \frac{m}{20} \Rightarrow m = 25 \text{ g} \quad \text{محاسبه جرم ضد اسید:}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم ضد اسید}} \times 10^6 = \frac{3/835 \times 10^{-3} \text{ g}}{25} \times 10^6 = 153/4 \quad \text{محاسبه غلظت ppm Al(OH)}_3$$

۱ ۱۹۶۶ ابتدا غلظت محلول HA پس از افزودن آب را محاسبه می‌کنیم:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow 4 \times 200 = M_2 \times (200 + 600) \Rightarrow M_2 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس مولاریته یون سدیم را که برابر با مولاریته NaOH است در محلول NaOH محاسبه می‌کنیم:  $\text{Na}^+ = \frac{\text{ppm} \times \text{جگالی}}{\text{جرم مولی} \times 10^3} = \frac{9200 \times 1}{1000 \times 23} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$

سدیم هیدروکسید یک باز قوی است و در آن مولاریته هر کدام از یونها با مولاریته NaOH برابر است. در ادامه به کمک فرمول زیر، pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_a \cdot n_a \cdot V_a - M_b \cdot n_b \cdot V_b}{V_a + V_b} = \frac{(1 \times 1 \times 200) - (0.4 \times 1 \times 400)}{200 + 400} = \frac{1}{15} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log\left(\frac{1}{15}\right) = \log 15 = \log 3 + \log 5 = 0.5 + 0.7 = 1.2 \quad \text{pH محلول نهایی برابر است با:}$$

۴ ۱۹۶۷ اگر در یک لیتر آب، ۵/۶ گرم KOH حل شده باشد، پس در ۱۰۰ میلی لیتر از آن ۰/۵۶ گرم KOH حل شده است که مقدار مول آن برابر است با:

$$? \text{ mol KOH} = 0.56 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} = 0.01 \text{ mol KOH}$$

مقدار مول NaOH را که در ۱۵۰ میلی لیتر آب حل شده محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol NaOH} = 150 \text{ mL محلول} \times \frac{4 \text{ g NaOH}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0.015 \text{ mol NaOH}$$

از آنجا که KOH و NaOH هر دو بازهای قوی و تک‌عاملی هستند، پس مجموع مول  $\text{OH}^-$  برابر با  $0.025 \text{ mol}$  (۰/۰۱۵ + ۰/۰۱۰) است. حال از رابطه خنثی شدن

ناقص اسید و باز، غلظت  $\text{H}^+$  محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_a \cdot n_a \cdot V_a - \overbrace{M_b \cdot n_b \cdot V_b}^{\text{مول OH}^-}}{V_a + V_b} = \frac{(0.2 \times 1 \times 0.25) - 0.025}{(100 + 150 + 250) \times 10^{-3}} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-2}) = 2 - \log 5 = 2 - 0.7 = 1.3 \quad \text{pH محلول نهایی برابر است با:}$$

۳ ۱۹۶۸ ابتدا تعداد مول  $\text{OH}^-$  موجود در محلول NaOH و حجم محلول NaOH را به دست می‌آوریم:

$$\text{mol OH}^- = 120 \text{ g محلول} \times \frac{16/67 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol NaOH}} = 0.5 \text{ mol OH}^-$$

$$? \text{ L} = \frac{\text{محلول سدیم هیدروکسید}}{120 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1/2 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.1 \text{ L}$$

چون pH محلول نهایی بزرگ‌تر از ۷ است، پس  $\text{OH}^-$  اضافی در محلول نهایی باقی مانده است که غلظت آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{pH}_{\text{نهایی}} = 14 - \text{pOH}_{\text{نهایی}} \Rightarrow \text{pOH}_{\text{نهایی}} = 0 \Rightarrow [\text{OH}^-]_{\text{نهایی}} = 10^{-\text{pOH}} = 10^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{نهایی}} = \frac{(\text{تعداد مول OH}^-) - (\text{تعداد مول H}^+)}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1 = \frac{0.5 - x}{0.1} \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol H}^+$$

سپس تعداد مول  $\text{H}^+$  مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

اکنون درصد خلوص HBr به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$? \text{ g HBr} = 0.4 \text{ mol H}^+ \times \frac{1 \text{ mol HBr}}{1 \text{ mol H}^+} \times \frac{81 \text{ g HBr}}{1 \text{ mol HBr}} \times \frac{100 \text{ g HBr}}{x \text{ g HBr}} = 36 \Rightarrow x = 90$$



۳ ۱۹۶۹ C ابتدا تعداد مول اولیه HCl را به دست می‌آوریم:

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-0.3} = \frac{1}{10^{0.3}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [H^+] = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{mol}(H^+) = [H^+] \times V = 0.5 \times \frac{400}{1000} = 0.2 \text{ mol } H^+$$

مقداری از این  $0.2 \text{ mol } H^+$  یا همان  $0.2 \text{ mol HCl}$  وارد واکنش با کلسیم کربنات می‌شود و بقیه در محلول باقی می‌ماند. با توجه به اطلاعاتی که از محلول باریم هیدروکسید داریم، می‌توانیم تعداد مول  $H^+$  باقی‌مانده در محلول را محاسبه کنیم، ابتدا pH محلول باریم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:

$$M_{\text{Ba(OH)}_2} = \frac{n(\text{mol})}{V(L)} = \frac{0.13 \text{ g Ba(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{171 \text{ g Ba(OH)}_2}}{1 \text{ L}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = n \cdot M_{\text{Ba(OH)}_2} = 2 \times 0.3 = 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow pOH = -\log[\text{OH}^-] = -\log(6 \times 10^{-2}) = 2 - 0.3 = 0.7 = 1/2$$

$$\Rightarrow pH_{\text{Ba(OH)}_2 \text{ محلول}} = 14 - 1/2 = 13.5 \quad \frac{pH_{\text{HCl باقی مانده}}}{pH_{\text{Ba(OH)}_2 \text{ محلول}}} = \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{x}{12/8} = \frac{1}{16} \Rightarrow x = 0.8$$

$$0.8 = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-0.8} = 10^{-2} \times 10^{1.2} = 10^{-2} \times (10^{0.3})^4 = 16 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{mol}(H^+) \text{ باقی مانده} = 16 \times 10^{-2} \times 0.4 = 0.64 \text{ mol}$$

در نتیجه  $0.2 - 0.64 = -0.44 \text{ mol}$  محلول HCl با کلسیم کربنات واکنش می‌دهد. معادله این واکنش به صورت زیر می‌باشد:



$$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 0.18 \times 1/0.5}{63} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱ ۱۹۷۰ C ابتدا باید غلظت اولیه نیتریک اسید را محاسبه کنیم:

$$\text{مول} = \text{حجم} \times \text{غلظت مولی} = 5 \times 0.3 = 0.15 \text{ mol}$$

شمار مول اولیه  $\text{HNO}_3$  برابر است با:

معادله واکنش انجام شده به صورت  $2\text{Li} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{LiNO}_3 + \text{H}_2$  است. باید شمار مول‌های  $\text{HNO}_3$  مصرف شده و بعد از آن غلظت  $\text{HNO}_3$  باقی‌مانده را محاسبه کنیم:

$$? \text{ mol HNO}_3 = 3/5 \text{ Li ناخالص} \times \frac{25 \text{ g Li}}{10 \text{ g Li}} \times \frac{1 \text{ mol Li}}{7 \text{ g Li}} \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{2 \text{ mol Li}} = 0.125 \text{ mol HNO}_3$$

$$\text{مول باقی مانده} = 0.15 - 0.125 = 0.025 \text{ mol}, \quad \text{غلظت باقی مانده} = \frac{0.025}{5} = 0.005 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5 \times 10^{-3}) = -(-3 + 0.7) = 2.3$$

$$\text{مول باقی مانده } H^+ = 25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

قسمت دوم: باید مول  $H^+$  و مول  $\text{OH}^-$  را در محلول نهایی محاسبه کنیم:

$$\text{مول } \text{OH}^- = 1/6 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol NaOH}} = 0.4 \text{ mol OH}^- \quad \text{مول}(\text{OH}^-) > \text{مول}(H^+) \Rightarrow \text{محلول نهایی خاصیت بازی دارد.}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{مول } \text{OH}^- - \text{مول } H^+}{V} = \frac{4 \times 10^{-3} - 25 \times 10^{-3}}{5} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[\text{OH}^-] = -\log(3 \times 10^{-3}) = -(-3 + 0.5) = 2.5 \quad pH = 14 - pOH = 14 - 2.5 = 11.5$$

۳ ۱۹۷۱ C در مرحله اول، با استفاده از pH محلول نهایی، غلظت و مول  $H^+$  موجود را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 1/5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0.7} = 10^{-2} \times 10^{1.3} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{مول } H^+ \text{ در محلول نهایی} = 3 \times 10^{-2} \times (40 + 10) \times 10^{-3} = 15 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

حجم محلول سود

می‌دانیم  $H^+$  موجود در محلول نهایی همان مقدار  $H^+$  باقی‌مانده در فرایند خنثی شدن  $\text{OH}^-$  اضافه شده با  $H^+$  موجود در محلول اولیه است:

$$\left\{ \begin{array}{l} pH = 12 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH = 2 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{محلول سدیم هیدروکسید} \\ \text{محلول } \text{OH}^- \text{ اضافه شده} \\ \text{حجم محلول سود} \end{array} \right. \quad \text{مول } \text{OH}^- = 10^{-2} \times 10 \times 10^{-3} = 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{مول } H^+ \text{ اولیه} = 16 \times 10^{-4} \text{ mol} \Rightarrow \text{مول } H^+ \text{ اولیه} = 15 \times 10^{-4} \text{ mol} \Rightarrow \text{مول } \text{OH}^- \text{ اضافه شده} - \text{مول } H^+ \text{ اولیه} = \text{مول } H^+ \text{ نهایی}$$

در این مرحله مول  $H^+$  در  $40$  میلی لیتر از  $200$  میلی لیتر رقیق شده را به دست آوریم، پس می‌توان گفت غلظت اسید بعد از رقیق شدن برابر  $\frac{16 \times 10^{-4}}{40 \times 10^{-3}}$  یعنی  $0.04$  مولار است.

$$\text{غلظت (MV)} = \text{رقیق (MV)} \Rightarrow \text{مول اسید در محلول غلیظ} = 0.04 \times 0.2 = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

مول اسید

$$\text{ذره} = \text{تعداد ذرات اسید در محلول غلیظ} \times N_A = 8 \times 10^{-3} \times 6.02 \times 10^{23} = 4.816 \times 10^{21}$$



$$M_{\text{HNO}_3} = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.7} = 10^{-2} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

۴ ابتدا غلظت مولی محلول  $\text{HNO}_3$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{HCl} \text{ مولاریته} = \frac{\text{چگالی} \times \text{درصد جرمی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{1.0 \times 37 / 65 \times 1 / 2}{36.5} = 1 / 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس غلظت مولی محلول HCl را به دست می‌آوریم:

سپس با توجه به گزینه‌ها که pH نهایی همه آن‌ها بزرگ‌تر از ۷ است می‌توان نتیجه گرفت که محلول نهایی خاصیت بازی دارد؛ پس از فرمول خنثی شدن ناقص زیر استفاده می‌کنیم:

$$[\text{OH}^-]_{\text{نهایی}} = \frac{(M_b \cdot n_b \cdot V_b) - (M_{a_1} \cdot n_{a_1} \cdot V_{a_1} + M_{a_2} \cdot n_{a_2} \cdot V_{a_2})}{V_b + V_{a_1} + V_{a_2}} = \frac{(2 \times 10^{-2} \times 1 \times 45) - (2 \times 10^{-2} \times 1 \times 45 + 3 \times 10^{-2} \times 1 \times 1 / 2)}{20 + 45 + 30} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

pOH = -log[OH<sup>-</sup>] = -log 10<sup>-2</sup> = 2 ⇒ pH = 14 - pOH = 14 - 2 = 12

pH محلول نهایی برابر است با:

### شیمی ۳: فصل دوم

### پاسخ تشریحی

۴ ۱۹۷۳ همه عبارت‌ها درست هستند.

۳ ۱۹۷۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آن‌ها)، تولید مواد (مانند برق‌کافت و آبکاری) و اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فراورده) برخی از قلمروهای علم الکتروشیمی هستند. دقت کنید که آبکافت در حوزه علم الکتروشیمی قرار ندارد.

۳ ۱۹۷۵ همه عبارت‌ها به جز عبارت (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: (الف): باتری یکی از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. عبارت (ب): در باتری‌ها، با انجام واکنش‌های شیمیایی، بخشی از (نه همه!) انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. عبارت (پ): تأمین انرژی الکتریکی برای دستگاه تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمک، تلفن همراه، اندام‌های مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است. عبارت (ت): لوله‌های فلزی انتقال آب در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب می‌شوند. عبارت (ث): کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و ... در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است.

۲ ۱۹۷۶ فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت (پ): در چراغ‌های خورشیدی از باتری‌های قابل شارژ استفاده می‌کنند.

۱ ۱۹۷۷ به جز عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت سوم: با استفاده از یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد. دقت کنید برای ساخت باتری، باید از دو تیغه فلزی با جنس‌های متفاوت استفاده کرد.

۴ ۱۹۷۸ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): در واکنش‌های انحلال اکسیدها در آب و خنثی شدن اسیدها و بازها، مبادله الکترون میان گونه‌ها صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین این واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نیستند.

۳ ۱۹۷۹ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ت): در یک واکنش اکسایش - کاهش، گونه‌های اکسایش و کاهش یافته، در اثر انتقال الکترون، معمولاً به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب می‌رسند.

\* توجه هیدروژن، لیتیم و اغلب فلزهای واسطه در اثر انتقال الکترون، به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند.

عبارت (ث): در واکنش فلز سدیم و گاز کلر، فلز سدیم (Na) با از دست دادن الکترون اکسایش یافته و به یون سدیم (Na<sup>+</sup>) تبدیل می‌شود. از طرفی گاز کلر با جذب الکترون کاهش یافته و به یون کلرید (Cl<sup>-</sup>) تبدیل می‌شود.

۱ ۱۹۸۰ فقط مورد (پ) درست است. در شکل داده شده، گوی سمت چپ الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد؛ در واکنش مورد (پ) نیز، عنصر آهن با از دست دادن الکترون، اکسایش می‌یابد و تبدیل به کاتیون آهن (II) می‌شود. بررسی سایر واکنش‌ها: واکنش‌های (الف) و (ت): در هر دو این گزینه‌ها عنصر آهن با جذب الکترون از دیگر واکنش‌دهنده، کاهش می‌یابد. واکنش (ب): در این واکنش، عنصر آهن نه الکترون جذب کرده و نه از دست داده است.

۳ ۱۹۸۱ به جز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در یک واکنش اکسایش - کاهش، به گونه‌دهنده الکترون کاهشنده و به گونه‌گیرنده، اکسنده می‌گویند. عبارت دوم: گونه‌کاهنده با از دست دادن الکترون، اکسید می‌شود. عبارت سوم: ماده اکسنده با گرفتن الکترون از گونه‌کاهنده، موجب مثبت‌تر شدن بار آن می‌شود. عبارت چهارم: اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند. از این رو فلزها اغلب کاهشنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

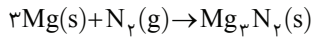
۴ ۱۹۸۲ نقش گونه نوشته شده در موارد (ب) و (ث) نادرست است. بررسی موارد: مورد (الف): در این واکنش فلز پتاسیم الکترون از دست داده و باعث کاهش یون سدیم شده است، پس نقش فلز پتاسیم در این واکنش کاهشنده است. مورد (ب): در این واکنش، یون آهن (III) با گرفتن الکترون کاهش یافته است و به همین علت نقش اکسنده را بر عهده دارد. مورد (پ): در این واکنش نیز فلز پتاسیم با از دست دادن الکترون و تشکیل یون پتاسیم در نقش کاهشنده ظاهر شده است و یون منیزیم با جذب الکترون نقش اکسنده را دارد. مورد (ت): در این واکنش یون آهن (III) نقش اکسنده و فلز آهن نقش کاهشنده را دارد. مورد (ث): در این واکنش یون H<sup>+</sup> نقش اکسنده و Mg نقش کاهشنده را دارد.

۳ ۱۹۸۳ موارد (ب) و (ت) جاهای خالی موجود در عبارت سؤال را به درستی تکمیل می‌کنند. در نیم‌واکنش کاهش، عنصر اکسنده، الکترون جذب کرده و کاهش می‌یابد؛ همچنین در نیم‌واکنش اکسایش، عنصر کاهشنده، الکترون از دست داده و اکسید می‌شود.

۲ ۱۹۸۴ عبارت‌های سوم و پنجم نادرست هستند. بررسی موارد: مورد اول: نیم‌واکنش‌های اکسایش - کاهش باید هم از نظر جرم و هم از نظر بار الکتریکی موازنه باشند. مورد دوم: در نیم‌واکنش کاهش، گونه‌ای که الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد گونه‌کاهنده و در نیم‌واکنش اکسایش گونه‌ای که الکترون از دست داده و اکسید می‌شود گونه‌کاهنده است. مورد سوم: در نیم‌واکنش اکسایش، گونه‌ای اکسید شده و الکترون تولید می‌کند و در نیم‌واکنش کاهش، گونه‌ای کاهش یافته و الکترون را مصرف می‌کند. مورد چهارم: وجود الکترون در یک معادله، نشان‌دهنده یک نیم‌واکنش است. در واکنش کلی الکترون‌ها ساده شده و حذف می‌شوند. مورد پنجم: در واکنش‌های اکسایش - کاهش، نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به‌طور همزمان انجام می‌شوند.

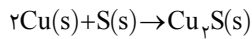
**نکته ترکیب** محاسبه شمار الکترون‌های مبادله شده در واکنش: برای محاسبه شمار الکترون‌های مبادله شده در اثر تشکیل یک مول ترکیب یونی، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:  $\text{زیروند آنیون} \times \text{اندازه بار آنیون} = \text{زیروند کاتیون} \times \text{بار کاتیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب}$

واکنش تشکیل منیزیم نیتريد به صورت روبه‌رو است:



تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب  $= 2 \times 1 \times 3 = 6N_A$

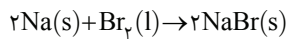
$$\frac{6 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Mg}_3\text{N}_2} \times \frac{N_A e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 6N_A e^- \xrightarrow{\text{تعداد } e^- \text{ های واکنش مورد نظر}} \frac{6}{2 \times 3} = 1N_A e^-$$



بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول ترکیب  $= 1 \times 1 \times 2 = 2N_A$

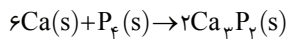
$$\frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Cu}_2\text{S}} \times \frac{N_A e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 2N_A e^-$$



گزینه (۲):

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب  $= 2 \times 1 \times 1 = 2N_A$

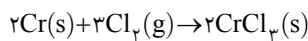
$$\frac{2 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol NaBr}} \times \frac{N_A e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 1N_A e^-$$



گزینه (۳):

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب  $= 2 \times 2 \times 3 = 12N_A$

$$\frac{12 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol Ca}_3\text{P}_2} \times \frac{N_A e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 6N_A e^-$$



گزینه (۴):

تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول ترکیب  $= 3 \times 1 \times 2 = 6N_A$

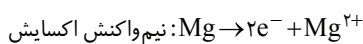
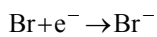
$$\frac{6 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol CrCl}_3} \times \frac{N_A e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 3N_A e^-$$

۳ ۱۹۸۶ B به جز عبارت دوم، بقیه عبارت‌ها درست هستند. آرایش الکترونی A و B به صورت زیر است:

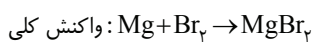
عنصر B همان منیزیم ( $_{12}\text{Mg}$ ) است.  $B: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2$  عنصر A همان برم ( $_{35}\text{Br}$ ) است.  $A: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^10 / 4s^2 4p^5$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: همان برم ( $_{35}\text{Br}$ ) است که در گروه ۱۷ و دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارد. می‌دانیم که هالوژن‌ها با گرفتن یک الکترون به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند. عبارت دوم: همان منیزیم ( $_{12}\text{Mg}$ ) است که یک کاهنده قوی به شمار می‌آید و در واکنش با برم (Br) الکترون از دست داده و اکسید می‌شود.

عبارت سوم: عنصر A همان برم (Br) است که در لایه ظرفیت خود دارای ۷ الکترون است و هر اتم آن با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب می‌رسد:

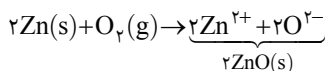
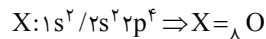
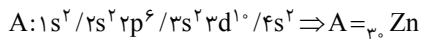


عبارت چهارم: واکنش کلی و نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش آن به صورت زیر است:



باتوجه به معادله نیم‌واکنش‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که به ازای مبادله دو مول الکترون میان گونه‌ها، یک مول ترکیب یونی  $\text{MgBr}_2$  تولید می‌شود.

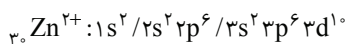
۴ ۱۹۸۷ C همه عبارت‌ها نادرست هستند. با توجه به شکل‌های داده شده، داریم:



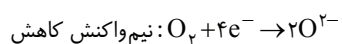
بنابراین واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: گونه Y همان  $\text{Zn}^{2+}$  است که آرایش الکترونی آن به صورت مقابل می‌باشد:

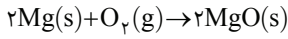


در آخرین لایه گونه Y، ۱۸ الکترون وجود دارد. عبارت دوم: در این واکنش اکسیژن نقش اکسنده دارد که با گرفتن الکترون از اتم‌های روی (نه یون‌های  $\text{Zn}^{2+}$ ) آن‌ها را اکسید می‌کند. عبارت سوم: A، X، Y، D به ترتیب معادل Zn، O،  $\text{Zn}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  هستند؛ بنابراین نیم‌واکنش اول مربوط به نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش دوم مربوط به نیم‌واکنش کاهش است.



عبارت چهارم: افزایش جرم توده جامد در این واکنش، مربوط به جرم گاز اکسیژن مصرف شده است که پس از تبدیل به آنیون، همراه با یون  $\text{Zn}^{2+}$ ، به حالت جامد درمی‌آید. می‌دانیم که ازای مبادله ۲ مول الکترون، یک مول به جرم مواد جامد اضافه می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$2 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol O}^{2-}}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{16 \text{ g O}^{2-}}{1 \text{ mol O}^{2-}} = 16 \text{ g O}^{2-}$$

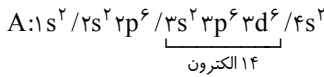


۴ ۱۹۸۸ B معادله واکنش سوختن منیزیم در گاز اکسیژن به صورت مقابل است:

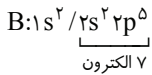
$$1 \text{ mol O}_2 \times \frac{4 \text{ mol e}^-}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{6}{10} \times 10^{23} \text{ e}^- = 36/12 \times 10^{22} \text{ e}^- = 3 \text{ mol e}^-$$

بررسی گزینه (۱): منیزیم و اکسیژن، به ترتیب به عنوان گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در این واکنش، به ترتیب با از دست دادن و گرفتن دو الکترون، به آرایش گاز نجیب دوره دوم (Ne) می‌رسند.

۲ ۱۹۸۹ C عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. اتمی که در لایه سوم خود دارای ۱۴ الکترون می‌باشد، اتم آهن است، زیرا آرایش الکترونی این عنصر

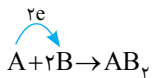


به صورت مقابل خواهد بود:



از طرفی اتم B می‌بایست اتم فلئوئور باشد، زیرا این عنصر در لایه دوم خود ۷ الکترون داشته و در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای قرار دارد:

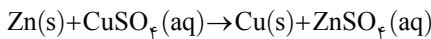
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر آهن دارای دو یون پایدار  $\text{Fe}^{2+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  می‌باشد. عنصر فلئوئور نیز دارای یون پایدار  $\text{F}^-$  می‌باشد؛ بنابراین این دو عنصر در واکنش با یکدیگر می‌توانند دو ترکیب  $\text{FeF}_2$  و  $\text{FeF}_3$  را تولید کنند. عبارت (ب): در هر دو ترکیب ممکن، از آنجا که عنصر آهن (A) الکترون از دست می‌دهد، عنصر



کاهنده خواهد بود. عبارت‌های (ب) و (ت): معادله تولید  $\text{AB}_2$  به صورت زیر است:

طی واکنش، با انتقال الکترون از A به B، A اکسایش و B کاهش یافته‌اند. عبارت (ث): عنصر A همان آهن است. آهن فراوان‌ترین عنصر کره زمین است و در طبیعت به‌طور عمده به صورت اکسید  $\text{FeO}$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  یافت می‌شود.

۴ ۱۹۹۰ A به دلیل اینکه جرم مولی مس که جایگزین روی می‌شود کمتر از جرم مولی روی است، جرم تیغه کاهش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها:



گزینه (۱): معادله کلی واکنش با جمع بستن نیم‌واکنش‌ها به دست می‌آید:

گزینه (۲): قدرت الکترون‌دهندگی فلز روی از فلز مس بیشتر است. به همین دلیل، فلز روی با از دست دادن الکترون و تبدیل شدن به کاتیون وارد محلول می‌شود. گزینه (۳): فلز روی با از دست دادن الکترون اکسید می‌شود (کاهنده) و کاتیون مس در مس (II) سولفات با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد (اکسنده) و یون‌های سولفات بدون تغییر باقی می‌مانند.

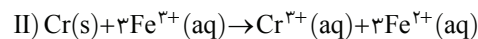
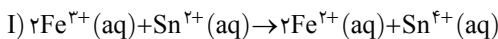
۲ ۱۹۹۱ B همه عبارت‌ها به جز عبارت دوم درست هستند. شکل داده شده، واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید می‌باشد. بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. عبارت دوم: در این واکنش یون هیدروژن (هیدروکلریک اسید) اکسنده و فلز روی کاهنده می‌باشد. عبارت سوم: فرآورده گازی شکل واکنش هیدروکلریک اسید و فلز روی، هیدروژن می‌باشد. این گاز در واکنش فلز سدیم با آب نیز تولید می‌شود. عبارت چهارم: معادله موازنه شده واکنش به صورت  $\text{Zn}(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{ZnCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$  می‌باشد.

۱ ۱۹۹۲ B عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. در واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید، اتم‌های روی الکترون از دست داده، اکسایش می‌یابند و

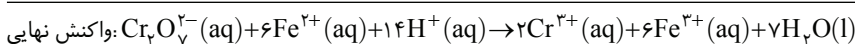
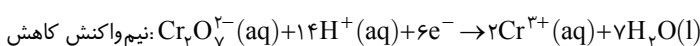
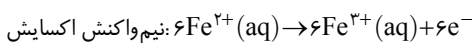
سبب کاهش یون‌های هیدروژن می‌شوند. از این رو اتم‌های روی نقش کاهنده را دارند در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون به دست آورده، کاهش می‌یابند و سبب اکسایش فلز روی می‌شوند. از این رو یون‌های هیدروژن نقش اکسنده را دارند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز منیزیم نیز در واکنش با عنصر گوگرد الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد. عبارت (ب): یون  $\text{Fe}^{3+}$  نیز در واکنش بیان شده با جذب الکترون کاهش یافته و نقش اکسنده را دارد. عبارت (پ): در بالا شرح داده شده است. عبارت (ت): فرایند آب‌پوشی یون‌ها و انحلال آن‌ها در محلول باعث آزاد شدن گرما و بهبود فرایند واکنش می‌شود. عبارت (ث): طی واکنش، اتم‌های روی (Zn) با از دست دادن ۲ الکترون به یون روی ( $\text{Zn}^{2+}$ ) تبدیل می‌شوند. آرایش الکترونی  $\text{Zn}^{2+}$  به صورت مقابل است:  $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^10$ . در این یون، همه لایه‌ها و زیرلایه‌های حاوی الکترون، پر شده هستند.

۴ ۱۹۹۳ B همه عبارت‌ها درست هستند. معادله موازنه شده واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گونه‌های  $\text{Sn}^{2+}$  در واکنش (I) و  $\text{Cr}$  در واکنش (II) نقش کاهنده دارند و ضرایب استوکیومتری آن‌ها یکسان و برابر یک است. عبارت (ب): در واکنش (I)، گونه اکسنده است و ضریب آن دو برابر گونه کاهنده در واکنش (II)، یعنی Cr می‌باشد. عبارت (پ): مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (II) برابر ۴ و مجموع ضرایب فرآورده‌ها در واکنش (I) برابر ۳ است. عبارت (ت): گونه اکسنده در هر دو واکنش (I) و (II)،  $\text{Fe}^{3+}$  بوده که ضریب آن به ترتیب ۲ و ۳ است؛ پس مجموع ضریب استوکیومتری آن‌ها برابر ۵ است.

۴ ۱۹۹۴ B ابتدا نیم‌واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم و با برابر کردن ضریب  $e^-$  و جمع کردن نیم‌واکنش‌ها به واکنش کلی می‌رسیم:

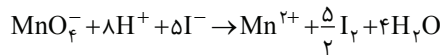


بر اساس نیم‌واکنش‌ها گونه اکسنده  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  و گونه کاهنده  $\text{Fe}^{2+}$  است. مجموع ضرایب استوکیومتری کاتیون‌های واکنش‌دهنده ۲۰ و مجموع ضرایب استوکیومتری

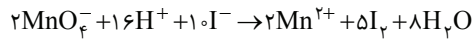
$$\frac{\Delta}{20} = \frac{0}{4}$$

کاتیون‌های فرآورده ۸ است پس:

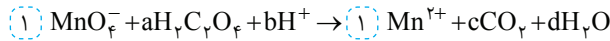
۴ ۱۹۹۵ B در واکنش (I) ابتدا اکسیژن و سپس منگنز و هیدروژن را موازنه کرده و در نهایت بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم:



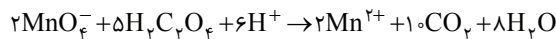
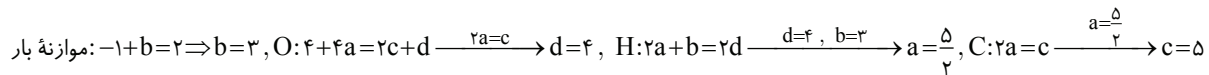
بار الکتریکی در دو سمت واکنش برابر (+۲) است. برای از بین بردن ضریب استوکیومتری کسری، کل واکنش را در ۲ ضرب می‌کنیم:



مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد برابر ۴۳ است. برای موازنه واکنش (II) از روش پارامترگیری استفاده می‌کنیم. ابتدا Mn را به عنوان عنصر آغازگر موازنه می‌کنیم و سپس ضریب سایر مواد را به صورت پارامتری در نظر می‌گیریم:



می‌دانیم تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله باید برابر باشد؛ در ضمن بار الکتریکی دو طرف معادله نیز باید برابر باشد. حال برای از بین بردن ضریب کسری، تمام ضرایب را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:



مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد برابر ۳۳ است. اختلاف مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در واکنش‌های (I) و (II) برابر ۱۰ است.

۱ ۱۹۹۶ B واکنش‌پذیری و قدرت کاهندگی فلز روی بیشتر از مس است؛ در نتیجه ضمن قرار دادن تیغه‌ای از جنس فلز روی در محلول حاوی یون‌های مس (II)

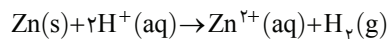


واکنش مقابل انجام می‌شود:

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این واکنش، یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  الکترون می‌گیرند و نقش اکسندگی دارند. عبارت (ب): با توجه به اینکه واکنش به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود، می‌توان گفت که فرآورده‌های واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. عبارت (پ): یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  عامل ایجاد رنگ آبی محلول هستند. با توجه به اینکه این یون‌ها در واکنش مصرف می‌شوند، می‌توان گفت به تدریج از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. عبارت (ت): به ازای مصرف هر مول روی، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. با توجه به اینکه اتم‌های مس تشکیل شده بر روی تیغه قرار نمی‌گیرند، تغییر جرم تیغه، فقط به جدا شدن اتم‌های Zn از تیغه روی وابسته است:

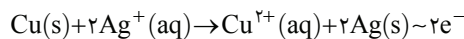
$$? \text{ g Zn} = \frac{1}{2} \times 10^{23} \times 10^{-23} \text{ e}^- \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 6/5 \text{ g Zn}$$

عبارت (ث): معادله واکنش روی با یون‌های هیدرونیوم محلول هیدروکلریک اسید به صورت مقابل است:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، Zn در هر دو واکنش الکترون می‌دهد و نقش کاهندگی دارد.

۳ ۱۹۹۷ B وقتی که فنر از جنس مس را وارد محلول حاوی یون‌های نقره می‌کنیم، واکنش مقابل رخ می‌دهد:



قسمت اول: بر اساس این واکنش، هر جرمی از مس که وارد واکنش می‌شود، از جرم فنر کاسته می‌شود و در ازای آن مقداری فلز نقره بر روی فنر رسوب می‌کند؛ بنابراین تغییر جرم فنر برابر است با:

$$? \text{ g Cu} = \frac{6.02 \times 10^{21} \text{ e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{63/5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 0/3175 \text{ g Zn}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Ag} = \frac{6.02 \times 10^{21} \text{ e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 1/08 \text{ g Ag}$$

پس جرم فنر  $0/3175 - 0/08 = 0/2375 \text{ g}$  افزایش می‌یابد.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار الکترون‌ها}}{\text{ضریب} \times N_A} = \frac{\text{جرم مس}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Ag}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{6.02 \times 10^{21}}{2 \times 6.02 \times 10^{23}} = \frac{X \text{ g Cu}}{2 \times 63/5} = \frac{Y \text{ g Ag}}{2 \times 108} \Rightarrow X = 0/3175 \text{ g Cu}, Y = 1/08 \text{ g Ag}$$

پس جرم فنر  $0/2375 \text{ g}$  افزایش می‌یابد.

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول  $\text{Cu}^{2+}$  که وارد محلول شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g Cu}^{2+} = \frac{6.02 \times 10^{21} \text{ e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ mol Cu}} = 0/05 \text{ mol Cu}^{2+}$$

روش اول (کسر تبدیل):

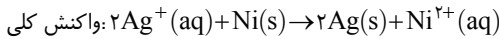
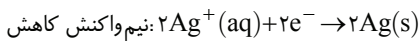
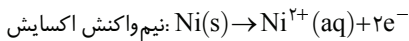
$$\text{Cu}^{2+} \text{ غلظت مولی} = \frac{\text{شمار مول‌های Cu}^{2+}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0/05 \text{ (mol)}}{0/2 \text{ (L)}} = 0/25 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{شمار الکترون‌ها}}{\text{ضریب} \times N_A} = \frac{\text{غلظت Cu}^{2+} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{6.02 \times 10^{21}}{2 \times 6.02 \times 10^{23}} = \frac{0/2 \times M}{1} \Rightarrow M = 0/25 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):



۲ ۱۹۹۸ C اگر تیغه‌ای از جنس نیکل درون محلول نقره نیترات وارد شود، واکنش زیر رخ می‌دهد:



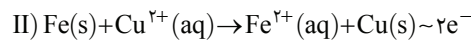
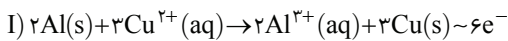
از جرم تیغه نیکل به دلیل فرایند اکسایش کم می‌شود. همچنین بر اساس صورت سؤال ۱۰ درصد نقره جامد حاصل شده بر روی تیغه نیکل می‌نشیند. حال تغییر جرم تیغه را محاسبه می‌کنیم:

$$g \text{ Ni} = 9/0.3 \times 10^{-22} \text{e}^{-} \times \frac{1 \text{ mol e}^{-}}{6/0.2 \times 10^{-23} \text{e}^{-}} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{2 \text{ mol e}^{-}} \times \frac{59 \text{ g Ni}}{1 \text{ mol Ni}} = 4/425 \text{ g Ni}$$

$$g \text{ Ag} = 9/0.3 \times 10^{-22} \text{e}^{-} \times \frac{1 \text{ mol e}^{-}}{6/0.2 \times 10^{-23} \text{e}^{-}} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol e}^{-}} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 16/2 \text{ g Ag} \times \frac{10}{100} = 1/62 \text{ g Ag}$$

$$\Rightarrow \text{کاهش جرم تیغه: } 4/425 - 1/62 = 2/805 \text{ g}$$

۲ ۱۹۹۹ C معادله موازنه شده واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:



برای محاسبه جرمی که از تیغه‌ها کاسته شده، داریم:

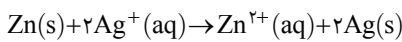
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جرم کاهش یافته} \\ \text{جرم اولیه} \end{array} \right. \times 100 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 28 = \frac{\Delta m_{\text{Fe}}}{20} \times 100 \Rightarrow \Delta m_{\text{Fe}} = 5/6 \text{ g Fe} \\ 67/5 = \frac{\Delta m_{\text{Al}}}{20} \times 100 \Rightarrow \Delta m_{\text{Al}} = 13/5 \text{ g Al} \end{array} \right.$$

اکنون می‌توان نسبت شمار الکترون‌های مبادله شده در دو واکنش را به دست آورد. دقت کنید می‌توان به جای نسبت شمار الکترون، نسبت مول‌های الکترون‌های مبادله شده را به دست آورد:

$$\text{(I) } \text{واکنش: } ? \text{ mol e}^{-} = 13/5 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{6 \text{ mol e}^{-}}{2 \text{ mol Al}} = 1/5 \text{ mol e}^{-}, \text{ (II) } \text{واکنش: } ? \text{ mol e}^{-} = 5/6 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol e}^{-}}{1 \text{ mol Fe}} = 1/6 \text{ mol e}^{-}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر  $7/5$  ( $1/5$  /  $1/6$ ) است.

۱ ۲۰۰۰ C معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



$$\text{ابتدا مقدار یون‌های نقره موجود در محلول را به دست می‌آوریم: } m = 324 \text{ g Ag}^{+} \Rightarrow \frac{m}{50.0 \text{ mL} \times \frac{1/2 \text{ g}}{\text{mL}}} \times 10^6 \Rightarrow \frac{m}{50.0 \times 10^5} = 5/4 \times 10^5 \Rightarrow m = 324 \text{ g Ag}^{+}$$

سپس جرم نقره رسوب کرده و روی جدا شده از تیغه را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g Ag} = 324 \text{ g Ag}^{+} \times \frac{1 \text{ mol Ag}^{+}}{108 \text{ g Ag}^{+}} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol Ag}^{+}} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} \times \frac{60}{100} = 194/4 \text{ g Ag}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Zn} = 324 \text{ g Ag}^{+} \times \frac{1 \text{ mol Ag}^{+}}{108 \text{ g Ag}^{+}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol Ag}^{+}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{60}{100} = 58/5 \text{ g Zn}$$

بازده درصدی

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Ag}^{+} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Zn}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{324 \times \frac{60}{100}}{2 \times 108} = \frac{X \text{ g Ag}}{2 \times 108} = \frac{Y \text{ g Zn}}{1 \times 65} \Rightarrow X = 194/4 \text{ g Ag}, Y = 58/5 \text{ g Zn}$$

پس طی این فرایند، جرم تیغه،  $135/9 \text{ g}$  ( $194/4 - 58/5$ ) افزایش می‌یابد.

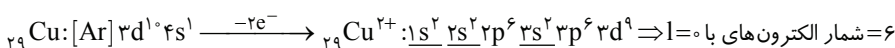
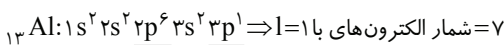
۲ ۲۰۰۱ C عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش

$\text{Mg(s)}$  با نور خیره‌کننده‌ای در  $\text{O}_2(\text{g})$  می‌سوزد و به  $\text{Mg(s)}$  تبدیل می‌شود. در این واکنش منیزیم کاهنده و اکسیژن اکسنده است. این عناصر به ترتیب در دوره‌های سوم

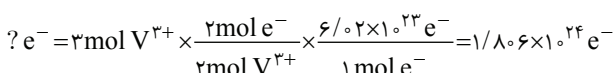
و دوم جدول دوره‌ای قرار دارند. عبارت (ب): معادله موازنه شده واکنش ذکر شده به صورت مقابل است:



در این واکنش Al کاهنده و  $\text{Cu}^{2+}$  اکسنده است؛ زیرا در این واکنش اتم‌های Al به یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  الکترون می‌دهند:



نسبت خواسته شده برابر  $1/16$  ( $1/16$ ) است. عبارت (پ): معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت مقابل است:



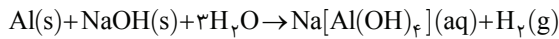
در این واکنش  $\text{V}^{3+}$  الکترون می‌گیرد؛ پس اکسنده است:

عبارت (ت): دقت کنید واکنش داده شده به‌طور طبیعی انجام‌پذیر نیست!



C ۲۰۰۲ ۱ فقط عبارت (پ) درست است. معادله موازنه شده واکنش ذکر شده به صورت مقابل است:

$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$   
 موارد a و d در این واکنش به ترتیب  $Zn(s)$  و  $H_2(g)$  هستند. برای تشخیص b, c و e کافی است بدانید که مولکول‌های آب از سمت هیدروژن خود آنیون‌ها را احاطه می‌کنند: پس b همان  $Cl^-$  است و از سمت اکسیژن خود کاتیون‌ها را احاطه می‌کنند و با توجه به اندازه کاتیون‌های c و e می‌توان دریافت که این گونه‌ها به ترتیب یون‌های  $H^+$  و  $Zn^{2+}$  هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به شکل کتاب درسی، شعاع کاتیون  $Zn^{2+}$  از  $O^{2-}$  کمتر و آن هم از  $Cl^-$  کوچک‌تر است؛ بنابراین شعاع  $Zn^{2+}$  کوچک‌تر از  $Cl^-$  است. عبارت (ب): از واکنش  $Zn^{2+}$  و  $Cl^-$  در محلول‌ها ترکیب  $ZnCl_2$  (eb) حاصل می‌شود. عبارت (پ): از واکنش مخلوط پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید و آب همانند واکنش روی با محلول HCl، گاز  $H_2$  (d) حاصل می‌شود:



عبارت (ت): ابتدا با استفاده از چگالی اکسیژن، حجم مولی گازها را در شرایط واکنش حساب می‌کنیم:

$$(d) \text{ چگالی} = \frac{\text{جرم مولی (M)}}{\text{حجم مولی (V)}} \Rightarrow 1/6 = \frac{32}{V_n} \Rightarrow V_n = 20 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

پس در شرایط واکنش، حجم یک مول از هر گاز برابر ۲۰ لیتر است. سپس مقدار HCl مصرف شده را محاسبه می‌کنیم: (HCl یک اسید قوی تک‌عاملی است.)  
 $[HCl] = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

اکنون حجم  $H_2$  تولید شده را محاسبه می‌کنیم:  $50 \text{ mL } H_2 = \frac{1000 \text{ mL } H_2}{1 \text{ L } H_2} \times \frac{20 \text{ L } H_2}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } HCl} \times \frac{10^{-2} \text{ mol } HCl}{1 \text{ L } HCl} = 1 \text{ mol } H_2$

C ۲۰۰۳ ۴ معادله موازنه‌شده واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

$Ni(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow NiSO_4(aq) + Cu(s)$   
 ابتدا محاسبه می‌کنیم که به‌ازای مصرف چند مول از  $CuSO_4$ ،  $4/8$  گرم بر جرم مواد جامد ظرف افزوده می‌شود.

$$? \text{ mol } CuSO_4 = \frac{4}{8} \text{ g جرم اختلاف} \times \frac{1 \text{ mol } CuSO_4}{(64-58) \text{ g اختلاف جرم}} = 0/8 \text{ mol } CuSO_4$$

$$CuSO_4 \text{ مول اولیه} = M \times V = \frac{600}{1000} \times 4 = 2/4 \text{ mol} \Rightarrow CuSO_4 \text{ مول باقی مانده} = 2/4 - 0/8 = 1/6 \text{ mol}$$

$$\text{غلظت اولیه} - \text{غلظت ثانویه} = \frac{1/6 \text{ mol} - 4}{4} \times 100 = -\frac{0/6 \text{ L}}{4} \times 100 \approx -\%33$$

درصد کاهش غلظت

تعداد الکترون مصرفی برابر است با:

$$? e^- = 4/8 \text{ g جرم اختلاف} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{6 \text{ g جرم اختلاف}} \times \frac{6 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 9/6 \times 10^{23} e^-, \bar{R}(e^-) = \frac{n(e^-)}{\Delta t} = \frac{9/6 \times 10^{23} e^-}{144 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 4 \times 10^{23} e^- \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{9/6 \times 10^{23} \times 60}{144} = ? \rightarrow \frac{96 \times 6}{144} = \frac{96 \times 6}{12 \times 12} = \frac{8}{2} = 4$$

ساده کردن بدون در نظر گرفتن صفر و اعشار (پاسخ:  $4 \times 10^{23}$ )

A ۲۰۰۴ ۴ در واکنش فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود؛ بنابراین با انجام این واکنش، دمای محلول افزایش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در برخی واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون‌بر دادوستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. گزینه (۲): قدرت الکترون‌دهی فلز روی از فلز مس بیشتر است، بنابراین قدرت کاهندگی روی بیشتر از مس است و اگر تیغه‌ای از فلز مس درون محلول یون‌های روی قرار گیرد، اتم‌های مس اکسایش پیدا کرده و تیغه آن بدون تغییر باقی می‌ماند. گزینه (۳): مطابق شکل حاشیه صفحه ۴۳ کتاب درسی، چنانچه لیاف آهن با محلول آبی‌رنگ مس (II) سولفات واکنش دهد، رسوب سرخ فام تشکیل می‌شود.

B ۲۰۰۵ ۴ همه عبارت‌ها درست هستند. با توجه به جدول، تیغه‌های از جنس آهن و روی با محلول واکنش داده‌اند و چون دمای محلول حاوی روی بیشتر است، قدرت کاهندگی آن نیز بیشتر از آهن است. از طرفی تیغه از جنس طلا با محلول واکنش نداده است و از آنجایی که فلز مس اصولاً با یون‌های خود واکنش نمی‌دهد، می‌توان به مقایسه مقابل در خصوص قدرت کاهندگی چهار فلز درست یافت:

با توجه به مقایسه کاهندگی فلزهای داده شده می‌توان به قدرت اکسندگی یون‌های آن‌ها پی برد:  $Zn^{2+} < Fe^{2+} < Cu^{2+} < Au^{3+}$  مقایسه قدرت اکسندگی  
 با توجه به قدرت اکسندگی کمتر  $Zn^{2+}$ ، محلول این یون‌ها را می‌توان در ظرف آهنی نگهداری کرد. همچنین قدرت کاهندگی آهن از طلا بیشتر است، لذا می‌تواند یون‌های  $Au^{3+}$  را کاهش دهد.

B ۲۰۰۶ ۱ فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): با توجه به توضیحات سؤال، مقایسه قدرت کاهندگی فلزهای ذکر شده به صورت مقابل است:

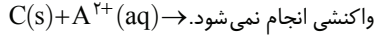
$$A > B > Cu > C$$

تأمیل به از دست دادن الکترون همان قدرت کاهندگی است که در فلز C کمتر از فلزهای A و B است. عبارت‌های (پ) و (ت): تأمیل به اکسایش یافتن همان قدرت کاهندگی است. مقایسه قدرت اکسندگی کاتیون‌های چند فلز، دقیقاً عکس مقایسه قدرت کاهندگی آن‌ها است:  $C > Cu^{2+} > B > A$  قدرت اکسندگی کاتیون

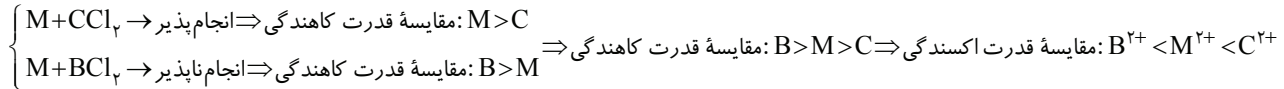


۲۰۰۷ ۴ همه عبارت‌های بیان شده درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این واکنش، یک فرایند گرماده است و باعث افزایش دمای محلول می‌شود. عبارت (ب): با گذشت زمان از شدت رنگ آبی محلول که به دلیل وجود مس (II) سولفات در آن است، کاسته می‌شود. عبارت (پ): از آنجا که واکنش به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است، پس یون مس (II) می‌بایست اکسندۀ قوی‌تری از یون روی باشد. عبارت (ت): از آنجا که فلز روی اکسید شده و به‌صورت یون وارد محلول می‌شود، پس با گذشت زمان، جرم تیغه روی کاهش می‌یابد.

۲۰۰۸ ۱ فلز A قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به فلز C دارد، بنابراین فلز C نمی‌تواند باعث کاهش یافتن یون‌های  $A^{2+}$  شود و هیچ واکنشی انجام نمی‌شود و دمای محلول تغییری نمی‌کند.

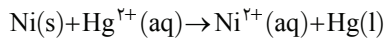


بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): روی قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به آهن دارد. گزینه (۳):



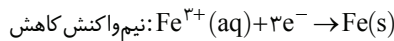
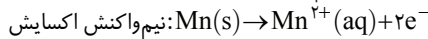
گزینه (۴): در واکنش‌های اکسایش - کاهش، فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسندۀ هستند.

۲۰۰۹ ۱ وقتی فلز نیکل قدرت کاهندگی بیشتری دارد، پس تنها واکنش انجام‌پذیر بین این دو عنصر به‌صورت زیر می‌باشد.

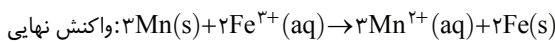
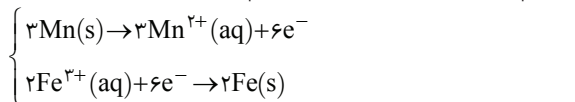


بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): توانایی یون جیوه (II) در دریافت الکترون از یون نیکل (II) بیشتر است، بنابراین قدرت اکسندگی یون جیوه (II) از قدرت اکسندگی یون نیکل (II) بیشتر است. گزینه (۳): از آنجایی که فلز نیکل با یون جیوه واکنش می‌دهد، پس فلز نیکل در محلول یون‌های جیوه (II) برخلاف فلز جیوه در محلول یون‌های نیکل (II) ناپایدار خواهد بود. گزینه (۴): واکنش بین یون‌های نیکل (II) و جیوه (II) یا بین یون نیکل (II) و فلز جیوه به‌طور طبیعی انجام‌پذیر نیست.

۲۰۱۰ ۱ فقط مورد پنجم نادرست است. قدرت الکترون‌دهندگی منگنز بیشتر از آهن است. بنابراین منگنز می‌تواند طی نیم‌واکنش اکسایش الکترون بدهد و کاتیون آهن با گرفتن الکترون طی نیم‌واکنش کاهش، کاهش یابد.



با جمع بستن نیم‌واکنش‌ها، می‌توان معادله کلی را نوشت. به این علت که تعداد الکترون‌ها در دو نیم‌واکنش برابر نیست، ابتدا هر دو نیم‌واکنش را در ضریب الکترون در نیم‌واکنش دیگر ضرب کرده و با هم جمع می‌کنیم:



واکنش نهایی

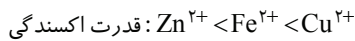
\* توجه برای موازنه این واکنش می‌توان اندازه تغییر بار الکتریکی هر کاتیون را ضریب فلز و کاتیون دیگر قرار داد:



در نهایت با اضافه کردن یون سولفات به معادله واکنش، به‌صورت مقابل درمی‌آید:

همچنین با توجه به معادله نهایی واکنش به‌ازای مصرف ۲ مول از یون‌های  $Fe^{3+}$ ، ۳ مول یون  $Mn^{2+}$  تولید می‌شود؛ پس طی واکنش، غلظت کاتیون‌های موجود در محلول افزایش می‌یابد.

۲۰۱۱ ۴ از ترتیب قدرت اکسندگی یون‌ها به ترتیب قدرت کاهندگی فلزها می‌رسیم:



با مقایسه قدرت کاهندگی درمی‌یابیم که فقط Zn می‌تواند با  $Fe^{2+}$  واکنش دهد. با مصرف شدن ۱ مول روی، ۱ مول کاتیون روی تولید می‌شود و ۱ مول کاتیون آهن مصرف می‌شود  $(Zn + Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe)$  ولی فلز مس در واکنش شرکت نمی‌کند و تولید نمی‌شود و  $[Cu^{2+}]$  همواره صفر است. (رد گزینه‌های (۱) و (۳))  
ثانیاً ابتدا کاتیون‌های روی در محلول حضور ندارند. (رد گزینه‌های (۱) و (۲)). غلظت هر یون:

•  $[SO_4^{2-}]$ : این یون در واکنش شرکت نمی‌کند، همواره ۲ مولار باقی می‌ماند.

•  $[Cu^{2+}]$ : این یون اصلاً به‌وجود نمی‌آید، همواره غلظت آن صفر است.

•  $[Zn^{2+}]$ : از ۱ مول روی ۱ مول از آن به‌وجود می‌آید.

$$[Zn^{2+}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

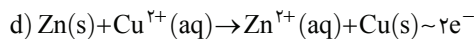
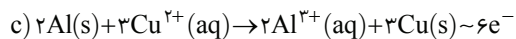
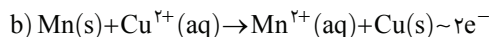
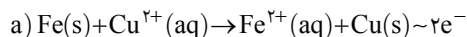
•  $[Fe^{2+}]$ : از ۲ مول آن ۱ مول مصرف می‌شود و ۱ مول باقی می‌ماند.

$$[Fe^{2+}] = \frac{1 \text{ mol مانده}}{1 \text{ L}} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۰۱۲ ۳ عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: اگر قدرت اکسندگی یون  $X^{2+}$  از یون  $Mn^{2+}$  بیشتر باشد، یعنی

Mn نسبت به X کاهنده‌تر است و به همین دلیل فلز X نمی‌تواند با محلولی از نمک‌های منگنز وارد واکنش شود. عبارت دوم: آهن قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به مس دارد و به همین علت اگر یک قطعه فلز مس را در محلول آهن (II) کلرید قرار بدهیم، هیچ واکنشی انجام نمی‌شود. عبارت سوم: گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق نمی‌تواند با پلاتین وارد واکنش شود. عبارت چهارم: معادله واکنش مورد نظر به‌صورت  $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$  است. کاتیون فرآورده  $Zn^{2+}$  اتم واکنش دهنده، Zn است، نسبت به  $Zn^{2+}$  شعاع بزرگ‌تری دارد. عبارت پنجم: با توجه به اطلاعات بیان شده، درمی‌یابیم که A نسبت به C قدرت کاهندگی بیشتری دارد و به همین دلیل واکنش  $(A + C^{2+} \rightarrow \dots)$  در جهت طبیعی و به‌صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود.

۳ ۲۰۱۳ C معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



فرض می‌کنیم یک گرم از هر کدام از فلزهای آهن، منگنز، آلومینیم و روی در واکنش‌ها شرکت کرده باشند:

$$a: ? \text{ mol } e^- = 1 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Fe}} = 0.0357 \text{ mol } e^-$$

$$b: ? \text{ mol } e^- = 1 \text{ g Mn} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{55 \text{ g Mn}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Mn}} = 0.0364 \text{ mol } e^-$$

$$c: ? \text{ mol } e^- = 1 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{6 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol Al}} = 0.111 \text{ mol } e^-$$

$$d: ? \text{ mol } e^- = 1 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65 \text{ g Zn}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Zn}} = 0.0308 \text{ mol } e^-$$

میزان مبادله الکترون به ازای مصرف آلومینیم در واکنش (c) بیشتر است.

۱ ۲۰۱۴ A فقط عبارت اول درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به رساناهایی که در ساختار خود الکترون‌های آزاد دارند، رسانای الکترونی می‌گویند. در این

رساناها، همین الکترون‌های آزاد هستند که سبب جریان برق می‌شوند. عبارت دوم: همه ترکیبات یونی، چه در حالت جامد و چه در سایر حالات فیزیکی، حاوی یون‌های مثبت و منفی هستند. این ترکیبات فقط در حالت محلول در آب یا در حالت مذاب رسانایی الکتریکی دارند. عبارت سوم: فقط در ساخت نیم سلول فلزات می‌توان تیغه‌ای از جنس فلز را در محلول آبی یون‌های آن قرار داد. عبارت چهارم: به عنوان مثال نقص، در ساخت نیم سلول SHE، از الکترونی اثری از جنس پلاتین استفاده می‌کنند.

۴ ۲۰۱۵ A برای اینکه در محلول، کاتیون‌های فلز ( $\text{Zn}^{2+}$ ) را داشته باشیم باید یک نمک محلول در آب ( $\text{ZnSO}_4$ ) را در آب حل کنیم؛ به همین دلیل داخل

محلول علاوه بر کاتیون‌های فلز ( $\text{Zn}^{2+}$ )، آنیون ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) نیز وجود خواهد داشت.

۱ ۲۰۱۶ A همان‌طور که می‌دانید، هر گاه یک تیغه فلزی (M) در محلول ۱ مولار کاتیون‌های خودش ( $\text{M}^{n+}$ )، در دمای  $25^\circ\text{C}$  قرار گیرد، مجموعه حاصل را

نیم سلول استاندارد M می‌نامند. بنابراین نیم سلول استاندارد مس، شامل تیغه مس است که در محلولی یک مولار از یون‌های  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  قرار گرفته است.

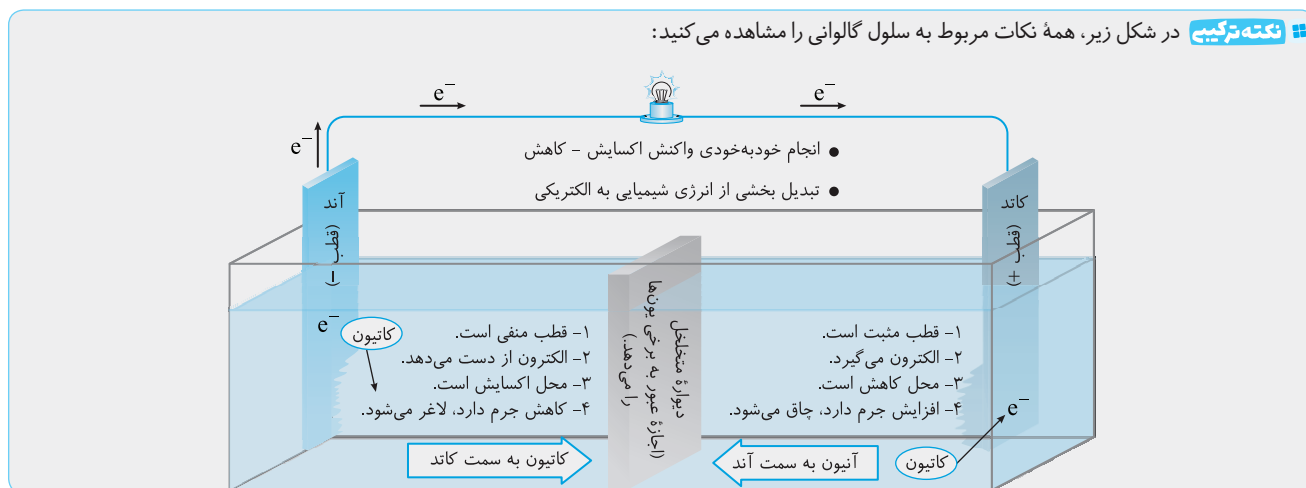
۱ ۲۰۱۷ A اگر واکنش‌های اکسایش - کاهش در دو مکان جدا از هم (دو نیم سلول) انجام شوند، می‌توان از انتقال مستقیم الکترون‌ها بین گونه‌های اکسند و کاهنده

جلوگیری کرد و برای انتقال الکترون‌ها به صورت غیر مستقیم از سیم استفاده کرد.

۲ ۲۰۱۸ B عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در سلول گالوانی، در آند، گونه کاهنده اکسید شده و الکترون آزاد می‌شود و در کاتد، گونه

اکسند کاهش یافته و الکترون مصرف می‌شود. عبارت (ت): انتقال غیرمستقیم الکترون‌ها از آند به سمت کاتد در سلول گالوانی به کمک سیم فلزی (رسانای الکترونی) انجام می‌شود.

۲ ۲۰۱۹ B



عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون‌های (۱)، کاتیون‌های تولید شده از فلز آند هستند که به سمت کاتد حرکت می‌کنند و در کاتد کاهش نمی‌یابند. کاتیون‌هایی که در کاتد کاهش می‌یابند، کاتیون‌های خود فلز کاتد هستند. عبارت (ب): در سلول گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت است و الکترون‌ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت در سیم حرکت می‌کنند. عبارت (پ): سلول گالوانی، انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. عبارت (ت): در سلول گالوانی، کاتیون‌ها به سمت کاتد (قطب مثبت) و آنیون‌ها به سمت آند (قطب منفی) حرکت می‌کنند.

۱ ۲۰۲۰ B موارد اول و پنجم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: در سلول گالوانی (روی - مس)، به دلیل اینکه روی قدرت الکترون‌دهندگی بیشتری دارد، روی،

آند و مس، کاتد است. کاتیون‌های  $\text{Zn}^{2+}$  تولید شده در آند از طریق غشای متخلخل به سمت کاتد (مس) حرکت می‌کنند (برای خنثی نگه‌داشتن محلول الکترولیت آند).

مورد دوم:  $\text{Zn}$  گونه کاهنده (الکترون‌دهنده) و  $\text{Cu}^{2+}$  گونه اکسند (الکترون‌گیرنده) است. مورد سوم: جرم آند (روی) به دلیل جدا شدن اتم‌های فلزی به صورت کاتیون، کاهش و جرم کاتد (مس) به دلیل کاهش کاتیون‌ها و نشست آن‌ها بر روی آن، افزایش می‌یابد. مورد چهارم: در سلول گالوانی (روی - مس)، حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد، حرکت کاتیون‌ها به سمت کاتد و حرکت آنیون‌ها به سمت آند، همزمان رخ می‌دهد. مورد پنجم: معادله واکنش انجام شده در این سلول به صورت  $\text{Zn}(s) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(s)$  بوده و با توجه به آن، طی واکنش غلظت  $\text{Zn}^{2+}$  افزایش و غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  کاهش می‌یابد.



۳ ۲۰۲۱ (ب) عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): در سلول گالوانی (روی-مس)، روی اکسید شده  $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$  و مس کاهش می‌یابد  $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ . عبارت (ب): واکنش‌های الکتروشیمیایی، با قطع مدار خارجی و توقف انتقال الکترون، متوقف می‌شوند. عبارت (پ):

حرکت آنیون‌ها به سمت آند و کاتیون‌ها به سمت کاتد به این علت است که دو محلول از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. زیرا اگر این حرکت صورت نگیرد، بار مثبت ایجاد شده در آند به علت زیاد شدن کاتیون‌ها، مانع از ادامه اکسایش فلز می‌شود و همچنین بار منفی ناشی از کاهش کاتیون‌ها در کاتد باعث کاهش تمایل کاتد به گرفتن الکترون می‌شود. عبارت (ت): در حالت عادی، جهت حرکت کاتیون‌ها از آند به سمت کاتد است؛ بنابراین اگر غشای متخلخل فقط اجازه عبور آنیون‌ها را بدهد، غلظت کاتیون‌ها در آند افزایش می‌یابد و غلظت آنیون‌ها در بخش کاتدی کاهش و در بخش آندی افزایش می‌یابد.

۳ ۲۰۲۲ (ب) عبارتهای (الف) و (ت) نادرست و عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی موارد: عبارت (الف): قرار دادن تیغه فلز روی درون محلول حاوی کاتیون‌های مس، تشکیل سلول گالوانی نمی‌دهد و نمی‌توان از آن جریان الکتریکی تولید کرد. در اکسایش روی، الکترون‌های آزاد شده سریع توسط کاتیون‌های مس مصرف می‌شوند، زیرا در تماس مستقیم با یکدیگر هستند. عبارت (ب): اگر تیغه روی به‌طور کامل مصرف شود، منبع تولید الکترون‌ها از بین رفته و سلول از کار می‌افتد. عبارت (پ): اگر محلول الکترولیت تمام شود، کاتیون‌ها برای گرفتن الکترون‌ها و ایجاد جریان الکتریکی از بین رفته و سلول گالوانی متوقف می‌شود. (تمام شدن فلز آند به معنای نبودن منبع الکترون و تمام شدن کاتیون‌های کاتد به معنای نبودن مصرف‌کننده الکترون است). عبارت (ت): از جریان الکترونی موجود در سیم سلول گالوانی می‌توان برای تولید انرژی شیمیایی استفاده کرد.

۴ ۲۰۲۳ (ب) همه عبارتهای نادرست‌اند. با توجه به جهت حرکت الکترون‌ها، الکتروود روی نقش آند (قطب منفی) و الکتروود مس نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد. بررسی موارد: مورد اول: چنانچه میله روی مستقیماً در محلول مس (II) نینترات قرار گیرد، به دلیل قدرت اکسندگی بیشتر یون مس از یون روی، واکنش صورت گرفته ولی جریان الکتریکی برقرار نمی‌شود. لذا یون‌های مس کاهش یافته و مقدار آن درون محلول کم می‌شود. در نتیجه رنگ آبی محلول به تدریج کاهش می‌یابد. مورد دوم: در هر سلول گالوانی، کاتیون‌ها از نیم‌سلول آند به سمت نیم‌سلول کاتد حرکت می‌کنند، پس برخی از یون‌های روی با عبور از دیواره متخلخل، وارد نیم‌سلول مس خواهند شد. مورد سوم: الکتروود مس نقش کاتد را دارد و با گذشت زمان، یون‌های مس (II) از درون محلول، روی تیغه مسی نشسته و باعث افزایش جرم آن می‌شوند. مورد چهارم: آنیون‌ها در یک سلول گالوانی از سمت کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند، لذا از قطب مثبت به سمت قطب منفی حرکت می‌کنند. مورد پنجم: با حذف دیواره متخلخل، دو الکترولیت با یکدیگر مخلوط شده و واکنش میان فلز روی و یون‌های  $Cu^{2+}$  به‌طور مستقیم بر روی سطح تیغه انجام می‌شود و جریان برق قطع می‌شود.

۴ ۲۰۲۴ (ب) با توجه به اینکه جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از الکتروود سمت چپ به طرف الکتروود سمت راست است، الکتروود سمت چپ، آند و الکتروود سمت راست، کاتد است. تنها عبارت (پ) درست است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): در سلول گالوانی (روی-مس)، روی (Zn) اکسید شده و الکترون می‌دهد، کاتیون‌های مس ( $Cu^{2+}$ ) کاهش یافته و الکترون می‌گیرند.

\* توجه: هیچ‌گاه یک اتم فلزی قادر به گرفتن الکترون و کاهش یافتن نخواهد بود.

عبارت (ب): یون (۱) از طرف محلول آند در حال حرکت به سمت محلول کاتد است؛ آند در این سلول، فلز روی است، لذا یون (۱) مربوط به یون‌های روی است. یون (۲) نیز مربوط به آنیون ( $SO_4^{2-}$ ) در حال حرکت به سمت محلول آند است. عبارت (پ): قدرت الکتروندهی (کاهندگی) Zn از Cu و قدرت الکترون‌گیری (اکسندگی)  $Cu^{2+}$  از  $Zn^{2+}$  بیشتر است. عبارت (ت): در ابتدا اتم‌های فلز روی (آند) الکترون‌های خود را بر روی تیغه روی قرار می‌دهند و سپس برخی از این الکترون‌ها از طریق سیم مدار خارجی به سمت تیغه مس (کاتد) رفته و بر روی آن قرار می‌گیرند و از طریق کاتیون‌های مس دریافت می‌شوند. لذا در مجموع تراکم نسبی الکترون‌ها بر روی سطح تیغه روی (آند)، بیشتر از سطح تیغه مس (کاتد) است. به همین دلیل است که تیغه روی، قطب منفی سلول در نظر گرفته می‌شود.

۱ ۲۰۲۵ (ب) دیواره متخلخل فقط به یون‌های مثبت تولید شده در آند و یون‌های منفی موجود در الکترولیت کاتدی اجازه عبور می‌دهد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): دیواره متخلخل با خنثی نگه داشتن محلول‌های الکترولیت، باعث تداوم در انتقال الکترون و کامل کردن عملکرد سلول گالوانی می‌شود. گزینه (۳): دیواره متخلخل، مانع از مخلوط شدن و انتقال مستقیم الکترون بین اکسند و کاهنده می‌شود. گزینه (۴): دیواره متخلخل در تمام سلول‌های گالوانی وجود دارد، در غیر این صورت کاتیون‌های اکسندتر، الکترون‌های موجود در سطح تیغه فلزی الکترون‌دهنده‌تر را گرفته و مانع از برقراری جریان الکترون در مدار خارجی می‌شوند.

۲ ۲۰۲۶ (ب) در صورت حذف دیواره متخلخل، موارد اول و چهارم رخ نمی‌دهد. بررسی موارد: مورد اول: در صورت حذف دیواره متخلخل، یون‌های  $Cu^{2+}(aq)$  در مجاورت اتم‌های Zn قرار گرفته و واکنش اکسایش - کاهش به صورت مستقیم رخ می‌دهد. مورد دوم: با اکسایش روی در آند و افزایش کاتیون‌های  $(Zn^{2+})$ ، محلول آند دارای بار مثبت می‌شود. (افزایش نسبت کاتیون‌ها به آنیون‌ها) مورد سوم: با افزایش کاتیون‌ها و بار مثبت در محلول آند، حرکت الکترون‌ها در مدار خارجی متوقف می‌شود، زیرا کاتیون‌ها در الکترولیت آندی الکترون‌های تولید شده بر روی تیغه فلزی را جذب می‌کنند. مورد چهارم: در صورت حذف دیواره متخلخل الکترون‌های به وجود آمده در آند بر اثر اکسایش روی، جذب کاتیون‌های مس محلول شده و وارد مدار خارجی نمی‌شوند. مورد پنجم: با افزایش بار مثبت در آند و بار منفی در کاتد، جریان الکترون‌ها از آند به سمت کاتد قطع شده و سلول از کار می‌افتد.

۴ ۲۰۲۷ (ب) یون‌های نشان داده شده در شکل  $SO_4^{2-}$ ،  $Zn^{2+}$  و  $Cu^{2+}$  هستند. در بین این یون‌ها،  $Cu^{2+}$  با توجه به آرایش الکترونی نوشته شده، دارای یک زیرلایه  $(3d^9)$  است که پر نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): به این علت که یون‌های سولفات از قسمت (A) به سمت (B) حرکت می‌کنند، (A) الکتروود کاتد (محل انجام نیم‌واکنش کاهش) و (B) الکتروود آند (محل انجام نیم‌واکنش اکسایش) است. گزینه (۲): (A) کاتد است پس آنیون‌های (A) وارد دیواره متخلخل می‌شوند و (B) آند است، پس کاتیون‌های (B) وارد دیواره متخلخل می‌شوند. گزینه (۳): به تدریج از رنگ آبی محلول در قسمت (A) به دلیل کاهش یون‌های  $Cu^{2+}$  کاسته می‌شود و تعداد کاتیون‌های بی‌رنگ روی که از دیواره متخلخل وارد کاتد می‌شوند افزایش می‌یابد.

۲ ۲۰۲۸ (ب) فقط مورد چهارم درست است. با توجه به اینکه الکترون‌ها در مدار بیرونی از الکتروود آند به سمت الکتروود کاتد حرکت می‌کنند، لذا الکتروود A (آند) از جنس مس و الکتروود B (کاتد) از جنس نقره است. بررسی همه موارد: مورد اول: در سلول گالوانی، به مرور زمان، از جرم الکتروود آند (الکتروود A) کاسته می‌شود. مورد دوم: در سلول گالوانی، به مرور زمان، غلظت کاتیون‌ها در اطراف الکتروود کاتد (الکتروود B) کاهش می‌یابد. مورد سوم: در سلول گالوانی، به مرور زمان، غلظت کاتیون‌ها در اطراف الکتروود آند (الکتروود A) افزایش می‌یابد، به دلیل رنگی بودن کاتیون مس ( $Cu^{2+}$ )، شدت رنگ محلول در اطراف الکتروود A بیشتر می‌شود. مورد چهارم: در سلول گالوانی، آنیون‌ها با عبور از دیواره متخلخل به سمت الکتروود آند (الکتروود A) حرکت می‌کنند.

**B ۲۰۲۹ ۱** معادله موازنه شده واکنش انجام شده در این سلول به صورت « $\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}$ » است. با توجه به این واکنش، نیم سلول مس نقش آند و نیم سلول نقره نقش کاتد را بر عهده دارند؛ پس به ازای هر دو مول الکترون که بین نیم سلول مبادله می شود، به اندازه جرم یک مول مس از الکتروود مس کم شده و به اندازه جرم دو مول نقره به جرم الکتروود نقره اضافه می شود، یعنی به ازای دو مول مبادله الکترون، اختلاف جرم الکتروودها  $280$  گرم خواهد شد؛ بنابراین به ازای  $2/5$  مول مبادله الکترون خواهیم داشت:

$$\text{اختلاف جرم } 280 \text{ g} = \frac{\text{اختلاف جرم الکترون}}{2 \text{ mol الکترون}} \times \frac{2}{5} \text{ mol الکترون} = \text{اختلاف جرم } 2 \text{ g} ?$$

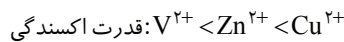
از طرفی می دانیم جهت حرکت آنیون ها در سلول گالوانی از سمت کاتد به سمت آند می باشد، پس جهت حرکت یون های منفی در این سلول از سمت نیم سلول نقره به سمت نیم سلول مس می باشد.

**B ۲۰۳۰ ۳** با این تغییر، همه موارد به جز مورد دوم تغییر می کند. با جابه جایی الکتروود مس و الکتروود منیزیم، از آنجا که منیزیم فلزی کاهنده تر از فلز روی است، پس نیم سلول منیزیم در نقش آند (قطب منفی) و نیم سلول روی در نقش کاتد (قطب مثبت) ظاهر می شود و قطب های سلول گالوانی و جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی و جهت حرکت یون ها در دو طرف دیواره متخلخل تغییر می کند. همچنین محلول یون مس (II) آبی رنگ می باشد، در صورتی که محلول یون منیزیم بی رنگ است، پس رنگ محلول واکنش نیز تغییر می کند اما طبق واکنش های زیر، تعداد الکترون مبادله شده تغییری نمی کند.



**B ۲۰۳۱ ۳** فقط مورد (پ) نادرست است. در این سلول، منیزیم با قدرت کاهندگی (الکترودهندگی) بیشتر، آند (قطب منفی) و روی کاتد (قطب مثبت) است. بررسی موارد: **مورد (الف):** واکنش کاهش در سطح کاتد (فلز روی) رخ داده و آنیون ها به سمت تیغه آند (منیزیم) حرکت می کنند. **مورد (ب):** به مرور زمان از جرم تیغه آند (منیزیم) کاسته شده و به جرم تیغه کاتد (روی) افزوده می شود. **مورد (پ):** تراکم نسبی الکترون ها بر روی سطح آند (منیزیم) بیشتر است. **مورد (ت):** جهت حرکت الکترون ها از آند (منیزیم) به سمت کاتد (روی) است.

**B ۲۰۳۲ ۱** مورد اول درست و سایر عبارات نادرست هستند و نسبت آن ها برابر  $\frac{1}{3}$  است. **بررسی عبارت ها:** عبارت اول: در سلول (وانادیم - روی) آنیون ها به سمت تیغه وانادیم حرکت می کنند، بنابراین الکتروود وانادیم، آند و روی، کاتد است. وانادیم اکسید شده و الکترون می دهد و کاتیون های روی کاهش یافته و الکترون می گیرند. بنابراین قدرت اکسندگی (الکترون گرفتن) کاتیون روی بیشتر از کاتیون وانادیم است و همان طور که می دانیم، قدرت اکسندگی  $(\text{Cu}^{2+})$  نیز بیشتر از  $(\text{Zn}^{2+})$  است. بنابراین داریم:



**عبارت دوم:** در سلول گالوانی (وانادیم - مس)، به دلیل بیشتر بودن قدرت اکسندگی کاتیون مس،  $(\text{Cu}^{2+})$  دریافت کننده الکترون است. **عبارت سوم:** در سلول گالوانی (روی - مس)، به علت قدرت کاهندگی بیشتر، روی «آند» و در سلول گالوانی (روی - وانادیم) به علت قدرت اکسندگی بیشتر، روی «کاتد» است. **عبارت چهارم:** در سلول گالوانی (وانادیم - روی)، وانادیم (آند) قطب منفی و روی (کاتد) قطب مثبت است.

**B ۲۰۳۳ ۱** فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت ها:** عبارت (الف): در سلول گالوانی (مس - روی) با گذشت زمان غلظت  $\text{Zn}^{2+}$  افزایش یافته و غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  کاهش می یابد. **عبارت (ب):** فرمول عمومی پاک کننده های صابونی جامد به صورت  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{O}_p\text{Na}$  است. بنابراین:

$$12(n) + 1(2n-1) + 2(16) + 1(23) = 278 \Rightarrow n = 16$$

**عبارت (پ):** pH یا به عبارتی  $[\text{H}^+]$  علاوه بر درجه یونش به غلظت اولیه اسید نیز بستگی دارد. **عبارت (ت):** دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون های هیدرونیوم را دوباره جذب می کند.



با توجه آن، طی واکنش، اتم های روی اکسایش می یابند؛ بنابراین روی نقش آند دارد که جرم مولی آن برابر  $65$  گرم بر مول است؛ بنابراین داریم:

$$65 + 5/25 = 70/25 \text{ g}$$

اگر فرض کنیم  $x$  مول الکترون از مدار خارجی عبور می کند، ابتدا کاهش جرم تیغه روی و افزایش جرم تیغه نقره را بر حسب  $x$  محاسبه می کنیم:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \text{کاهش جرم تیغه روی} = x \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = (32/5x) \text{ g Zn}$$

$$\text{افزایش جرم تیغه مس} = x \text{ mol e}^- \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = (108x) \text{ g Ag}$$

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{مول e}^-}{\text{گرم Zn}} = \frac{\text{گرم Ag}}{\text{جرم مولی Ag}} \Rightarrow \frac{x}{32/5x} = \frac{m_1}{108x} \Rightarrow m_1 = (32/5x) \text{ g Zn}, m_2 = (108x) \text{ g Ag}$$

طی واکنش،  $32/5x$  گرم از جرم تیغه روی کاسته شده و  $108x$  گرم به جرم تیغه نقره افزوده می شود؛ پس تفاوت جرم دو تیغه برابر  $140/5x$  بوده و  $x$  برابر است با:

$$32/5x + 108x = 140/5x = 70/25 \Rightarrow x = 0/5$$

$$\text{اکنون شمار الکترون های مبادله شده را به دست می آوریم:} \quad \text{e}^- = 0/5 \text{ mol e}^- \times \frac{6 \times 2 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} = 3/0 \times 10^{23} \text{ e}^-$$

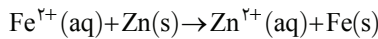
**B ۲۰۳۵ ۱** چون نیم سلول ها استاندارد بوده اند، غلظت  $[\text{Cu}^{2+}]$  در ابتدا برابر با یک مولار بوده و با کارکرد سلول به  $1/4$  مولار رسیده است. پس  $1/4 \text{ mol.L}^{-1}$  مس (II) تولید شده و می توانیم با استفاده از آن جرم افزوده شده به تیغه کاتدی یعنی نقره را محاسبه کنیم:

$$\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)} \quad \text{واکنش کلی سلول}$$

$$32/2 \text{ g Ag} = 0/5 \text{ L} \times \frac{1/4 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ L}} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol Cu}^{2+}} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 43/2 \text{ g Ag}$$

به جرم تیغه نقره افزوده شده است.





قسمت اول: واکنش کلی سلول گالوانی به شکل روبه‌رو است:

در این سلول چون الکتروود آهن نقش کاتد را دارد، به مرور زمان جرم تیغه آن بیشتر و از جرم تیغه روی کاسته می‌شود. تعداد مول‌های فلز روی که از تیغه به محلول می‌روند برابر تعداد مول یون‌های آهنی است که از محلول به تیغه اضافه می‌شوند. پس برای بخش اول سؤال و برابری جرم تیغه‌ها می‌توانیم معادله زیر را بنویسیم: (x تعداد مول‌های Fe افزوده شده به تیغه است)

$$? \text{ g Fe} = x \text{ mol Fe} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = (56x) \text{ g Fe} \quad ? \text{ g Zn} = x \text{ mol Zn} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = (65x) \text{ g Zn}$$

$$13 + 56x = 26 - 65x \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{2/5 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} = \frac{1}{1500} \text{ mol.s}^{-1}$$

قسمت دوم: جرم تیغه روی در هر لحظه از واکنش (26-65x)g و جرم تیغه آهن (13+56x)g است. حال گفته شده مدتی بعد از انجام واکنش جرم تیغه روی

$$\frac{26 - 65x}{13 + 56x} = \frac{1}{2} \Rightarrow x = 0.21 \text{ mol}$$

نصف جرم تیغه آهن می‌شود، پس:

پس هنگامی که 0.21 مول از آهن مصرف شود، جرم تیغه روی نصف جرم تیغه آهن می‌شود. حال بر اساس سرعت واکنش که در قسمت قبل به دست آمد، باید محاسبه کرد چند دقیقه بعد از شروع واکنش 0.21 مول از آهن مصرف می‌شود:

$$R_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{1}{1500} \text{ mol.s}^{-1} \rightarrow ? \text{ t min} = 0.21 \text{ mol Fe}^{2+} \times \frac{1500 \text{ s}}{1 \text{ mol Fe}^{2+}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 5/25 \text{ min}$$

فقط عبارت چهارم درست است. جهت حرکت الکترون‌ها در سلول گالوانی از آند به کاتد است. پس در سلول (Fe-X) آهن آند و X نقش کاتد را دارد

و در سلول گالوانی (Y-Zn) چون کاتیون‌ها به سمت کاتد حرکت می‌کنند، Y نقش آند و Zn نقش کاتد را دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در سلول (Y-Zn)، Y نقش آند را دارد؛ لذا آنیون‌ها به سمت Y و الکترون‌ها به سمت Zn حرکت می‌کنند (در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند). عبارت دوم: مقایسه قدرت کاهندگی به صورت (Y > Zn > Fe > X) می‌باشد. پس در سلول (Y-X)، نیم‌سلول Y نقش آند را دارد و از جرم آن کاسته می‌شود و به جرم کاتد (X) افزوده می‌شود. عبارت سوم: در سلول اول در آند نیم‌واکنش:  $\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$  و در سلول دوم در کاتد نیم‌واکنش:  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$  رخ می‌دهد. تعداد الکترون

تبادلی در واکنش اول را x مول و در واکنش دوم 2x مول در نظر می‌گیریم:

$$? \text{ g Fe} = x \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 28x \text{ g} \Rightarrow \text{تغییر جرم تیغه آهن} = 28x \text{ g}$$

$$\Rightarrow \text{نسبت مورد نظر} = \frac{28}{65}$$

$$? \text{ g Zn} = 2x \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 65x \text{ g} \Rightarrow \text{تغییر جرم تیغه روی} = 65x \text{ g}$$

عبارت چهارم: در سلول (Fe-X) گفته شد که آهن نقش آند را دارد، پس نیم‌واکنش روبه‌رو در آند انجام می‌شود:

$$? \text{ g Fe} = x \text{ mol Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{96000 \text{ C}}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{75}{100} = 18000 \text{ C}$$

حال اگر بازده سلول 75 درصد باشد:

عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیته به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به‌عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. دمای استاندارد برای نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) برابر 25°C و غلظت محلول الکترولیت آن یک مولار است. همچنین فشار گاز هیدروژن وارد شده به درون نیم‌سلول SHE برابر با یک اتمسفر می‌باشد.

همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: برای اندازه‌گیری پتانسیل استاندارد نیم‌سلول (Zn<sup>2+</sup>/Zn) باید یک سلول گالوانی شامل این نیم‌سلول و نیم‌سلول SHE تشکیل داد. اختلاف پتانسیل این سلول گالوانی برابر پتانسیل استاندارد نیم‌سلول (Zn<sup>2+</sup>/Zn) است. عبارت دوم: با استفاده از عدد ولت‌سنج می‌توان به اختلاف پتانسیل میان نیم‌سلول استاندارد و نیم‌سلول روی و نیز پتانسیل نیم‌سلول روی پی‌برد. عبارت سوم: شرایط استاندارد برای اندازه‌گیری E° فشار 1 atm و دمای 25°C است، در حالی که شرایط STP، فشار 1 atm و دمای 0°C می‌باشد. عبارت چهارم: در سلول گالوانی تشکیل شده، مانند هر سلول گالوانی دیگری، وجود دیواره متخلخل بین دو الکترود (برای جلوگیری از مخلوط شدن محلول‌های الکترولیت و جلوگیری از انتقال مستقیم الکترون) الزامی است.

مطالب گزینه (2) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (1): براساس پیشنهاد آیوپاک که برای هماهنگی در منابع علمی معتبر به کار می‌رود، پتانسیل الکترودی استاندارد برای نیم‌واکنش کاهش گزارش می‌شود. گزینه (2): در نیم‌واکنش کاهش، گونه اکسند در سمت چپ و گونه کاهنده در سمت راست معادله نوشته می‌شود.

گزینه (3): شرایط استاندارد به معنای غلظت 1 مولار برای محلول‌ها و فشار 1 اتمسفر برای گازها است. گزینه (4): در یک سلول گالوانی، کاتیونی که اکسند قوی‌تری باشد، تمایل برای گرفتن الکترون و کاهش یافتن در آن بیشتر بوده و در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند.

رتبه‌بندی فلزها به‌ترتیب کاهش E° آن‌ها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود. در سری الکتروشیمیایی، کاهش E° (کاهش تمایل برای گرفتن الکترون)، نشان‌دهنده قدرت اکسندگی و مثبت بودن E° به معنای بیشتر بودن قدرت الکترون‌گیری نسبت به SHE است.

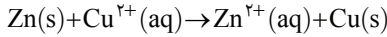
عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به پیشنهاد آیوپاک در سری الکتروشیمیایی، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته می‌شود. عبارت (ب): در جدول سری الکتروشیمیایی، پتانسیل‌های کاهشی استاندارد براساس کاهش تدریجی از بالا به پایین مرتب شده‌اند. عبارت (پ): در جدول، پتانسیل استاندارد را از بزرگ به کوچک نوشته‌اند بنابراین منفی‌ترین و کوچک‌ترین پتانسیل استاندارد در پایین جدول قرار دارد. عبارت (ت): در سری الکتروشیمیایی، واکنش‌ها در جهت نیم‌واکنش کاهش نوشته می‌شوند، بنابراین گونه اکسند با گرفتن الکترون به گونه کاهنده تبدیل می‌شود و گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسند در سمت چپ قرار می‌گیرند. (کاهنده  $\rightarrow + \text{ne}^-$  اکسند) عبارت (ث): در سری الکتروشیمیایی، فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری نسبت به H<sub>p</sub> دارند، در ردیف‌های بالاتری نسبت به آن قرار گرفته و پتانسیل کاهشی مثبت دارند.







**۳ ۲۰۴۹ B** در سلول گالوانی حاوی عنصرهای روی و مس، عنصر روی به دلیل  $E^\circ$  کمتر نقش آند و عنصر مس نقش کاتد را ایفا می‌کند. واکنش کلی سلول گالوانی (روی - مس) به صورت روبه‌رو است:



با توجه به واکنش غلظت یون روی افزایش و غلظت یون مس کاهش می‌یابد.

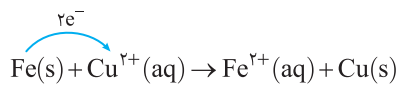
**۴ ۲۰۵۰ B** هرچه  $E^\circ$  یک الکتروود منفی‌تر باشد، این الکتروود قدرت کاهندگی بیشتری خواهد داشت و هر چه  $E^\circ$  آن مثبت‌تر باشد، الکتروود مورد نظر اکسنده‌تر خواهد بود. در هر الکتروود، گونه‌ای با بار مثبت‌تر نقش اکسنده و گونه‌ای با بار منفی‌تر نقش کاهنده را بر عهده دارند، پس در الکتروود منیزیم، فلز منیزیم می‌تواند کاهنده باشد و یون منیزیم قادر به از دست دادن الکترون نیست، به همین دلیل فلز منیزیم کاهنده‌ترین گونه در میان گونه‌های موجود در نمودار است. با استدلال مشابه، یون نقره اکسنده‌ترین گونه موجود در نمودار می‌باشد. نیم سلول SHE دارای پتانسیل استاندارد کاهشی صفر می‌باشد و برای آن که الکتروودی در واکنش با این نیم سلول نقش کاتد را ایفا کند می‌بایست دارای  $E^\circ$  مثبت‌تر باشد که در این نمودار تنها الکتروود مس و نقره دارای این شرط هستند.

**۱ ۲۰۵۱ B**

**نکته ترکیبی** تشخیص سریع خودبه‌خودی بودن یک واکنش الکتروشیمیایی: برای اینکه بدون انجام محاسبات به خودبه‌خودی بودن واکنش‌های شیمیایی پی‌ببرید،

$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{re}^-$	$\rightarrow \text{Fe(s)}$	$-0.44$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{re}^-$	$\rightarrow \text{Zn(s)}$	$-0.76$

کافی است با مرتب کردن نیم واکنش‌ها براساس کاهش  $E^\circ$ ، یک سری پتانسیل کاهشی ایجاد کنید و واکنش میان گونه‌ی بالا چپ و پایین راست به‌طور خودبه‌خودی انجام می‌شود و در غیر این صورت، واکنش غیر خودبه‌خودی است. برای نمونه واکنش  $\text{Zn}$  با  $\text{Fe}^{2+}$  انجام‌پذیر است ولی واکنش  $\text{Zn}^{2+}$  با  $\text{Fe}$  انجام‌پذیر نیست.



آهن فقط می‌تواند با  $\text{Cu}^{2+}$  به‌طور طبیعی واکنش دهد و انرژی آزاد کند. آهن فلز است و تمایل به الکترون‌دهی دارد، آهن به گونه‌ای می‌تواند الکترون بدهد که  $E^\circ$  آهن از  $E^\circ$  آن گونه کوچک‌تر باشد، زیرا هر چه  $E^\circ$  کوچک‌تر (منفی‌تر) باشد، تمایل به الکترون‌دهی بیشتر است. در بین موارد مطرح شده فقط  $E^\circ$  مس از آهن بیشتر است.

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44\text{V}$$

می‌دانیم واکنش گونه‌ی سمت چپ بالاتر با گونه‌ی سمت راست پایین‌تر انجام‌پذیر است، بنابراین  $\text{Fe}$  (راست پایین‌تر) با  $\text{Cu}^{2+}$  (چپ بالاتر) به‌طور طبیعی واکنش می‌دهد.

$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1.66\text{V}$$

البته می‌توان با استفاده از نکته مطرح شده در کلاس درس نیز پاسخ درست را پیدا کرد: برای این کار ابتدا  $E^\circ$  ها را از بزرگ به کوچک مرتب می‌کنیم:

$$E^\circ(\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}) = -2.9\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0.8\text{V}$$

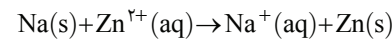
$$E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0.25\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) = -0.28\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Na}^+/\text{Na}) = -2.71\text{V}$$

**۳ ۲۰۵۲ B** در میان فلزهای داده شده، یون  $\text{Zn}^{2+}$  فقط می‌تواند با فلز  $\text{Na}$  واکنش دهد و با فلزهای  $\text{Ni}$ ،  $\text{Ag}$  و  $\text{Co}$  وارد واکنش نمی‌شود. اگر  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) > E^\circ(\text{M}^{n+}/\text{M})$  باشد، آن‌گاه کاتیون روی در واکنش با فلز  $\text{M}$  کاهش یافته و فلز  $\text{M}$  اکسید می‌شود. ( $E^\circ$  بیشتر  $\leftarrow$  تمایل برای گرفتن الکترون بیشتر  $\leftarrow$  اکسنده قوی‌تر) بنابراین  $\text{Zn}^{2+}$  می‌تواند در واکنش با فلز  $\text{Na}$  کاهش یابد. در واقع می‌توان گفت گونه‌ی سمت چپ بالاتر ( $\text{Zn}^{2+}$ ) با گونه‌ی سمت راست پایین‌تر ( $\text{Na}$ ) به‌طور طبیعی واکنش می‌دهد:



اما با فلزهای  $\text{Ni}$ ،  $\text{Ag}$  و  $\text{Co}$  وارد واکنش نمی‌شود.

**۱ ۲۰۵۳ B** فقط واکنش (الف) به درستی موازنه شده و در شرایط استاندارد در سلول گالوانی انجام می‌شود. ابتدا  $E^\circ$  ها را از

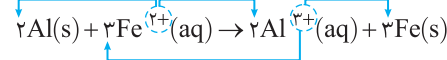
$$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0.8\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44\text{V}$$

$$E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1.66\text{V}$$

بزرگ به کوچک مرتب می‌کنیم. می‌دانیم واکنش گونه‌ی سمت چپ نیم واکنش بالاتر با گونه‌ی سمت راست از نیم واکنش پایین‌تر انجام‌پذیر است، بنابراین واکنش‌های مطرح شده در عبارات (الف) و (ت) در جهت رفت به‌صورت طبیعی انجام می‌شوند و به همین دلیل می‌توان آن‌ها را در سلول گالوانی انجام داد. البته واکنش مطرح شده در عبارت (ت) درست موازنه نشده است، واکنش موازنه‌شده عبارت (ت) به‌صورت زیر است:



**۲ ۲۰۵۴ B** عبارات (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارات (الف): نقش SHE در این سلول، کاتد (قطب مثبت) است، همان‌طور که مس در

سلول گالوانی (روی - مس) نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد. عبارت (ب): نیم سلول روی آند بوده و با تبدیل روی به کاتیون‌های  $\text{Zn}^{2+}$  از جرم تیغه روی کاسته می‌شود.

عبارت (پ): SHE کاتد بوده و در آن  $\text{H}^+$  با گرفتن الکترون به  $\text{H}_2$  تبدیل می‌شود.

عبارت (ت): الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد حرکت می‌کنند و SHE کاتد بوده، کاتیون‌های  $\text{H}^+$  روی آن کاهش می‌یابند و کاتیون‌های  $\text{Zn}^{2+}$  به سمت (SHE) حرکت می‌کنند.

**۴ ۲۰۵۵ B** همه عبارات نادرست هستند. در سلول گالوانی جهت حرکت کاتیون‌ها از طرف آند (A) به سمت کاتد (B) است. بررسی عبارات (الف): ممکن

است پتانسیل الکتروودی هر دو مثبت باشد، اما به علت تمایل بیشتر B برای دریافت الکترون، پتانسیل آن مثبت‌تر از A است. عبارت (ب): نیم سلول B نسبت به نیم سلول A اکسنده قوی‌تری است، اما با توجه به اطلاعات سؤال نمی‌توان اکسنده‌ی نیم سلول B و SHE را با هم مقایسه کرد. عبارت (پ): نیم سلول A نسبت به نیم سلول B کاهنده قوی‌تری است، اما با توجه به اطلاعات سؤال نمی‌توان کاهنده‌ی نیم سلول A و SHE را با هم مقایسه کرد. عبارت (ت): با توجه به اینکه پتانسیل الکتروودی‌های A و B و میزان فاصله آن‌ها با پتانسیل الکتروود استاندارد هیدروژن نامشخص است، نمی‌توان در رابطه با مقایسه اندازه عدد ولت‌سنج در سلول‌های (A-SHE) و (B-SHE) اظهار نظر کرد. عبارت (ث): چنانچه یک یا هر دو نیم سلول A و B دارای الکتروود بی‌اثر باشند (مانند پلاتین در نیم سلول SHE)، طی واکنش جرم آن‌ها تغییر نمی‌کند.

۳ ۲۰۵۶ B واکنش‌های (الف)، (ب) و (ت) در جهت رفت به‌طور طبیعی انجام می‌شوند. می‌دانیم در صورتی که نیم‌واکنش‌های داده شده را براساس مقادیر  $E^\circ$  آن‌ها از بزرگ به کوچک مرتب کنیم، واکنش گونه سمت چپ نیم‌واکنش بالاتر با گونه سمت راست از نیم‌واکنش پایین‌تر انجام پذیر است. واکنش  $Fe^{3+}(aq)$  (چپ بالاتر) با راست پایین‌تر

$$E^\circ(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = +0.77V$$

$$E^\circ(Sn^{4+}/Sn^{2+}) = +0.15V$$

$$E^\circ(Cd^{2+}/Cd) = -0.40V$$

$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0.76V$$

در جهت رفت به‌طور طبیعی (خودبه‌خودی) انجام می‌شود. بنابراین واکنش (الف) در جهت رفت و واکنش (ب) در جهت برگشت به‌طور طبیعی انجام می‌شوند. از طرفی واکنش  $Sn^{4+}(aq)$  (چپ بالاتر) با راست پایین‌تر

$$Cd \left| \begin{array}{l} \leftarrow \text{با راست پایین‌تر} \\ \leftarrow \text{با راست پایین‌تر} \end{array} \right. Zn$$

می‌شود. با توضیحی مشابه واکنش (ت) نیز در جهت رفت به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

۲ ۲۰۵۷ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در سری الکتروشیمیایی فلزهای پایین هیدروژن می‌توانند با محلول اسیدها  $H^+$  از اسیدها) واکنش دهند. بنابراین فقط فلز A پایین‌تر از هیدروژن قرار دارد. عبارت (ب): در سری الکتروشیمیایی کاتیون فلز بالاتر با خود فلز پایین‌تر واکنش می‌دهد، چون  $Cu^{2+}$  (محلول نمک  $CuCl_2$ ) با فلزهای A و B واکنش داده است می‌توان نتیجه گرفت که A و B در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از Cu قرار دارند. از طرفی فلز C نه با  $HCl(aq)$  واکنش می‌دهد نه با  $CuCl_2(aq)$ . بنابراین C بالاتر از  $H_2$  و Cu قرار دارد:  $E^\circ_C > E^\circ_{Cu} > E^\circ_B > E^\circ_A$  مقایسه  $E^\circ$  ها

عبارت (پ): در سری الکتروشیمیایی فلز بالاتر (در اینجا C) با کاتیون‌های فلز پایین‌تر (در اینجا کاتیون‌های B) واکنش نمی‌دهد. بنابراین  $E^\circ$  واکنش داده شده منفی بوده و این واکنش را نمی‌توان در سلول گالوانی انجام داد. عبارت (ت): می‌دانیم گونه سمت چپ بالاتر (کاتیون فلز بالاتر) با گونه سمت راست پایین‌تر (فلز پایین‌تر) واکنش می‌دهد، بنابراین واکنش کاتیون فلز B با اتم‌های خنثی A انجام‌پذیر است.

سری الکتروشیمیایی

C	
Cu	
B	
A	$H_2$

۴ ۲۰۵۸ B همه مطالب نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: پتانسیل کاهشی هر دو فلز روی و نیکل منفی بوده و نسبت به SHE کمتر است، به این معنی که در سلول‌های گالوانی  $(Ni - SHE)$  و  $(Zn - SHE)$ ، نیکل و روی هر دو آند بوده و نسبت به SHE الکترون‌دهنده‌تر (دارای قدرت کاهندگی بیشتری) هستند. عبارت دوم: در سلول گالوانی، فلزی که  $E^\circ$  بیشتری دارد، الکترون گیرنده‌تر و اکسندسته‌تر است و نقش کاتد را دارد. برعکس فلزی که  $E^\circ$  کمتری دارد، الکترون‌دهنده‌تر و کاهنده‌تر است و نقش آند را دارد. پس نیکل کاتد و روی آند است. لذا کاتیون‌های روی به سمت کاتد (نیکل) و آنیون‌ها به سمت آند (روی) حرکت می‌کنند. عبارت سوم: نقش فلز روی در سلول گالوانی (روی - مس) مشابه سلول (روی - نیکل)، آند است. عبارت چهارم: در این سلول، روی آند (قطب منفی) و نیکل کاتد (قطب مثبت) است. عبارت پنجم: در این سلول گالوانی از جرم تیغه Zn کاسته شده و به جرم تیغه Ni افزوده می‌شود.

از آنجا که جرم اولیه هر دو تیغه یکسان بوده است؛ بنابراین با مبادله  $0.4$  مول الکترون، تفاوت جرم دو تیغه برابر  $24/82g$   $(13/08 + 11/74)$  می‌شود.

$$= 0.4 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{65/4g \text{ Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 13/08g \text{ Zn}$$

$$= 0.4 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{58/7g \text{ Ni}}{1 \text{ mol Ni}} = 11/74g \text{ Ni}$$

۳ ۲۰۵۹ C عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. با توجه به جملات بیان شده در صورت سؤال به نتایج زیر می‌رسیم:

سلول	آند (قطب منفی)	کاتد (قطب مثبت)	مقایسه $E^\circ$ (آند) $>$ (کاتد) $E^\circ$	مقایسه قدرت کاهندگی
Cd-Ni	Cd	Ni	$E^\circ(Ni^{2+}/Ni) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$	$Cd > Ni$
Cd-Pb	Cd	Pb	$E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$	$Cd > Pb$

از طرفی بیان شده که اختلاف پتانسیل سلول (کادمیم - سرب) بیشتر از اختلاف پتانسیل سلول (کادمیم - نیکل) است، بنابراین:

$$E^\circ(Cd-Pb) > E^\circ(Cd-Ni) \Rightarrow E^\circ(Pb^{2+}/Pb) - E^\circ(Cd^{2+}/Cd) > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) - E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$$

$$\Rightarrow E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) \Rightarrow \text{مقایسه قدرت کاهندگی: } Ni > Pb$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به مطالب قبل قدرت الکترون‌دهی (کاهندگی) کادمیم از دو عنصر دیگر بیشتر است:  $Cd > Ni > Pb$  : مقایسه قدرت کاهندگی عبارت (ب): در سلول (نیکل - سرب)، نیکل نقش آند (قطب منفی) را دارد، زیرا همان‌طور که گفته شد قدرت کاهندگی نیکل بیشتر از سرب است. از طرفی می‌دانیم در الکتروآند، الکترون تولید می‌شود. به همین دلیل تراکم الکترون بر روی تیغه نیکل (تیغه آندی) بیشتر است.

عبارت (پ): مقایسه پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های مطرح شده به‌صورت روبه‌رو است:  $E^\circ(Pb^{2+}/Pb) > E^\circ(Ni^{2+}/Ni) > E^\circ(Cd^{2+}/Cd)$

عبارت (ت): در سلول‌های  $(Cd-Pb)$  و  $(Ni-Pb)$ ، سرب نقش کاتد را دارد، از طرفی می‌دانیم ولتاژ سلول از رابطه  $E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$  به‌دست می‌آید، بنابراین

هر چه  $E^\circ$  کوچک‌تر باشد (آند کاهنده‌تر باشد)، (سلول)  $E^\circ$  بیشتر خواهد بود، با توجه به مقایسه میزان کاهندگی در عبارت (الف) داریم:

$$E^\circ(Cd-Pb) > E^\circ(Ni-Pb)$$



**B ۲۰۶۰ ۱** برای آن که این سلول به‌طور طبیعی کار کند، یا به‌عبارتی سلولی از نوع گالوانی باشد، قطب منفی سلول باید آند و قطب مثبت آن باید کاتد باشد و  $E^\circ$  آند کوچک‌تر از  $E^\circ$  کاتد باشد. به این ترتیب در این شکل که آند از جنس آلومینیم بوده و  $E^\circ$  آلومینیم برابر  $-۱/۶۶V$  است، A باید فلزی با  $E^\circ$  بزرگ‌تر از  $-۱/۶۶V$  باشد که از میان این فلزات، این امکان برای نقره، کروم و آهن وجود دارد. حال برای این سه حالت، معادله واکنش را نوشته و تعیین می‌کنیم تغییرات غلظت مولار یون‌ها به ازای مبادله‌ی شمار معینی الکترون در کدام حالت بیشتر است. **حالت اول (A، نقره باشد):**

در این سلول در اثر جابه‌جایی ۳ مول الکترون، ۳ مول  $Ag^+$  مصرف و یک مول  $Al^{3+}$  تولید می‌شود. در نتیجه تعداد مول یون‌ها به ازای هر ۳ مول الکترون، ۲ مول کاهش می‌یابد؛ یعنی به ازای مبادله‌ی هر مول الکترون،  $\frac{2}{3}$  مول تغییر شمار مول یون‌ها صورت می‌گیرد. **حالت دوم (A، آهن باشد):**

در این سلول در اثر مبادله‌ی ۶ مول الکترون، ۳ مول  $Fe^{2+}$  مصرف و ۲ مول  $Al^{3+}$  تولید می‌شود. در نتیجه تعداد مول یون‌ها به ازای ۶ مول الکترون، ۱ مول کاهش می‌یابد؛ یعنی به ازای مبادله‌ی هر مول الکترون،  $\frac{1}{6}$  مول تغییر شمار مول یون‌ها صورت می‌گیرد. **حالت سوم (A، کروم باشد):**

در این سلول به ازای مبادله‌ی ۳ مول الکترون، یک مول  $Cr^{3+}$  مصرف و یک مول  $Al^{3+}$  تولید می‌شود؛ بنابراین تغییری در غلظت یون‌های این سلول رخ نمی‌دهد؛ یعنی به ازای مبادله‌ی هر مول الکترون، تغییری در غلظت یون‌ها صورت نمی‌گیرد. به این ترتیب، در صورتی که A، نقره باشد، بیشترین تغییر را در غلظت یون به ازای مصرف مقدار معینی الکترون در این سلول داریم.

**B ۲۰۶۱ ۳**

**نکته ترکیبی** نگهداری محلول کاتیون‌ها در ظروف فلزی: با توجه به سری الکتروشیمیایی، می‌توان محلول کاتیون فلز را در ظرفی که از جنس فلزی در سری الکتروشیمیایی در جایگاه بالاتری قرار دارد، نگهداری نمود. برای مثال، محلول کاتیون‌های آهن، روی و نقره را می‌توان در ظرفی از جنس طلا نگهداری نمود؛ زیرا طلا تمایل کمتری نسبت به دیگر فلزات برای اکسایش دارد و در نتیجه اکسایش نمی‌یابد و می‌توان از آن برای نگهداری این محلول‌ها استفاده کرد.

در موارد دوم، سوم و چهارم ظرف دچار خوردگی می‌شود. بررسی موارد: **مورد اول و دوم:** می‌دانیم محلول رقیق اسیدها را می‌توان در ظرفی نگهداری کرد که آن فلز در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن باشد در واقع  $E^\circ$  بزرگ‌تر (مثبت‌تر) از هیدروژن داشته باشد. بنابراین ظرف مسی برخلاف ظرف آهنی برای نگهداری محلول رقیق هیدروکلریک اسید مناسب است. **مورد سوم:** کاتیون‌های  $Cu^{2+}$  (چپ بالاتر) با فلز آهن (راست پایین‌تر) واکنش می‌دهند. بنابراین محلولی از نمک‌های مس را نمی‌توان در ظرفی از جنس آهن نگهداری کرد. **مورد چهارم:** کاتیون‌های  $Fe^{2+}$  (چپ بالاتر) با فلز آلومینیم (راست پایین‌تر) واکنش می‌دهند. بنابراین محلولی از نمک‌های آهن را نمی‌توان در ظرفی از جنس آلومینیم قرار داد.

**B ۲۰۶۲ ۲** عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):**  $Br_2$  کاهش یافته و اکسند است و چون  $E^\circ$  مثبت‌تری نسبت به سه گونه‌ی دیگر دارد، قوی‌ترین اکسند است.  $Cr^{2+}$  اکسید شده و کاهش یافته است و  $E^\circ$  منفی‌تری نسبت به سه گونه‌ی دیگر دارد، بنابراین قوی‌ترین کاهش‌دهنده است. **عبارت (ب):**

در سلول الکتروشیمیایی (کروم - کبالت)،  $Cr^{2+}$  به دلیل داشتن  $E^\circ$  منفی‌تر اکسید می‌شود:

**عبارت (پ):** برای اینکه بتوان  $Cu^+$  را در ظرفی نگهداری کرد، نباید  $Cu^+$  به وسیله‌ی آن‌های فلزی ظرف کاهش یابد. چون  $E^\circ(Cu^+/Cu) < E^\circ(Co^{2+}/Co)$  است،

کبالت الکترون‌دهنده‌تر می‌باشد و قادر است کاتیون‌های  $Cu^+$  را کاهش دهد. لذا باید  $Cu^+$  را در ظرفی نگهداری کرد که  $E^\circ$  آن بیشتر از  $E^\circ$  مس باشد. **عبارت (ت):** در سلول الکتروشیمیایی (کبالت - مس) که  $E^\circ(Cu^+/Cu) > E^\circ(Co^{2+}/Co)$  است، مس  $E^\circ$  مثبت‌تری داشته و کاتد است، پس با تبدیل  $Cu^+$  به  $Cu$ ، جرم تیغه‌ی مس افزایش می‌یابد. کبالت نیز  $E^\circ$  منفی‌تری داشته و آند است، پس با تبدیل  $Co$  به  $Co^{2+}$  از جرم تیغه‌ی کبالت کاسته می‌شود.

**B ۲۰۶۳ ۲** کاتیون فلزهایی که در جدول سری الکتروشیمیایی بالاتر از روی و پایین‌تر از نقره قرار دارند با فلز روی واکنش می‌دهند ولی با فلز نقره نمی‌توانند واکنش دهند.

بنابراین محلول حاوی یون‌های  $Fe^{2+}$  (آهن (II) کلرید) و  $Cu^{2+}$  (مس (II) برمید) را در ظرفی از جنس روی نمی‌توان نگهداری کرد ولی در ظرف نقره‌ای می‌توان نگهداری کرد. در جدول زیر ظرف مناسب برای نگهداری تمام نمک‌های مطرح شده را بررسی کرده‌ایم:

نام نمک	فرمول شیمیایی	کاتیون فلزی موجود در نمک	ظرف مناسب برای نگهداری نمک	
			ظرفی از جنس Zn	ظرفی از جنس Ag
مس (II) برمید	$CuBr_2$	$Cu^{2+}$	×	✓
آهن (II) کلرید	$FeCl_2$	$Fe^{2+}$	×	✓
آلومینیم سولفات	$Al_2(SO_4)_3$	$Al^{3+}$	✓	✓
منگنز (II) کلرید	$MnCl_2$	$Mn^{2+}$	✓	✓
محلول $Pt^{2+}$	$Pt^{2+}$	$Pt^{2+}$	×	×

**B ۲۰۶۴ ۳** عبارتهای دوم، سوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: با توجه به جهت طبیعی واکنش، گونه  $\text{Sn}^{2+}$  کاهش یافته، پس نقش اکسندگی دارد و گونه  $\text{Mn}$  اکسایش یافته و نقش کاهندگی دارد. عبارت دوم: در این واکنش، گونه های  $\text{Sn}^{2+}$  به  $\text{Sn}$  کاهش یافته و اتم های  $\text{Mn}$  به  $\text{Mn}^{2+}$  اکسایش یافته اند؛ پس در این سلول،  $\text{Sn}$  نقش کاتد و  $\text{Mn}$  نقش آند را دارد. پس در سری الکتروشیمیایی  $\text{Sn}$  بالاتر از  $\text{Mn}$  قرار گرفته و  $E^\circ$  بزرگ تری دارد. عبارت سوم: در این واکنش هر اتم  $\text{Mn}$  با از دست دادن ۲ الکترون به  $\text{Mn}^{2+}$  تبدیل می شود؛ بنابراین در این واکنش، به ازای هر مول منگنز، ۲ مول الکترون مبادله می شود؛ پس خواهیم داشت:

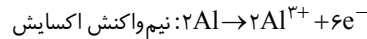
$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \text{Mn} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Mn}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} = 3/0.1 \times 10^{23} \text{ e}^-$$

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{Mn}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد e}^-}{N_A \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/25}{1} = \frac{x}{6/0.2 \times 10^{23} \times 2} \Rightarrow x = 3/0.1 \times 10^{23} \text{ e}^-$$

**عبارت چهارم:** همان طور که در قسمت های قبل گفتیم، قلع نقش کاتد این سلول را دارد و در سطح آن یون های  $\text{Sn}^{2+}$  کاهش می یابند. در نتیجه در سطح تیغه قلع، الکترون ها مصرف می شوند (نه انباشته!).

**عبارت پنجم:** در سلول های گالوانی الکترون ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد حرکت می کنند. در سلول حاصل از این دو فلز، منگنز نقش آند و قلع نقش کاتد را دارد و جهت حرکت الکترون ها در مدار بیرونی از تیغه منگنز به سمت تیغه قلع است.

**B ۲۰۶۵ ۳** عبارتهای اول و چهارم درست اند. با توجه به اینکه پتانسیل کاهشی استاندارد آلومینیم از منگنز کوچک تر است، می توان تشخیص داد که آلومینیم نقش کاهنده و منگنز نقش اکسندگی را دارد:



**بررسی عبارت ها:** عبارت اول: برای تعیین شمار الکترون های مبادله شده در یک واکنش، می توانید از یکی از روابط زیر استفاده کنید:

ضریب گونه  $\times$  زیروند گونه  $\times$  میزان کاهش = شمار الکترون های کاهش یافته  
 ضریب گونه  $\times$  زیروند گونه  $\times$  میزان اکسایش = شمار الکترون های اکسایش یافته  
 اکسایش یافته  $\times$  اکسایش یافته  $\times$  گونه اکسایش یافته = مبادله شده در واکنش  
 با توجه به معادله موازنه شده واکنش، این عبارت درست است.

$$\text{شمار الکترون های مبادله شده} = \underbrace{2}_{\text{میزان کاهش Mn}^{2+}} \times \underbrace{1}_{\text{زیروند Mn}^{2+}} \times \underbrace{3}_{\text{ضریب Mn}} = 6\text{e}^-$$

$$\text{شمار الکترون های مبادله شده} = \underbrace{3}_{\text{میزان اکسایش Al}} \times \underbrace{1}_{\text{زیروند Al}} \times \underbrace{2}_{\text{ضریب Al}} = 6\text{e}^-$$

**عبارت دوم:** می دانیم هر چه ضریب استوکیومتری یک گونه در معادله موازنه شده واکنش بیشتر باشد، میزان تغییرات غلظت آن ماده در یک بازه زمانی مشخص، بیشتر خواهد بود؛ بنابراین شیب تغییرات غلظت  $\text{Mn}^{2+}$  بیشتر از شیب تغییرات غلظت  $\text{Al}^{3+}$  است. عبارت سوم: در سلول های گالوانی، کاتد، قطب مثبت و آند قطب منفی سلول را تشکیل می دهند. در کاتد (قطب مثبت) با انجام نیم واکنش کاهش، جرم تیغه افزایش می یابد. عبارت چهارم: همان طور که گفته شد، یون های منگنز و اتم های آلومینیم در این سلول به ترتیب کاهش و اکسایش می یابند، پس تیغه  $\text{Al}$  محل انجام نیم واکنش اکسایش بوده و نقش آند دارد و تیغه منگنز محل انجام نیم واکنش کاهش بوده و نقش کاتد دارد.

**B ۲۰۶۶ ۲** عبارتهای اول، سوم و چهارم درست هستند. اگر الکترو د  $\text{A}$  آند و الکترو د  $\text{B}$  کاتد باشد،  $\text{A}$  الکترون دهنده تر و کاهنده تر از  $\text{B}$  است؛ بنابراین  $E^\circ$  گونه  $\text{A}$  منفی تر از  $E^\circ$  گونه  $\text{B}$  است. پتانسیل کاهشی استاندارد  $\text{C}$  منفی تر از  $\text{A}$  و  $\text{B}$  می باشد؛ یعنی  $\text{C}$  کاهنده تر از  $\text{A}$  و  $\text{B}$  است. لذا ترتیب پتانسیل کاهشی سه گونه  $\text{A}$ ،  $\text{B}$  و  $\text{C}$  به صورت مقابل است:

$$E^\circ(\text{C}^{2+}/\text{C}) < E^\circ(\text{A}^{2+}/\text{A}) < E^\circ(\text{B}^{2+}/\text{B})$$

**بررسی عبارت ها:** عبارت اول: مطابق توضیحات بیان شده، فلز  $\text{A}$  در سری الکتروشیمیایی بین  $\text{C}$  و  $\text{B}$  قرار دارد. عبارت دوم: با توجه به توضیحات بالا، ولتاژ سلول  $(\text{C}-\text{B})$  بزرگ تر از ولتاژ سلول  $(\text{A}-\text{B})$  است. زیرا اختلاف پتانسیل  $\text{B}$  و  $\text{C}$  بیشتر از اختلاف پتانسیل  $\text{A}$  و  $\text{B}$  است. عبارت سوم: فلز  $\text{C}$  منفی تر از  $E^\circ$  فلز  $\text{A}$  است؛ بنابراین می تواند کاتیون فلز  $\text{A}$  را کاهش دهد. عبارت چهارم:  $\text{C}$  منفی ترین  $E^\circ$  را دارد، پس قوی ترین کاهنده است.

**عبارت پنجم:** با توجه به اینکه در صورت تست گفته شده که گونه  $\text{B}$  با از دست دادن الکترون به  $\text{B}^{2+}$  تبدیل می شود، پس  $\text{B}$  نمی تواند آلومینیم ( $\text{Al}$ ) باشد؛ زیرا یون حاصل از اکسایش آلومینیم،  $\text{Al}^{3+}$  است.

**B ۲۰۶۷ ۲** موارد اول، دوم و چهارم نادرست اند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: جهت حرکت کاتیون ها در سلول گالوانی به سمت تیغه کاتد (قطب مثبت) است. از طرفی ترتیب  $E^\circ$  سه فلز پلاتین، طلا و نقره در جدول سری الکتروشیمیایی به صورت  $E^\circ(\text{Au}^{3+}/\text{Au}) < E^\circ(\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}) < E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})$  می باشد. بنابراین در سلول گالوانی (پلاتین - طلا)، طلا نقش کاتد را داشته و جهت حرکت کاتیون ها در آن به سمت تیغه طلا است و در سلول گالوانی (نقره - پلاتین)، پلاتین نقش کاتد را داشته و جهت حرکت کاتیون ها در آن به سمت تیغه پلاتین است. عبارت دوم: برخی فلزها مانند مس، نقره و پلاتین در سری الکتروشیمیایی بالاتر از  $\text{H}_2$  قرار گرفته اند.

**عبارت سوم:** پتانسیل استاندارد کاهشی فلز آلومینیم از همه فلزهای طلا، پلاتین، نقره و روی کمتر است، بنابراین در سلول گالوانی متشکل از فلز آلومینیم با هر یک از این فلزها، آلومینیم نقش آند (قطب منفی) را خواهد داشت. عبارت چهارم: در سلول گالوانی  $(\text{Al}-\text{Zn})$  به این علت که  $E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) < E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$ ، آلومینیم آند و روی کاتد است و جهت حرکت آنیون ها به سمت  $\text{Al}$  است. عبارت پنجم: در سلول گالوانی  $(\text{Au}-\text{Pt})$ ،  $\text{Pt}$  که  $E^\circ$  کمتری دارد آند بوده و قطب منفی سلول را تشکیل می دهد. در صورت اتصال قطب های مثبت و منفی ولتسنج به ترتیب به تیغه های پلاتین و طلا، ولتسنج عددی منفی نمایش می دهد.





**۱ ۲۰۶۸** عبارت‌های سوم و چهارم همانند جمله داده شده در صورت تست درست هستند. بررسی جمله داده شده: در جدول پتانسیل کاهش استاندارد، هر چه به سمت بالا می‌رویم، مقدار  $E^\circ$  نیم سلول‌ها افزایش می‌یابد؛ پس پتانسیل کاهش استاندارد آهن و پلاتین از گونه  $M$  بالاتر است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: هرچه  $E^\circ$  یک گونه مثبت‌تر باشد، قدرت اکسندگی بالاتری دارد، پس مقایسه قدرت اکسندگی یون‌های داده شده به صورت: « $Pt^{2+} > Fe^{2+} > M^{3+}$ » است. عبارت دوم: دقت کنید که علامت جبری  $E^\circ$  یک نیم سلول، صرفاً مقداری قراردادی بوده و به موقعیت آن نسبت به نیم سلول SHE بستگی دارد. در حالی که اساس کار سلول‌های گالوانی تفاوت پتانسیل دو نیم سلول است و انجام واکنش در آن تحت تأثیر علامت جبری ولتاژ نیم سلول‌ها قرار نمی‌گیرد. عبارت سوم: با توجه به مقدار  $E^\circ$  دو نیم سلول،  $E^\circ$  گونه  $M^{3+}$  کوچک‌تر از  $E^\circ$  گونه  $Pt^{2+}$  است و در سلول گالوانی « $M - Pt$ »، الکترون  $M$  آند و الکترون  $Pt$  کاتد بوده و طی واکنش،  $M$  اکسایش و  $Pt^{2+}$  کاهش می‌یابد؛ بنابراین معادله واکنش انجام شده به صورت  $2M + 3Pt^{2+} \rightarrow 2M^{3+} + 3Pt$  شده است. عبارت چهارم: معادله موازنه شده واکنش کلی انجام شده در سلول گالوانی «آهن - پلاتین» به صورت مقابل است:

$$Fe(s) + Pt^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Pt(s) \sim 2e^-$$

با توجه به آن، به ازای اکسایش هر مول آهن، ۲ مول الکترون از آند به کاتد منتقل می‌شود.

**۳ ۲۰۶۹** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در شکل (I)، الکترون به صورت مستقیم مبادله شده و نمی‌توان از آن برای تولید برق استفاده نمود. عبارت (ب): در ظرف (I)،  $Cu^{2+}$  کاهش یافته و  $Cu(s)$  بر روی تیغه  $Zn$  می‌نشیند. در ظرف (II)،  $Cu^{2+}$  در نیم سلول کاهش یافته و بر روی تیغه مس می‌نشیند. عبارت (پ): با پیشرفت واکنش در ظرف (I)، مجموع جرم مواد جامد موجود در ظرف (تیغه  $Zn$  و  $Cu$  تولید شده) کاهش می‌یابد، زیرا جرم مولی روی بیشتر از مس بوده و به ازای مصرف هر مول روی، یک مول مس تولید می‌شود. عبارت (ت): کاتیون‌های مس با گرفتن ۲ الکترون به آرایش الکترونی  $[Ar]3d^1 4s^1$  می‌رسند که زیرلایه  $4s$  آن پر نیست.

**۲ ۲۰۷۰** به جز عبارت (پ) سایر عبارت‌ها درست هستند. در یک سلول گالوانی، ضمن انجام نیم واکنش اکسایش در نیم سلول آند، از جرم تیغه آندی کاسته شده و غلظت کاتیون‌های آن افزایش می‌یابد و بالعکس در نیم سلول کاتدی ضمن انجام نیم واکنش کاهش، از غلظت کاتیون‌های موجود در محلول کاسته شده و بر جرم تیغه کاتدی افزوده می‌شود؛ بنابراین نمودار داده شده مربوط به یک سلول گالوانی است که در آن  $Zn$  آند و  $M$  کاتد است. معادله موازنه شده واکنش انجام شده در این سلول گالوانی به صورت مقابل است:

$$Zn(s) + 2M^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2M(s) \sim 2e^-$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به توضیحات بالا، طی واکنش، جرم تیغه  $M$  افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به نمودار غلظت - زمان داده شده و همچنین ضرایب استوکیومتری اجزای واکنش، سرعت تغییر غلظت کاتیون‌های  $M^+$  دو برابر  $Zn^{2+}$  است. عبارت (پ): در سلول گالوانی « $Zn - M$ » روی در نقش آند قرار داشته و  $E^\circ$  آن کمتر از  $M$  است. با توجه به اینکه می‌دانیم  $E^\circ$  روی از SHE هم کمتر است؛ بنابراین در سلول گالوانی « $Zn - SHE$ » نیز  $Zn$  در نقش آند قرار دارد. دقت کنید درباره ولتاژ تولیدی سلول جدید نمی‌توان اظهار نظر کرد؛ زیرا مقدار  $E^\circ(M^+/M)$  مشخص نشده است. عبارت (ت): مطابق معادله نیم سلول آندی، به ازای مبادله ۲ مول الکترون، یک مول از اتم‌های روی کاهش یافته و جرم تیغه روی (آند)، ۶۵g کاهش می‌یابد؛ پس خواهیم داشت:

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-, \quad ? g Zn = 3280 C \times \frac{1e^-}{1.6 \times 10^{-19} C} \times \frac{1 mol e^-}{96485 C} \times \frac{1 mol Zn}{2 mol e^-} \times \frac{65 g Zn}{1 mol Zn} = 11.1 g Zn$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{3280 \times 65}{1.6 \times 10^{-19} \times 96485 \times 2} \rightarrow \frac{3200 \times 66}{1.6 \times 10^{-19} \times 96485 \times 2}$$

تخمین زدن به جای ۶۵، ۶۶ و ۳۲۰۰، ۳۲۰۰ قرار گیرد.

$$\frac{32 \times 66}{16 \times 6 \times 2} \times \frac{10^2}{10^{-1} \times 10^{-19} \times 10^{23}} \rightarrow \frac{32 \times 66}{16 \times 6 \times 2} \times 10^{-1} = \frac{2 \times 11}{2} \times 10^{-1} = 11.1$$

**۲ ۲۰۷۱** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. واکنش (I)، (اکسایش فلز  $M$  و کاهش کاتیون  $Mg$ ) انجام ناپذیر است، پس کاتیون  $Mg^{2+}$  اکسندگی ضعیف‌تری بوده و  $E^\circ$  آن منفی‌تر از  $E^\circ$  فلز  $M$  است:

$$E^\circ(M^{3+}/M) > E^\circ(Mg^{2+}/Mg)$$

واکنش (III)، (اکسایش  $Ni$  و کاهش  $M^{3+}$ ) انجام ناپذیر است، پس نیکل کاهنده ضعیف‌تری بوده و  $E^\circ$  آن مثبت‌تر از  $E^\circ$  فلز  $M$  است

$$E^\circ(M^{3+}/M) < E^\circ(Ni^{2+}/Ni)$$

واکنش (II)، (اکسایش  $Mn$  و کاهش  $M^{3+}$ ) انجام پذیر است، یعنی منگنز کاهنده قوی‌تری بوده و  $E^\circ$  آن منفی‌تر از  $E^\circ$  فلز  $M$  است:

$$E^\circ(M^{3+}/M) > E^\circ(Mn^{2+}/Mn)$$

$$E^\circ(Ni^{2+}/Ni) > E^\circ(M^{3+}/M) > E^\circ(Mn^{2+}/Mn) > E^\circ(Mg^{2+}/Mg)$$

بنابراین مقایسه  $E^\circ$  ها به صورت روبه‌رو است:

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز  $M$  در سری الکتروشیمیایی از هر دو فلز منیزیم و منگنز بالاتر است. عبارت (ب): فلز  $M$  در سری الکتروشیمیایی بین  $-1.18 V$  و  $-0.25 V$  قرار دارد. عبارت (پ): در سلول‌های

$(Mg - M)$  و  $(Mn - M)$ ، فلز  $M$  نقش کاتد را داشته و افزایش جرم دارد در حالی که این فلز در سلول  $(M - Ni)$  نقش آند را داشته و جرم آن کاهش می‌یابد.

عبارت (ت):  $E^\circ$  منگنز منفی‌تر از  $E^\circ$  نیکل بوده و کاهنده‌تر از نیکل است، پس می‌تواند یون‌های نیکل را کاهش دهد.



۴ ۲۰۷۲ C همه عبارت‌ها نادرست هستند. در شکل (۱)، به علت اینکه  $E^\circ$  مس عددی مثبت است، مس کاتد (قطب مثبت) و SHE آند (قطب منفی) است. در شکل (۲)، چون  $E^\circ$  نیکل عددی منفی است، SHE کاتد (قطب مثبت) و نیکل آند (قطب منفی) است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه  $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) < E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) < E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$  است، SHE در سلول گالوانی (۱) نقش آند (قطب منفی) و در سلول گالوانی (۲)، نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد. عبارت (ب): واکنش کلی سلول (۱)،  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + 2\text{H}^+$  است:

$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم گاز هیدروژن}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی هیدروژن}} \Rightarrow \frac{x}{6.02 \times 10^{23} \times 2} = \frac{3/612 \times 10^{-23}}{2 \times 1} \Rightarrow x = 0.6 \text{ g H}_2$$

عبارت (پ): با توجه به توضیحات داده شده، در شکل (۱) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از SHE به سمت تیغه دیگر (مس) است در حالی که در شکل (۲)، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از تیغه دیگر (نیکل) به سمت SHE است. عبارت (ت): با گذشت زمان در سلول (۲)، غلظت الکترولیت نیکل (آند)، افزایش می‌یابد  $(\text{Ni}(s) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-)$  و در سلول (الف)، غلظت الکترولیت مس (کاتد) کاهش می‌یابد.

عبارت (ث): در صورت تولید و مصرف مقدار مول مشخصی مس و نیکل در دو سلول، ۱ مول یون‌های  $\text{H}^+$  نیم‌سلول‌های SHE به یک میزان تغییر می‌کند؛ ولی چون در سلول (۱)، بخشی از کاتیون‌های  $\text{H}^+$  از طریق دیواره به نیم‌سلول دیگر منتقل می‌شوند، pH محلول الکترولیت نیم‌سلول هیدروژن در هر دو سلول به یک اندازه تغییر نمی‌کند. در سلول (منیزیم - روی)، منیزیم با داشتن  $E^\circ$  منفی‌تر آند است و می‌توان با توجه به میزان کاهش جرم تیغه منیزیم، تعداد الکترون‌های مبادله شده را محاسبه کرد و برابر تعداد الکترون‌های مبادله شده در سلول دوم قرار داد و سپس میزان افزایش جرم تیغه کاتدی در سلول دوم (آلومینیم با  $E^\circ$  مثبت‌تر) را محاسبه کرد.



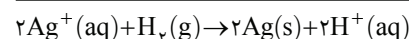
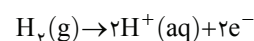
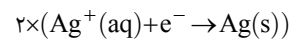
روش اول (کسر تبدیل):  $\frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Mg}} = 2/4 \text{ mol e}^-$  تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش (I)

$$2/4 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol e}^-} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 21/6 \text{ g Al}$$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{ضریب کاتیون} \times \text{بار کاتیون کاتد}} = \frac{\text{شمار مول‌های الکترون}}{\text{ضریب کاتیون} \times \text{بار کاتیون}} \Rightarrow \frac{x}{24 \times 1} = \frac{28/8}{2 \times 1} \Rightarrow x = 2/4 \text{ mol e}^-$

$$\frac{\text{جرم آلومینیم}}{\text{ضریب کاتیون} \times \text{بار کاتیون کاتد}} = \frac{\text{شمار مول‌های الکترون}}{\text{ضریب کاتیون} \times \text{بار کاتیون}} \Rightarrow \frac{x}{27 \times 1} = \frac{2/4}{3 \times 1} \Rightarrow x = 21/6 \text{ g Al}$$

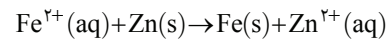
۴ ۲۰۷۴ B در سلول (SHE - Ag)، بر جرم فلز نقره افزوده شده است (کاتد): لذا برحسب میزان افزایش جرم نقره، می‌توان میزان گاز هیدروژن مصرف شده در این سلول را که در سلول (Cr - SHE) تولید شده، حساب کرد. بر اساس میزان هیدروژن تولیدی، تعداد الکترون‌های مبادله شده محاسبه می‌شود. در سلول (Cr - SHE)، کروم آند و SHE کاتد است. برای موازنه واکنش سلول (SHE - Ag) از نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش استفاده می‌کنیم:



هر مول  $\text{H}_2$ ، ۲ مول الکترون تولید می‌کند.  $\frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Ag}} = 0.15 \text{ mol H}_2$   $\text{H}_2$  مصرف شده (در سلول دوم)

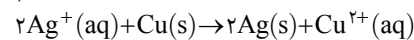
$$0.15 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} = 1.806 \times 10^{23} \text{ e}^-$$

۲ ۲۰۷۵ B در سلول گالوانی (روی - آهن) با توجه به کوچک‌تر بودن  $E^\circ$  روی نسبت به آهن، روی نقش آند و آهن نقش کاتد را دارد. پس واکنش این سلول به صورت روبرو است:



$$\bar{R}(\text{Zn}) = \frac{0.6}{15 \text{ (زمان بر حسب دقیقه)}} = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۴ ۲۰۷۶ B مس با داشتن  $E^\circ$  کمتر نقش آند و نقره نقش کاتد را دارد. به منظور موازنه واکنش، ابتدا برای موازنه بار، برای  $\text{Ag}^+$  ضریب (۲) و برای موازنه جرم، برای  $\text{Ag}$  نیز ضریب (۲) را در نظر می‌گیریم:



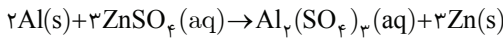
ابتدا جرم مس مصرفی و نقره تولید شده را برحسب مول و سپس مول الکترون‌های مبادله شده را حساب می‌کنیم؛ با فرض برابر بودن جرم تیغه‌ها قبل از واکنش و تفاضل جرم تیغه‌ها بعد از واکنش می‌توان مول الکترون‌های مبادله شده را به دست آورد. حال جرم مس مصرف شده و نقره تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$x \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 32x \text{ g Cu} \quad x \text{ mol e}^- \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 108x \text{ g Ag}$$

اکنون اگر فرض کنیم که جرم هر تیغه قبل از واکنش  $y$  گرم است داریم:  $y - 32x =$  جرم تیغه مس بعد از واکنش،  $y + 108x =$  جرم تیغه نقره بعد از واکنش  $(y + 108x) - (y - 32x) = 4/2 \Rightarrow x = 0.03 \text{ mol e}^-$  اختلاف جرم تیغه‌ها بعد از واکنش

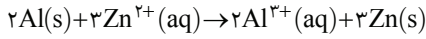


**B ۲۰۷۷ ۱** با توجه به این که واکنش Zn با  $X^{3+}$  انجام نمی‌شود می‌توان نتیجه گرفت که قدرت کاهندگی (الکترون دهی) Zn کمتر از X است. بنابراین در سری الکتروشیمیایی X پایین‌تر از Zn قرار دارد. X می‌تواند Al باشد و نمی‌تواند طلا باشد زیرا طلا بالاتر از Zn است. حال معادله واکنش فلز X (که همان Al است) را با محلول روی سولفات ( $ZnSO_4$ ) می‌نویسیم:



بنابراین مجموع ضرایب در معادله موازنه شده Al با  $ZnSO_4$  برابر ۹ است.

**\* توجه** اگر در این واکنش یون ناظر یا تماشاگر ( $SO_4^{2-}$ ) را حذف کنیم به واکنش زیر می‌رسیم که در واقع عکس (برگشت) واکنش مطرح شده در صورت سؤال است. می‌دانیم اگر واکنشی در جهت رفت انجام‌پذیر نباشد در جهت برگشت انجام‌پذیر است:

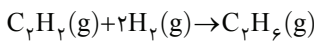


در ادامه برای محاسبه غلظت محلول  $Al_2(SO_4)_3$  کافی است شمار مول‌های یون  $X^{3+}$  ( $Al^{3+}$ ) را به دست آوریم و سپس تقسیم بر حجم محلول کنیم تا غلظت آن به دست آید:

$$? \text{ mol } Al_2(SO_4)_3 = \underbrace{500 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.6 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol } Al_2(SO_4)_3}{3 \text{ mol } ZnSO_4}}_{\text{mol } ZnSO_4(aq)} = 0.1 \text{ mol}$$

$$Al_2(SO_4)_3 \text{ غلظت} = \frac{\text{مول } Al_2(SO_4)_3}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow [Al_2(SO_4)_3] = \frac{0.1}{0.5} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

**C ۲۰۷۸ ۱ قسمت اول:** معادله موازنه شده واکنش تبدیل اتین ( $C_2H_2$ ) به اتان ( $C_2H_6$ ) به صورت مقابل است:



از آنجا که همه  $H_2$  تولیدی در واکنش آلیاز با محلول هیدروکلریک اسید در واکنش بالا مصرف می‌شود، بنابراین از مقدار مول اتین مصرفی، می‌توان به حجم گاز  $H_2$  تولید شده پی برد:

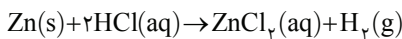
$$? \text{ L } H_2 = 0.1 \text{ mol } C_2H_2 \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } C_2H_2} \times \frac{22.4 \text{ L } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 4.48 \text{ L } H_2$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{حجم } H_2 \text{ مصرفی}}{\text{ضریب}} = \frac{x}{2 \times 22.4 / 4} \Rightarrow \frac{0.1}{1} = \frac{x}{2 \times 22.4 / 4} \Rightarrow x = 4.48 \text{ L } H_2$$

**روش دوم (تناسب):**

**قسمت دوم:** مس (Cu) به دلیل واکنش‌پذیری اندک یا به عبارتی  $E^\circ$  مثبت با محلول هیدروکلریک اسید واکنش نمی‌دهد. این در حالی است که روی (Zn) با محلول هیدروکلریک اسید به صورت مقابل وارد واکنش می‌شود:



به این ترتیب، از حجم  $H_2$  تولیدی در قسمت قبل استفاده می‌کنیم:

$$? \text{ g } Zn = 4.48 \text{ L } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{22.4 \text{ L } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } Zn}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{65 \text{ g } Zn}{1 \text{ mol } Zn} = 13 \text{ g } Zn$$

**روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا جرم Zn موجود در آلیاز را محاسبه می‌کنیم:

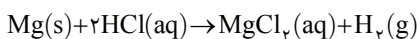
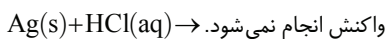
$$\% \text{ Cu} = \frac{\text{جرم Cu}}{\text{جرم آلیاز}} \times 100 = \frac{27}{40} \times 100 = 67.5\%$$

$$\frac{\text{جرم آلیاز} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی روی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } H_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{40 \times \frac{P}{100}}{1 \times 65} = \frac{4.48}{1 \times 22.4 / 4} \Rightarrow P = 32.5\%$$

**روش دوم (تناسب):** درصد جرمی روی موجود در آلیاز را P در نظر می‌گیریم:

بنابراین درصد جرمی مس در این آلیاز برابر  $100 - (32.5/5) \times 67.5 = 32.5\%$  است.

**C ۲۰۷۹ ۳** نقره برخلاف منیزیم، در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار دارد و نمی‌تواند با HCl واکنش دهد؛ بنابراین کاهش غلظت محلول هیدروکلریک اسید، تنها به دلیل واکنش فلز منیزیم با HCl است.



در اثر این واکنش، غلظت محلول اسید، به اندازه  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  کاهش می‌یابد.

حال جرم منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } Mg = 200 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{0.5 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} = 1.2 \text{ g Mg}$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{غلظت اسید} \times \text{لیتر اسید}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0.5 \times 0.2}{2} = \frac{x}{24 \times 1} \Rightarrow x = 1.2 \text{ g Mg}$$

**روش دوم (تناسب):**

اکنون درصد جرمی نقره و مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم نقره} = \text{جرم منیزیم} - \text{جرم مخلوط} = 1.0 - 1.2 = 8/10 \text{ g}$$

$$\% \text{ نقره} = \frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{8/10}{1.0} \times 100 = 88\%$$

$$\text{مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه} = 1.2 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} = 0.05 \text{ mol Mg}$$

C ۲۰۸۰ ۴ با توجه به  $E^\circ$  سلول‌های داده شده، مس آند و نقره کاتد است؛ بنابراین واکنش انجام شده به صورت  $\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}$  است. در سلول‌های گالوانی، با گذشت زمان از جرم تیغه آندی کاسته می‌شود و بر جرم تیغه کاتدی افزوده می‌شود؛ بنابراین می‌توان این‌گونه تصور کرد که در این سلول، ابتدا جرم آند کم می‌شود و با جرم کاتد برابر می‌شود. در ادامه با کاهش جرم بیشتر آند و افزایش جرم کاتد، جرم کاتد از آند پیشی می‌گیرد، به طوری که پس از ۱۵۰ ثانیه جرم کاتد ۵۶ گرم از آند بیشتر است. در نهایت می‌توان گفت که مجموع تغییرات جرم آند و کاتد از ابتدا تا ثانیه ۱۵۰ برابر  $70\text{g}$  ( $14 + 56$ ) بوده و برابر با جرم رسوب نقره تولید شده به علاوه جرم فلز مس مصرف شده است. اکنون از جرم  $\text{Cu}$  مصرفی ( $\Delta m_{\text{Cu}}$ )، جرم  $\text{Ag}$  تولیدی ( $\Delta m_{\text{Ag}}$ ) را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): 
$$\Delta m_{\text{Cu}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol Cu}} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = \Delta m_{\text{Ag}} \Rightarrow \Delta m_{\text{Ag}} = \frac{27}{8} \Delta m_{\text{Cu}}$$

روش دوم (تناسب): 
$$\frac{\text{تغییر جرم Cu}}{\text{جرم مولی Cu}} = \frac{\text{تغییر جرم Ag}}{\text{جرم مولی Ag}} \Rightarrow \frac{\Delta m_{\text{Cu}}}{1 \times 64} = \frac{\Delta m_{\text{Ag}}}{2 \times 108} \Rightarrow \Delta m_{\text{Ag}} = \frac{27}{8} \Delta m_{\text{Cu}}$$

مجموع تغییرات جرم دو تیغه، یعنی  $\Delta m_{\text{Ag}}$  و  $\Delta m_{\text{Cu}}$  برابر ۷۰ گرم است؛ پس  $\Delta m_{\text{Cu}}$  برابر است با: 
$$\begin{cases} \Delta m_{\text{Cu}} + \Delta m_{\text{Ag}} = 70 \\ \Delta m_{\text{Ag}} = \frac{27}{8} \Delta m_{\text{Cu}} \end{cases} \Rightarrow \Delta m_{\text{Cu}} = 16 \text{ g}$$

در نهایت می‌توان سرعت متوسط تولید یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  را محاسبه کرد: 
$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)} \quad \Delta t = 150 \text{ s} = \frac{150}{60} \text{ min} = 2.5 \text{ min}$$

$$\bar{R}(\text{Cu}^{2+}) = \frac{\Delta n(\text{Cu}^{2+})}{\Delta t} = \frac{0.25}{2.5} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$
 
$$? \text{ mol Cu}^{2+}(\text{مصرفی}) = 16 \text{ g Cu} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ mol Cu}} = 0.25 \text{ mol Cu}^{2+}$$

C ۲۰۸۱ ۳ معادله واکنش کلی انجام شده به صورت مقابل است:

تفاوت جرم دو تیغه با جرم‌های یکسان، برابر با مجموع جرم منیزیم مصرف شده ( $m_{\text{Mg}}$ ) و جرم نقره تولید شده ( $m_{\text{Ag}}$ ) است: 
$$\Delta m = m_{\text{Mg}} + m_{\text{Ag}} = 12 \text{ (I)}$$

در ادامه از جرم  $\text{Ag}$  تولید شده به جرم  $\text{Mg}$  مصرف شده می‌رسیم: 
$$m_{\text{Ag}}(\text{g Ag}) \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{2 \text{ mol Ag}} \times \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} = m_{\text{Mg}} \Rightarrow m_{\text{Ag}} = 9 m_{\text{Mg}} \text{ (II)}$$

با توجه به معادله‌های (I) و (II) داریم: 
$$\begin{cases} m_{\text{Mg}} + m_{\text{Ag}} = 12 \\ m_{\text{Ag}} = 9 m_{\text{Mg}} \end{cases} \Rightarrow m_{\text{Mg}} = 1/2 \text{ g}, m_{\text{Ag}} = 10/8 \text{ g}$$

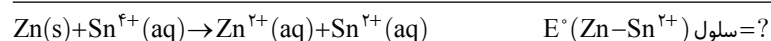
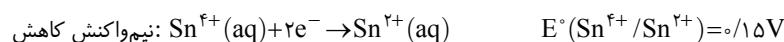
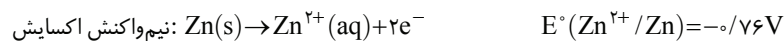
قسمت اول: ابتدا از جرم  $\text{Ag}$  تولیدی، مقدار بادی که در مدت ۴۰ ثانیه مبادله شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? C = 10/8 \text{ g Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Ag}} \times \frac{96485 \text{ C}}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{60} = 9632 \text{ C}$$

سپس سرعت جابه‌جایی بار الکتریکی را به دست می‌آوریم: 
$$\bar{R}(\text{e}^-) = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{9632 \text{ C}}{40 \text{ s}} = 240.8 \text{ C} \cdot \text{min}^{-1}$$

قسمت دوم: درصدی از جرم آند (تیغه منیزیمی) که مصرف می‌شود برابر است با: 
$$\text{درصد کاهش جرم} = \frac{\text{جرم Mg مصرف شده}}{\text{جرم اولیه تیغه Mg}} \times 100 = \frac{1/2}{10} \times 100 = 5\%$$

A ۲۰۸۲ ۱ روی،  $E^\circ$  کوچک‌تری دارد، پس کاهنده قوی‌تری بوده و آند است. قلع با  $E^\circ$  بیشتر، کاتد است:



$$E^\circ(\text{Zn}-\text{Sn}^{2+}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 0.15 - (-0.76) = 0.91 \text{ V}$$

A ۲۰۸۳ ۳ با توجه به واکنش،  $\text{Ag}$  نقش کاتد را دارد، زیرا کاهش یافته است. طبق رابطه  $E^\circ$  سلول، پتانسیل استاندارد فلز A را محاسبه می‌کنیم:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow 1.98 = 0.8 - E^\circ_A \Rightarrow E^\circ_A = -1.18 \text{ V}$$

پس فلز مورد نظر طبق جدول، منگنز ( $\text{Mn}$ ) است.

A ۲۰۸۴ ۳ ولت‌سنج قرار گرفته در سلول گالوانی، پتانسیل سلول (اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند) را نشان می‌دهد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): جهت حرکت

الکترون‌ها در مدار بیرونی سلول گالوانی از آند به سمت کاتد است؛ در حالی که جهت حرکت آنیون‌ها در محلول از کاتد به سمت آند است. گزینه (۲): اگر قطب منفی

سلول گالوانی (آند) به قطب منفی ولت‌سنج و قطب مثبت سلول گالوانی (کاتد) به قطب مثبت ولت‌سنج متصل شود، عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد مثبت خواهد بود.

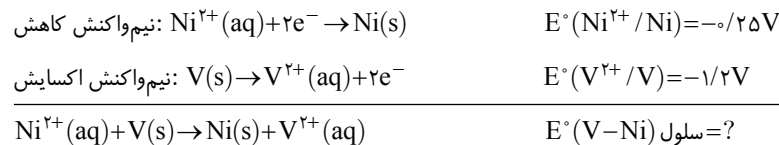
گزینه (۴): در یک سلول گالوانی، الکترونی نقش آند را دارد (اکسایش می‌یابد) که الکترون‌ده‌تر باشد، لذا باید کاهنده قوی‌تری باشد.



**نکته ترکیبی**

ولت‌سنج در سلول گالوانی: در یک سلول گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت سلول است؛ بنابراین با قرار دادن ولت‌سنج میان دو قطب این سلول باید توجه کنیم که قطب منفی ولت‌سنج را به آند و قطب مثبت آن را به کاتد متصل کنیم. اگر فرایند نصب ولت‌سنج به درستی انجام شده باشد، دستگاه عددی مثبت را نمایش می‌دهد که مقدار آن با مقدار emf سلول که برابر تفاوت  $E^\circ$  (کاتد) و  $E^\circ$  (آند) است مساوی می‌باشد. حال اگر قطب‌های مثبت و منفی ولت‌سنج به صورت جابه‌جا به سلول گالوانی اتصال یابند، علامت جبری عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد قرینه مقدار واقعی emf سلول خواهد بود. یکی از روش‌های تشخیص قطب‌های یک سلول گالوانی، استفاده از ولت‌سنج است.

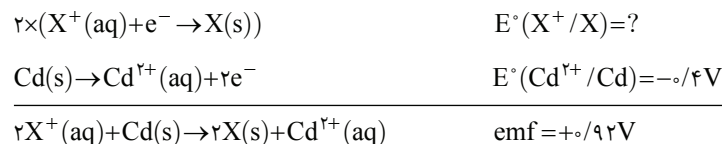
در سلول (وانادیم - نیکل)، وانادیم با داشتن  $E^\circ$  منفی‌تر، آند و نیکل، کاتد است. بنابراین وانادیم قطب منفی و نیکل قطب مثبت است که در شکل به قطب‌های ناهم‌نام ولت‌سنج متصل شده‌اند، پس عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد قرینه  $E^\circ$  سلول است.



$$E^\circ(\text{V}-\text{Ni}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = -0.25 - (-1.2) = +0.95\text{V}$$

ولت‌سنج  $-0.95\text{V}$  را نشان می‌دهد که بیانگر این موضوع است که قطب‌های ناهم‌نام سلول گالوانی و ولت‌سنج به هم متصل شده‌اند.

در شکل داده شده ولت‌سنج عددی منفی را نشان می‌دهد، بنابراین قطب‌های ولت‌سنج به قطب‌های ناهم‌نام سلول متصل شده است. بنابراین نیم‌سلول (X) قطب مثبت (کاتد) و نیم‌سلول کادمیم قطب منفی (آند) است. ضرب واکنش در یک ضریب تأثیری بر پتانسیل استاندارد کاهشی ندارد.



$$\text{emf} = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow E^\circ(\text{X}^+/\text{X}) = 0.92 + (-0.4) = 0.52\text{V}$$

به منظور یافتن کمترین و بیشترین emf، باید گزینه‌ها را بررسی کنیم. باید توجه داشت که نیم‌سلول با  $E^\circ$  کمتر، آند و نیم‌سلول با  $E^\circ$  بزرگ‌تر، کاتد است و emf سلول برابر  $(E^\circ(\text{آند}) - E^\circ(\text{کاتد}))$  است. با توجه به جدول زیر، سلول (Al - Pb) دارای بیشترین emf و سلول (Mn - Cr) دارای کمترین emf است:

سلول	Al-Pb	Al-Mn	Mn-Pb	Cr-Pb	Mn-Cr	Al-Cr
emf	+۱/۵۳V	+۰/۴۸V	+۱/۰۵V	+۰/۶۱V	+۰/۴۴V	+۰/۹۲V

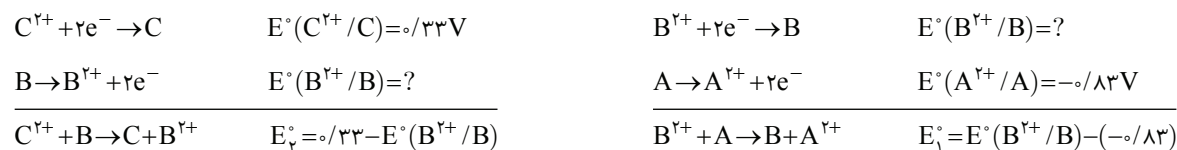
در واکنش (I) سدیم، اکسید شده (آند) و  $\text{Co}^{2+}$  کاهش یافته (کاتد) است. در واکنش (II) کبالت اکسایش (آند) و  $\text{Fe}^{3+}$  کاهش (کاتد) می‌یابد و همچنین در واکنش (III) سدیم، آند و آهن، کاتد است. بنابراین:

$$E^\circ(\text{I}) = E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) - E^\circ(\text{Na}^+/\text{Na}) \xrightarrow{E^\circ(\text{I}) = +2/43\text{V}} E^\circ(\text{Na}^+/\text{Na}) = E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) - 2/43$$

$$E^\circ(\text{II}) = E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) - E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) \xrightarrow{E^\circ(\text{II}) = +0/24\text{V}} E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = 0/24 + E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co})$$

با جای‌گذاری  $E^\circ$  سدیم و آهن در رابطه روبه‌رو،  $E^\circ$  واکنش (III) به دست می‌آید:

**واکنش اول: ۱ ۲۰۸۹ B**



پتانسیل سلول‌های الکتروشیمیایی اول و دوم با هم برابر است:

$$E^\circ = E^\circ_1$$

$$E^\circ(\text{B}^{2+}/\text{B}) = -0/25\text{V}$$

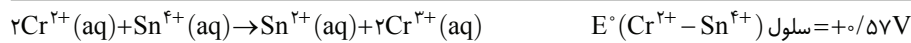
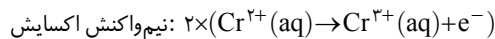
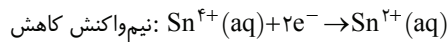
$$E^\circ(\text{B}-\text{Ag}) = E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) - E^\circ(\text{B}^{2+}/\text{B}) = 0/8 - (-0/25)$$

بنابراین می‌توان  $E^\circ$  مربوط به B را محاسبه کرد:

در سلول (B - Ag)، B آند و Ag کاتد است:

$$E^\circ(\text{B}-\text{Ag}) = 1/05\text{V}$$

در این واکنش، نیم واکنش کاهش مربوط به  $\text{Sn}^{4+}$  و نیم واکنش اکسایش مربوط به  $\text{Cr}^{2+}$  است. B ۲۰۹۰ ۲



مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های شرکت کننده در واکنش برابر با ۶ است. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** نیم سلول کروم، آند و نیم سلول قلع، کاتد است. بنابراین:

$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow 0.15 - (-0.42) = +0.57\text{V}$

**گزینه (۳):** یون‌های  $\text{Cr}^{2+}$  اکسید شده و کاهش یافته و اکسند است. **گزینه (۴):** پتانسیل استاندارد کاهش  $(\text{Cr}^{3+})$  منفی و کمتر

از پتانسیل استاندارد کاهش  $\text{H}^+$  (که صفر است) می‌باشد. بنابراین قدرت الکترون‌گیری  $\text{Cr}^{3+}$  کمتر از  $\text{H}^+$  است، پس قدرت اکسندگی  $\text{H}^+$  بیشتر است.

با توجه به پیشرفت واکنش (الف) به‌طور طبیعی قطعاً  $E^\circ(\text{A}^{2+}/\text{A}) > E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$  عددی کمتر از  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$  است و جایگاه الکتروود  $(\text{A}^{2+}/\text{A})$  در سری B ۲۰۹۱ ۲

الکتروشیمیایی از الکتروود  $(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$  پایین‌تر است (زیرا: عددی مثبت  $= E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) - E^\circ(\text{A}^{2+}/\text{A})$ )، پس دو گزینه (۱) و (۳) تا این جای کار حذف می‌شوند.

حال چون واکنش (ب) نیز در جهت طبیعی پیشرفت می‌کند، این بار جایگاه الکتروود  $(\text{B}^{2+}/\text{B})$  در سری الکتروشیمیایی از الکتروود  $(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$  بالاتر است، بنابراین  $E^\circ$  آن

نیز بیشتر است (زیرا: عددی مثبت  $= E^\circ(\text{B}^{2+}/\text{B}) - E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$ ) که در گزینه (۲) پتانسیل الکتروود  $(\text{B}^{2+}/\text{B})$  از پتانسیل الکتروود  $(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$  بیشتر است.

نیم واکنش کاهش	$E^\circ(\text{V})$
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}(\text{s})$	+0.85
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{M}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{M}(\text{s})$	بین -0.14 و -1.18 ولت قرار دارد
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-1.18
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.38

ابتدا هر واکنش را بررسی می‌کنیم: **واکنش اول:**  $\text{M}$  در سری B ۲۰۹۲ ۳

الکتروشیمیایی پایین‌تر از  $\text{Hg}$  قرار دارد، پس:  $E^\circ(\text{M}^{2+}/\text{M}) < 0.85\text{V}$

**واکنش دوم:**  $\text{M}$  در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از  $\text{Sn}$  قرار دارد، پس:

$E^\circ(\text{M}^{2+}/\text{M}) < -0.14\text{V}$

**واکنش سوم:**  $\text{M}$  در سری الکتروشیمیایی بالاتر از  $\text{Mg}$  قرار دارد، پس:

$E^\circ(\text{M}^{2+}/\text{M}) > -2.38\text{V}$

**واکنش چهارم:**  $\text{M}$  در سری الکتروشیمیایی بالاتر از  $\text{Mn}$  قرار دارد، پس:

$E^\circ(\text{M}^{2+}/\text{M}) > -1.18\text{V}$

بنابراین ترتیب  $E^\circ$  فلزها به‌صورت بالا است. پس  $E^\circ$  نیم سلول فلز  $\text{M}$  می‌تواند

$-0.4\text{V}$  باشد.

**\* توجه:** برای حل این سؤال لزومی به بررسی تک‌تک واکنش‌ها نیست، فقط به واکنش دوم توجه کنید. در این واکنش  $\text{Sn}$  نتوانسته باعث کاهش یافتن  $\text{M}^{2+}$  شود:

بنابراین قدرت کاهش  $\text{M}$  بیشتر از  $\text{Sn}$  است و پتانسیل کاهش  $(\text{M}^{2+}(\text{aq})/\text{M}(\text{s}))$  منفی‌تر از پتانسیل کاهش  $(\text{Sn}^{2+}(\text{aq})/\text{Sn}(\text{s})) = -0.14\text{V}$  می‌باشد.

در بین گزینه‌ها فقط عدد  $-0.4$  منفی‌تر از  $-0.14$  است.

واکنشی که نیروی الکتروموتوری (emf) یا  $E^\circ$  بزرگ‌تر از صفر داشته باشد، در جهت طبیعی پیش می‌رود. محاسبه  $E^\circ$  واکنش‌ها: B ۲۰۹۳ ۱

**واکنش (الف):**  $\times$   $E^\circ(\text{واکنش}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) - E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = -0.44 - 0.34 = -0.78\text{V}$

**واکنش (ب):**  $\checkmark$   $E^\circ(\text{واکنش}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) - E^\circ(\text{V}^{2+}/\text{V}) = -0.44 - (-1.2) = +0.76\text{V}$

**واکنش (پ):**  $\checkmark$   $E^\circ(\text{واکنش}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^\circ(\text{V}^{2+}/\text{V}) = +0.34 - (-1.2) = +1.54\text{V}$

**واکنش (ت):**  $\checkmark$   $E^\circ(\text{واکنش}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = +0.34 - (-0.76) = +1.1\text{V}$

واکنش‌های (ب)، (پ) و (ت) در جهت طبیعی پیش می‌روند و  $E^\circ$  سلول در واکنش (پ) بزرگ‌تر از  $E^\circ$  سایر واکنش‌هاست.

در سلول‌های گالوانی، پتانسیل استاندارد کاهش ( $E^\circ$ ) کاتد بیشتر از آند است. با توجه به اطلاعات سؤال خواهیم داشت: B ۲۰۹۴ ۲

$(\text{A}-\text{D})$  سلول  $\Rightarrow$  آند  $\text{D}$  کاتد  $\text{A} \Rightarrow E^\circ_{\text{A}} > E^\circ_{\text{D}}$   $(\text{D}-\text{M})$  سلول  $\Rightarrow$  آند  $\text{D}$  کاتد  $\text{M} \Rightarrow E^\circ_{\text{M}} > E^\circ_{\text{D}}$

$(\text{A}-\text{M})$  سلول  $\Rightarrow$  آند  $\text{A}$  کاتد  $\text{M} \Rightarrow E^\circ_{\text{M}} > E^\circ_{\text{A}}$   $\Rightarrow E^\circ_{\text{M}} > E^\circ_{\text{A}} > E^\circ_{\text{D}}$

در سلول‌های گالوانی، هر چه  $E^\circ$  کاتد بیشتر و  $E^\circ$  آند کمتر باشد، نیروی الکتروموتوری (emf) آن سلول بیشتر خواهد بود. همچنین با توجه به این نکته که  $E^\circ_{\text{M}}$

از همه بیشتر و  $E^\circ_{\text{D}}$  از همه کمتر است؛ بنابراین emf سلول حاصل از دو الکتروود  $\text{M}$  و  $\text{D}$  از همه بیشتر خواهد بود.



**بخش اول:** با قرار دادن X در هر سه حالت، سه سلول گالوانی به صورت زیر خواهیم داشت: سلول گالوانی Fe - Cu B ۲۰۹۵ ۳



X=Zn سلول گالوانی Zn - Cu



X=Mg سلول گالوانی Mg - Cu



$$\frac{emf(max)}{emf(min)} = \frac{۲/۷۱}{0/۷۸} = ۳/۴۷$$

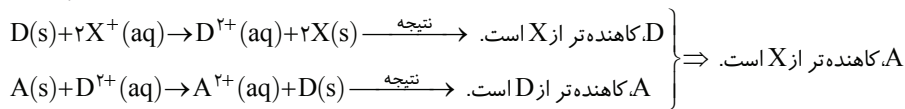
**بخش دوم:** چون شرایط برابر است، به ازای مصرف ۱ مول  $Cu^{2+}$  جرم X هم به اندازه ۱ مول کاهش می‌یابد که برای فلز روی بیشترین مقدار کاهش را خواهد داشت؛ چون بیشترین جرم مولی را دارد.

**بخش اول:** بررسی عبارت‌ها: عبارت اول، دوم و چهارم نادرست است. B ۲۰۹۶ ۳

بیشتری نسبت به D دارد؛ بنابراین  $E^{\circ}(A^{2+}(aq)/A(s))$  کوچک‌تر از  $E^{\circ}(D^{2+}(aq)/D(s))$  است و در سری الکتروشیمیایی A پایین‌تر از D قرار دارد.

**عبارت دوم:** با توجه به اینکه این واکنش در جهت طبیعی پیش می‌رود، پس می‌توان آن را در سلول گالوانی انجام داد. در این واکنش گونه  $D^{2+}$  به D کاهش یافته است، پس

الکتروود  $D^{2+}(aq)/D(s)$ ، کاتد سلول گالوانی بوده و قطب مثبت آن است. **عبارت سوم:** با توجه به اینکه دو واکنش داده شده در جهت طبیعی پیش می‌روند، خواهیم داشت:

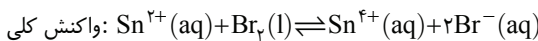
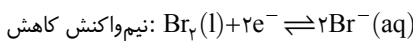
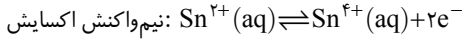


با توجه به اینکه A کاهنده قوی‌تری نسبت به X است، پس واکنش  $A + X^{+} \rightarrow \dots$  در جهت طبیعی پیش می‌رود. **عبارت چهارم:** با توجه به مشخص نبودن قدرت

کاهندگی Y نسبت به A و D، نمی‌توان این عبارت را کاملاً درست در نظر گرفت؛ زیرا اگر  $E^{\circ}$  گونه Y بزرگ‌تر از A و D باشد، عبارت نادرست خواهد بود.

**بخش اول:**  $E^{\circ}(Sn^{4+}/Sn^{2+})$  کمتر از  $E^{\circ}(Br_2/Br^{-})$  است، بنابراین تمایل  $Sn^{4+}$  به کاهش یافتن (قدرت اکسندگی) کمتر از برم است. بررسی سایر گزینه‌ها: B ۲۰۹۷ ۴

**گزینه (۱):**  $E^{\circ}$  قلع کمتر بوده و نقش آند و برم نقش کاتد را دارد، بنابراین:

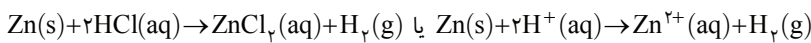


**گزینه (۲):** با استفاده از رابطه  $(emf = E^{\circ}(کاتد) - E^{\circ}(آند))$ ،  $emf$  سلول برابر  $0/۹۲V$  به دست می‌آید. **گزینه (۳):**  $E^{\circ}$  هر دو (قلع و برم) عددی مثبت است،

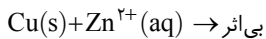
بنابراین هر دو در سلول‌های  $(SHE - Sn^{4+})$  و  $(SHE - Br_2)$  نقش کاتد را دارند و نیم‌سلول SHE نقش آند را داراست.

**بخش اول:** فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** برای نگهداری یک محلول در یک ظرف لازم است که واکنشی بین محلول و ظرف انجام B ۲۰۹۸ ۳

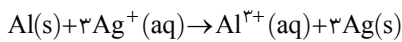
نشود، اما روی و هیدروکلریک اسید با هم واکنش می‌دهند.



**عبارت (ب):** مس با محلول روی سولفات واکنش نمی‌دهد.



**عبارت (پ):** آلومینیم با محلول نقره نیترات واکنش می‌دهد.



**عبارت (ت):**  $emf$  سلول گالوانی عددی مثبت است. در سلول گالوانی منیزیم و آهن، فلز آهن کاتد و فلز منیزیم آند است و  $emf$  سلول برابر  $1/۹۳V$  است.

$$E^{\circ}(سلول) = E^{\circ}(Fe^{2+}/Fe) - E^{\circ}(Mg^{2+}/Mg) = -0/۴۴ - (-۲/۳۷) = +1/۹۳V$$

**\* توجه:** در صورتی که بخواهیم محلول نمک یک فلز را در ظرفی از جنس فلزی دیگر نگهداری کنیم، نباید بین نمک و فلز ظرف واکنشی برقرار شود؛ چرا که اگر بین

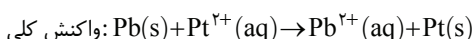
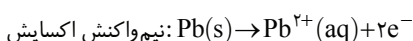
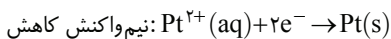
آن‌ها واکنش انجام شود، یک سلول گالوانی تشکیل شده و اتم‌های فلز ظرف به صورت یون وارد محلول شده و ظرف دچار آسیب می‌شود. لذا برای اینکه این واکنش

انجام نشود، باید قدرت اکسندگی (الکترون‌گیری) کاتیون نمک کمتر از قدرت اکسندگی (الکترون‌گیری) کاتیون فلز ظرف باشد یا به عبارتی باید فلز نمک  $E^{\circ}$  کمتری

از فلز ظرف داشته باشد. (فلز نمک در جدول سری پتانسیل‌های استاندارد کاهشی پایین‌تر از فلز ظرف قرار داشته باشد.)

**بخش اول:** عبارت‌های دوم و چهارم درست هستند. در این سلول، پلاتین که  $E^{\circ}$  بزرگ‌تری دارد، نقش کاتد و سرب که  $E^{\circ}$  کوچک‌تری دارد، نقش آند دارد. C ۲۰۹۹ ۱

نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در این سلول به صورت زیر است:





$$E^{\circ}(\text{سلول}) = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) = +1/2 - (-0/13) = 1/33V$$

بررسی عبارت ها: عبارت اول: (سلول)  $E^{\circ}$  برابر است با:

همان طور که در بالا مشاهده می کنید، در نیم واکنش اکسایش، سرب با از دست دادن الکترون اکسایش یافته و نقش کاهنده را دارد. عبارت دوم: هر چه  $E^{\circ}$  یک نیم سلول بیشتر باشد، گونه سمت چپ آن تمایل بیشتری به دریافت الکترون و کاهش یافتن دارد و قدرت اکسندگی آن بیشتر است. در این سلول گالوانی، نیم سلول پلاتین نسبت به سرب،  $E^{\circ}$  بزرگ تری دارد و قدرت اکسندگی کاتیون  $Pt^{2+}$  بیشتر می باشد. در نیم سلول آندی، نیم واکنش اکسایش رخ می دهد و اتم های فلز الکترون های خود را روی تیغه قرار می دهند و به صورت کاتیون وارد محلول می شوند. عبارت سوم: با انجام واکنش، در بخش آندی نیم واکنش  $Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^{-}$  انجام می شود و غلظت کاتیون افزایش می یابد. عبارت چهارم: با توجه به نیم واکنش های اکسایش و کاهش، با فرض پیشرفت ۱۰۰ درصدی واکنش، ۲ مول الکترون معادل  $12/04 \times 10^{23}$  عدد الکترون میان دو الکترومد مبادله می شود. اگر بازده واکنش ۲۵٪ باشد،  $\frac{1}{4}$  این مقدار یعنی  $3/01 \times 10^{23}$  الکترون میان دو

الکترومد مبادله می شود. عبارت پنجم: در سلول گالوانی، الکترون ها از طریق مدار بیرونی (سیم مسی) از قطب منفی (آند) به سمت قطب مثبت (کاتد) جابه جا می شوند. فقط عبارت (پ) درست است. با توجه به اینکه ولت سنج عددی منفی را نشان می دهد، اتصال ولت سنج درست نبوده است و الکترومد M باید به قطب منفی ولت سنج متصل شود؛ یعنی الکترومد M آند و الکترومد N کاتد است. از این مطلب می توان نتیجه گرفت که مقدار  $E^{\circ}$  فلز M کوچک تر از فلز N بوده و در سری الکتروشیمیایی پایین تر از فلز N قرار می گیرد. با توجه به اینکه واکنش  $A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$  دارای emf مثبت است، می توان نتیجه گرفت این واکنش انجام پذیر بوده و قدرت کاهندگی فلز A بیشتر از فلز B است. به عبارت دیگر  $E^{\circ}$  فلز A کوچک تر از فلز B بوده و در سری الکتروشیمیایی، پایین تر از فلز B نوشته می شود. با توجه به مطالب بالا، ترتیب قرارگیری این ۴ فلز در سری الکتروشیمیایی، از بالا به پایین، به ترتیب به صورت N، M، B و A است. بررسی عبارت های نادرست: عبارت (الف): از آنجایی که  $E^{\circ}$  فلز M منفی است و فلز B در سری الکتروشیمیایی، پایین تر از فلز M قرار دارد، می توان نتیجه گرفت  $E^{\circ}$  فلز B نیز عددی منفی است و می تواند با محلول اسیدها واکنش دهد. چون قدرت کاهندگی فلز A بیشتر از فلز B است، می توان گفت، فلز A نیز قطعاً با محلول اسیدها واکنش می دهد. عبارت (ب): با توجه به اینکه emf سلول گالوانی  $M - N$  برابر با  $1/8$  ولت بوده و الکترومد N کاتد است، داریم:

$$emf = E^{\circ}(N^{2+}/N) - E^{\circ}(M^{2+}/M) \Rightarrow 1/8 = E^{\circ}(N^{2+}/N) - (-0/6) \Rightarrow E^{\circ}(N^{2+}/N) = 1/2V$$

عبارت (ت): با توجه به جایگاه این چهار فلز در سری الکتروشیمیایی، مقایسه قدرت اکسندگی کاتیون این فلزات به صورت  $N^{2+} > M^{2+} > B^{2+} > A^{2+}$  است.

موارد اول و دوم، عبارت داده شده را به درستی تکمیل نمی کنند. با توجه به کاتیون های تولید یا مصرف شده در هر نیم سلول، شکل کلی معادله واکنش انجام شده در تمامی سلول های گالوانی به صورت مقابل است:



در واقع به ازای هر مول فلز کاتدی، ۲ مول الکترون در تمامی سلول ها مبادله می شود. بررسی موارد: مورد اول:

$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65 \text{ g Zn}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Zn}} = \frac{2}{65} \text{ mol } e^{-} \\ ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Ni} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{59 \text{ g Ni}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Ni}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{2}{65} < \frac{2}{59}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Co} \times \frac{1 \text{ mol Co}}{59 \text{ g Co}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Co}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \\ ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Ni} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{59 \text{ g Ni}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Ni}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{2}{59} > \frac{2}{59}$$

بنابراین در سلول گالوانی دوم تعداد الکترون بیشتری مبادله می شود. مورد دوم:

$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Co} \times \frac{1 \text{ mol Co}}{59 \text{ g Co}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Co}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \\ ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Ni} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{59 \text{ g Ni}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Ni}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{2}{59} > \frac{2}{59}$$

بنابراین در سلول دوم تعداد الکترون کمتری مبادله می شود. مورد سوم:

$$\left\{ \begin{array}{l} ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Co} \times \frac{1 \text{ mol Co}}{59 \text{ g Co}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Co}} = \frac{2}{59} \text{ mol } e^{-} \\ ? \text{ mol } e^{-} = 1 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol } e^{-}}{1 \text{ mol Fe}} = \frac{2}{56} \text{ mol } e^{-} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{2}{59} > \frac{2}{56}$$

در این مورد نیز در سلول اول تعداد الکترون بیشتری مبادله می شود. مورد چهارم:

بنابراین در سلول اول، تعداد الکترون های کمتری مبادله می شود.

\* توجه اگر دقت کرده باشید، در نهایت همه اعدادی که به دست آمده اند به صورت یک کسر با صورت «۲» و مخرج جرم مولی کاتد سلول مورد نظر هستند. بنابراین به ازای تشکیل یک گرم از فلز کاتدی که جرم مولی کمتری دارد، تعداد الکترون بیشتری مبادله می شود. در نتیجه بدون انجام محاسبات و صرفاً با دانستن این نکته می توانستید حدس بزنید که در مورد سوم جرم مولی  $Co < Ni$  است لذا تعداد الکترون بیشتری در سلول اول مبادله می شود و در مورد چهارم نیز جرم مولی  $Co < Fe$  است لذا در سلول اول تعداد الکترون کمتری مبادله می شود!

همه عبارت ها به جز عبارت (ب) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): در ابتدای کار غلظت کاتیون ها برابر یک مولار بوده و ولتاژ بیشترین مقدار را دارد. با کاهش کاتیون ها در کاتد  $(M^{n+} + ne^{-} \rightarrow M)$  و افزایش کاتیون ها در آند  $(M' \rightarrow M'^{n+} + ne^{-})$  پتانسیل سلول به صفر می رسد. عبارت (ب):

در سلول گالوانی، با کاهش کاتیون ها در الکترومد کاتدی، جرم الکترومد افزایش می یابد. مصرف شدن الکترومد آندی منجر به از کار افتادن سلول می شود. عبارت (پ): کاهش کاتیون ها در کاتد و افزایش کاتیون ها در آند باعث به صفر رسیدن  $E^{\circ}$  سلول و از کار افتادن آن می شود. عبارت (ت): با گذشت زمان غلظت الکترومد کاتدی و ولتاژ سلول کاهش می یابد. عبارت (ث): هر عاملی که باعث انجام شدن واکنش درون یک سلول گالوانی در جهت رفت شود، منجر به افزایش ولتاژ سلول گالوانی خواهد شد. به عنوان مثال می توان به افزایش غلظت الکترومد کاتدی و یا کاهش غلظت الکترومد آندی اشاره کرد.



۴ ۲۱۰۳ B تمام عبارتها به درستی جمله صورت سؤال را کامل می کنند. با توجه به رابطه  $(\text{آند}) - E^\circ - (\text{کاتد}) = E^\circ (\text{سلول})$  می توان نتیجه گرفت که هرچه

(کاتد)  $E^\circ$  مثبت تر و (آند)  $E^\circ$  منفی تر شود،  $E^\circ$  سلول گالوانی افزایش می یابد و برعکس، هرچه  $E^\circ$  کاتد کاهش یا  $E^\circ$  آند افزایش یابد،  $E^\circ$  سلول گالوانی کاهش می یابد.

**بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** کلسیم دارای  $E^\circ$  منفی تری نسبت به روی بوده، بنابراین  $E^\circ$  سلول افزایش می یابد.

**عبارت (ب):**  $E^\circ$  آهن کمتر از  $E^\circ$  مس در نقش کاتد است و با کاهش  $E^\circ$  کاتد،  $E^\circ$  سلول کاهش می یابد.

**عبارت (پ):**  $E^\circ$  کروم از  $E^\circ$  روی بیشتر (مثبت تر) است، با مثبت تر شدن  $E^\circ$  آند،  $E^\circ$  سلول کاهش می یابد.

**عبارت (ت):**  $E^\circ$  نقره از  $E^\circ$  مس در نقش کاتد بزرگ تر است، پس  $E^\circ$  سلول افزایش می یابد.

۱ ۲۱۰۴ B  $E^\circ$  نیکل منفی است، بنابراین نیکل آند و هیدروژن کاتد است. کمترین ولتاژ سلول گالوانی مربوط به حالتی است که کمترین غلظت کاتیون در الکترولیت کاتدی

برای کاهش یافتن و بیشترین غلظت کاتیون در الکترولیت آندی برای جلوگیری از اکسایش فلز آند دیده شود که این وضعیت مطابق با ردیف (۱) است. بیشترین ولتاژ سلول گالوانی نیز مربوط به حالتی است که کمترین غلظت کاتیون در الکترولیت آندی و بیشترین غلظت کاتیون در الکترولیت کاتدی باشد که این وضعیت مطابق با ردیف (۳) است.

۲ ۲۱۰۵ B در سلول گالوانی (مس - نقره)، مس با داشتن  $E^\circ$  منفی تر نقش آند و نقره نقش کاتد را دارد؛ با افزایش غلظت کاتیون های نقره (کاتیون الکترولیت کاتدی) نیروی

الکتروموتوری سلول افزایش می یابد. **بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱):** در سلول گالوانی (منیزیم - مس) چون  $E^\circ (\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) < E^\circ (\text{Cu}^{2+} / \text{Cu})$  است، منیزیم آند

بوده و با افزایش غلظت کاتیون های الکترولیت آندی ( $\text{Mg}^{2+}$ ) نیروی الکتروموتوری سلول کاهش می یابد. **گزینه (۳):**  $E^\circ$  منیزیم منفی است که نشان می دهد در سلول

( $\text{Mg} - \text{SHE}$ )، منیزیم آند و SHE کاتد است؛ لذا با افزایش غلظت کاتیون های الکترولیت کاتدی ( $\text{H}^+$ ) نیروی الکتروموتوری سلول افزایش می یابد. **گزینه (۴):** در

سلول ( $\text{Ni} - \text{Cu}$ )، مس دارای  $E^\circ$  مثبت تر بوده و کاتد است؛ لذا با افزایش غلظت کاتیون های الکترولیت کاتدی ( $\text{Cu}^{2+}$ ) نیروی الکتروموتوری سلول، افزایش می یابد.

۱ ۲۱۰۶ B فقط مورد سوم موجب کاهش emf سلول گالوانی (روی - نقره) می شود. در سلول گالوانی (روی - نقره)، روی با  $E^\circ$  منفی تر، آند و نقره کاتد است. هر

عاملی مانند کاهش غلظت  $\text{Ag}^+$ ، افزایش غلظت  $\text{Zn}^{2+}$  و مصرف شدن تیغه روی ( $\text{Zn}(\text{s})$ ) می تواند مانع پیشرفت واکنش در جهت رفت شده و موجب کاهش

emf سلول شود. **بررسی موارد: مورد اول:** با افزودن مقداری نقره نیترات به نیم سلول نقره، غلظت کاتیون های نقره افزایش و به دنبال آن emf سلول هم افزایش

می یابد. **مورد دوم:** افزودن آب به نیم سلول آند موجب کاهش غلظت یون روی و در نتیجه افزایش emf سلول می شود. **مورد سوم:** یون نقره با یون کلرید واکنش داده

و رسوب نقره کلرید ( $\text{AgCl}(\text{s})$ ) را تولید می کند؛ در نتیجه از غلظت یون های نقره کاسته شده و emf سلول کاهش می یابد. **مورد چهارم:** خارج کردن مقداری از

کاتیون های روی از محلول، موجب کاهش غلظت الکترولیت آندی شده و در نتیجه emf سلول افزایش می یابد. **مورد پنجم:** با قرار گرفتن دیواره متخلخل میان دو

نیم سلول و امکان مبادله یون های میان الکترولیت آند و کاتد، emf سلول افت نمی کند.

۳ ۲۱۰۷ C عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** در سلول گالوانی ( $\text{Ca} - \text{Al}$ )،  $E^\circ$  آلومینیم مثبت تر و کاتد است و

هر چه غلظت یون های  $\text{Al}^{3+}$  بیشتر باشد، پتانسیل سلول بیشتر می شود. **عبارت (ب):** در سلول گالوانی ( $\text{Cu} - \text{Ag}$ )، به دلیل اینکه  $E^\circ (\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) < E^\circ (\text{Ag}^+ / \text{Ag})$  است،

Cu نقش آند و Ag نقش کاتد را دارد. لذا کاهش غلظت کاتیون های مس باعث افزایش پیشرفت واکنش در جهت رفت و افزایش ولتاژ سلول می شود؛ اما در

سلول گالوانی ( $\text{Ni} - \text{Cu}$ )، به دلیل اینکه  $E^\circ (\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}) < E^\circ (\text{Cu}^{2+} / \text{Cu})$  است، Ni نقش آند و Cu نقش کاتد را دارد. بنابراین کاهش غلظت کاتیون های مس

باعث کاهش پیشرفت واکنش در جهت رفت و کاهش ولتاژ سلول می شود. **عبارت (پ):** در سلول گالوانی ( $\text{Zn} - \text{Ni}$ ) که  $E^\circ (\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) < E^\circ (\text{Ni}^{2+} / \text{Ni})$  است،

روی آند و نیکل کاتد است. لذا کاهش غلظت کاتیون های الکترولیت کاتدی ( $\text{Ni}^{2+}$ ) مانع پیشرفت واکنش در جهت رفت شده و پتانسیل سلول کاهش می یابد.

**عبارت (ت):** در سلول گالوانی دارای نیم سلول های Cu و A جهت حرکت آتیون ها (از کاتد به سمت آند) به سمت تیغه مس است، پس مس آند و A کاتد است

( $E^\circ (\text{A}^{n+} / \text{A}) > E^\circ (\text{Cu}^{2+} / \text{Cu})$ ). لذا افزودن نمک منیزیم نیترات به الکترولیت آندی تأثیری روی پتانسیل سلول ندارد.

۲ ۲۱۰۸ A درون همه سلول های گالوانی، از جمله باتری ها، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می شود و در مدار درونی یون ها هستند که وظیفه برقراری تعادل

الکتریکی را بر عهده دارند. سایر گزینه ها طبق متن کتاب درسی درست هستند.

۱ ۲۱۰۹ A موارد چهارم و پنجم درست هستند. در فناوری ساخت باتری ها، لیتیم نقش پررنگی دارد، زیرا لیتیم در میان فلزها کمترین چگالی و پتانسیل الکترودی استاندارد را دارد.

۱ ۲۱۱۰ B همه عبارتهای بیان شده درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** شکل داده شده، نوعی باتری لیتیمی قابل شارژ را نشان می دهد که در

تلفن های همراه استفاده می شود. **عبارت (ب):** افزایش تقاضا برای باتری های لیتیمی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند، به طوری که سالانه

از میلیاردها باتری لیتیمی درون دستگاه های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می شود. **عبارت (پ):** پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون،

سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند، زیرا محیط زیست را آلوده می کنند. **عبارت (ت):** برخی از پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی

از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

۱ ۲۱۱۱ A در باتری های (روی - نقره) واکنش  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{ZnO}(\text{s}) + 2\text{Ag}(\text{s})$  انجام می شود. در این واکنش روی نقش کاتد را داشته و نقره

اکسید اکسند است. در قطب آند اکسایش اتفاق می افتد، پس روی که اکسید می شود قطب آند باتری است.

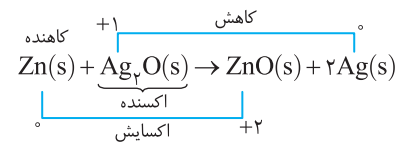
۳ ۲۱۱۲ C عبارتهای اول، دوم و پنجم درست هستند. معادله واکنش انجام شده در این باتری به صورت مقابل

است. همانطور که مشاهده می کنید، در این واکنش، عدد اکسایش اتم های Zn از (صفر) به (+۲) تغییر کرده

است، پس اتم های روی نقش کاتد دارند و تیغه روی، نیم سلول آند را تشکیل می دهد. از طرفی عدد اکسایش

یون های  $\text{Ag}^+$  از (+۱) به (صفر) تغییر می کند، پس یون های نقره (نه اتم های نقره!) نقش اکسند دارند و تیغه

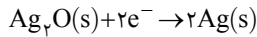
نقره، نیم سلول کاتد را تشکیل می دهد. با توجه به این توضیحات، به بررسی هر یک از عبارتهای می پردازیم:



$$E^{\circ} = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) = 0.8 - (-0.76) = 1.56 \text{ V}$$

عبارت اول:

**عبارت دوم:** باتوجه به توضیحات بالا، اتم‌های روی که عدد اکسایش آن‌ها طی فرایند افزایش یافته است، نقش کاهنده دارند. **عبارت سوم:** در این فرایند، یون‌های نقره ( $\text{Ag}^+$ ) کاهش یافته‌اند، پس این یون‌های نقره هستند که نقش اکسنده را دارند (نه اتم‌های نقره!) **عبارت چهارم:** باتری‌ها جزء سلول‌های گالوانی هستند. در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت سلول است. پس در این سلول، روی، آند (قطب منفی) و نقره، کاتد (قطب مثبت) را تشکیل می‌دهد. **عبارت پنجم:** با توجه به معادله نیم واکنش کاتدی که در زیر نوشته شده، به ازای جذب ۲ مول الکترون توسط یک مول  $\text{Ag}_2\text{O}$ ، ۲ مول فلز نقره تولید می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:



$$? \text{ mg Ag} = 3/0.1 \times 10^2 \text{ e}^- \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} \times \frac{10^3 \text{ mg Ag}}{1 \text{ g Ag}} = 54 \text{ mg Ag}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم نقره تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/0.1 \times 10^2}{2 \times 6.02 \times 10^{23}} = \frac{x \text{ Ag}}{2 \times 108} \Rightarrow x = 0.054 \text{ g Ag} = 54 \text{ mg Ag}$$

روش دوم (تناسب):

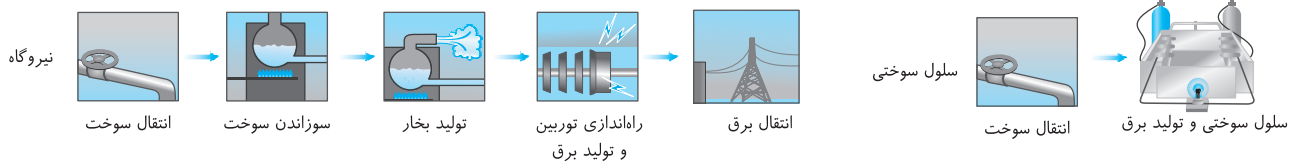
**A ۲۱۱۳ ۳** همه موارد به‌جز مورد دوم، از دلایل بازدهی پایین نیروگاه‌ها هستند. تبدیل انرژی سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی به دلیل چندمرحله‌ای بودن تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی، هدر رفتن انرژی شیمیایی به‌صورت گرما و انتقال آن به محیط و هزینه زیاد ساخت نیروگاه تولید برق، بازده کمی دارد. **عبارت دوم:** از دلایل بازده پایین تبدیل انرژی سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی نیست، زیرا به‌عنوان مثال، واکنش سوختن کامل متان بازده پایینی ندارد.

**A ۲۱۱۴ ۲** در روش (۲) از آنجا که هم تعداد مراحل کمتر است و هم جریان برق به‌صورت مستقیم از اکسایش سوخت تولید می‌شود، به همین دلیل اتلاف انرژی به‌صورت گرما در آن کمتر است و با بازدهی بیشتری الکتریسیته تولید می‌شود.

**A ۲۱۱۵ ۳** دلایل استفاده از منابعی غیر از سوخت‌های فسیلی در عبارت‌های اول، دوم و سوم به‌درستی بیان شده است. گرمای حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی صرف تبخیر آب شده و یا وارد محیط می‌شود و آسیب جدی به تجهیزات نیروگاه‌ها وارد نمی‌کند.

**A ۲۱۱۶ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در سلول‌های سوختی اتلاف انرژی به شکل گرما بسیار کمتر از نیروگاه‌هاست. عبارت (ب): در سلول‌های سوختی، انرژی شیمیایی به‌صورت مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود، اما در نیروگاه‌ها طی چند مرحله این تبدیل انرژی صورت می‌گیرد. عبارت (پ): به دلیل اتلاف کمتر انرژی در سلول‌های سوختی، بازده و کارایی آن‌ها بیشتر از نیروگاه‌هاست. عبارت (ت): هزینه و تجهیزات لازم برای راه‌اندازی سلول‌های سوختی کمتر از نیروگاه‌هاست.

**B ۲۱۱۷ ۳** به جز عبارت (پ) سایر عبارت‌ها درست هستند. مراحل انجام شده در دو روش تولید برق در نیروگاه و سلول سوختی به صورت زیر است:



**بررسی عبارت‌ها:** عبارت‌های (الف) و (ب): همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در سلول سوختی برخلاف نیروگاه، انرژی شیمیایی به‌طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و سلول سوختی نیاز به فضای کمتری دارد. **عبارت‌های (ب) و (ت):** اتلاف انرژی در سلول‌های سوختی کمتر از نیروگاه است؛ از این رو کارایی و بازده تولید برق با سلول سوختی از نیروگاه بیشتر می‌باشد. **عبارت (ت):** به دلیل بازده بالاتر سلول‌های سوختی نسبت به نیروگاه‌ها، میزان آلاینده‌های سلول سوختی از نیروگاه‌ها کمتر است.

**B ۲۱۱۸ ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در سلول سوختی هیدروژن، گاز اکسیژن در کاتد و گاز هیدروژن در آند استفاده می‌شود. **عبارت دوم:** بخش قابل توجهی از انرژی حاصل از واکنش انجام شده در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. **عبارت سوم:** در سلول سوختی هیدروژن، واکنش بین گازهای اکسیژن (از هوا) و هیدروژن (از مخازن) تحت شرایط کنترل شده انجام می‌گیرد و در آن انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. **عبارت چهارم:** در سلول سوختی، آند و کاتد در دو طرف غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم قرار گرفته‌اند. **عبارت پنجم:** در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، در کاتد، گاز اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) کاهش و در آند، گاز هیدروژن ( $\text{H}_2$ ) اکسایش می‌یابد.

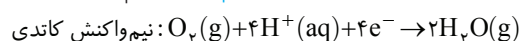
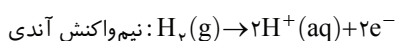
**B ۲۱۱۹ ۲** عبارت (الف) و (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به‌عنوان الکترولیت به کار می‌رود که تنها اجازه عبور به یون‌های مثبت را می‌دهد، بنابراین الکترون‌ها از مدار خارجی عبور کرده و جریان الکتریسیته برقرار می‌شود. **عبارت (ب):** آند و کاتد در سلول سوختی هیدروژن حاوی کاتالیزگر بوده و موجب تسریع نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش می‌شوند. **عبارت (پ):** از خروجی سمت آند سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، گاز هیدروژن مصرف‌نشده (نه تولیدی!) خارج شده و مجدد به چرخه باز می‌گردد. **عبارت (ت):** جریان الکتریکی تولید شده در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) می‌تواند در وسایل نقلیه استفاده شود.

**B ۲۱۲۰ ۲** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): (۱)، در قطب منفی (آند) محل ورود  $\text{H}_2(\text{g})$  و (۳) در قطب مثبت (کاتد) محل ورود  $\text{O}_2(\text{g})$  است. **عبارت (ب):** (۲)، غشا فقط اجازه عبور کاتیون‌های  $\text{H}^+$  از آند به سمت کاتد را می‌دهد و الکترون‌ها از مدار خارجی عبور می‌کنند. **عبارت (پ):** از خروجی سمت کاتد سلول سوختی، آب تولید شده به حالت گازی خارج می‌شود. **عبارت (ت):** بخار آب تولید شده در این سلول سوختی، با از دست دادن گرما به آب خالص و قابل مصرف تبدیل می‌شود.

**B ۲۱۲۱ ۳** همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: از واکنش بین گازهای هیدروژن و اکسیژن (در دو قسمت آند و کاتد به‌صورت غیرمستقیم) آب و جریان الکتریکی تولید می‌شود. **عبارت دوم:** در آند سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، کاتیون‌های هیدروژن و الکترون‌ها (جریان الکتریکی) تولید می‌شوند:



**عبارت سوم:** الکترولیت غشای مبادله‌کننده پروتون تنها اجازه عبور کاتیون‌ها را می‌دهد، بنابراین یون‌های  $\text{H}^+$  تولید شده در آند از طریق غشاء و الکترون‌ها از طریق مدار خارجی از آند به سمت کاتد می‌روند. **عبارت چهارم:** معادله نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به صورت زیر است:

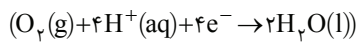




واکنش کلی انجام گرفته در این سلول به صورت  $(\text{Zn}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{ZnO}(g))$  است. با توجه به این واکنش می توان نوشت:

$$? e^- = \frac{22}{5} \times \frac{2 \times 4 \times 6}{36} \times \frac{1 \text{ mol ZnO}}{2 \text{ mol Zn}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } e^-} \times \frac{6}{10} \times 10^{23} e^- = 15/05 \times 10^{23} e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): نیم واکنش اکسایش این سلول به صورت  $(\text{Zn}(g) \rightarrow \text{Zn}^2+(aq) + 2e^-)$  و نیم واکنش کاهش به صورت زیر است.



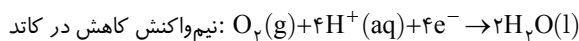
گزینه (۳): سلول سوختی قادر به ذخیره سازی انرژی نبوده و واکنش دهنده ها به صورت مداوم به آن وارد می شوند. گزینه (۴): در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)،  $E^\circ$  نیم واکنش های کاتدی و آندی به ترتیب برابر  $1/2V$  و  $0V$  است. بنابراین نیروی الکتروموتوری آن برابر  $1/2$  ولت است.

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 1/2 - 0 = 1/2V$$

**توضیح محاسبات**

$$\frac{22}{5} \times \frac{2 \times 4 \times 6}{36} \times \frac{1 \text{ mol ZnO}}{2 \text{ mol Zn}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } e^-} \times \frac{6}{10} \times 10^{23} = ? \rightarrow \frac{22}{5} \times \frac{2 \times 4 \times 6}{36} \times \frac{1}{2} \times \frac{2}{1} \times \frac{6}{10} \times 10^{23} = \frac{22}{5} \times \frac{2 \times 4 \times 6}{36} \times \frac{1}{2} \times \frac{2}{1} \times \frac{6}{10} \times 10^{23} = 15/05 \times 10^{23}$$

عبارت های (الف) و (ب) نادرست هستند. با توجه به نیم واکنش های اکسایش و کاهش در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن) به بررسی عبارت ها می پردازیم:  
 آند:  $\text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{H}^+(aq) + 2e^-$  نیم واکنش اکسایش در آند



بررسی عبارت ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری گونه های موجود در نیم واکنش کاهش برابر ۱۱ و این مقدار در نیم واکنش اکسایش برابر ۵ است. بنابراین مجموع ضرایب گونه های موجود در نیم واکنش کاهش ۶ واحد بیشتر از این مقدار در نیم واکنش اکسایش است. عبارت (ب): برای مقایسه حجم گاز مصرف شده در کاتد ( $\text{O}_2$ ) و حجم گاز مصرف شده در آند ( $\text{H}_2$ ) ابتدا واکنش کلی را به دست می آوریم. برای این منظور ابتدا نیم واکنش ها را هم الکترون کرده (نیم واکنش اکسایش را در عدد ۲ ضرب می کنیم) و سپس با هم جمع می کنیم:

**\* توجه** به دلیل تولید گرما در سلول سوختی، حالت فیزیکی آب خارج شده، به صورت بخار ( $\text{H}_2\text{O}(g)$ ) است.

ضریب استوکیومتری  $\text{O}_2$  (گاز مصرف شده در کاتد) نصف ضریب استوکیومتری  $\text{H}_2$  (گاز مصرف شده در آند) است، پس حجم گاز مصرف شده  $\text{O}_2$  نصف  $\text{H}_2$  است. عبارت (پ): با توجه به نیم واکنش اکسایش داریم:

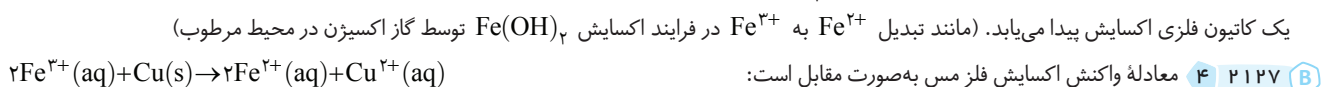
$$1 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol H}_2} = 1 \text{ mol } e^- \rightarrow \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 1 \text{ mol } e^-$$

عبارت (ت): سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد، در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می دهد. لذا اکسایش  $\text{H}_2(g)$  در سلول سوختی بازده نزدیک به ۶۰ درصد دارد.

فقط مورد چهارم جمله را به درستی کامل نمی کند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: در سلول های سوختی انرژی شیمیایی ذخیره نمی شود و مادامی که واکنش دهنده ها به سلول تزریق می شوند، جریان الکتریکی تولید شده بلافاصله مورد استفاده قرار می گیرد، اما باتری ها قادر به ذخیره انرژی شیمیایی هستند. عبارت دوم: در سلول های سوختی برخلاف باتری ها، واکنش دهنده ها داخل سلول قرار ندارند و به طور مداوم به درون سلول تزریق می شوند. عبارت سوم: در سلول های سوختی برخلاف باتری ها که فقط جریان الکتریکی تولید می کنند، هم جریان الکتریکی و هم آب تولید می شود. عبارت چهارم: در سلول های سوختی همانند باتری ها، تبدیل انرژی از شیمیایی به الکتریکی است. عبارت پنجم: در سلول های سوختی برخلاف باتری، ولتاژ افت چندان نمی کند.

عبارت های (الف)، (ب) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): در سلول سوختی امکان شارژ وجود ندارد و مادامی که گازهای اکسیژن و هیدروژن به آن تزریق می شوند، جریان الکتریسیته تولید می شود. عبارت (ب): در سلول سوختی، عمده انرژی شیمیایی موجود در سوخت، به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. عبارت (پ): در سلول سوختی، می توان انرژی گرمایی تولید شده را تحت شرایط کنترل شده و با اتلاف انرژی کمتر، به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و در مواقع لزوم مورد استفاده قرار داد. عبارت (ت): در سلول سوختی (هیدروژن - اکسیژن)، الکتروکاتدی همانند الکتروکاتدی حاوی کاتالیزگر بوده و باعث می شوند به ترتیب نیم واکنش های اکسایش و کاهش با سرعت بیشتری انجام شوند. عبارت (ث): در همه واکنش های اکسایش - کاهش، از جمله واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن، نیم واکنش های آندی و کاتدی به طور همزمان انجام می شوند.

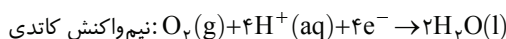
عبارت های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد و اکسایش آن در سلول سوختی بازدهی نزدیک به ۶۰ درصد دارد. عبارت دوم: واکنش های انجام شده در سلول های گالوانی، خود به خودی و گرماده هستند؛ به همین دلیل فرآورده ها از واکنش دهنده ها پایدارتر هستند. عبارت سوم:  $E^\circ$  منگنز کوچک تر از  $E^\circ$  پلاتین است؛ پس در سلول گالوانی (Mn-Pt)، منگنز آند سلول را تشکیل می دهد و در سطح آن نیم واکنش اکسایش رخ می دهد. عبارت چهارم: در برخی از واکنش های اکسایش - کاهش هیچ اتم فلزی شرکت ندارد، مثلاً واکنش های سوختن هیدروکربن ها نمونه ای از واکنش هایی هستند که در آنها هیچ اتم فلزی وجود ندارد که بخواید اکسایش یابد. مثال نقض دیگر، اینکه در برخی از واکنش های اکسایش - کاهش، یک کاتیون فلزی اکسایش پیدا می یابد. (مانند تبدیل  $\text{Fe}^{2+}$  به  $\text{Fe}^{3+}$  در فرایند اکسایش  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  توسط گاز اکسیژن در محیط مرطوب)



در این واکنش از اکسایش هر مول مس و تولید یک مول  $\text{Cu}^{2+}$ ، ۲ مول الکترون آزاد می شود؛ بنابراین مقدار مول الکترون آزاد شده برابر است با:

$$? \text{ mol } e^- = 80 \text{ g Cu} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Cu}} = 2/5 \text{ mol } e^-$$

معادله نیم واکنش کاتدی سلول سوختی هیدروژن به صورت زیر است. اکنون با توجه به آن، حجم  $\text{O}_2$  مصرفی در شرایط STP و جرم آب تولیدی را به ازای مبادله  $2/5$  مول الکترون در سلول سوختی محاسبه می کنیم:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? L O_2 = \frac{2}{5} \text{mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{22/4 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 14 L O_2$$

$$? g H_2O = \frac{2}{5} \text{mol } e^- \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 22/5 g H_2O$$

روش دوم (تناسب):  $\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم } O_2 \text{ مصرفی}}{22/4} = \frac{\text{جرم } H_2O \text{ تولیدی}}{2} \Rightarrow \frac{2/5}{4} = \frac{x}{1 \times 22/4} = \frac{y \text{ g } H_2O}{2 \times 18} \Rightarrow x = 14 L O_2, y = 22/5 g H_2O$

۳ ۲۱۲۸ معادله نیم واکنش اکسایش سلول «آهن - مس» و نیم واکنش کاهش در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: محاسبه حجم گاز اکسیژن:

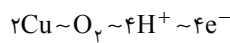
$$? L O_2 = 160 \text{ g } Cu \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{64 \text{ g } Cu} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Cu} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{22/4 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 28 L O_2$$

قسمت دوم: محاسبه سرعت متوسط مصرف  $H^+$ :

$$? \text{ mol } H^+ = 160 \text{ g } Cu \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{64 \text{ g } Cu} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Cu} \times \frac{4 \text{ mol } H^+}{4 \text{ mol } e^-} = 5 \text{ mol } H^+$$

$$\bar{R}(H^+) = \frac{|\Delta n(H^+)|}{\Delta t} = \frac{5 \text{ mol}}{20 \text{ min}} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

روش دوم (تناسب): با دو برابر کردن ضرایب معادله اول در عدد ۲، هم ارزی زیر حاصل می شود:



محاسبه حجم  $O_2$  و مول  $H^+$  مصرفی:

$$\frac{\text{گرم } Cu}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } O_2 \text{ (STP)}}{22/4} = \frac{\text{مول } H^+}{2 \times 64} \Rightarrow \frac{160}{2 \times 64} = \frac{x \text{ L } O_2}{1 \times 22/4} = \frac{y \text{ mol } H^+}{4} \Rightarrow x = 28 L O_2, y = 5 \text{ mol } H^+$$

محاسبه سرعت مصرف یون های  $H^+$ :

$$\bar{R}(H^+) = \frac{|\Delta(H^+)|}{\Delta t} = \frac{5 \text{ mol}}{20 \text{ min}} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{160 \times 22/4}{2 \times 64} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{160 \times 22/4}{2 \times 64} = \frac{180 \times 5/6}{16} = 5 \times 5/6 = 28$$

+ توضیح محاسبات

۱ ۲۱۲۹ معادله موازنه شده واکنش های انجام شده در سلول سوختی و سلول گالوانی به صورت زیر است:



قسمت اول: در سلول های سوختی، با توجه به تزریق پیوسته گازها در دو قطب سلول، مقداری از گاز بدون آن که واکنش دهد از طرف دیگر سلول خارج می شود. در این

سؤال عنوان شده که ۱۰ درصد هیدروژن به صورت واکنش نداده از آند خارج می شود، لذا ۹۰ درصد آن یعنی  $9g (10 \times \frac{9}{10})$  گاز  $H_2$  در این سلول مصرف شده است. برای محاسبه درصدی از  $O_2$  که به صورت واکنش نداده خارج می شود، ابتدا از جرم  $H_2$  مصرفی که ۹ گرم است، جرم  $O_2$  مصرفی را محاسبه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? g O_2 (\text{مصرفی}) = 9 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 g H_2} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } H_2} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 72 g O_2 (\text{مصرفی})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } H_2 \text{ (مصرفی)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } O_2 \text{ (مصرفی)}}{2 \times 32} \Rightarrow \frac{9}{2 \times 2} = \frac{x \text{ g } O_2 (\text{مصرفی})}{1 \times 32} \Rightarrow x = 72 g O_2 (\text{مصرفی})$$

پس درصد  $O_2$  مصرف نشده برابر است با:

$$\frac{\text{جرم } O_2 \text{ مصرف شده} - \text{جرم } O_2 \text{ ورودی}}{\text{جرم } O_2 \text{ ورودی}} \times 100 = \frac{100 - 72}{100} \times 100 = 28\%$$

قسمت دوم: محاسبه جرم طلای تولید شده: روش اول (کسر تبدیل):

$$? g Au = 9 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 g H_2} \times \frac{4 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol } H_2} \times \frac{2 \text{ mol } Au}{6 \text{ mol } e^-} \times \frac{197 g Au}{1 \text{ mol } Au} = 591 g Au$$

روش دوم (تناسب): اگر ضرایب گونه های معادله اول را در ۳ و ضرایب گونه های معادله دوم را در ۲ ضرب کنیم، به هم ارزی مقابل می رسیم:

$$\frac{\text{گرم } H_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } Au}{6 \times 2} \Rightarrow \frac{9}{4 \times 197} = \frac{x \text{ g } Au}{6 \times 2} \Rightarrow x = 591 g Au$$

۴ ۲۱۳۰ برای حل راحت تر مسئله، از جدول تغییر مول استفاده می کنیم. فرض می کنیم در ابتدا، a مول

مول اولیه	a	a	۰
تغییر مول	-2x	-x	+2x
مول نهایی	a-2x	a-x	2x

از هر واکنش دهنده در اختیار داریم:

ابتدا از مقدار مول آب تولیدی و جرم آن، مقدار x مول را محاسبه می کنیم:

$$? g H_2O = 2x \text{ mol } H_2O \times \frac{18 g H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 7/2 g H_2O \Rightarrow 36x = 7/2 \Rightarrow x = 0/2$$





سپس با توجه به مول نهایی گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش، مقدار a را به دست می‌آوریم. (دقت کنید در سلول‌های سوختی، آب به صورت بخار تولید می‌شود و در گازها، درصد حجمی معادل درصد مولی است.):

$$\text{درصد مولی } O_2 \text{ باقی‌مانده} = \frac{\text{مول نهایی } O_2}{\text{مول نهایی } H_2O + \text{مول نهایی } H_2 + \text{مول نهایی } O_2} \times 100 = \frac{a - 0/2}{(a - 0/2) + (a - 0/4) + 0/4} \times 100 = 37/5\%$$

$$\Rightarrow \frac{a - 0/2}{2a - 0/2} = \frac{37/5}{100} = \frac{3}{8} \Rightarrow 8a - 1/6 = 6a - 0/6 \Rightarrow 2a = 1 \Rightarrow a = 0/5$$

اکنون می‌توان خواسته مسئله را به دست آورد. قسمت اول: محاسبه جرم مخلوط اولیه گازها:

$$\text{جرم مخلوط اولیه گازها} = H_2 \text{ جرم} + O_2 \text{ جرم} = [0/5 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2}] + [0/5 \text{ mol } O_2 \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}] = 17 \text{ g gas}$$

قسمت دوم: محاسبه جرم  $H_2$  دست نخورده:  $? \text{ g } H_2 = (0/5 - 2(0/2)) \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 0/2 \text{ g } H_2$

۴ ۲۱۳۱ C

**نکته ترکیبی** بازده واکنش سلول‌های گالوانی: به طور کلی زمانی که به emf یک سلول اشاره می‌کنیم منظورمان اختلاف  $E^\circ$  دو نیم‌سلول استاندارد است که با استفاده از آن ساخته شده است، پس مقدار emf یک سلول گالوانی عددی ایده‌آل و آرمانی می‌باشد. این در حالی است که وقتی یک ولت‌سنج را به قطب‌های مثبت و منفی یک سلول گالوانی متصل می‌کنیم، اغلب ولتاژی کمتر از emf سلول مشاهده می‌کنیم که به علت تأثیر عوامل خارجی و مزاحم است. بدین ترتیب برای ولتاژ ایجاد شده در سلول‌های گالوانی نیز می‌توان یک بازده درصدی تعریف کرد:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{ولتاژی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد}}{\text{مقدار emf سلول}} \times 100$$

ابتدا بازده سلول را محاسبه می‌کنیم. به این منظور نخست emf سلول استاندارد را به دست می‌آوریم:  $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +1/23 - 0 = 1/23 \text{ V}$  سپس به کمک فرمول بازده، بازده واکنش را محاسبه می‌کنیم:

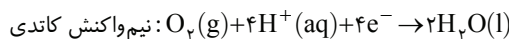
$$\text{بازده واکنش} = \frac{\text{عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد}}{\text{مقدار نظری ولتاژ}} \times 100 = \frac{0/82 \text{ V}}{1/23 \text{ V}} \times 100 = 66/7\%$$

معادله موازنه شده واکنش انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به صورت مقابل است:

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

سپس با استفاده از چگالی گاز  $H_2$ ، حجم مولی گازها در شرایط واکنش را به دست می‌آوریم:  $d(\text{چگالی}) = \frac{M(\text{جرم مولی})}{V(\text{حجم مولی})} \Rightarrow 0/4 = \frac{2}{V_n} \Rightarrow V_n = 5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

پس حجم مولی گازها در شرایط واکنش برابر  $5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  است. گاز مصرف شده در کاتد  $O_2$  و گاز تولید شده در آن  $H_2O$  است.



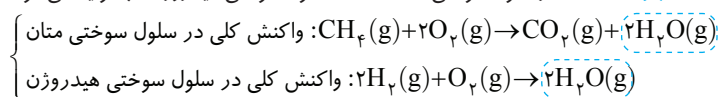
روش اول (کسر تبدیل):  $? \text{ g } H_2O = 1 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{5 \text{ L } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{66/7}{100} \approx 208/3 \text{ mL } H_2O$

روش دوم (تناسب):  $\frac{O_2 \text{ گرم} \times R}{100} = \frac{H_2O \text{ لیتر}}{100} \Rightarrow \frac{1 \times 66/7}{100} = \frac{x \text{ L } H_2O}{200} \Rightarrow x = 0/2083 \text{ L } H_2O = 208/3 \text{ mL } H_2O$

+ توضیح محاسبات:  $\frac{2 \times 5 \times 1000 \times 66/7}{32 \times 2} = ? \rightarrow \frac{5}{8 \times 3} \times 1000 = \frac{5}{24} \times 1000 \rightarrow \frac{5}{25} \times 1000 = 0/2 \times 1000 = 200$  تخمین زدن به جای عدد ۲۵ قرار گیرد.

پاسخ نزدیک به عدد ۲۰۰ است. (پاسخ: ۲۰۸/۳)

عبارت‌های (ب) و (ت) درست‌اند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): در سلول سوختی متان همانند سلول سوختی هیدروژن آب تولید می‌شود.



عبارت (پ): از دید محیط زیست گاز هیدروژن سوخت بهتری نسبت به گاز متان است زیرا آلاینده کمتری تولید می‌کند.



در این فرایند عدد اکسایش کربن در متان، (۴-) و در کربن دی‌اکسید، (۴+) می‌باشد، یعنی به ازای اکسایش هر مول متان و تبدیل آن به کربن دی‌اکسید ۸ مول الکترون

مبادله می‌شود. پس با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:  $? \text{ mol } e^- = 77 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{8 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } CO_2} = 14 \text{ mol } e^-$



موارد دوم و سوم به درستی بیان شده‌اند. واکنش کلی انجام گرفته در سلول‌های سوختی نام برده به صورت زیر است:

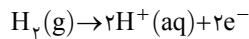


بررسی موارد: مورد اول: سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن (سلول ۱) رایج‌ترین سلول سوختی است اما سلول سوختی متان - اکسیژن خطر کمتری دارد. مورد دوم: در هر دو سلول، بخارآب تولید می‌شود. در هواکره، درصد فراوانی رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخارآب در هواکره، حدود ۱ درصد است. مورد سوم: در سلول سوختی

متان - اکسیژن، به ازای مصرف هر اتم اکسیژن، ۲ الکترون بین دو قطب مبادله می‌شود. بنابراین هم‌ارزی  $CH_4 \sim ۲O_2 \sim ۸e^-$  بین اجزای آن برقرار است:

$$? g CH_4 = ۳/۲ mol e^- \times \frac{۱ mol CH_4}{۸ mol e^-} \times \frac{۱۶ g CH_4}{۱ mol CH_4} = ۶/۴ g CH_4$$

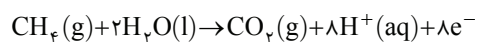
مورد چهارم: یکی از تفاوت‌های سلول‌های سوختی با سلول‌های گالوانی این است که در این سلول‌ها، واکنش‌دهنده‌ها داخل سلول قرار ندارند. به طوری که لازم است تا به صورت مداوم، از منبع خارجی به درون سلول تزریق شوند. در هر دو سلول، بخارآب تولید می‌شود که نوعی گلخانه‌ای است.



ابتدا معادله اکسایش هیدروژن را در سلول سوختی هیدروژن می‌نویسیم:

با توجه به این نیم‌واکنش می‌توان نتیجه گرفت که به ازای مصرف یک مول هیدروژن، دو مول الکترون مبادله می‌شود، بنابراین اگر دو مول هیدروژن مصرف شود، چهار مول الکترون مبادله خواهد شد:

$$? mol e^- = ۲ mol H_2 \times \frac{۲ mol e^-}{۱ mol H_2} = ۴ mol e^-$$



حال معادله اکسایش متان را در سلول سوختی متان می‌نویسیم:

با توجه به این نیم‌واکنش مشخص می‌شود که به ازای مصرف یک مول متان (۱۶ گرم متان) ۸ مول الکترون مبادله می‌شود. حال باید محاسبه کنیم که به ازای ۴۸ گرم متان چند مول الکترون مبادله می‌شود:

$$? mol e^- = ۴۸ g CH_4 \times \frac{۸ mol e^-}{۱۶ g CH_4} = ۲۴ mol e^-$$

در انتها نسبت شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول سوختی متان به سلول سوختی هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

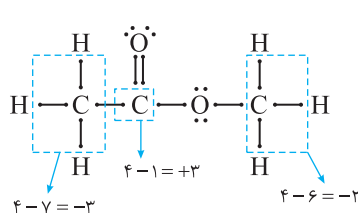
$$\frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده سلول سوختی متان}}{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول سوختی هیدروژن}} = \frac{۲۴}{۴} = ۶ mol e^-$$

به جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. اساس اینکه یک واکنش از نوع اکسایش - کاهش باشد، تغییر در توزیع الکترون‌ها در اطراف برخی گونه‌ها، تغییر اعداد اکسایش برخی گونه‌هاست و ارتباطی به بار الکتریکی گونه‌های تولید یا مصرف شده ندارد. مثلاً واکنش سوختن متان از نوع اکسایش - کاهش است، اما در این واکنش هیچ گونه باردار تولید یا مصرف نمی‌شود.

به جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با پیگیری اعداد اکسایش تغییر یافته برای یک عنصر در یک واکنش، به راحتی می‌توان گونه‌های اکسند و کاهنده را مشخص کرد. عبارت‌های دوم و سوم: افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است. در حالی که کاهش آن به معنای به دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است. عبارت چهارم: به بار الکتریکی نسبت داده شده به یک اتم در یک گونه شیمیایی با فرض یونی بودن همه پیوندها، عدد اکسایش می‌گویند؛ به عبارت دیگر، عدد اکسایش اتم در یک ترکیب، برابر با تعداد الکترون‌هایی است که آن اتم برای تبدیل شدن به اتم خنثی می‌گیرد یا از دست می‌دهد. عبارت پنجم: در واکنش‌های اکسایش - کاهش که تشکیل یون و پیوند یونی صورت نمی‌گیرد، شمار الکترون‌های ظرفیتی هر اتم در عین تغییرات اعداد اکسایش، ثابت باقی می‌مانند.

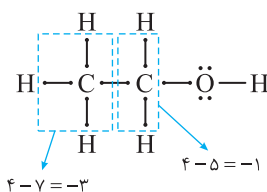
در صورتی که اتم دارای تعداد الکترون (پیوندی و ناپیوندی) اضافی نسبت به اتم خنثی باشد، به میزانی که الکترون اضافه دارد، دارای عدد اکسایش منفی است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در ساختار لوویس هر مولکول برای محاسبه تعداد الکترون پیوندی برای هر اتم، هر زوج الکترون پیوندی به اتمی در آن پیوند نسبت داده می‌شود که خصلت نافلز بیشتری دارد. گزینه (۴): در صورتی که اتم برای تبدیل شدن به حالت بدون بار، الکترون از دست بدهد، نسبت به اتم خنثی تعداد الکترون بیشتری دارد.

ابتدا مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن نشان داده شده در ترکیب را با توجه به ساختار آن، محاسبه می‌کنیم:



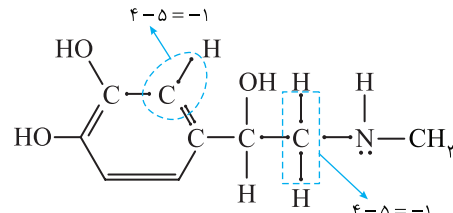
$$\text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن} = (-۳) + (+۳) + (-۲) = -۲$$

گزینه (۴):



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن

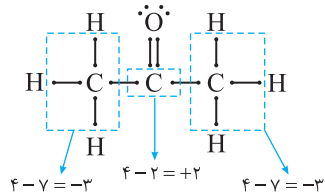
$$= (-۳) + (-۱) = -۴$$



$$\text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن نشان داده شده} = (-۱) + (-۱) = -۲$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

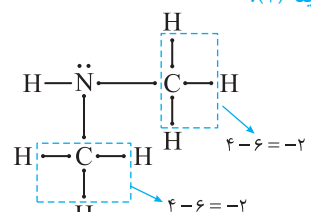
گزینه (۳):



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن

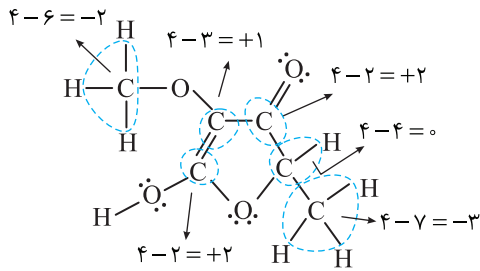
$$= (-۳) + (+۲) + (-۳) = -۴$$

گزینه (۱):



مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن

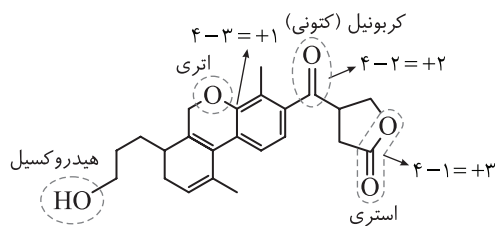
$$= (-۲) + (-۲) = -۴$$



۲۱۴۰ B اعداد اکسایش اتم‌های کربن ترکیب به صورت مقابل است: اتم‌های کربن در این ترکیب، پنج عدد اکسایش مختلف (+۲)، (+۱)، صفر، (-۲) و (-۳) دارند.

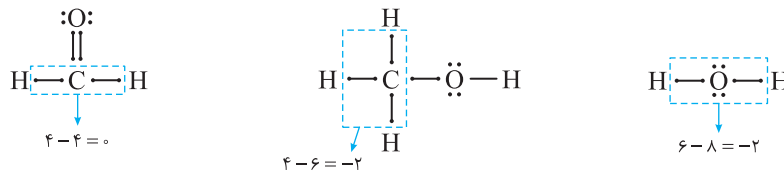
۲۱۴۱ B به جز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرمول مولکولی این ترکیب به صورت  $C_{23}H_{26}O_8$  است. شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در این ترکیب یکسان نیست.

نکته ★ برای به دست آوردن شمار اتم‌های هیدروژن ترکیبات آلی پیچیده، می‌توانید از رابطه زیر استفاده کنید: (شمار اتم‌های نیتروژن) + (شمار اتم‌های هالوژن) - (شمار پیوندهای سه گانه) - (شمار پیوندهای دو گانه و حلقه) - (۲n+۲) = شمار اتم‌های هیدروژن



عبارت‌های دوم و سوم: در ساختار زیر، گروه‌های عاملی و عدد اکسایش اتم‌های کربن مشخص شده است. عبارت چهارم: با توجه به وجود گروه عاملی هیدروکسیل (O-H) در ساختار این ترکیب، مولکول‌های این ماده توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی و همچنین شرکت در واکنش استری شدن را دارند. در واکنش استری شدن، یک الکل و یک کربوکسیلیک اسید با یکدیگر وارد واکنش می‌شوند.

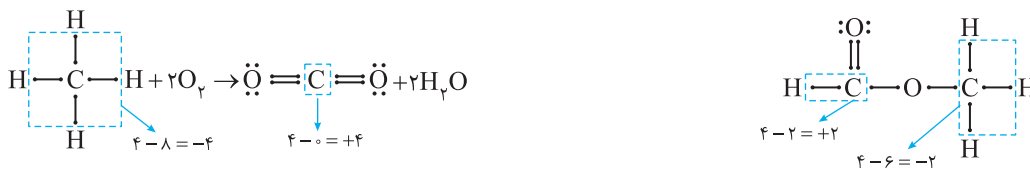
۲۱۴۲ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. عبارت (الف):



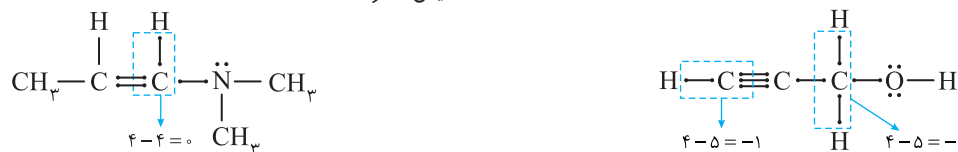
عبارت (ب): عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن در  $O_2$  در این واکنش، از صفر به (-۲) رسیده است؛ ولی عدد اکسایش اتم اکسیژن موجود در  $CH_3OH$  تغییر نکرده است. عبارت (پ): برخلاف متانول که عدد اکسایش اتم کربن در آن (-۲) است، در کتون‌ها عدد اکسایش کربن گروه عاملی، همواره برابر (+۲) است. عبارت (ت): در این واکنش، به ازای هر مول اکسیژن، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود و برای تشکیل هر مول کلسیم سولفات، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که تعداد الکترون‌های مبادله شده در این واکنش برابر تعداد الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل دو مول کلسیم سولفات است.

۲۱۴۳ B همه موارد به جز مورد سوم درست هستند. بررسی موارد:

مورد اول: مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن این مولکول برابر صفر **مورد دوم:** تغییر عدد اکسایش اتم کربن در واکنش سوختن کامل متان، برابر  $(-۲+۲=۰)$  است. **مورد سوم:** مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن این مولکول برابر صفر  $[(+۴)-(-۴)=+۸]$  است.

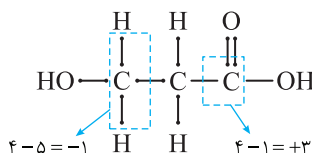


**مورد سوم:** در ساختار زیر، دو اتم کربن مشخص شده، عددهای اکسایش یکسان **مورد چهارم:** با توجه به ساختار رسم شده، اتم کربن مشخص شده دارای عدد اکسایش صفر است.

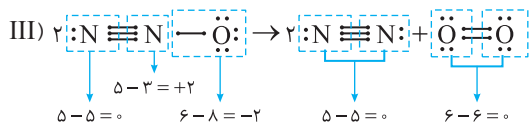
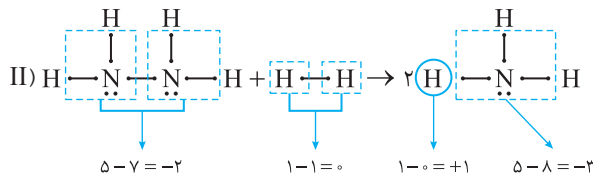
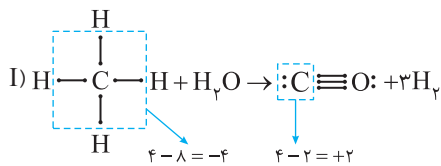


**مورد پنجم:** ساختار گسترده مولکول داده شده به صورت مقابل است:

مجموع عدد اکسایش دو اتم کربنی که به اتم اکسیژن متصل هستند برابر  $۲+(-۱)+۳$  است.



۲ ۲۱۴۴ B ابتدا به بررسی واکنش‌های داده شده و تعیین عددهای اکسایش اتم‌های مورد نظر می‌پردازیم:



پاسخ درست پرسش‌های مطرح شده: پرسش (الف): تغییر عدد اکسایش اتم کربن در واکنش (I)، برابر  $\frac{(+۲)-(-۴)}{۰-(-۲)}$  تغییر عدد اکسایش اتم اکسیژن در واکنش (III)

است. پرسش (ب): در واکنش (II)، به هر اتم نیتروژن در مولکول  $\text{N}_2\text{H}_4$ ، ۷ الکترون نسبت داده می‌شود. پرسش (پ): در واکنش‌های (II) و (III)، به ترتیب اتم‌های H و O دچار اکسایش می‌شوند. پرسش (ت): تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به ازای مصرف هر مول متان در واکنش (I)، برابر ۶ مول است.

۴ ۲۱۴۵ B همه عبارت‌ها درست‌اند. ترکیب مورد نظر، همان کلسترول با فرمول مولکولی  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: بخش ناقصی و

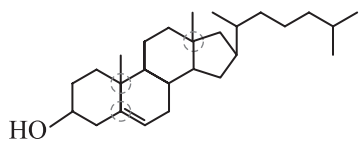
آب‌گریز این ترکیب بسیار بزرگ‌تر از بخش قطبی و آب‌دوست آن (گروه OH) است و بر آن غلبه دارد. عبارت دوم: هر چه آنتالپی یک پیوند بیشتر باشد، شکستن آن پیوند نیز دشوارتر خواهد بود. این ترکیب دارای پیوندهای  $\text{C}=\text{C}$ ،  $\text{C}-\text{O}$ ،  $\text{C}=\text{O}$ ،  $\text{C}-\text{H}$  و  $\text{O}-\text{H}$  می‌باشد. مقایسه آنتالپی این پیوندها به صورت زیر است:



شکستن پیوند  $\text{C}=\text{C}$  در مقایسه با سایر پیوندها، دشوارتر بوده و به انرژی بیشتری نیاز دارد. عبارت سوم: این ترکیب دارای ۵ گروه متیل ( $\text{CH}_3$ ) و دو جفت

$\frac{\text{شمار گروه‌های متیل (CH}_3\text{)}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{۵}{۲} = ۲/۵$

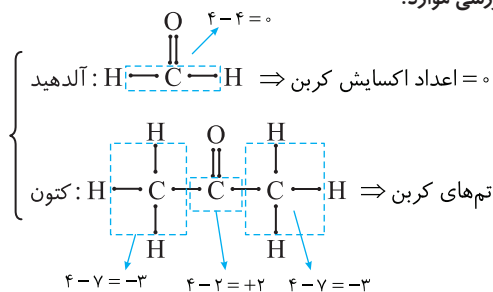
الکترون ناپیوندی بر روی اتم اکسیژن است:



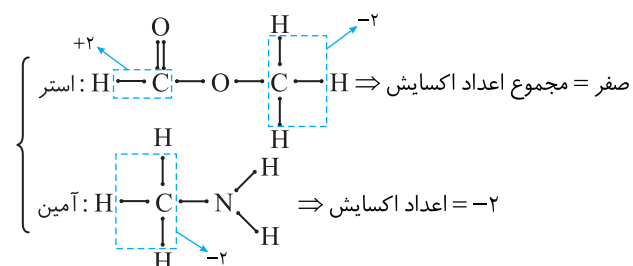
عبارت چهارم: فرمول مولکولی این ترکیب،  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$  است. همچنین اتم‌های کربن مشخص شده در ساختار

آن دارای عدد اکسایش صفر هستند. بنابراین نسبت خواسته شده در صورت سؤال، برابر  $۶/۷۵$  ( $\frac{۲۷}{۴}$ ) است.

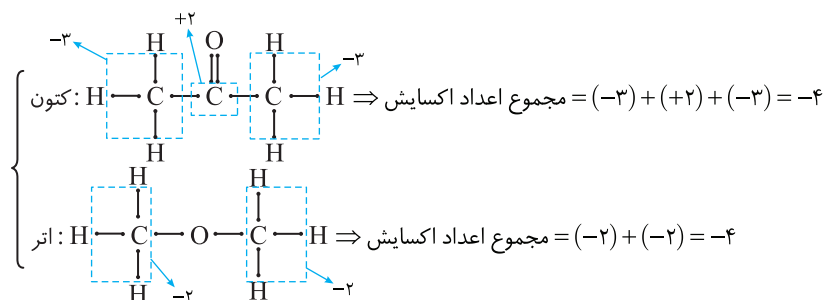
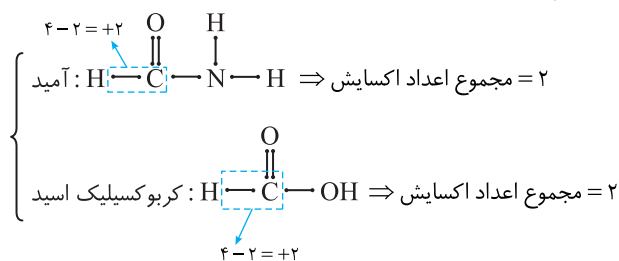
۲ ۲۱۴۶ C مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیبات آلی موارد دوم و چهارم با هم برابر است. بررسی موارد:



مورد سوم:

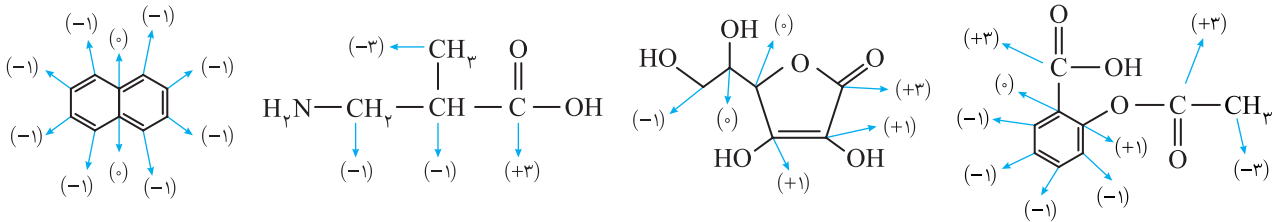


مورد دوم:

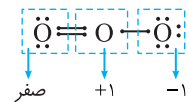
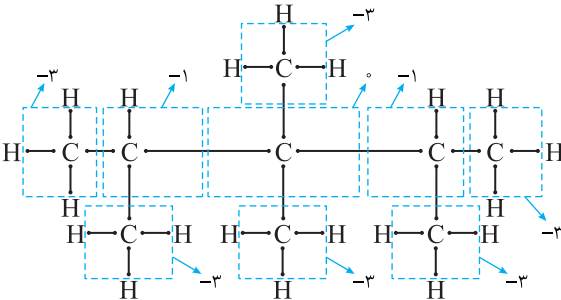
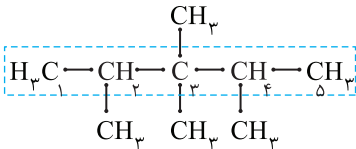




۳ ۲۱۴۷ C در ترکیب زیر، اتم‌های کربن ۵ عدد اکسایش مختلف دارند. بررسی سایر گزینه‌ها:



گزینه (۱): ۴ عدد اکسایش مختلف      گزینه (۲): ۳ عدد اکسایش مختلف      گزینه (۴): ۲ عدد اکسایش مختلف



۴ ۲۱۴۸ C فقط عبارت اول درست است. تنها ساختار ممکن برای ترکیب مورد نظر

به صورت مقابل است: نام آیوپاک: ۲، ۳، ۴-تترا متیل پنتان  
بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مجموع اعداد مربوط به شاخه‌های فرعی برابر ۱۲ (۲+۳+۳+۴) است.

عبارت دوم: ابتدا عدد اکسایش هر کدام از اتم‌های کربن را تعیین می‌کنیم: بنابراین مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر (-۲۰) بوده و بیشترین و کمترین عدد اکسایش میان اتم‌های کربن به ترتیب (۰) و (-۳) است. عبارت سوم: آلکان مورد نظر ۹ اتم کربن و دکان با فرمول (C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>)، ۱۰ اتم کربن دارد. در هیدروکربن‌ها، هر چه تعداد اتم‌های کربن بیشتر باشد، گران‌روی بیشتر است: بنابراین گران‌روی این هیدروکربن از دکان کمتر است. عبارت چهارم: تعداد اتم‌های کربن زنجیر اصلی این ترکیب ۵ عدد و شمار اتم‌های هیدروژن بنزن (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)، ساده‌ترین ترکیب آروماتیک، برابر ۶ است.

۱ ۲۱۴۹ A فقط عبارت دوم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: این عبارت همواره درست نیست. مثلاً عدد اکسایش اتم H در

NaH برابر (-۱) و عدد اکسایش O در OF<sub>2</sub> برابر (+۲) است. عبارت دوم: عدد اکسایش گونه‌های عنصری تک‌اتمی و دو اتمی به حالت آزاد مانند Mg و Cl<sub>2</sub> برابر صفر است. عبارت سوم: عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر با بار الکتریکی آن‌ها است. اندازه بار الکتریکی، همواره عددی نامنفی است در حالی که عدد اکسایش آنیون‌های تک‌اتمی عددی منفی است. عبارت چهارم: به عنوان مثال نقض، اتم‌های اکسیژن در مولکول اوزون (O<sub>3</sub>)، عدد اکسایش برابر صفر ندارند.

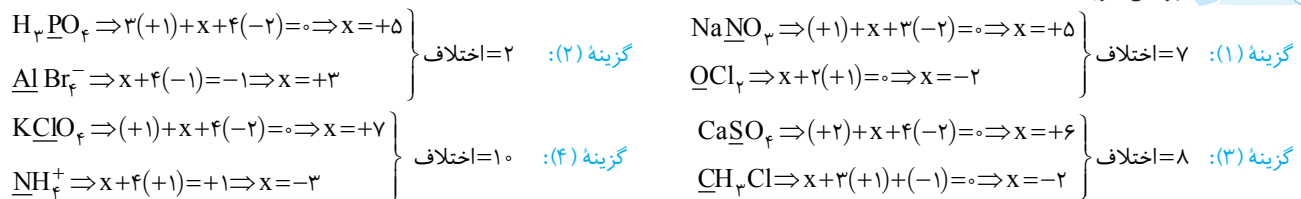
۱ ۲۱۵۰ A عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست و عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اغلب فلزهای واسطه و نافلزها عددهای اکسایش

گونگونی در ترکیب‌های خود دارند. عبارت (ب): در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با نافلزها، عدد اکسایش این عنصر برابر (+۱) بوده و در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با فلزها، عدد اکسایش آن برابر (-۱) است. عبارت (پ): در ترکیب‌های مختلف، عدد اکسایش فلزهای قلیایی (گروه یک) برابر با (+۱)، فلزهای قلیایی خاکی (گروه دو) برابر (+۲) و عدد اکسایش آلومینیم و اسکاندیم برابر (+۳) است. عبارت (ت): مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در یک گونه برابر با بار الکتریکی آن گونه است: از این رو مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول برابر صفر و در یک یون برابر بار یون است.

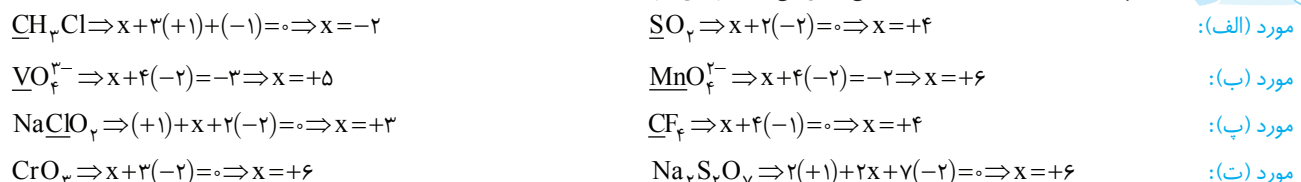
۱ ۲۱۵۱ B موارد اول، سوم و چهارم جمله داده شده را به درستی کامل می‌کنند. در جدول زیر عدد یا اعداد اکسایش هر عنصر را در ترکیب‌های آن (نه نمونه عنصری) آورده‌ایم:

مورد	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش	مورد	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش	مورد	عنصر	عدد یا اعداد اکسایش
اول	فلوئور	فقط -۱	دوم	کلر	-۱ تا +۷	اول	فلوئور	فقط -۱
سوم	لیتیم	فقط +۱	چهارم	روی	فقط +۲	سوم	لیتیم	فقط +۱
پنجم	فسفر	-۳ تا +۵	ششم	مس	+۱ و +۲	پنجم	فسفر	-۳ تا +۵
هفتم	هیدروژن	-۱ تا +۱	هشتم	منیزیم	فقط +۲	هفتم	هیدروژن	-۱ تا +۱

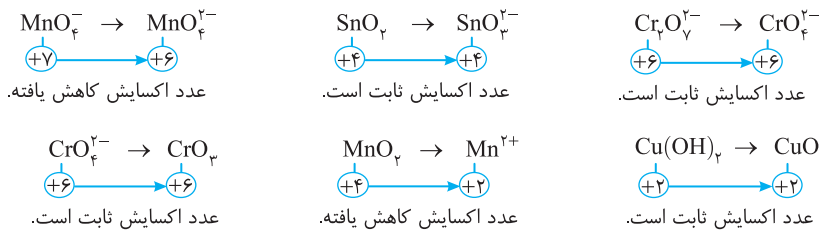
۴ ۲۱۵۲ B بررسی گزینه‌ها:



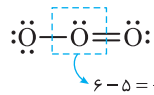
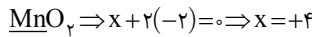
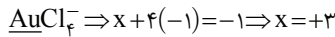
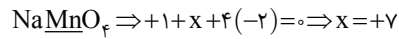
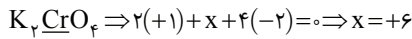
۱ ۲۱۵۳ B فقط مورد (ت) جمله داده شده را به درستی کامل می‌کند. بررسی موارد:



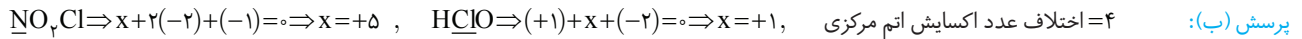
۱ ۲۱۵۴ B در میان شش نیم‌واکنش داده شده، فقط در دو مورد، عدد اکسایش فلز کاهش می‌یابد و در چهار مورد دیگر عدد اکسایش فلز تغییر نمی‌کند.



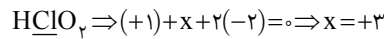
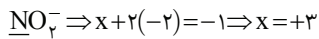
۱ ۲۱۵۵ B با تشکیل معادله، عدد اکسایش اتم واسطه را تعیین می‌کنیم:



بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): عدد اکسایش اتم‌های واسطه در هر چهار ترکیب، از عدد اکسایش اتم مرکزی در مولکول اوزون (O<sub>۳</sub>) بیشتر است:

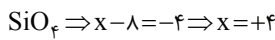


۳ ۲۱۵۶ B عدد اکسایش دو اتم مشخص شده با هم برابر است.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عدد اتمی ۲۹ متعلق به مس است که در ترکیب‌های خود می‌تواند عددهای اکسایش متنوعی از جمله (+۱) و (+۲) داشته باشد. گزینه (۲):

با توجه به فرمول  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  می‌توان نتیجه گرفت که بار آنیون در این ترکیب (-۴) است؛ بنابراین عدد اکسایش سیلیسیم در آنیون برابر (+۴) است:



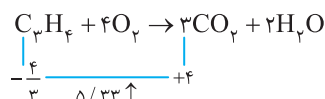
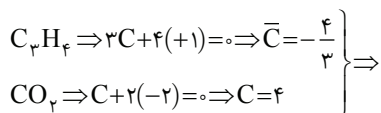
از طرفی در ترکیب  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ، عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن در کاتیون و آنیون به ترتیب برابر (-۳) و (+۵) است، بنابراین مجموع عدد اکسایش نیتروژن برابر

(+۲) است. گزینه (۴): عدد اکسایش اتم هیدروژن در  $\text{NaH}$  و عدد اکسایش اتم فلورین در  $\text{OF}_2$  برابر (-۱) است.

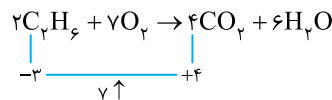
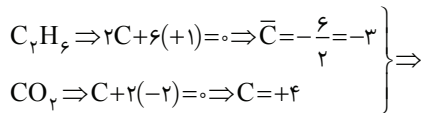
\* توجه در ترکیب‌های مختلف هیدروژن با فلزها (هیدریدهای فلزی)، عدد اکسایش هیدروژن برابر (-۱) است.

۲ ۲۱۵۷ C بیشترین و کمترین تغییر میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن مربوط به موارد (ب) و (ت) است؛ معادله موازنه شده واکنش سوختن ترکیب‌های آلی داده

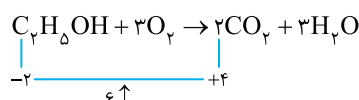
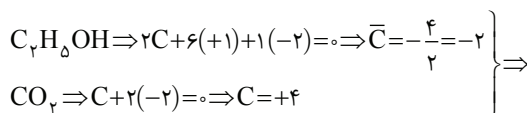
شده به صورت زیر است:



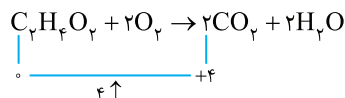
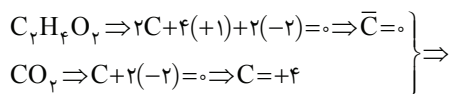
مورد اول:



مورد دوم:



مورد سوم:



مورد چهارم:

\* توجه فراورده کربن‌دار سوختن کامل همه ترکیب‌های ذکر شده  $\text{CO}_2$  است که عدد اکسایش کربن در آن برابر (+۴) است؛ بنابراین بیشترین و کمترین میانگین

تغییر عدد اکسایش ترکیبات داده شده به ترتیب مربوط به دورترین و نزدیک‌ترین عدد اکسایش به عدد ۴ است:

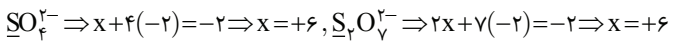




عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):



در این فرایند، عدد اکسایش کربن از (+۲) به (+۴) می‌رسد. عبارت (ب):

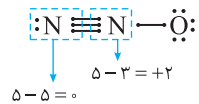
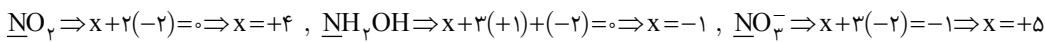


عدد اکسایش گوگرد در دو ترکیب  $\text{S}_2\text{O}_7^{2-}$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  با هم برابر است. عبارت (ب): هر اتم کربن در واکنش سوختن کامل، به عدد اکسایش (+۴) در کربن دی‌اکسید می‌رسد. به دلیل هم‌ارز بودن اتم‌های کربن در هر یک از ترکیب‌های اتن و بنزن، می‌توان از روش تشکیل معادله برای تعیین عدد اکسایش کربن استفاده کرد:



تغییر عدد اکسایش یک اتم کربن در واکنش سوختن کامل اتن برابر با (+۶) و در واکنش سوختن کامل بنزن، برابر با (+۵) است.

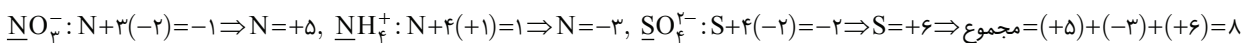
عبارت (ت):



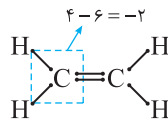
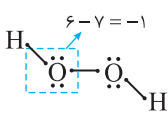
عدد اکسایش دو اتم نیتروژن در  $\text{N}_2\text{O}$  متفاوت است و برای تعیین عدد اکسایش، باید از روش رسم ساختار استفاده شود:

فقط در ترکیب  $\text{NH}_4\text{OH}$ ، عدد اکسایش نیتروژن منفی است.

پرسش (الف): عدد اکسایش نیتروژن در یون‌های نیترات و آمونیوم را می‌توان جداگانه محاسبه کرد:



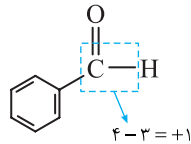
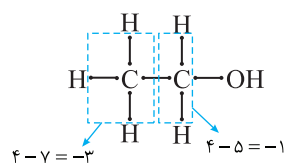
پرسش (ب): ساختار لوویس آب اکسیژنه ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) و اتن ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) به صورت زیر است:



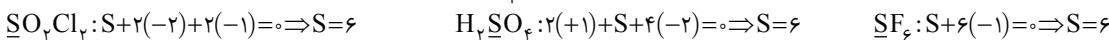
پس تفاوت عدد اکسایش آن‌ها برابر ۱ است.

پرسش (پ): ساختار اتانول و بنزالدهید به صورت زیر است:

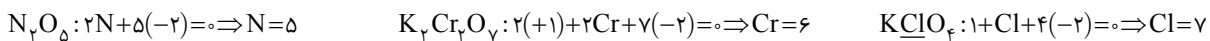
حاصل ضرب اعداد اکسایش اتم‌های کربن مشخص شده برابر  $3 \times (-1) \times (-3) = 9$  است.



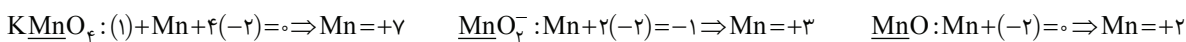
عبارت (ث): به جز عبارت (ث) سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اتم مرکزی در ساختار هر سه ترکیب گوگرد است:



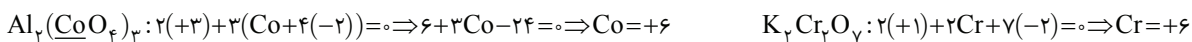
عبارت (ب): در میان سه ترکیب ذکر شده، عدد اکسایش دو عنصر O و K یکسان و به ترتیب برابر (-۲) و (+۱) است. برای سایر عناصر داریم:



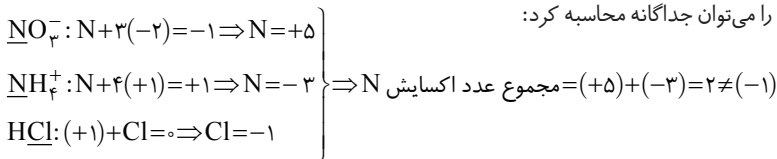
بالاترین عدد اکسایش مربوط به اتم کلر در ماده  $\text{KClO}_4$  است. عبارت (پ): منیزیم با عدد اتمی ۱۲، دومین فلز قلیایی خاکی است. عدد اکسایش اتم Mn در سه ترکیب برابر است با:



مجموع عدد اکسایش اتم‌های Mn برابر  $7 + 4 + 2 = 13$  می‌باشد. عبارت (ت): عدد اکسایش آلومینیم در ترکیبات آن برابر (+۳) است، پس:



عبارت (ث): عدد اکسایش نیتروژن در یون‌های نیترات و آمونیوم را می‌توان جداگانه محاسبه کرد:



عبارت (ب): عدد اکسایش اتم اکسیژن در اغلب ترکیبات آن برابر با (-۲) است؛ بنابراین بار یون پایدار فلز M برابر (+۲) است. همچنین در

اکسید نافلز  $\text{XO}_3$ ، عدد اکسایش نافلز X برابر (+۶) است و چون گفته شده که عدد اکسایش نافلز X در  $\text{XO}_3$  با شمار الکترون‌های ظرفیت آن برابر است، پس نافلز X، دارای ۶ الکترون ظرفیت است و این عنصر نافلز از گروه ۱۶ است. بررسی ترکیب‌هایی که وجود ندارند:

•  $\text{MPO}_4$ : وجود ندارد  $\Leftarrow$  فرمول شیمیایی ترکیب یون‌های  $\text{M}^{2+}$  و  $\text{PO}_4^{3-}$  به صورت  $\text{M}_3(\text{PO}_4)_2$  است.

•  $\text{MS}_4$ : وجود ندارد  $\Leftarrow$  یون پایدار گوگرد به صورت  $\text{S}^{2-}$  است و فرمول شیمیایی دو عنصر M و S به صورت MS می‌باشد.

•  $\text{ScX}_3$ : وجود ندارد  $\Leftarrow$  می‌دانیم که  $\text{Sc}^{3+}$  کاتیون پایدار  $3+$  ایجاد می‌کند ( $\text{Sc}^{3+}$ )، همچنین می‌دانیم که عناصر گروه ۱۶، آنیون ( $2-$ ) ایجاد می‌کنند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از دو عنصر Sc و X به صورت  $\text{Sc}_2\text{X}_3$  است.

•  $\text{XCl}_3$ : وجود ندارد  $\Leftarrow$  عنصر X از گروه ۱۶ دارای ۲ الکترون منفرد ( $\cdot\ddot{\text{X}}\cdot$ ) است، پس با دو اتم کلر ( $\ddot{\text{Cl}}:$ ) پیوند کووالانسی تشکیل داده و مولکول  $\text{XCl}_2$  ایجاد می‌کند.

• بررسی علت وجود  $\text{Na}_2\text{XO}_4$ : برای نمونه گوگرد عنصری از گروه ۱۶ جدول است که با اکسیژن یون چند اتمی  $\text{SO}_4^{2-}$  ایجاد می‌کند؛ بنابراین اگر X، گوگرد

باشد می‌تواند با سدیم ترکیب  $\text{Na}_2\text{XO}_4$  ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ایجاد کند.

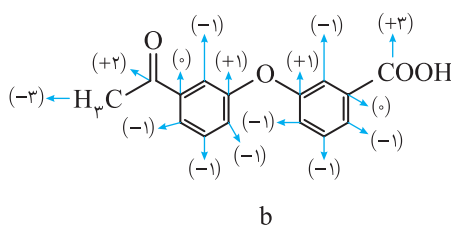
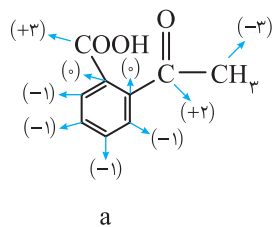


**۱ ۲۱۶۲ B** تنها عبارت چهارم به طور قطعی صحیح است. عنصری که در لایه ظرفیت خود ۲ الکترون در زیرلایه  $p$  ( $l=1$ ) دارد، مربوط به گروه ۱۴ جدول تناوبی است و لایه ظرفیت این عناصر به صورت  $ns^2 np^2$  است. می‌دانیم که در گروه ۱۴ جدول تناوبی هر سه نوع عنصر (فلز، نافلز و شبه‌فلز) یافت می‌شود. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** دو فلز قلع و سرب و همچنین کربن (آلوتروپ گرافیت)، رسانای خوب جریان الکتریسیته‌اند، اما شبه‌فلزهای  $Si$  و  $Ge$  رسانای ضعیف جریان الکتریسیته‌اند. **عبارت دوم:** قلع ( $Sn$ ) و سرب ( $Pb$ ) دو فلز از گروه ۱۴ جدول هستند و در واکنش با نافلزات می‌توانند یون‌های پایدار تک‌اتمی ایجاد کنند. **عبارت سوم:** سه عنصر نخست این گروه، یعنی  $C$ ،  $Si$  و  $Ge$  در واکنش با دیگر عنصرها الکترون به اشتراک می‌گذارند اما  $Sn$  و  $Pb$  فلز هستند و در واکنش با دیگر اتم‌ها الکترون از دست می‌دهند. **عبارت چهارم:** در عناصر اصلی جدول دوره‌ای به جز فلزات و اکسیژن، بالاترین عدد اکسایش برابر یکان شماره گروه آن‌ها است؛ بنابراین بالاترین عدد اکسایش تمامی عناصر گروه ۱۴ جدول تناوبی برابر  $(+4)$  است. **عبارت پنجم:** گفتیم که در این گروه، فلزات قلع و سرب نیز وجود دارد که چکش خوارند و در اثر ضربه خرد نمی‌شوند.

**۱ ۲۱۶۳ C** فرض می‌کنیم فرمول مولکولی ترکیب مذکور به صورت  $C_x H_y N_p O$  است. در این ترکیب مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها برابر صفر است. همچنین دقت کنید که عدد اکسایش همه اتم‌های نیتروژن در صورتی که با عنصری با خاصیت اکسندگی بیشتر از خود پیوند نداشته باشد برابر  $(-3)$  است و این عدد برای اکسیژن برابر  $(-2)$  می‌باشد. حال از فرمول محاسبه عدد اکسایش داریم:

در واکنش سوختن ترکیبات آلی هیدروژن دار، همه اتم‌های هیدروژن در قالب مولکول‌های آب درمی‌آید. بنابراین هم‌ارزی  $19H_2O \sim 2C_x H_{14} N_p O$  در واکنش سوختن وجود دارد:

$$? g H_2O = 1 \text{ mol } C_x H_{14} N_p O \times \frac{19 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } C_x H_{14} N_p O} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 171 \text{ g } H_2O$$

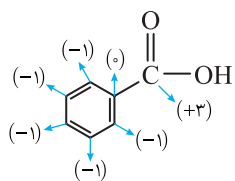


**۲ ۲۱۶۴ C** موارد (الف) و (ب) درست هستند. ساختار

مولکول  $a$  با فرمول  $C_9 H_8 O_3$  و  $b$  با فرمول  $C_{16} H_{14} O_4$  که در آن‌ها عدد اکسایش هر اتم کربن مشخص شده به صورت مقابل است. به‌جای استفاده از ساختار لوویس در تعیین عدد اکسایش اتم‌های کربن و محاسبه مجموع آن‌ها، می‌توان به سادگی با فرمول مولکولی و روش تشکیل معادله، مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن را به دست آورد:

$$a = C_9 H_8 O_3 : 9C + 8(+1) + 3(-2) = 0 \Rightarrow 9C = -2, b = C_{16} H_{14} O_4 : 16C + 14(+1) + 4(-2) = 0 \Rightarrow 16C = -6 \Rightarrow \frac{a}{b} = \frac{(-2)}{(-6)} = \frac{1}{3}$$

**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نسبت مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ساختار  $a$  به ساختار  $b$  برابر  $\frac{(-2)}{(-6)} = \frac{1}{3}$  است. **عبارت (ب):** مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب  $b$  برابر  $(-6)$  است که پس از سوختن کامل، هر کدام از این اتم‌های کربن در قالب  $CO_2$  درمی‌آیند. در  $CO_2$  عدد اکسایش  $C$  برابر  $(+4)$  است. با توجه به اینکه ۱۶ اتم کربن داریم، مجموع اعداد اکسایش این اتم‌های کربن از  $(-6)$  به  $64$  ( $16 \times 4$ ) رسیده است، پس تغییرات آن‌ها برابر  $70$  واحد است. در واکنش سوختن کامل استون ( $C_4 H_6 O$ )، مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در استون برابر  $(-4)$  بوده و هر کدام از اتم‌های کربن به قالب  $CO_2$  در می‌آیند. در  $CO_2$  عدد اکسایش  $C$  برابر  $(+4)$  است که در مجموع عدد اکسایش این اتم‌های کربن برابر  $12$  می‌باشد، پس تغییرات آن‌ها برابر  $16$  واحد است. به این ترتیب مجموع تغییرات اعداد اکسایش در ترکیب  $b$  برابر  $70$  و در استون  $16$  است؛ بنابراین نسبت خواسته شده برابر  $4/375$  ( $16/70$ ) است.



**عبارت (پ):** عدد اکسایش کربن ستاره‌دار در ترکیب  $b$  برابر  $(+1)$  است. برای بنزواتیک اسید، ۵ کربن با عدد اکسایش  $(-1)$  یافت می‌شود. **عبارت (ت):** عدد اکسایش اتم‌های کربن شماره ۱ و ۲ به ترتیب  $(+3)$  و  $(+2)$  می‌باشد، لذا مجموع آن‌ها برابر ۵ است. برای بررسی اعداد اکسایش مرکزی ترکیبات داده شده، در سه ترکیب نخست به روش معادله و در  $N_2 O$  به روش رسم ساختار لوویس عمل می‌کنیم:

$$H_p \underline{P} O_4 : 3(+1) + P + 4(-2) = 0 \Rightarrow P = 5$$

$$\underline{Cl} O_3^- : Cl + 3(-2) = -1 \Rightarrow Cl = 5$$

$$\underline{O} F_2 : O + 2(-1) = 0 \Rightarrow O = 2$$

$$N \equiv \underline{N} - \underline{O} : \Rightarrow \text{عدد اکسایش اتم مرکزی} = 5 - 3 = +2$$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های مرکزی در این چهار گونه برابر ۱۴ بوده و دو برابر ۵ (مجموع عدد اکسایش کربن‌های (۱) و (۲)) نیست!

**۳ ۲۱۶۵ B** به‌جز عبارت (ت) سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در اغلب عناصر گروه‌های ۱۴ تا ۱۷، یکان شماره گروه برابر تعداد الکترون‌های ظرفیت است. اگر این الکترون‌ها را برداریم، اتم به بالاترین عدد اکسایش خود (با علامت  $+$ ) می‌رسد. حال اگر با دادن الکترون، آرایش الکترونی اتم‌های این عناصر را به گاز نجیب هم‌دوره خود تبدیل کنیم، اتم به پایین‌ترین عدد اکسایش خود (با علامت  $-$ ) خواهد رسید.

**عبارت (ب):** پانزدهمین عنصر جدول تناوبی فسفر ( $15P$ ) است که بیشترین و کمترین عدد اکسایش آن به ترتیب  $(+5)$  و  $(-3)$  است.

$$15P = 5 \text{ یکان شماره گروه} = \text{بالاترین عدد اکسایش } 15P$$

$$15P = -3 \text{ شماره گروه} = \text{پایین‌ترین عدد اکسایش } 15P$$

**عبارت (پ):** حداقل و حداکثر عدد اکسایش در فلزات به ترتیب  $(-1)$  و صفر و در اکسیژن  $(-2)$  و  $(+2)$  است، پس تفاوت حداقل و حداکثر عدد اکسایش فلزات و اکسیژن به ترتیب برابر  $(1)$  و  $(4)$  است. **عبارت (ت):** حداقل و حداکثر عدد اکسایش در عناصر نافلز و شبه‌فلزی این گروه به ترتیب  $(-4)$  و  $(+4)$  است، در حالی که عناصر فلزی نمی‌توانند عدد اکسایش منفی داشته باشند و حداقل و حداکثر عدد اکسایش در آن‌ها به ترتیب صفر و  $(+4)$  است.

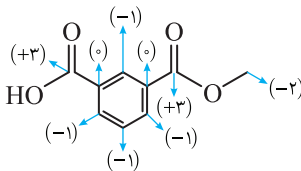


**نقطه ترکیب**

گروه ۱۴ جدول تناوبی: ۱- آرایش الکترونی لایه ظرفیت عناصر این گروه به صورت  $ns^2 np^2$  است و همگی ۴ الکترون ظرفیت دارند. ۲- گروهی از جدول تناوبی است که در آن هر سه نوع عنصر نافلز، شبه فلز و فلز یافت می شود. ۳- تمامی عناصر آن دارای رسانایی الکتریکی هستند که البته رسانایی الکتریکی شبه فلزهای سیلیسیم و ژرمانیم اندک است. ۴- به جز کربن، سایر عناصر آن دارای سطح براق و صیقلی هستند. ۵- به طور کلی، پس از گاز نجیب، کمترین واکنش پذیری را در میان عناصر هم دوره خود دارند. ۶- عدد اکسایش عناصر کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در ترکیبات آن‌ها در بازه (-۴) تا (+۴) قرار دارد. در حالی عدد اکسایش عناصر فلزی این گروه، یعنی قلع و سرب در ترکیبات آن‌ها در بازه (۰) تا (+۴) قرار دارد و نمی تواند منفی باشد. ۷- سه عنصر نخست این گروه، یعنی کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در ساختار بسیاری از جامدهای کووالانسی دیده می شوند.

عبارت (ت): به جز مس با اعداد اکسایش (+۱) و (+۲) سایر عناصر در ترکیبات خود فقط یک نوع عدد اکسایش دارند.

**A ۲۱۶۶ ۴** در مورد گروه‌های ۱۴ تا ۱۷، پایین‌ترین عدد اکسایش برابر (۱۸- شماره گروه) و بالاترین عدد اکسایش برابر یکان شماره گروه می باشد. اما عدد اکسایش اکسیژن از این قاعده پیروی نکرده و دامنه تغییرات آن از (-۲) تا (+۲) است.



**B ۲۱۶۷ ۳** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): حداکثر عدد اکسایش عناصر نافلزی O

N, C, و F به ترتیب (+۴), (+۵), و (+۲) (صفر) است. همان‌طور که ملاحظه می کنید، تغییرات این اعداد اکسایش به صورت نامنظم است. عبارت (ب): به طور کلی نافلزها، تنوع اعداد اکسایش بیشتری از فلزها دارند؛ زیرا فلزها برخلاف نافلزها نمی توانند عدد اکسایش منفی داشته باشند. عبارت (پ): حداقل و حداکثر عدد اکسایش برای اتم‌های کربن به ترتیب (-۴) و (+۴) و برای اتم‌های گوگرد به ترتیب (-۲) و (+۶) است. عبارت (ت): اعداد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب داده شده به صورت مقابل است. بیشترین عدد اکسایش اتم کربن برابر (+۴) است که در این ترکیب کربنی با چنین عدد اکسایشی دیده نمی شود.

**B ۲۱۶۸ ۳** به جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عدد اکسایش اتم اکسیژن در ترکیب‌های آن یکی از اعداد « ۱، ۲، یا -۲ » است. عبارت دوم: اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های  $H_p$  و در حالت عنصری خود، دارای عدد اکسایش صفر هستند. عبارت سوم: فلوئور برخلاف سایر هالوژن‌ها، فقط اعداد اکسایش صفر و (-۱) را دارد. عبارت چهارم: کمترین و بیشترین عدد اکسایش برای اتم‌های کربن به ترتیب (-۴) و (+۴) است.

**B ۲۱۶۹ ۳** عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. ابتدا عدد اکسایش X و A را در هر یک از گونه‌ها به دست می آوریم:



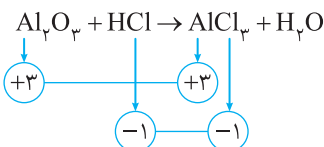
با توجه به اینکه X و A هر دو نافلز هستند و در نافلزها به جز اکسیژن و فلوئور، بزرگ‌ترین عدد اکسایش همان یکان شماره گروه است، می توان نتیجه گرفت که X عنصری از گروه ۱۷ به جز فلوئور بوده و A عنصری از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: A عنصری از گروه ۱۴ است. عبارت دوم: تنها نافلز گروه ۱۴ کربن است، پس عنصر A همان کربن (C) می باشد، که در دوره دوم جدول تناوبی جای دارد. عبارت سوم: عنصر X متعلق به گروه ۱۷ است، از طرفی اکسندترین عنصر جدول تناوبی، فلوئور (F) است که آن نیز متعلق به گروه ۱۷ می باشد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی لایه ظرفیت عناصر گروه ۱۷ به صورت  $ns^2 np^5$  و آرایش الکترونی عناصر گروه ۱۴ به صورت  $ns^2 np^2$  است، پس می توان گفت که ۵ الکترون در آخرین زیرلایه اشغال شده اتم X و ۲ الکترون در آخرین زیرلایه اشغال شده اتم A، جای دارد:



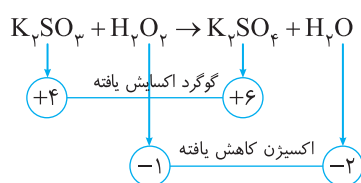
**B ۲۱۷۰ ۴** هر چهار مورد نادرست هستند. با توجه به تعداد الکترون‌های موجود در هر لایه، عنصر X همان  $Cr$  ۲۴ است.  $Cr: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  بررسی عبارت‌ها: مورد اول: عنصر X، عنصری واسطه از گروه ۶ جدول دوره‌ای است. مورد دوم: در دوره چهارم جدول تناوبی، عناصر  $K$  ۱۹،  $Cr$  ۲۴ و  $Cu$  ۲۹ در بیرونی‌ترین لایه الکترونی خود تنها یک الکترون دارند. مورد سوم: بالاترین عدد اکسایش  $Cr$  ۲۴ برابر (+۶) است. مورد چهارم: داده‌های طیف‌سنجی نشان می دهد که آرایش الکترونی اتم عنصر X از قاعده آفبا پیروی نمی کند.

**A ۲۱۷۱ ۱** فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: واکنش‌های اکسایش - کاهش با دادوستد و تبادل الکترون و یا تغییر عدد اکسایش اتم‌ها همراه هستند. عبارت دوم: در بین واکنش‌های شیمیایی، الزاماً تمام واکنش‌ها، اکسایش - کاهش نیستند. عبارت سوم: اگر حداقل در یک سمت معادله واکنش، عنصری به شکل اتمی مانند Na یا دو اتمی مانند  $H_2$  وجود داشته باشد، آن واکنش الزاماً یک واکنش اکسایش - کاهش است. عبارت چهارم: در واکنش‌های اکسایش - کاهش عدد اکسایش حداقل یک گونه افزایش (گونه کاهشنده) و عدد اکسایش حداقل یک گونه کاهش می یابد (گونه اکسندنده).

**B ۲۱۷۲ ۱** موارد (الف) و (ب) در یک واکنش اکسایش - کاهش دیده نمی شوند. بررسی موارد: عبارت (الف): در واکنش اکسایش - کاهش الزاماً عدد اکسایش همه عنصرها تغییر نمی کند. عدد اکسایش حداقل یک عنصر کاهش و عدد اکسایش حداقل یک عنصر افزایش می یابد. عبارت (ب): گونه کاهشنده، خود اکسایش یافته و الکترون از دست می دهد و این الکترون به گونه اکسندنده که با گرفتن الکترون کاهش می یابد، منتقل می شود. عبارت (پ): عدد اکسایش گونه اکسندنده با گرفتن الکترون و کاهش یافتن، کاهش می یابد. عبارت (ت): طی نیم واکنش اکسایش، گونه کاهشنده با از دست دادن الکترون اکسایش می یابد. بنابراین گونه کاهشنده در سمت چپ قرار می گیرد. در واکنش  $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$  گونه کاهشنده و  $M^{n+}$  گونه اکسندنده است.



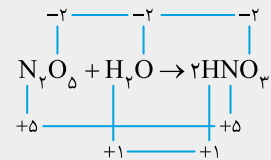
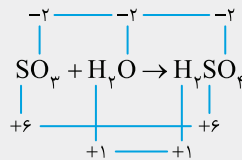
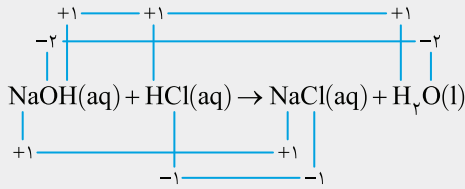
**A ۲۱۷۳ ۳** در واکنش‌هایی که از نوع اکسایش - کاهش نیستند، عدد اکسایش تمام اتم‌ها بدون تغییر باقی می ماند. در واکنش گزینه (۳) عدد اکسایش همه اتم‌ها ثابت است. عدد اکسایش اتم اکسیژن در دو طرف معادله واکنش (-۲) و عدد اکسایش اتم هیدروژن در دو طرف معادله واکنش (+۱) است.



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): به دلیل وجود عنصر به حالت آزاد ( $O_2$ )، این واکنش اکسایش - کاهش است. گزینه (۲): عدد اکسایش گوگرد افزایش یافته و عدد اکسایش اکسیژن کاهش یافته است. گزینه (۴): وجود مولکول‌های دو اتمی  $F_2$  و  $Cl_2$  نشان دهنده واکنش اکسایش - کاهش است.

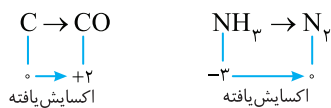
**نکته ترکیبی** به طور کلی دو دسته از واکنش‌ها در هیچ حالتی از نوع اکسایش - کاهش نیستند.

**الف)** واکنش انحلال اکسیدهای اسیدی و بازی در آب؛ برای مثال به واکنش انحلال  $\text{SO}_3$  و  $\text{N}_2\text{O}_5$  در آب توجه کنید. در این واکنش‌ها، عدد اکسایش هیچ کدام از اتم‌ها تغییر نمی‌کند.



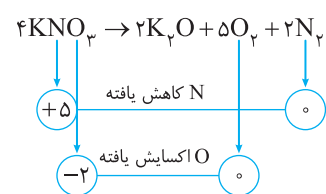
به‌جز واکنش (IV) که در آن الکترون از Al به  $\text{Fe}^{3+}$  منتقل می‌شود، سایر واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نبوده و در آن‌ها، تغییر عدد اکسایش اتم‌ها و مبادله الکترون صورت نمی‌گیرد.

**۱ ۲۱۷۵ B** واکنش‌های موجود در موارد (ب) و (ث)، جمله داده شده را به درستی کامل می‌کنند. با توجه به جمله مطرح شده در صورت سؤال، واکنش اول باید واکنش اکسایش - کاهش باشد ولی واکنش دوم، باید واکنش اکسایش - کاهش نباشد. بررسی موارد: **عبارت (الف):** در واکنش اول، عنصرهای تک‌اتمی C و Fe و در واکنش دوم، عنصر دی‌اتمی  $\text{O}_2$  حضور دارند؛ پس هر دو واکنش از نوع اکسایش - کاهش هستند. **عبارت (ب):** واکنش اول به دلیل داشتن  $\text{H}_2$ ، واکنش اکسایش - کاهش است. در واکنش دوم عدد اکسایش اتم‌ها تغییری نکرده است، پس واکنش اکسایش - کاهش نیست. (عدد اکسایش اتم‌های آهن، اکسیژن، کلر، هیدروژن و سدیم به ترتیب برابر  $(+2)$ ،  $(-2)$ ،  $(-1)$ ،  $(+1)$  و  $(+1)$  است). **عبارت (پ):** در واکنش اول، عدد اکسایش همه گونه‌ها ثابت و بدون تغییر مانده است. واکنش سوختن اتانول نیز از نوع اکسایش - کاهش است. **عبارت (ت):** در هر دو واکنش، اعداد اکسایش گونه‌ها ثابت و بدون تغییر مانده است. **عبارت (ث):** در واکنش سیرشدن اتم، در سمت واکنش دهنده‌ها گونه عنصری هیدروژن ( $\text{H}_2$ ) وجود دارد؛ پس این واکنش از نوع اکسایش - کاهش است. در واکنش انحلال اکسیدهای نافلزلی مانند  $\text{CO}_2$  در آب، عدد اکسایش اتم‌ها تغییر نمی‌کند؛ پس این واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش نیستند.



**۳ ۲۱۷۶ B** به‌جز عبارت (پ) سایر عبارات درست هستند. بررسی عبارات: **عبارت (الف):** کاهنده گونه‌ای است که اکسایش می‌یابد. یعنی الکترون از دست داده و عدد اکسایش آن افزایش می‌یابد. (مثبت‌تر می‌شود) **عبارت (ب):** در فرایندهای داده شده داریم:

همان‌طور که مشاهده می‌کنید هر دو فرایند مربوط به اکسایش هستند. **عبارت (پ):** در واکنش داده شده، الکترون از اتم‌های Na به یون  $\text{Fe}^{3+}$  منتقل شده است و عدد اکسایش  $\text{Fe}^{3+}$  کاهش یافته، پس یون‌های  $\text{Fe}^{3+}$  اکسند هستند. **عبارت (ت):** در واکنش‌های اکسایش - کاهش، گونه کاهنده با دادن الکترون به گونه دیگر سبب کاهش آن می‌شود.

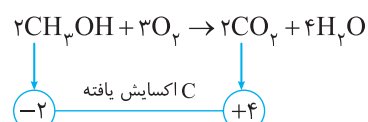
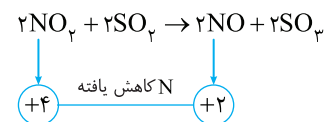


**۱ ۲۱۷۷ B** نقش عنصر نیتروژن در واکنش داده شده در صورت تست مشابه نقش عنصر مشخص شده در واکنش دوم است. در واکنش زیر، همان‌طور که مشخص شده، عنصر نیتروژن نقش اکسند و عنصر اکسیژن نقش کاهنده را دارد.

**بررسی واکنش‌ها:**

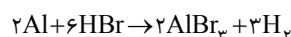
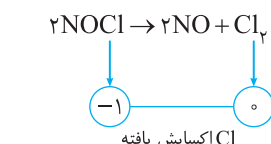
**واکنش اول:** اتم کربن نقش کاهنده را دارد.

**واکنش دوم:** اتم نیتروژن نقش اکسند را دارد.

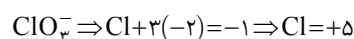
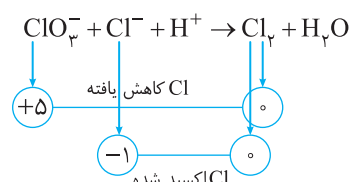


**واکنش سوم:** در این واکنش عدد اکسایش اتم برم تغییر نکرده است.

**واکنش چهارم:** اتم کلر نقش کاهنده را دارد.

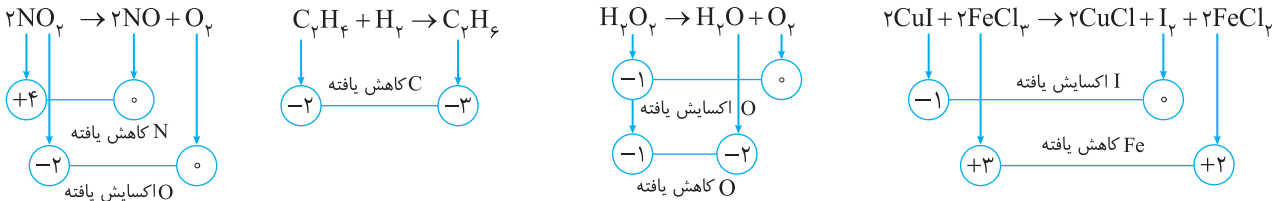


**۲ ۲۱۷۸ B** عبارات (پ) و (ث) نادرست هستند. **عبارت (الف):** همان‌طور که مشخص شد، کلر هم نقش اکسند و هم نقش کاهنده دارد. **عبارت (ب):** عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن و هیدروژن بدون تغییر می‌باشد، بنابراین نه اکسند و نه کاهنده‌اند. **عبارت (پ):** در این واکنش همان‌طور که مشخص شده، کلر هم نقش اکسند و هم نقش کاهنده را دارد. اندازه تغییر عدد اکسایش اتم کاهنده (۱)، از اندازه تغییر عدد اکسایش اتم اکسند (۵) کمتر است. **عبارت (ت):** عدد اکسایش اتم هیدروژن در یون  $\text{H}^+$  برابر  $(+1)$  و در ترکیب با نافلزها نیز برابر  $(+1)$  می‌باشد. **عبارت (ث):** حداقل و حداکثر عدد اکسایش برای اتم کلر به ترتیب  $(-1)$  و  $(+7)$  است. اتم کلر در  $\text{Cl}^-$  کمترین عدد اکسایش خود را دارد ولی در  $\text{ClO}_3^-$  بیشترین عدد اکسایش خود را ندارد.

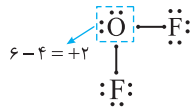
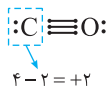




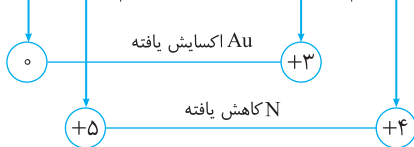
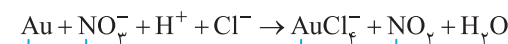
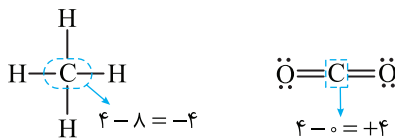
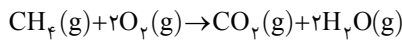
۳ ۲۱۷۹ B در واکنش نوشته شده در ردیف سوم، همان‌طور که مشخص شده، اتم نیتروژن کاهش یافته و اتم اکسیژن اکسایش یافته است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در واکنش (۱)، عدد اکسایش اتم کربن در  $C_2H_4$  کاهش یافته است. گزینه (۲): در واکنش (۲)، همان‌طور که مشخص شده،  $H_2O_2$  هم اکسیده و هم کاهش یافته است، زیرا عدد اکسایش اکسیژن از (-۱) به (-۲) و صفر رسیده است. گزینه (۴): در واکنش (۴)، همان‌طور که مشخص شده، اتم آهن در  $FeCl_3$  نقش اکسیده و اتم ید در  $CuI$  نقش کاهش یافته را دارد.



\* توجه عدد اکسایش اتم اکسیژن در پراکسید ( $O_2^{2-}$ ) برابر (-۱) و در اکسید ( $O^{2-}$ ) برابر (-۲) می‌باشد.

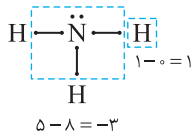


۱ ۲۱۸۰ B عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به ساختار الکترون - نقطه‌ای نشان داده شده، عدد اکسایش اتم اکسیژن در  $OF_2$  و عدد اکسایش اتم کربن در  $CO$  با همدیگر برابر است. عبارت (ب): فلئور قوی‌ترین نافلز موجود است و نافلزها خاصیت اکسندگی دارند. پس  $F_2(g)$  اکسنده‌ترین گونه در جدول پتانسیل کاهش استاندارد است. عبارت (پ): به دلیل واکنش‌پذیری کم و قدرت کاهش‌دهی پایین پلاتین ( $E^\circ = 1/20V$ ) از آن در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی استفاده می‌کنند. عبارت (ت): واکنش سوختن کامل متان به صورت روبه‌رو است: عدد اکسایش اتم کربن در گاز متان (-۴) و عدد اکسایش اتم کربن در گاز کربن دی‌اکسید (+۴) است در نتیجه عدد اکسایش آن ۸ درجه افزایش پیدا کرده است.



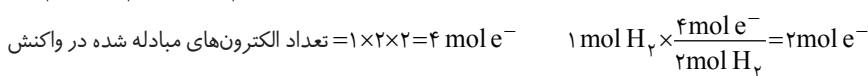
عبارت (ث): همان‌طور که مشخص شده، در این واکنش عنصر  $Au$  کاهش می‌یابد زیرا عدد اکسایش آن به اندازه ۳ واحد افزایش یافته است و از طرفی عنصر نیتروژن اکسیده بوده زیرا عدد اکسایش آن به اندازه یک واحد کاهش یافته است. بنابراین نسبت خواسته شده  $\frac{3}{1}$  می‌باشد.

۱ ۲۱۸۱ B عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش (۲) عدد اکسایش پتاسیم (K) در هر دو طرف برابر (+۱) است و تغییر نکرده است. عبارت (ب): عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن و هیدروژن در آمونیاک را بررسی می‌کنیم:

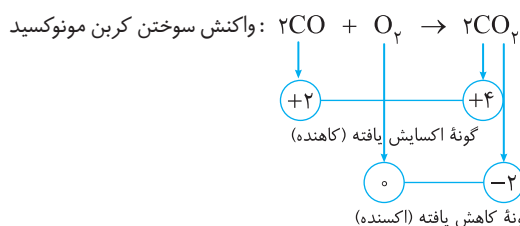
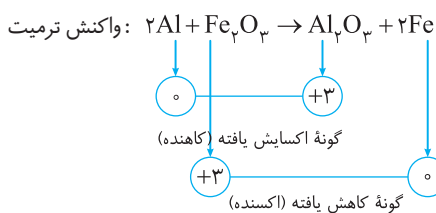


با توجه به افزایش عدد اکسایش گاز هیدروژن، پس این عنصر اکسایش یافته و به عنوان گونه کاهش‌دهنده عمل می‌کند. عبارت (پ): در واکنش (۳)، با توجه به توضیحات عبارت (ب) می‌توان گفت گاز نیتروژن نقش اکسنده را دارد اما، در واکنش (۱) با توجه به اکسید شدن نیتروژن مشخص است که این عنصر نقش کاهش‌دهنده را دارد. عبارت (ت): در واکنش (۲) محلول پتاسیم یدید نقش کاهش‌دهنده و گاز کلر نقش اکسنده را دارد و مقایسه کاهش‌دهی این دو با یکدیگر مقایسه درستی نمی‌باشد.

۲ ۲۱۸۲ B عبارت‌های (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش سوختن هیدروژن، واکنش اکسایش - کاهش می‌باشد و به ازای سوختن هر مول گاز هیدروژن، دو مول الکترون در این واکنش مبادله می‌شود:



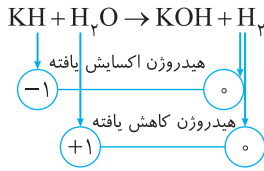
عبارت (ب): گونه اکسایش یافته در واکنش سوختن هیدروژن، اتم هیدروژن است که متعلق به دسته S جدول دوره‌ای می‌باشد. عبارت (پ): با تشکیل معادله، عدد اکسایش اتم کلر را در هر ترکیب محاسبه می‌کنیم:  $HClO_3 \Rightarrow (+1) + x + 3(-2) = 0 \Rightarrow x = +5$  ،  $HClO_4 \Rightarrow (+1) + x + 4(-2) = 0 \Rightarrow x = +7$  بنابراین اختلاف عدد اکسایش اتم کلر در ترکیب‌های  $HClO_3$  و  $HClO_4$  برابر ۲ می‌باشد. عبارت (ت): فرآورده واکنش سوختن هیدروژن،  $H_2O$  است که عدد اکسایش اتم هیدروژن در آن، برابر با (+۱) است. عدد اکسایش مس در  $CuCl_2$  را با تشکیل معادله تعیین می‌کنیم:  $CuCl_2 \Rightarrow x + 2(-1) = 0 \Rightarrow x = +2$  عبارت (ث): ابتدا گونه‌های اکسیده و کاهش‌دهنده را در هر یک از دو واکنش داده شده تعیین می‌کنیم:



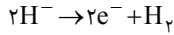
اکنون حاصل تفاضل مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

(تغییر عدد اکسایش گونه کاهش‌دهنده (Al) در واکنش ترمیت) - (تغییر عدد اکسایش گونه اکسیده (O) در واکنش سوختن کربن مونوکسید)

$$= ((-2) - 0) - ((+3) - 0) = -5$$



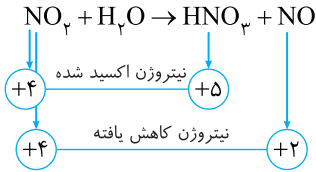
**B ۲۱۸۳ ۳** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به واکنش، اتم هیدروژن با سه عدد اکسایش متفاوت در واکنش وجود دارد، (۰)، (۱-)، (۱+)؛ بنابراین هیدروژن هم اکسید شده و هم کاهش یافته است. عبارت (ب): عدد اکسایش پتاسیم تغییری نکرده است، پس اکسایش یا کاهش نیافته است. عبارت (پ): عنصر هیدروژن کاهش یافته و نیم‌واکنش کاهش مربوط به ترکیب  $H_2O$  است. عبارت (ت): عدد اکسایش پتاسیم در هر دو سمت واکنش برابر (۱+) بوده و نقشی در واکنش ندارد (یون تماشاگر).



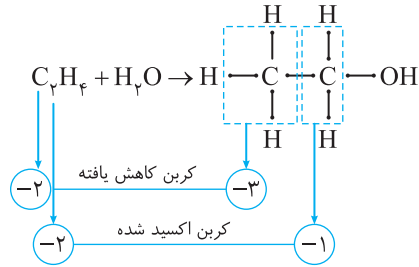
نیم‌واکنش اکسایش مربوط به  $H^-$  است.

**B ۲۱۸۴ ۳** در اغلب موارد اگر در واکنشی یک عنصر با سه عدد اکسایش متفاوت حضور داشته باشد، در این واکنش، یک عنصر هم اکسایش و هم کاهش یافته است. در واکنش‌های (الف)، (ب) و (پ) به ترتیب عنصرهای کربن، نیتروژن و کربن هم اکسایش و هم کاهش یافته‌اند. بررسی واکنش‌ها:

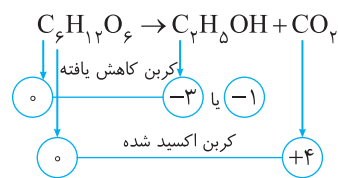
واکنش (ب):



واکنش (ت): در این واکنش عنصری وجود ندارد که هم اکسایش و هم کاهش یافته باشد.

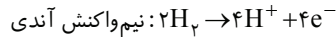
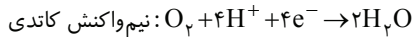


واکنش (الف):



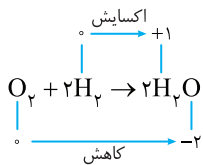
واکنش (پ):

**B ۲۱۸۵ ۴** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نیم‌واکنش‌های اکسایش - کاهش در این سلول به صورت زیر است:



به‌ازای مصرف ۲ مول گاز هیدروژن در آند، یک مول گاز اکسیژن در کاتد مصرف می‌شود.  $\frac{2 \times 2}{32} = \frac{0.125}{1}$  جرم ۲ مول  $H_2$  = جرم گاز مصرف شده در آند / جرم ۱ مول  $O_2$  = جرم گاز مصرف شده در کاتد

عبارت (ب):  $g O_2 = \frac{2}{4} \times 1 \times 10^{24} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6.02 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 32 \text{ g } O_2$

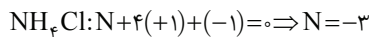


عبارت (ب):  $E^\circ$  نیم‌واکنش  $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$  برابر با صفر و  $emf$  واکنش صورت گرفته در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن برابر  $E^\circ$  نیم‌واکنش دیگر آن یعنی نیم‌واکنش کاتدی است. عبارت (ت): اندازه تغییر عدد اکسایش هر اتم کاهنده نصف اندازه تغییر عدد اکسایش هر اتم اکسایش یافته و نقش کاهنده را داشته باشد. پایین‌ترین عدد اکسایش اتم عدد اکسایش هر اتم اکسیده است.

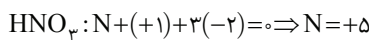
**B ۲۱۸۶ ۲** در گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ پایین‌ترین عدد اکسایش اتم‌ها از رابطه (۱۸- شماره گروه) محاسبه می‌شود. اگر اتمی در یک ترکیب دارای پایین‌ترین عدد اکسایش خود باشد، تنها می‌تواند با از دست دادن الکترون و افزایش عدد اکسایش، اکسایش یابد و تنها نقش کاهنده را داشته باشد. پایین‌ترین عدد اکسایش اتم نیتروژن  $-3 = 18 - 15$ ، و بالاترین عدد اکسایش نیتروژن (۵+) است.

بررسی مولکول‌ها: مولکول a: عدد اکسایش نیتروژن در  $NO_2$  برابر (۴+) است که هم می‌تواند تا عدد اکسایش (۳-) کاهش یافته و نقش اکسیده داشته باشد و هم می‌تواند تا عدد اکسایش (۵+) اکسایش یافته و نقش کاهنده داشته باشد.

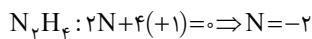
مولکول b: عدد اکسایش اتم نیتروژن در  $NH_4Cl$  برابر (۳-) می‌باشد. پس تنها می‌تواند تا عدد اکسایش (۵+) اکسایش یافته و کاهنده باشد.



مولکول c: عدد اکسایش اتم نیتروژن در  $HNO_3$  برابر (۵+) می‌باشد که تنها می‌تواند تا عدد اکسایش (۳-) کاهش یافته و اکسیده باشد.



مولکول d: عدد اکسایش اتم نیتروژن در  $N_2H_4$  برابر (۲-) می‌باشد که هم می‌تواند تا عدد اکسایش (۳-) کاهش یافته و اکسیده باشد و هم می‌تواند تا عدد اکسایش (۵+) اکسید شده و کاهنده باشد.



**B ۲۱۸۷ ۳** همه موارد به جز مورد چهارم، جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. بررسی موارد: مورد اول: نیتروژن در  $NH_4^+$  دارای پایین‌ترین عدد اکسایش (۳-) می‌باشد و فقط می‌تواند کاهنده باشد. گوگرد در  $SO_4^{2-}$  با عدد اکسایش (۴+) می‌تواند هم اکسیده (کاهش تا عدد اکسایش (۲-) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش (۶+) باشد.  $NH_4^+: N + 4(+1) = 1 \Rightarrow N = -3$  ،  $SO_4^{2-}: S + 4(-2) = -2 \Rightarrow S = +6$

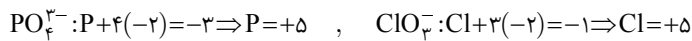




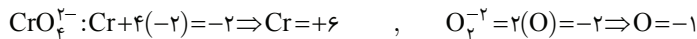
**مورد دوم:** نیتروژن در  $\text{NO}_3^-$  با عدد اکسایش (+۵) تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -۳) باشد. ید در  $\text{ICl}_4^-$  با عدد اکسایش (+۳) می‌تواند هم اکسنده (کاهش تا عدد اکسایش -۱) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش +۷) باشد.



**مورد سوم:** فسفر در  $\text{PO}_4^{3-}$  با عدد اکسایش (+۵) تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -۳) باشد. کلر در  $\text{ClO}_3^-$  با عدد اکسایش (+۵) می‌تواند هم اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -۱) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش +۷) باشد.

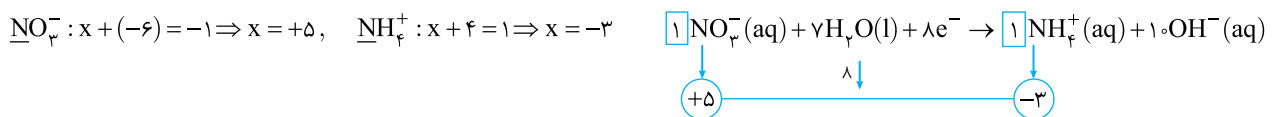


**مورد چهارم:** کروم در  $\text{CrO}_4^{2-}$  با عدد اکسایش (+۶) تنها می‌تواند اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش صفر) باشد. اکسیژن در  $\text{O}_2^{2-}$  با عدد اکسایش (-۱) می‌تواند هم اکسنده (کاهش تا عدد اکسایش -۲) و هم کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش +۲) باشد.

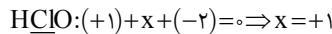


**۱ ۲۱۸۸ B** عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصرهای Zn، Al، F و Sr به ترتیب تنها دارای عدد اکسایش (+۳)، (+۲)، (-۱) و (+۲) در ترکیب‌های خود می‌باشند. عبارت (ب): پایین‌ترین عدد اکسایش از رابطه (-۱۸ - شماره گروه) محاسبه می‌شود و بالاترین عدد اکسایش یکان شماره گروه می‌باشد. اما اکسیژن از این قاعده پیروی نمی‌کند و دامنه تغییرات عدد اکسایش آن از (-۲) تا (+۲) می‌باشد. بنابراین نمی‌تواند عدد اکسایش (-۳) داشته باشد. عبارت (پ): اکسیژن در  $\text{OF}_2$  با عدد اکسایش (+۲) فقط نقش اکسنده (کاهش یافتن تا عدد اکسایش -۲)، در  $\text{H}_2\text{O}$  با عدد اکسایش (-۲) فقط نقش کاهنده (اکسید شدن تا عدد اکسایش +۲) و در  $\text{H}_2\text{O}_2$  با عدد اکسایش (-۱) هم نقش اکسنده و هم نقش کاهنده را دارد. عبارت (ت): دامنه تغییرات عدد اکسایش اتم فسفر برابر ۸ بوده (از (-۳) تا (+۵)) و دو برابر دامنه تغییرات عدد اکسایش اتم اکسیژن است. (از (-۲) تا (+۲)) که برابر ۴ است. عبارت (ث): واکنش خنثی شدن اسیدها و بازها از نوع اکسایش - کاهش نیست و در واکنش داده شده،  $\text{HNO}_3$  نقش اکسنده یا کاهنده ندارد.

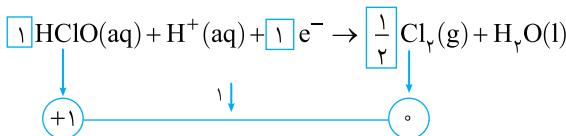
**۱ ۲۱۸۹ B** ابتدا تغییر عدد اکسایش نیتروژن را محاسبه کرده و عدد به دست آمده را ضریب الکترون قرار می‌دهیم و سپس موازنه بار و جرم کامل می‌کنیم:



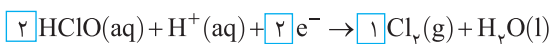
مراحل موازنه: ضریب  $e^- = 8 \leftarrow$  موازنه N  $\leftarrow 1 \text{NO}_3^- \rightarrow 1 \text{NH}_4^+$  موازنه بار  $\leftarrow 8 \text{OH}^-$  موازنه H و O  $\leftarrow (\nu \text{H}_2\text{O})$  بنابراین مجموع ضرایب تمام گونه‌ها در سمت چپ برابر ۱۶ است. در ادامه باید تغییر عدد اکسایش کلر را محاسبه کنیم:



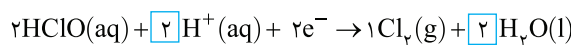
ضریب ترکیب شامل عنصر کاهنده یا اکسنده را یک و تغییر عدد اکسایش را ضریب الکترون قرار می‌دهیم.



در قدم بعدی باید Cl را موازنه کنیم، برای این منظور مجبوریم ضریب  $\text{Cl}_2$  را برابر  $\frac{1}{2}$  قرار دهیم؛ ولی چون در موازنه نباید از ضرایب کسری استفاده کنیم، ابتدا ضرایب معلوم شده را در عدد ۲ ضرب کرده و سپس موازنه را ادامه می‌دهیم:

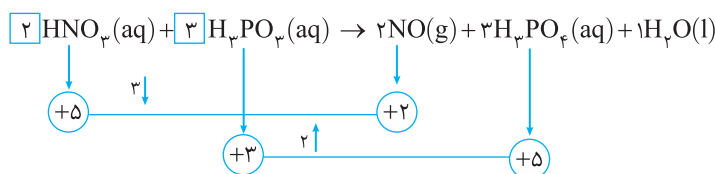


در انتها کافی است موازنه بار و موازنه H و O را انجام دهیم:

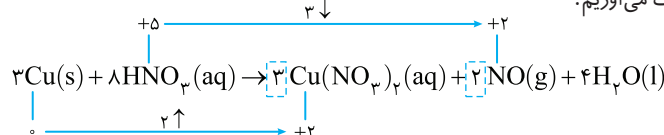


مجموع ضریب تمام گونه‌های واکنش (II) برابر ۹ است، بنابراین نسبت خواسته شده برابر  $\frac{16}{9}$  است.

**۲ ۲۱۹۰ B** قسمت اول: ابتدا تغییر عدد اکسایش اکسنده و کاهنده را به دست می‌آوریم؛ سپس موازنه را کامل می‌کنیم.



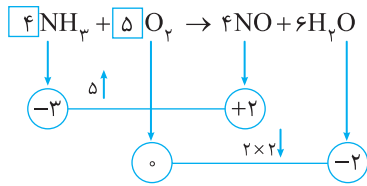
مراحل موازنه: موازنه اکسنده و کاهنده  $\leftarrow$  موازنه N  $\leftarrow 2\text{NO}$  موازنه P  $\leftarrow 3\text{H}_3\text{PO}_4$  موازنه O و H  $\leftarrow 1\text{H}_2\text{O}$  بنابراین ضریب دو ماده ( $\text{NO}$  و  $\text{HNO}_3$ ) برابر ۲ است. قسمت دوم: ابتدا تغییر عدد اکسایش اکسنده و کاهنده را به دست می‌آوریم:



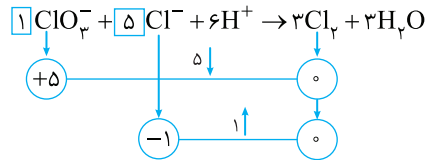
مراحل موازنه: شروع موازنه اکسنده و کاهنده از سمت راست معادله  $\leftarrow$  موازنه Cu  $\leftarrow 3\text{Cu}$  موازنه N  $\leftarrow 2\text{NO}$  موازنه H  $\leftarrow 4\text{H}_2\text{O}$  موازنه O  $\leftarrow 8\text{HNO}_3$  استوکیومتری گونه‌ها در واکنش (II) برابر ۲۰ است.



عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. ابتدا هر یک از واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم: موازنه واکنش اول:



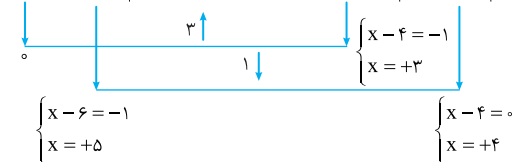
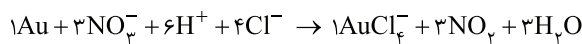
موازنه واکنش دوم: مراحل موازنه:



موازنه اکسند و کاهنده ← موازنه بار ( $6\text{H}^+$ ) ← موازنه  $\text{Cl}$  ( $3\text{Cl}_2$ ) ← موازنه  $\text{H}$  و  $\text{O}$  ( $3\text{H}_2\text{O}$ )

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ضریب استوکیومتری  $\text{H}^+$  در واکنش (II) و ضریب استوکیومتری  $\text{H}_2\text{O}$  در واکنش (I) برابر ۶ است. عبارت (ب): در واکنش (II) همان‌طور که مشخص شده اتم کلر هم اکسایش و

هم کاهش یافته است. عبارت (پ): همان‌طور که مشخص شده، اتم نیتروژن اکسایش یافته و کاهنده است و ضریب استوکیومتری  $\text{NH}_3$  برابر ۴ است. عبارت (ت): گونه کاهنده در واکنش (II)،  $\text{Cl}^-$  و گونه اکسند در واکنش (I)،  $\text{O}_2$  است. بنابراین نسبت ضریب استوکیومتری ( $\text{Cl}^-$ ) به ضریب استوکیومتری ( $\text{O}_2$ ) برابر ۱ (۵) است.



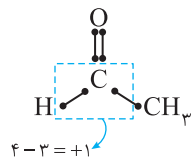
همه عبارت‌ها به جز عبارت چهارم درست هستند. ابتدا با محاسبه

تغییر عدد اکسایش واکنش را موازنه می‌کنیم. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مجموع ضرایب یون‌ها برابر  $3+6+4+1=14$  می‌باشد. عبارت دوم: در این واکنش اتم نیتروژن در یون نیترات یک واحد کاهش عدد اکسایش داشته و اکسند است.

\* توجه: طلا ( $\text{Au}$ ) ۳ واحد افزایش عدد اکسایش داشته و کاهنده است.

عبارت سوم: تعداد الکترون‌های مبادله شده برابر است با  $1 \times 1 \times 3 = 3$

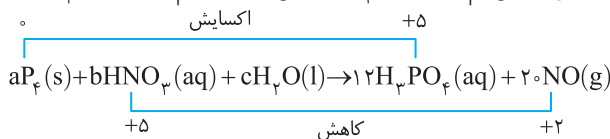
\* توجه: برای محاسبه تعداد الکترون مبادله شده از رابطه: «تغییر عدد اکسایش  $\times$  ضریب  $\times$  زیروند» استفاده کردیم.



عبارت چهارم: تغییر عدد اکسایش عنصر کاهنده در این واکنش برابر ۳ است در حالی که عدد اکسایش کربن گروه عامل در اتانال برابر ۱ می‌باشد.

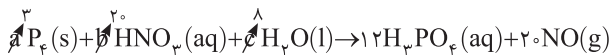
عبارت‌های اول تا چهارم درست می‌باشند. روش اول: برای موازنه معادله واکنش، به این نکته توجه کنید که در یک واکنش اکسایش-کاهش، مجموع تغییر

عدد اکسایش گونه‌های اکسند با مجموع تغییر عدد اکسایش گونه‌های کاهنده برابر است. در این واکنش اتم‌های P در  $\text{P}_4$  اکسایش یافته‌اند و اتم‌های N در  $\text{HNO}_3$  کاهش یافته‌اند.

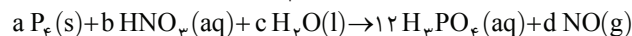


با توجه به اینکه ضریب  $\text{H}_3\text{PO}_4$  برابر ۱۲ است، پس در سمت راست معادله، ۱۲ اتم P داریم و باید در سمت چپ نیز ۱۲ اتم فسفر داشته باشیم، پس ضریب  $\text{P}_4$  یعنی a برابر ۳ است. در واقع در این واکنش ۱۲ اتم P وجود دارد که عدد اکسایش هر کدام ۵ واحد افزایش یافته است و در واقع مجموع تغییر عدد اکسایش گونه کاهنده برابر  $60$  ( $12 \times 5$ ) است. پس مجموع تغییر عدد اکسایش اتم‌های اکسند یعنی N نیز باید برابر ۶۰ باشد. از آنجا که تغییر عدد اکسایش هر اتم N برابر ۳ است،

پس در هر طرف معادله باید ۲۰ اتم N وجود داشته باشد؛ بنابراین ضریب  $\text{HNO}_3$  یعنی b و ضریب  $\text{NO}$  نیز برابر ۲۰ است. در آخر با بررسی شمار اتم‌های H ضریب  $\text{H}_2\text{O}$  به دست می‌آید که برابر ۸ است.



روش دوم: موازنه واکنش را می‌توانستید از روش تشکیل معادله نیز انجام دهید: (در معادله زیر، ضریب d را خودمان قرار دادیم.)



برای هر عنصر یک معادله تشکیل می‌دهیم:

$$\begin{cases} \text{P: } 4a = 12 \Rightarrow a = 3 \\ \text{H: } b + 2c = 12(3) \\ \text{N: } b = d \\ \text{O: } 3b + c = 12(4) + d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b + 2c = 36 \\ 2b + c = 48 \end{cases} \Rightarrow b = 20, c = 8, d = 20$$

معادله موازنه شده واکنش:

$$\frac{c}{b} = \frac{8}{20} = \frac{2}{5}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به معادله موازنه شده واکنش، C برابر ۸ و b برابر ۲۰ است:

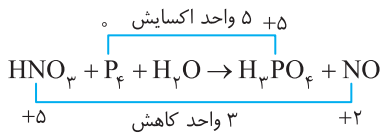
عبارت دوم: در این واکنش، یون چند اتمی  $\text{NO}_3^-$  نقش اکسند را داشته و باعث اکسایش اتم‌های فسفر می‌شود. عبارت سوم: تغییرات عدد اکسایش در این واکنش

مربوط به فسفر و نیتروژن است و عدد اکسایش اتم O در تمامی ترکیبات ثابت و برابر ۲- است. عبارت چهارم: ضریب استوکیومتری  $\text{HNO}_3$  در واکنش دهنده‌ها

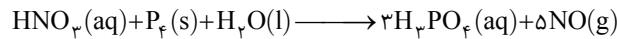
با ضریب استوکیومتری NO در فرآورده‌ها یکسان و برابر ۲۰ است. عبارت پنجم: عدد اکسایش هر اتم نیتروژن در این واکنش از (+۵) به (+۲)، یعنی به اندازه



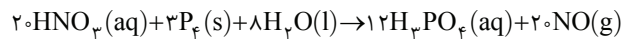
۳ واحد کاهش و عدد اکسایش هر اتم فسفر در این واکنش از (صفر) به (+۵)، یعنی به اندازه ۵ واحد افزایش می‌یابد. P<sub>۴</sub> گونه کاهنده است که هر اتم آن ۵ واحد اکسایش می‌یابد که در مجموع این گونه ۲۰ واحد تغییر عدد اکسایش دارد. HNO<sub>۳</sub> نیز گونه اکسنده است که در آن فقط عدد اکسایش اتم N، ۳ واحد تغییر می‌کند. پس تفاوت تغییر عدد اکسایش این دو گونه برابر ۱۷ است و در معادله موازنه شده واکنش، ضریب استوکیومتری هیچکدام از گونه‌ها برابر ۱۷ نیست.



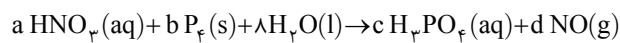
**C ۲۱۹۴ ۳** به‌جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست‌اند. **روش اول:** برای موازنه واکنش، به این نکته توجه کنید که در یک واکنش اکسایش-کاهش، مجموع تغییر عدد اکسایش گونه اکسنده با مجموع تغییر عدد اکسایش گونه کاهنده برابر است. در معادله داده شده، ضریب H<sub>۲</sub>O مشخص است ولی این ضریب به ما کمکی نمی‌کند و باید مراحل موازنه به روش اکسایش-کاهش را به‌طور کامل انجام دهیم: ابتدا تغییر عدد اکسایش اتم‌های اکسنده و کاهنده را محاسبه می‌کنیم؛ سپس تغییرات هر گونه را به‌عنوان ضریب استوکیومتری گونه دیگر قرار می‌دهیم: (این کار را در سمت فرآورده‌ها انجام می‌دهیم).



حال ادامه موازنه را به روش واریسی انجام می‌دهیم. در این شرایط ضریب P<sub>۴</sub> برابر ۳/۴ و ضریب HNO<sub>۳</sub> برابر ۵ و ضریب H<sub>۲</sub>O برابر ۲ می‌شود. اکنون همه ضرایب را در عدد ۴ ضرب می‌کنیم که ضریب کسری نداشته باشیم:



**روش دوم:** این موازنه را به روش تشکیل معادله نیز می‌توانید حل نمایید. به این منظور برای هر ماده که ضریب مجهول دارد یک حرف انگلیسی در نظر گرفته و برای هر عنصر یک معادله تشکیل می‌دهیم:



$$\begin{cases} \text{H: } a + 8(2) = 3c \\ \text{N: } a = d \\ \text{O: } 3a + 8(1) = 4c + d \\ \text{P: } 4b = c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3a + 16 = 4c + a \\ 3a - 4c = -16 \\ 2a - 4c = -16 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 20, c = 12 \Rightarrow a = d \Rightarrow d = 20, 4b = c = 12 \Rightarrow b = 3 \end{cases}$$

ضرایب را در معادله قرار می‌دهیم و به معادله موازنه شده می‌رسیم:

**بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در نیتریک اسید (HNO<sub>۳</sub>) و فسفریک اسید (H<sub>۳</sub>PO<sub>۴</sub>)، عدد اکسایش اتم مرکزی برابر (+۵) است:



**عبارت دوم:**

**★ نکته** شمار الکترون‌های مبادله شده در واکنش‌های اکسایش-کاهش را می‌توان از رابطه‌های زیر به‌دست آورد:

ضریب گونه اکسایش یافته × زیروند گونه اکسایش یافته × میزان اکسایش گونه اکسایش یافته = شمار الکترون‌های مبادله شده  
ضریب گونه کاهش یافته × زیروند گونه کاهش یافته × میزان کاهش گونه کاهش یافته = شمار الکترون‌های مبادله شده

$$\text{HNO}_3 \text{ زیروند} = \frac{3}{\text{میزان کاهش N در HNO}_3} \times 1 \times \frac{20}{\text{ضریب HNO}_3} = 60e^-$$

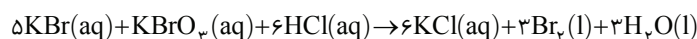
$$\text{P}_4 \text{ زیروند} = \frac{5}{\text{میزان اکسایش P در P}_4} \times 4 \times 3 = 60e^-$$

**عبارت سوم:** در معادله موازنه شده واکنش، ۱۲ اتم فسفر وجود دارد که هر اتم آن ۵ واحد اکسایش می‌یابد؛ بنابراین مجموع تغییرات عدد اکسایش اتم‌های فسفر برابر ۶۰ است که این عدد ۵ برابر ضریب استوکیومتری فسفریک اسید (۱۲) است. **عبارت چهارم:** با توجه به معادله موازنه شده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها برابر ۳۱ و مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها برابر ۳۲ می‌باشد. **عبارت پنجم:** همان‌طور که در ابتدای پاسخ گفته شد، مجموع تغییرات عدد اکسایش هر دو گونه برابر با ۶۰ است؛ برای توضیح بیشتر دقت کنید که عدد اکسایش هر اتم نیتروژن ۳ واحد کاهش یافته و مجموعاً ۲۰ اتم نیتروژن در این واکنش وجود دارد. همچنین عدد اکسایش هر اتم فسفر ۵ واحد افزایش یافته و مجموعاً ۱۲ اتم فسفر در این واکنش شرکت داشته است.

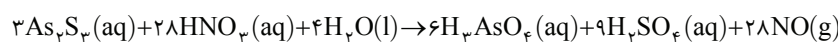
**C ۲۱۹۵ ۱** واکنش‌های موازنه شده هر یک از عبارت‌ها به صورت زیر است:



**عبارت (الف):**



**عبارت (ب):**



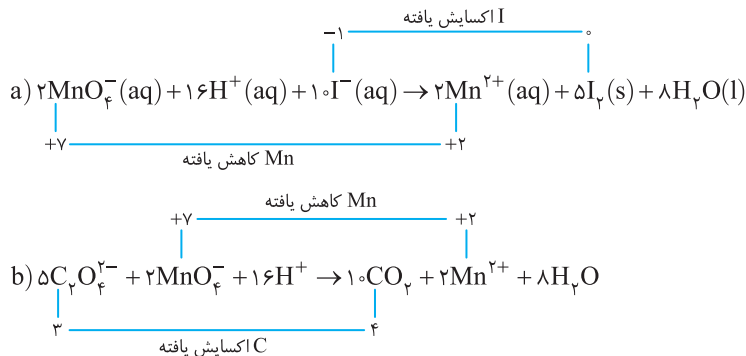
**عبارت (پ):**



**عبارت (ت):**

در واکنش‌های دو عبارت (الف) و (ب) چون عنصر دواتمی به حالت آزاد دیده می‌شود، واکنش از نوع اکسایش-کاهش است. در واکنش عبارت (پ) با بررسی عدد اکسایش عناصر (برای مثال نیتروژن) متوجه می‌شویم که چون تغییر عدد اکسایش حداقل یک عنصر دیده می‌شود، بنابراین واکنش از نوع اکسایش-کاهش است. ولی در واکنش عبارت (ت) عدد اکسایش هیچ‌یک از عناصر تغییر نکرده است، پس واکنش از نوع اکسایش-کاهش نیست. مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (پ) از قبیه بیشتر است.

۳ ۲۱۹۶ همه عبارت‌ها درست هستند. معادله موازنه شده واکنش‌های داده شده به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب مواد واکنش‌دهنده در واکنش a برابر ۲۸ (۲+۱۶+۱۰) و مجموع ضرایب مواد فرآورده در واکنش b برابر ۲۰ (۱۰+۲+۸) است.

لذا نسبت خواسته شده برابر  $\frac{28}{20} = \frac{7}{5}$  است. عبارت‌های (ب) و (ت): اکسند و کاهنده در واکنش a به ترتیب  $\text{MnO}_4^-$  و  $\text{I}^-$  در واکنش b به ترتیب  $\text{MnO}_4^-$  و  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  است. نسبت ضریب گونه کاهنده ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ) در واکنش b به ضریب گونه اکسند ( $\text{MnO}_4^-$ ) در واکنش a برابر  $\frac{5}{2}$  است.

عبارت (پ): ضریب  $\text{H}_2\text{O}$  در هر دو واکنش یکسان و برابر ۸ است. عبارت (ت): در واکنش (a)، هر اتم Mn، ۵ الکترون دریافت می‌کند. در معادله موازنه شده

این واکنش ۲ اتم Mn هست، پس در این واکنش ۱۰ الکترون مبادله می‌شود. در واکنش (b)، هر اتم کربن یک الکترون از دست می‌دهد و در معادله موازنه شده واکنش (b)، ۱۰ اتم کربن وجود دارد، طی واکنش ۱۰ الکترون مبادله می‌شود. پس نسبت الکترون‌های مبادله شده برابر یک است.

۴ ۲۱۹۷ همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): در سلول‌های الکترولیتی، واکنش‌های شیمیایی در خلاف جهت طبیعی و با

اعمال ولتاژ بیرونی انجام می‌شوند. اساس کار سلول‌های الکترولیتی، تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی و اساس کار سلول‌های گالوانی، تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی است.

عبارت (پ): سلول‌های الکترولیتی در تجزیه ترکیبات یونی در حالت محلول یا مذاب، برکافت آب، آبکاری فلزها و ... کاربرد دارند. عبارت‌های (ت) و (ث): در سلول

الکترولیتی، دو الکتروود درون یک الکتروولیت بوده و معمولاً این الکتروودها گرافیتی و بی‌اثر هستند. در این سلول‌ها، کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری

متصل است و الکتروولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

۱ ۲۱۹۸ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در سلول‌های الکترولیتی برخلاف گالوانی، آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی است.

عبارت‌های (ب) و (ت): در همه سلول‌های الکتروشیمیایی اکسایش در آند اتفاق می‌افتد، سپس الکترون‌های تولید شده در آند از طریق سیم و پس از عبور از باتری به

کاتد انتقال یافته و آنجا مصرف می‌شوند. عبارت (پ): در بسیاری از سلول‌های الکترولیتی الکتروودها بی‌اثر هستند؛ از این رو از تیغه‌هایی از جنس گرافیت استفاده می‌کنند.

۲ ۲۱۹۹ عبارت‌های اول و چهارم همواره درست هستند. در سلول‌های الکترولیتی واکنش اکسایش - کاهش به صورت غیرخودبه‌خودی انجام می‌شود. بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در سلول‌های الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها در سیم و کاتیون‌ها در الکتروولیت، هر دو از آند به سمت کاتد است. عبارت دوم: در همه سلول‌های

الکتروشیمیایی، فارغ از گالوانی یا الکترولیتی بودن، در آند نیم‌واکنش اکسایش و در کاتد، نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. عبارت سوم: در سلول‌های الکترولیتی معمولاً

از تیغه‌های گرافیتی استفاده می‌شود که اغلب در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند مگر در مواردی همچون سلول‌های هال که اکسیژن تولید شده با تیغه‌های گرافیتی در آند واکنش

می‌دهد. در بخش‌های بعدی با فرایند هال آشنا خواهید شد. عبارت چهارم: در واکنش‌های انجام شده در سلول‌های الکترولیتی، واکنش در خلاف جهت طبیعی انجام

می‌شود و در آن‌ها انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل شده و سطح انرژی مواد شرکت کننده در واکنش افزایش می‌یابد.

۲ ۲۲۰۰ عبارت‌های اول تا سوم نادرست و عبارت چهارم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: هر دو الکتروود در سلول الکترولیتی اغلب گرافیتی هستند.

عبارت دوم: الکترون‌ها از قطب منفی باتری به سمت کاتد سلول الکترولیتی رفته و در آنجا توسط کاتیون‌ها در نیم‌واکنش کاهش مصرف می‌شوند؛ به دلیل وجود

الکترون‌ها در سطح میله کاندی، کاتد قطب منفی است. عبارت سوم: جهت حرکت الکترون‌ها از آند (قطب مثبت) به سمت کاتد (قطب منفی) است. عبارت چهارم:

در سلول الکترولیتی، کاتد با دریافت الکترون از باتری دارای بار منفی شده و باعث می‌شود که کاتیون‌ها برای کاهش به سمت کاتد (قطب منفی) جذب شوند و به دلیل

کاهش تعدادی از کاتیون‌ها در الکتروولیت، الکتروولیت دارای بار منفی شده و برای تعادل بار الکتریکی آن، آنیون‌ها به سمت آند (قطب مثبت) حرکت می‌کنند.

۲ ۲۲۰۱ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در سلول‌های الکترولیتی اغلب از دو الکتروود از جنس گرافیت که درون یک محلول الکتروولیت

قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. عبارت (ب): محلول الکتروولیت باید حاوی یون‌های متحرک (ماده یونی مذاب یا محلول در آب) باشد. عبارت (پ): در این سلول، کاتد به قطب منفی

باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است. عبارت (ت): در سلول الکترولیتی، کاتیون‌ها به سمت کاتد (قطب منفی) و آنیون‌ها به سمت آند (قطب مثبت) حرکت می‌کنند.

۲ ۲۲۰۲ جهت حرکت الکترون‌ها در هر دو سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به سمت کاتد است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در سلول گالوانی قطب مثبت

کاتد و قطب منفی آند است و در سلول الکترولیتی قطب مثبت آند و قطب منفی کاتد است. گزینه (۳): در سلول گالوانی انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی و در سلول الکترولیتی،

انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود. گزینه (۴): در سلول گالوانی، واکنش به طور طبیعی انجام‌پذیر بوده و از انرژی شیمیایی واکنش انجام شده، انرژی

الکتریکی تولید می‌شود، ولی در سلول الکترولیتی واکنش به طور طبیعی انجام‌پذیر نیست، به همین دلیل انرژی الکتریکی مصرف شده و واکنش را انجام‌پذیر می‌کند.

۴ ۲۲۰۳ در سلول‌های گالوانی و الکترولیتی، آند محل انجام نیم‌واکنش اکسایش (تشکیل یون از اتم) و کاتد محل نیم‌واکنش کاهش (تشکیل اتم از یون) است، با

این تفاوت که در سلول‌های گالوانی آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت است. در حالی که در سلول‌های الکترولیتی، آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی می‌باشد. با توجه به این

توضیحات، به بررسی گزینه‌های نادرست می‌پردازیم. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد. گزینه (۲): در

سلول‌های گالوانی، آند محل اکسایش و تبدیل اتم به یون  $X(s) \rightarrow X^{n+}(aq) + ne^-$  است. گزینه (۳): در سلول‌های الکترولیتی، کاتد قطب منفی سلول است که در

آن نیم‌واکنش کاهش  $X^{n+}(aq) + ne^- \rightarrow X(s)$  رخ می‌دهد و با تبدیل یون‌ها به اتم‌ها و قرار گرفتن آن‌ها روی کاتد، جرم کاتد افزایش می‌یابد.



**۱ ۲۲۰۴ B** فقط مورد اول نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** قطب منفی در سلول الکترولیتی، کاتد بوده و در سطح آن نیم‌واکنش کاهش انجام می‌شود. **عبارت دوم:** در سلول گالوانی، الکترودهای آند و کاتد، دو فلز متفاوت بوده که در الکترولیتی از کاتیون‌های خود قرار گرفته‌اند. **عبارت سوم:** در سلول گالوانی، قطب منفی آند بوده که با اکسایش فلز، تیغه دچار کاهش جرم می‌شود.

**عبارت چهارم:** ولتاژ هر دو سلول از رابطه  $E^{\circ}(\text{آند}) - E^{\circ}(\text{کاتد})$  به دست می‌آید. **عبارت پنجم:** در سلول الکترولیتی برخلاف سلول گالوانی، هر دو الکتروود در یک الکترولیت قرار دارند و در آن از دیواره متخلخل استفاده نمی‌شود.

**۱ ۲۲۰۵ B** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. با توجه به اینکه در شکل (۱) با تولید انرژی الکتریکی، لامپ روشن شده است، سلول گالوانی بوده و در شکل (۲)، به کمک انرژی الکتریکی (تولید شده توسط باتری) یک واکنش شیمیایی انجام می‌شود در ضمن هر دو الکتروود داخل یک الکترولیت قرار دارند (دیواره متخلخل نداریم)، پس سلول الکترولیتی می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در سلول (۲) (سلول الکترولیتی)، الکترون‌ها از طریق سیم از آند وارد قطب مثبت باتری شده و سپس از قطب منفی باتری خارج شده و به سمت کاتد می‌روند. **عبارت (ب):** در سلول الکترولیتی (شکل ۲) کاتیون‌ها به سمت کاتد حرکت کرده و با کاهش یافتن، از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود و در سلول گالوانی (شکل ۱)، با اکسایش یافتن فلز در آند به غلظت کاتیون آندی افزوده می‌شود. **عبارت (پ):** در سلول گالوانی (شکل ۱) جهت حرکت الکترون‌ها از قطب منفی (آند) به سمت قطب مثبت (کاتد) بوده و در سلول الکترولیتی (شکل ۲) جهت حرکت الکترون‌ها از قطب مثبت (آند) به سمت قطب منفی (کاتد) است. **عبارت (ت):** در سلول الکترولیتی (شکل ۲)، کاتد (قطب منفی) الکترون‌ها را از باتری دریافت می‌کند و در سلول گالوانی (شکل ۱) قطب منفی (آند) دهنده الکترون‌هاست.

**۳ ۲۲۰۶ B** موارد (الف) و (پ) عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. برای آن که یک سلول گالوانی بتواند ولتاژ مورد نیاز یک سلول الکترولیتی را تأمین کند، باید  $emf$  آن از اندازه  $emf$  سلول الکترولیتی بزرگ‌تر باشد؛ پس خواهیم داشت:

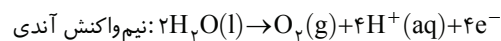
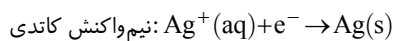
**مورد (الف):**  $emf(\text{گالوانی}) = (-0/44) - (-1/18) = +0/74V$  ،  $emf(\text{الکترولیتی}) = (0/34) - (0/8) = -0/46V$  ،  $emf = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) \Rightarrow emf(\text{الکترولیتی}) = (0/34) - (0/8) = -0/46V$  ، پس درست است.

**مورد (ب):**  $emf(\text{گالوانی}) = (0/8) - (0/34) = +0/46V$  ،  $emf(\text{الکترولیتی}) = (-1/18) - (-0/44) = -0/76V$  ،  $emf = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) \Rightarrow emf(\text{الکترولیتی}) = (-1/18) - (-0/44) = -0/76V$  ، پس نادرست است.

**مورد (پ):**  $emf(\text{گالوانی}) = (0/8) - (-1/18) = 1/98V$  ،  $emf(\text{الکترولیتی}) = (-0/44) - (0/34) = -0/78V$  ،  $emf = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) \Rightarrow emf(\text{الکترولیتی}) = (-0/44) - (0/34) = -0/78V$  ، پس درست است.

**مورد (ت):**  $emf(\text{گالوانی}) = (0/34) - (-0/44) = 0/78V$  ،  $emf(\text{الکترولیتی}) = (-1/18) - (0/8) = -1/98V$  ،  $emf = E^{\circ}(\text{کاتد}) - E^{\circ}(\text{آند}) \Rightarrow emf(\text{الکترولیتی}) = (-1/18) - (0/8) = -1/98V$  ، پس نادرست است.

**۱ ۲۲۰۷ B** ابتدا نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی را موازنه می‌کنیم:



**قسمت اول:** برای محاسبه pH محلول باقی‌مانده، ابتدا غلظت یون  $H^+$  موجود در محلول را محاسبه کرده و از آن  $-\log$  می‌گیریم:

$$? \text{ mol } H^+ = 0/3 \text{ mol } e^- \times \frac{4 \text{ mol } H^+}{4 \text{ mol } e^-} = 0/3 \text{ mol } H^+ \Rightarrow [H^+] = \frac{0/3 \text{ mol}}{3L} = 0/1 \text{ mol.L}^{-1}, \text{ pH} = -\log[H^+] = -\log 0/1 = 1$$

**قسمت دوم:** برای محاسبه جرم نقره تولید شده، از تعداد الکترون‌های مبادله شده و معادله نیم‌واکنش کاتدی استفاده می‌کنیم:

$$? \text{ g } Ag = 0/3 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol } Ag}{1 \text{ mol } e^-} \times \frac{108 \text{ g } Ag}{1 \text{ mol } Ag} = 32/4 \text{ g } Ag$$

**۲ ۲۲۰۸ B** عبارت‌های سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** برقافت، یک واکنش تجزیه‌ای در اثر عبور جریان الکتریکی است. **عبارت دوم:** انرژی الکتریکی لازم برای برقافت (تجزیه)، توسط یک منبع جریان مستقیم مانند باتری تأمین می‌شود. **عبارت سوم:** واکنش برقافت به‌طور طبیعی انجام نمی‌پذیرد، زیرا  $E^{\circ}$  سلول مورد نظر ( $E^{\circ}(\text{آند}) - E^{\circ}(\text{کاتد})$ ) منفی است. **عبارت چهارم:** واکنش تجزیه ماده مذاب یونی و یا ماده یونی محلول در آب، با مصرف انرژی الکتریکی، انجام‌پذیر است که در سلول الکترولیتی انجام می‌گیرد، زیرا تجزیه ماده یونی (انجام واکنش در جهت رفت) به‌صورت طبیعی و خودبه‌خودی امکان‌پذیر نیست.

**۲ ۲۲۰۹ B** عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد، از این رو برای برقافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. **عبارت (ب):** برقافت آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود و فرآورده‌های آن گازهای هیدروژن و اکسیژن است. **عبارت (پ):** در سلول الکترولیتی، الکترودها، اغلب گرافیتی و بی‌اثر هستند و در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند. **عبارت (ت):** در سلول الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد و جهت حرکت کاتیون‌ها در درون الکترولیت به سمت کاتد است.

#### نکته ترکیبی

سلول برقافت آب		
الکتروود	آند	کاتد
نیم‌واکنش	$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$	$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
pH محیط اطراف	اسیدی (کاغذ pH قرمز رنگ)	بازی (کاغذ pH آبی رنگ)
گاز تولید شده	اکسیژن ( $O_2$ )	هیدروژن ( $H_2$ )
قطب	مثبت	منفی

**B ۲۲۱۰** با توجه به اینکه جریان الکترون در مدار بیرونی از چپ به راست است، تیغه سمت چپ، آند و تیغه سمت راست، کاتد است. پاسخ درست پرسش‌ها: پرسش (الف): آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. از این رو برای برقرکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. لذا مایع درون سلول، محلول رقیق الکترولیت است. پرسش (ب): تیغه سمت چپ، نقش آند و تیغه سمت راست، نقش کاتد را دارد. پرسش (پ): در کاتد (تیغه سمت راست)،  $H_2(g)$  و  $OH^-(aq)$  و در آند (تیغه سمت چپ)،  $O_2(g)$  و  $H^+(aq)$  تولید می‌شود.

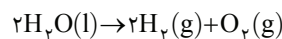
**B ۲۲۱۱** عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): در نیم‌واکنش اکسایش در آند، یون‌های هیدروژن تولید می‌شوند که باعث اسیدی شدن محیط اطراف آند می‌شود و کاغذ pH را در این محلول به رنگ قرمز درمی‌آورد.

عبارت (ب): در نیم‌واکنش کاهش در کاتد، یون‌های هیدروکسید تولید می‌شوند که باعث بازی شدن محیط اطراف کاتد می‌شود و کاغذ pH را در این محلول به رنگ آبی درمی‌آورد.

عبارت (پ): نیم‌واکنش کاهش به صورت  $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$  است که در آن، ۲ الکترون مصرف می‌شود. نیم‌واکنش کاهش در سلول گالوانی (روی-مس) نیز به صورت  $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$  است که در آن، ۲ الکترون مصرف می‌شود. عبارت (ت): در همه انواع سلول‌ها (چه گالوانی و چه الکترولیتی) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی، از سمت آند به سمت کاتد است.

**\* توجه** در گستره pH در دمای اتاق، رنگ کاغذ pH در محیط اسیدی از قرمز به سمت نارنجی رفته و کم کم در pHهای نزدیک خنثی (۷) به رنگ سبز تبدیل می‌شود. سپس با ادامه افزایش pH کاغذ pH کم کم به رنگ آبی می‌گراید و در نهایت در pHهای بسیار بازی به رنگ آبی تیره و بنفش تغییر رنگ می‌دهد.

**B ۲۲۱۲** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارتهای (الف): شکل داده شده در سؤال، یک نمونه از دستگاه ساده برقرکافت آب می‌باشد که با اتصال به باتری قادر به تجزیه آب است. عبارت (ب): با دقت در شکل مورد نظر، لوله سمت چپ حجم گاز بیشتری نسبت به لوله سمت راست دارد. پس در این لوله می‌بایست گاز هیدروژن تولید شود، زیرا در معادله موازنه شده تجزیه آب، به ازای هر مول اکسیژن، دو مول هیدروژن تولید می‌شود. گاز هیدروژن در قطب منفی این سلول تشکیل می‌شود که الکتروود در این قطب، به قطب منفی باتری متصل می‌باشد. عبارت (پ): با توجه به توضیحات عبارت (ب)، در لوله سمت راست الکتروود آند وجود دارد و در آن گاز اکسیژن و یون هیدروژن تولید می‌شود؛ بنابراین محیط این محلول اسیدی است و رنگ کاغذ pH در آن قرمز می‌باشد. عبارت (ت): با توجه به معادله موازنه شده واکنش برقرکافت آب، برای برقرکافت هر دو مول مولکول آب، نیاز به چهار مول الکترون می‌باشد. پس به ازای مبادله دو مول الکترون، یک مول مولکول آب تجزیه شده و یک مول گاز هیدروژن و نیم مول گاز اکسیژن تولید می‌شود. بنابراین در این حالت، مجموع جرم گازهای آزاد شده برابر ۱۸ (۱۶+۲) گرم می‌باشد.



**B ۲۲۱۳** برای برقرکافت آب می‌توان از سلول‌های گالوانی (ب) و (ث) استفاده کرد. همان‌طور که می‌دانید پتانسیل همه سلول‌های الکترولیتی منفی است و برای انجام واکنش نیازمند ولتاژ خارجی می‌باشد؛ با توجه به اینکه در هر سلولی، emf از کم کردن پتانسیل الکتروود استاندارد آند از کاتد به دست می‌آید، ابتدا emf سلول برقرکافت آب را می‌یابیم و سپس با محاسبه emf هر یک از سلول‌های گالوانی داده شده، به پاسخ سؤال دست می‌یابیم. پس می‌توان نوشت:

$$-0.83 - (-1.23) = -2.06V = \text{پتانسیل استاندارد سلول برقرکافت آب}$$

$$1.68 - (-1.18) = 2.86V \quad \text{سلول (الف):} \quad -0.4 - (-1.18) = 0.78V \quad \text{سلول (ب):}$$

$$1.68 - (0.85) = 0.83V \quad \text{سلول (پ):} \quad 0.85 - (-0.4) = 1.25V \quad \text{سلول (ت):}$$

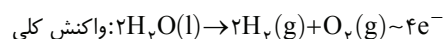
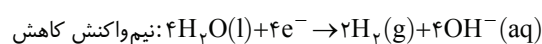
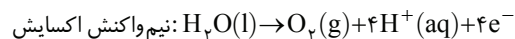
$$0.85 - (-1.66) = 2.51V \quad \text{سلول (ث):}$$

**B ۲۲۱۴** در شکل (ب)، در لوله سمت چپ هیدروژن و در لوله سمت راست اکسیژن تولید می‌شود:

با توجه به معادله کلی واکنش برقرکافت آب، به ازای هر مول اکسیژن، ۲ مول هیدروژن آزاد می‌شود. یعنی به ازای هر ۳۲ گرم اکسیژن، ۴ گرم هیدروژن داریم:  $\frac{32}{4} = 8$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۳): در برقرکافت (سلول الکترولیتی)، کاتد (الکتروود متصل به قطب منفی) الکترون‌های رانده شده از باتری را به الکتروود منتقل کرده و آند (الکتروود متصل به قطب مثبت) الکترون‌ها را از الکتروود گرفته و به باتری می‌دهد. گزینه (۴): در شکل (ب)، حجم گاز تولید شده در لوله سمت چپ، دو برابر حجم گاز تولید شده در لوله سمت راست است؛ پس لوله سمت چپ دارای گاز هیدروژن می‌باشد، اما این گاز در اطراف کاتد آزاد شده و کاتد به قطب منفی متصل است.

**B ۲۲۱۵** عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. معادله نیم‌واکنش‌ها و واکنش کلی انجام شده در سلول برقرکافت آب به صورت زیر است:



بررسی عبارتهای (الف): در سلول‌های الکترولیتی نیاز است تا جریان الکتریکی داخل محلول برقرار شود. آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد؛ از این رو برای برقرکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود. عبارت (ب): با توجه به ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش کلی، ضریب گاز هیدروژن دو برابر اکسیژن است؛ بنابراین لوله A که حجم گاز در آن بیشتر است، مربوط به نیم‌واکنش کاهش (کاتد) و لوله B که حجم گاز در آن کمتر است، مربوط به نیم‌واکنش اکسایش (آند) می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در این نیم‌واکنش  $(OH^-)$ ، یون‌های  $OH^-$  تولید می‌شوند که خاصیت بازی داشته و کاغذ pH را به رنگ آبی درمی‌آوردند. عبارت (پ): B نیم‌سلول آند است و به قطب مثبت باتری متصل است. عبارت (ت): معادله موازنه شده واکنش سوختن متان به صورت زیر است:  $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

$$? g CH_4 = 12.04 \times 10^{23} e^- \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } e^-} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{2 \text{ mol } O_2} \times \frac{16 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 4 \text{ g } CH_4 \quad \text{بنابراین داریم:}$$





عبارت (ث): در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز برابر نسبت جرم مولی آن‌ها است. گاز موجود در ظرف B اکسیژن ( $O_2$ ) و گاز موجود در ظرف A هیدروژن ( $H_2$ ) است:

$$\frac{d_{O_2}}{d_{H_2}} = \frac{M_{O_2}}{M_{H_2}} = \frac{32}{2} = 16$$

۱ ۲۲۱۶ B عبارت‌های اول و سوم درست هستند. سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن»، نوعی سلول گالوانی است که نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده در آن به صورت زیر است:



سلول برقکافت آب، نوعی سلول الکترولیتی است و نیم‌واکنش اکسایش و کاهش انجام شده در آن به صورت زیر می‌باشد:



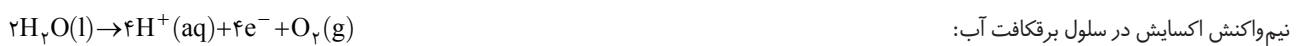
بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در سلول‌های گالوانی مانند سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» و در سلول‌های الکترولیتی مانند سلول برقکافت آب، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی (سیم) از آند به کاتد است. عبارت دوم: معادله واکنش کلی برقکافت آب معکوس معادله واکنش کلی انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» است:



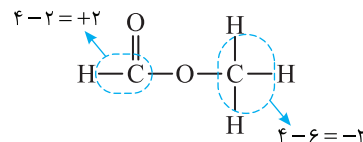
عبارت سوم: در هر دو سلول در آند، یون  $H^+$  تولید می‌شود و اطراف آند هر دو سلول اسیدی است، پس کاغذ pH در پیرامون آند هر دو سلول به رنگ قرمز درمی‌آید. عبارت چهارم: در نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود، در حالی که در نیم‌واکنش کاتدی سلول برقکافت آب، ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت پنجم: نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی با نیم‌واکنش کاهش در سلول برقکافت آب یکسان نیست؛ در واقع در نیم‌واکنش کاهش سلول سوختی، مولکول‌های  $O_2$  در حال کاهش هستند ولی در نیم‌واکنش کاهش برقکافت آب، مولکول‌های  $H_2O$  کاهش می‌یابند.

۳ ۲۲۱۷ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به ترتیب  $E^\circ$  های داده شده، نقش SHE و Ag در سلول‌های مربوطه کاتد است. عبارت (ب): در سلول (A - B)، A آند است؛ پس:  $B > A$ ؛ ترتیب  $E^\circ$  و در سلول (C - A)، C آند است؛ پس:  $A > C$ ؛ ترتیب  $E^\circ$  در

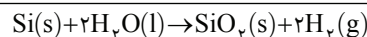
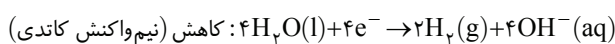
نتیجه ترتیب کاهندگی گونه‌ها به صورت  $C > A > B$  است؛ پس نتیجه می‌گیریم ترتیب اکسندگی کاتیون آن‌ها به صورت « $C^+ < A^+ < B^+$ » است. عبارت (پ):



عبارت (ت):



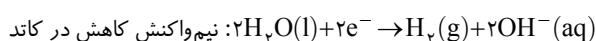
۴ ۲۲۱۸ B نیم‌واکنش دارای  $E^\circ$  کمتر، نیم‌واکنش آندی و نیم‌واکنش دارای  $E^\circ$  بیشتر، نیم‌واکنش کاتدی خواهد بود.



$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = -0.83 - (-0.84) = 0.01 V$$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): درست؛ در هر دو فرایند، در کاتد محیط بازی است، زیرا  $OH^-$  تولید می‌شود. گزینه (۲): درست؛ در هر دو با مصرف آب،  $H^+$  تولید می‌شود. گزینه (۳): درست؛ در این واکنش همانند سوختن هیدروژن در سلول سوختی، ۴ الکترون مبادله می‌شود؛ زیرا Si با عدد اکسایش صفر، به عدد اکسایش +۴ در  $SiO_2$  رسیده است. گزینه (۴): نادرست؛ در این سلول افزون‌بر سرعت،  $emf$  و بازده ناچیز است و دلیل استفاده از آن برای تولید گاز هیدروژن، استفاده از نور خورشید به عنوان یک منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر و ارزان می‌باشد.

۱ ۲۲۱۹ B فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها برای انجام واکنش اکسایش - کاهش در سلول‌های نور الکتروشیمیایی، از نور بهره می‌برند، در واقع نور با برخورد به آند، الکترون‌های آن را برانگیخته می‌کند و باعث می‌شود که این الکترون‌ها با جریان در مدار خارجی، به کاتد برسند. عبارت (ب): در این سلول، هدف تولید گاز هیدروژن است، بنابراین آب باید در کاتد کاهش یابد تا گاز هیدروژن تولید شود:



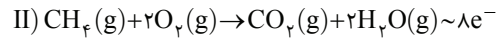
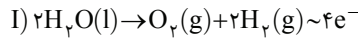
عبارت (پ): یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که بازده و سرعت انجام واکنش در سلول نور الکتروشیمیایی پایین است، اما برخی استفاده از آن‌ها را برای تهیه گاز هیدروژن توصیه می‌کنند؛ زیرا به دلیل استفاده از نور (که این نور می‌تواند نور خورشید باشد) این روش بسیار ارزان بوده و در ضمن به دلیل عدم استفاده از سوخت فسیلی، آلاینده‌گی کمتری نیز دارد. عبارت (ت):  $emf$  سلول نور الکتروشیمیایی عددی کوچک ( $+0.01 V$ ) است:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = -0.83 - (-0.84) = +0.01 V$$

عبارت (ث): تأمین سوخت سلول سوختی ( $H_2(g)$ ) از این روش، دارای هزینه کمتری نسبت به روش برقکافت آب است.



۳ ۲۲۲۰ B معادله موازنه شده واکنش‌های برقکافت آب و سوختن کامل متان به صورت زیر است:



$$? \text{ g CH}_4 = \frac{1}{2} \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{2 \text{ mol O}_2} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = \frac{2}{4} \text{ g CH}_4$$

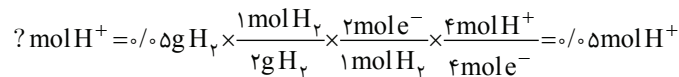
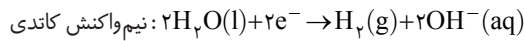
روش اول (کسر تبدیل):

روش دوم (تناسب): با ضرب معادله (I) در عدد ۲ و یکسان شدن ضریب  $\text{O}_2$  در دو واکنش، متوجه می‌شویم که به ازای مصرف ۸ مول الکترون در واکنش (I)

$$\frac{\text{مول الکترون}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{CH}_4 \text{ گرم}}{8} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{x \text{ g CH}_4}{1 \times 16} \Rightarrow x = \frac{2}{4} \text{ g CH}_4$$

در نهایت ۱ مول متان در واکنش (II) مصرف می‌شود:

۴ ۲۲۲۱ B ابتدا نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی این سلول را نوشته و موازنه می‌کنیم:



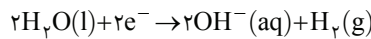
با توجه به معادله‌های نوشته شده داریم:

از آنجا که حجم محلول اطراف آند یک لیتر است، پس غلظت یون هیدروژن برابر مقدار مول آن بوده و می‌توان pH محلول را محاسبه کرد:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(0.05) = 2 - 0.7 = 1.3$$

در ابتدای واکنش، محلول خنثی بوده و دارای pH هفت است، پس تغییر pH محلول طی این فرایند، ۵/۷ واحد می‌باشد.

۲ ۲۲۲۲ B نیم‌واکنش آندی در واکنش اکسایش - کاهش داده شده به صورت  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$  است.

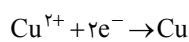


نیم‌واکنش کاتدی برقکافت آب:

محاسبه شمار مول‌های الکترون مصرف شده در نیم‌واکنش کاتدی برقکافت آب:

$$? \text{ mol e}^- = 2/24 \text{ L H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22/4 \text{ L H}_2} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} = 0.2 \text{ mol e}^-$$

$$? \text{ g Al} = 0.2 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol e}^-} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 1.8 \text{ g Al}$$



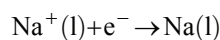
$$? \text{ mol Cu} = 0.2 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol e}^-} = 0.1 \text{ mol Cu}$$

۲ ۲۲۲۳ A فقط عبارت (ب) درست است. فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، عنصری که در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. برای تهیه این فلز از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی استفاده می‌کنند.

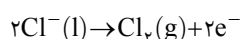
۲ ۲۲۲۴ B

سلول برقکافت NaCl		
کاتد	آند	الکتروود
$\text{Na}^+(\text{l}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{l})$	$2\text{Cl}^-(\text{l}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$	نیم‌واکنش
$80^\circ\text{C}$		نقطه جوش الکترولیت
$587^\circ\text{C}$		نقطه جوش در حضور $\text{CaCl}_2$
سدیم مذاب (Na(l))	گاز کلر ( $\text{Cl}_2(\text{g})$ )	فراورده تولیدی
منفی	مثبت	قطب

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به دلیل پایداری بیشتر یون‌های سدیم از اتم‌های آن برای تهیه این فلز باید انرژی زیادی مصرف کرد. عبارت (ب): برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی آند از طریق سیم به قطب مثبت باتری متصل است. عبارت (پ): برای تهیه فلز سدیم از برقکافت سدیم کلرید مذاب (نه محلول سدیم کلرید!) استفاده می‌شود. عبارت (ت): افزودن مقداری کلسیم کلرید به سدیم کلرید، دمای ذوب را تا حدود  $587^\circ\text{C}$  پایین می‌آورد.

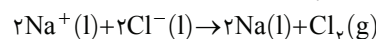


۴ ۲۲۲۵ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: واکنش انجام شده در کاتد:



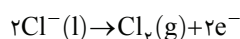
واکنش انجام شده در آند:

برای به دست آوردن واکنش کلی ابتدا واکنش انجام شده در کاتد را در عدد دو ضرب می‌کنیم تا تعداد الکترون‌های طرفین با هم برابر شود و سپس واکنش‌ها را با یکدیگر

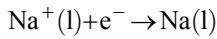


جمع می‌کنیم:

عبارت دوم: در اطراف الکتروود متصل به قطب مثبت باتری یعنی آند، گاز کلر تولید می‌شود. عبارت سوم: یون‌های کلرید مذاب در اطراف آند اکسایش یافته و الکترون



از دست می‌دهند.



عبارت چهارم: در اطراف کاتد یون‌های سدیم مذاب کاهش یافته و الکترون می‌گیرند.

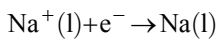
عبارت پنجم: الکترون‌ها از الکتروود متصل به قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی باتری می‌روند. جهت حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد است. در سلول‌های الکترولیتی آند (قطب مثبت) به قطب مثبت باتری و کاتد (قطب منفی) به قطب منفی باتری متصل است.

موارد (ب)، (پ) و (ت) روی شکل درست نمایش داده شده است. شکل داده شده مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت‌های (الف) و (ب): جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است. در آند گاز کلر تولید شده و در کاتد سدیم مایع تولید می‌شود. عبارت (پ): در داخل محلول کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند. عبارت (ت): در سلول‌های الکترولیتی کاتد به قطب منفی و آند به قطب مثبت باتری متصل می‌شود.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سدیم کلرید خالص در دمای  $801^\circ\text{C}$  ذوب می‌شود. عبارت (ب):

فلزهای فعال کاهنده‌های قوی هستند و باید آن‌ها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آن‌ها تهیه کرد. سدیم و منیزیم را به ترتیب از برقکافت سدیم کلرید و منیزیم کلرید تهیه می‌کنند. عبارت (پ): شعاع اتمی کلر پس از گرفتن الکترون بزرگتر می‌شود. به طور کلی شعاع فلزها پس از از دست دادن الکترون کوچک‌تر و شعاع نافلزها پس از گرفتن الکترون بزرگتر می‌شود. عبارت (ت): با توجه به سلول دانه که سدیم مذاب تولید شده روی سدیم کلرید مذاب جمع می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که چگالی آن از سدیم کلرید مذاب کمتر است.



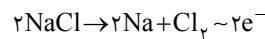
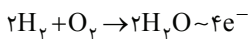
معادله نیم‌واکنش انجام شده در بخش کاتدی سلول الکترولیتی برقکافت سدیم کلرید به صورت مقابل است:

$$? e^- = 4/6g \text{ Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23g \text{ Na}} \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Na}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 1/20.4 \times 10^{23} e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: برقکافت نوعی واکنش اکسایش-کاهش است که طی آن با اعمال ولتاژ بیرونی، یک ماده به عناصر سازنده‌اش در سلول الکترولیتی تبدیل می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی برخلاف سلول‌های گالوانی آند قطب مثبت است و در آن اکسایش گونه‌ها اتفاق می‌افتد و به طریق مشابه کاتد قطب منفی است که در آن عمل کاهش انجام می‌شود.

عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلز سدیم یک کاهنده قوی است. عبارت (ب): در برقکافت سدیم کلرید مذاب،

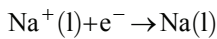
در کاتد فلز سدیم و در قطب مثبت (آند) گاز کلر آزاد می‌شود. عبارت (پ): به ازای مصرف هر مول گاز هیدروژن در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن دو مول الکترون مبادله می‌شود. همچنین در برقکافت NaCl مذاب به ازای تولید هر مول گاز  $\text{Cl}_2$ ، دو مول الکترون مبادله می‌شود.



$$? \text{ mol } e^- = 8g \text{ H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2g \text{ H}_2} \times \frac{4 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol H}_2} = 8 \text{ mol } e^-$$

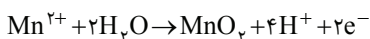
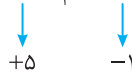
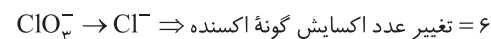
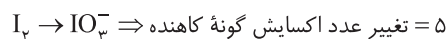
$$? L \text{ Cl}_2 = 8 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{22.4 L \text{ Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 89.6 L \text{ Cl}_2$$

عبارت (ت): با توجه به شکل صورت سؤال، A بخش کاتدی و B یون کلرید است و جهت حرکت الکترون‌ها به درستی مشخص شده است.



عبارت سوم و چهارم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: نیم‌واکنش کاتدی در برقکافت سدیم کلرید مذاب به صورت

است و فرآورده آن  $\text{Na}(l)$  می‌باشد. عبارت دوم:  $E^\circ$  نیم‌واکنش آندی این سلول برابر با صفر است و  $E^\circ$  این سلول سوختی برابر با  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی این سلول است.

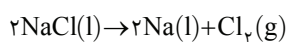


عبارت چهارم: معادله موازنه شده این نیم‌واکنش به صورت مقابل است:

بنابراین f, b و d به ترتیب برابر با ۲، ۴ و ۴ است.

هر تن آب دریا معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم جرم دارد. ابتدا جرم NaCl موجود در هر تن آب دریا را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم NaCl}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 2/925 = \frac{\text{جرم NaCl}}{1000 \text{ kg}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم NaCl} = 29/25 \text{ kg}$$



واکنش کلی سلول دانه به صورت روبه‌رو است:

$$? L \text{ Cl}_2 = 29/25 \times 10^3 g \text{ NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58/5g \text{ NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{2 \text{ mol NaCl}} \times \frac{22.4 L \text{ Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 5600 L \text{ Cl}_2$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\text{با استفاده از حجم نظری کلر، حجم عملی آن را محاسبه می‌کنیم: } \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{x L \text{ Cl}_2}{5600 L} \times 100 \Rightarrow x = 4480 L \text{ Cl}_2$$

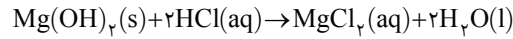
$$\frac{\text{جرم سدیم کلرید} \times \frac{\text{بازده درصدی}}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز کلر}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{29/25 \times 10^3 \times \frac{80}{100}}{2 \times 58/5} = \frac{x L \text{ Cl}_2}{22/4} \Rightarrow x = 4480 L$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{22/4 \times 29/25 \times 10^3 \times 80}{2 \times 58/5 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{22/4 \times 29/25 \times 10^3 \times 80}{2 \times 58/5 \times 100} = \frac{22/4 \times 10^3 \times 80}{2 \times 2} = 22/4 \times 10^3 \times 20 = 4480$$

مواد B, C و G هر سه نشان دهنده فرمول شیمیایی  $MgCl_2$  هستند. اما حالت C و G یکسان (مایع) و حالت B جامد است. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** شکل داده شده مراحل تهیه فلز Mg از آب دریا به روش برقکافت را نشان می‌دهد. **گزینه (۲):** فرایند (۱) مربوط به خشک کردن  $MgCl_2$  می‌باشد. **گزینه (۳):** فرایند (۲) تولید  $MgCl_2$  مایع به روش ذوب کردن است.

عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** از بین مواد A تا H فقط D گاز کلر ( $Cl_2$ ) و A و E به ترتیب جامدهای  $Mg(OH)_2$  و Mg هستند. **عبارت (ب):** از سلول الکترولیتی ماده F (که Mg مایع است) را جدا و سرد می‌کنند تا به E (که Mg جامد است) تبدیل شود. **عبارت (پ):** ماده H هیدروکلریک اسید (نه هیدروژن کلرید!) است. **عبارت (ت):** ماده D که گاز کلر است، در اثر اکسایش یون‌های کلر از قسمت آند سلول خارج می‌شود. **عبارت (ث):** واکنش انجام شده در مخزن B، از نوع اکسایش - کاهش نیست. این واکنش از نوع خنثی شدن اسید و باز است.

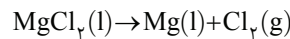


۴ ۲۲۳۴ B

نکته ترکیب		
سلول برقکافت $MgCl_2$		
الکتروود	آند	کاتد
نیم واکنش	$2Cl^-(l) + Cl_2(g) + 2e^-$	$Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$
فرآورده تولیدی	گاز کلر ( $Cl_2$ )	منیزیم مذاب ( $Mg(l)$ )
مقایسه چگالی	$MgCl_2(l) > Mg(l)$	
قطب	مثبت	منفی

در تهیه منیزیم از آب دریا، ابتدا با افزودن محلول حاوی یون‌های  $OH^-$  به آن، رسوب  $Mg(OH)_2$  را تولید می‌کنند که به علت انحلال‌پذیری بسیار کم، تأثیر ناچیزی بر افزایش pH آب دریا دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** برای برقکافت ترکیباتی همچون سدیم کلرید و منیزیم کلرید، از حالت مذاب آن‌ها استفاده می‌شود؛ زیرا در اثر برقکافت محلول آن‌ها به جای کاهش یون‌های فلزی و تولید فلز، مولکول‌های آب کاهش یافته و گاز هیدروژن تولید می‌شود. **گزینه (۲):** در سلول برقکافت  $MgCl_2$  مذاب، منیزیم مذاب تولید شده، چگالی کمتری نسبت به  $MgCl_2$  مذاب دارد و به همین دلیل آن را از بالای سلول جمع‌آوری می‌کنند. **گزینه (۳):** در برقکافت هر دو ترکیب، گاز  $Cl_2$  تولید می‌شود؛ زیرا در هر دو ترکیب آنیون  $Cl^-$  وجود دارد و در اثر اکسایش  $Cl^-$  در آند، گاز  $Cl_2$  تولید می‌شود.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. معادله موازنه شده واکنش کلی انجام شده در سلول الکترولیتی برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت زیر است:



**بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب):** در همه سلول‌های الکترولیتی، در الکترولیت، کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند. همچنین در همه این سلول‌ها الکترودها از آند به سمت کاتد در مدار خارجی (سیم) جریان می‌یابند. دقت کنید در سلول‌های الکترولیتی برخلاف گالوانی، آند و کاتد به ترتیب قطب‌های مثبت و منفی هستند. **عبارت (پ):** با توجه به معادله موازنه شده واکنش داریم:

$$? L Cl_2 = 6g Mg \times \frac{1 \text{ mol } Mg}{24g Mg} \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{1 \text{ mol } Mg} \times \frac{22.4 L Cl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} = 5.6 L Cl_2$$

**روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{Mg \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } Cl_2 \text{ (STP)}}{1 \times 22.4} = \frac{x L Cl_2}{1 \times 22.4} \Rightarrow x = 5.6 L Cl_2$$

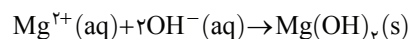
**روش دوم (تناسب):**

**عبارت (ت):** در سلول الکترولیتی برقکافت  $MgCl_2$  مذاب، چگالی Mg از  $MgCl_2$  کمتر است و در بالای آن تجمع می‌یابد. **عبارت (ث):** در صورت استفاده از محلول آبی  $MgCl_2$  به جای مذاب آن، به جای کاهش یون‌های  $Mg^{2+}$  در کاتد، مولکول‌های آب کاهش یافته و به جای تولید Mg، گاز  $H_2$  تولید می‌شود.

عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** نیم واکنش‌های انجام شده در کاتد و آند سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت مقابل است:



**عبارت دوم:** در این فرایند، علاوه بر حالت‌های مایع و جامد مواد، حالت‌های محلول ( $HCl(aq)$ ) و گاز ( $Cl_2(g)$ ) نیز وجود دارد. **عبارت سوم:** در فرایند برقکافت منیزیم کلرید، از منیزیم کلرید مذاب استفاده می‌شود، (نه محلول!). واکنش کلی انجام شده در این فرایند به صورت مقابل است:  $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$ . چنانچه در این فرایند از محلول منیزیم کلرید استفاده شود، به جای کاهش یون‌های  $Mg^{2+}$ ، مولکول‌های آب (حلال) کاهش یافته و گاز  $H_2$  تولید می‌شود. **عبارت چهارم:** HCl مورد نیاز در این واکنش از طریق انحلال گاز  $Cl_2$  در آب به دست می‌آید. البته چنین نکته‌ای را نمی‌توان از متن کتاب درسی استنباط نمود و طراح محترم نباید چنین موضوعی را مطرح می‌کرد. **عبارت پنجم:** در مرحله اول این فرایند، کاتیون‌های  $Mg^{2+}$  موجود در آب دریا را با یون‌های  $OH^-$  رسوب ( $Mg(OH)_2$ ) می‌دهند تا بتوانند یون‌های  $Mg^{2+}$  را از ناخالصی‌های دیگر و ذرات ریز موجود در آب دریا جدا کنند.





**B ۲۲۳۷ ۲** بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در برقکافت آب به ازای تولید ۱ مول  $O_2$  در آند، ۲ مول  $H_2$  در کاتد تولید می‌شود. بنابراین در شرایط یکسان حجم گاز  $H_2$  تولید شده در کاتد دو برابر حجم گاز  $O_2$  تولید شده در آند می‌باشد. گزینه (۲): سلول‌های سوختی همانند باتری‌ها جزء سلول‌های گالوانی می‌باشند اما سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها توانایی ذخیره انرژی شیمیایی را ندارند. گزینه (۳): در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به‌ازای مبادله ۴ مول  $e^-$ ، ۲ مول آب تولید می‌شود، بنابراین  $36(2 \times 18)$  گرم آب در کاتد تولید می‌شود. گزینه (۴): در تهیه منیزیم از آب دریا، در مرحله پایانی در اثر برقکافت  $MgCl_2$  مذاب، در آند گاز  $Cl_2$  و در کاتد فلز منیزیم تولید می‌شود.

**B ۲۲۳۸ ۳** پاسخ صحیح جاهای خالی: عبارت (الف): با توجه به معادله موازنه شده واکنش انجام شده در برقکافت آب، ضریب هیدروژن ۲ برابر اکسیژن است. پس در موازنه فشار معین حجم آن نیز دو برابر خواهد شد. عبارت (ب): در این فرایند ابتدا منیزیم را به صورت  $Mg(OH)_2(s)$  رسوب می‌دهند. عبارت (پ): پتانسیل کاهش استاندارد مس از نقره کوچک‌تر است. پس نیم‌سلول مس آند سلول بوده و الکترون از آن به سمت کاتد (نقره) حرکت می‌کند. عبارت (ت): در این سلول، تیغه روی آند و تیغه مس کاتد است. با توجه به ضریب استوکیومتری گونه‌ها در واکنش به‌ازای مصرف یک مول روی (۶۵ گرم)، یک مول مس (۶۴ گرم) تولید می‌شود. پس جرم مواد جامد کاهش می‌یابد. اگر بازده همه واکنش‌ها ۱۰۰ درصد باشد، هر مقدار منیزیم در ابتدا در منیزیم کلرید وجود داشته باشد، در نهایت در برقکافت به فلز منیزیم تبدیل می‌شود، اما در طی این مراحل ما سه واکنش داریم که هر کدام با بازدهی ۹۰ درصد انجام می‌شود، پس می‌توان نوشت:

$$? \text{ g Mg} = 70/32 \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95 \text{ g MgCl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{24 \text{ g Mg}}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{90}{100} \times \frac{90}{100} \times \frac{90}{100} = 12/95 \text{ g Mg}$$

**B ۲۲۴۰ ۳** واکنش کلی برقکافت منیزیم کلرید به‌صورت روبه‌رو است:  
 $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$   
 روش اول (کسر تبدیل): از روی مقدار عملی منیزیم، مقدار نظری آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = 76 = \frac{16/8}{x} \times 100 \Rightarrow x = 22/105 \text{ kg Mg}$$

از روی مقدار نظری منیزیم، مقدار خالص منیزیم کلرید را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g MgCl}_2 = 22/105 \text{ kg Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{95 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 87/5 \text{ kg MgCl}_2$$

اکنون مقدار درصد خلوص را به‌دست می‌آوریم:  
 $\frac{\text{جرم خالص}}{\text{جرم ناخالص}} \times 100 = \text{درصد خلوص} = \frac{87/5 \text{ kg}}{125 \text{ kg}} \times 100 = 70\%$

$$\frac{\text{جرم منیزیم کلرید ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \times \frac{R}{100} \times \frac{P}{100} = \frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{125 \times \frac{76}{100} \times \frac{P}{100}}{1 \times 95} = \frac{16/8}{1 \times 24} \Rightarrow P = 70\%$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{95 \times 16/8 \times 100 \times 100}{125 \times 24 \times 76} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{95 \times 16 \times 100 \times 100}{125 \times 24 \times 76} \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن به جای ۱۹ و ۷۶ اعداد ۲۰ و ۷۷ قرار گیرد.}} \frac{20 \times 17 \times 100 \times 100}{25 \times 77 \times 100} = \frac{4000}{55} = 73\%$$

پاسخ نزدیک به عدد ۷۳ است. (پاسخ: ۷۰)

**B ۲۲۴۱ ۴** نخستین عنصر دوره سوم سدیم ( $Na$ ) و دومین فلز قلیایی خاکی منیزیم ( $Mg$ ) است؛ بنابراین سؤال به مقایسه برقکافت  $NaCl$  و  $MgCl_2$  پرداخته است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در برقکافت  $NaCl$  برخلاف  $MgCl_2$  به الکترولیت مذاب مقداری کلسیم کلرید می‌افزایند اما دقت کنید که افزودن  $CaCl_2$  دمای ذوب را به  $587^\circ C$  می‌رساند نه اینکه به اندازه  $587^\circ C$  کاهش دهد. عبارت (ب): در برقکافت هر دو ترکیب، از حالت مذاب ترکیب یونی استفاده می‌کنند؛ زیرا در صورت استفاده از محلول آبی آن‌ها، به دلیل تمایل بیشتر مولکول‌های  $H_2O$  نسبت به  $Na^+$  و  $Mg^{2+}$ ، گاز  $H_2$  تولید می‌شود. عبارت (پ): در برقکافت هر دو ترکیب گاز کلر ( $Cl_2$ ) تولید می‌شود که خاصیت گندزدایی دارد. عبارت (ت): در برقکافت هر دو ترکیب از سلول الکترولیتی استفاده می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی الکترون‌ها از آند (قطب مثبت) به کاتد (قطب منفی) منتقل می‌شوند.

$$? \text{ g Cl}_2 = 852 \text{ m}^3 \text{ آب} \times \frac{10^{-3} \text{ L آب} \times 1 \text{ kg آب}}{1 \text{ m}^3 \text{ آب}} \times \frac{10^{-3} \text{ g آب}}{1 \text{ kg آب}} \times \frac{1/2 \text{ g Cl}_2}{10^{-6} \text{ g آب}} = 1022/4 \text{ g Cl}_2$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:

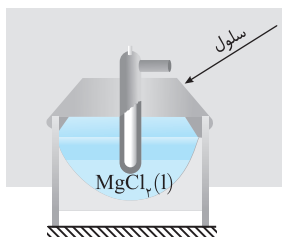
قسمت دوم: معادله موازنه شده برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$? \text{ kg MgCl}_2 = 1022/4 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{95 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{1 \text{ kg MgCl}_2}{10^3 \text{ g MgCl}_2} = 1368 \text{ kg MgCl}_2$$

روش دوم (تناسب): معادله موازنه شده برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$\frac{\text{ppm}}{\text{گرم محلول}} = \frac{x \text{ g Cl}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{y \text{ g MgCl}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\frac{852 \times 10^6 \times \frac{1/2}{10^6}}{1 \times 71} = \frac{x \text{ g Cl}_2}{1 \times 71} = \frac{y \text{ g MgCl}_2}{1 \times 95} \Rightarrow x = 1022/4 \text{ g}, y = 1368 \text{ g MgCl}_2 = 1368 \text{ kg MgCl}_2$$



موارد دوم و چهارم به درستی بیان شده‌اند. بررسی موارد: **مورد اول:** با توجه به شکل مقابل، در سلول برقکافت منیزیم کلرید  $Mg(l)$  (فرآورده نهایی) به علت چگالی کمتری که از  $MgCl_2(l)$  دارد، در بالای ظرف قرار می‌گیرد و ته نشین نمی‌شود. **مورد دوم:** در کاتد سلول‌ها، نیم‌واکنش‌های زیر انجام می‌شوند:



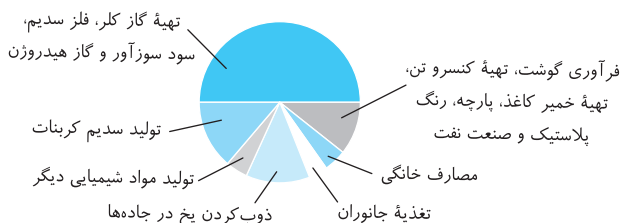
با توجه به اینکه یون‌ها الکترون دریافت می‌کنند، می‌توان گفت که افزایش شعاع اتفاق می‌افتد. **مورد سوم:** با توجه به نیم‌واکنش‌ها، جرم فلز مذاب تولید شده در هر کدام را به ازای مبادله یک مول الکترون محاسبه می‌کنیم.



$$? g Na = 1 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol } Na}{1 \text{ mol } e^-} \times \frac{23 \text{ g } Na}{1 \text{ mol } Na} = 23 \text{ g } Na$$

$$? g Mg = 1 \text{ mol } e^- \times \frac{1 \text{ mol } Mg}{2 \text{ mol } e^-} \times \frac{24 \text{ g } Mg}{1 \text{ mol } Mg} = 12 \text{ g } Mg$$

تفاوت جرم گفته شده برابر  $23 - 12 = 11$  گرم است. **مورد چهارم:** با توجه به شکل مقابل، کاربرد سدیم کلرید (واکنش‌دهنده سلول A) در ذوب یخ جاده‌ها از مصارف خانگی بیشتر است.



کاربردهای NaCl

فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** فرایند برقکافت نمک‌های مذاب، در یک سلول الکترولیتی و در جهت غیرطبیعی و با مصرف انرژی الکتریکی انجام می‌شود. **عبارت (ب):** در کاتد سلول الکترولیتی برقکافت نمک‌های مذاب، کاتیون نمک کاهش یافته و فلز تولید می‌شود  $(M^{n+}(l) + ne^- \rightarrow M(l))$ .

**عبارت (پ):** در آند این سلول، آنیون نمک الکترون از دست داده و اکسید می‌شود و نافلز به صورت عنصر در اطراف آند تولید می‌شود  $(X^{m-}(l) \rightarrow me^- + X)$ . **عبارت (ت):** بسیاری از فلزها در طبیعت به صورت نمک وجود دارند، بنابراین برای تولید فلزها به صورت آزاد می‌توان از برقکافت نمک‌های آن‌ها استفاده کرد.

عبارت‌های (پ) و (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** نیم‌واکنش اکسایش در برقکافت آب به صورت  $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$  است؛ بنابراین در آند گاز اکسیژن آزاد می‌شود. **عبارت (ب):** خصلت نافلزی کلر از برم بیشتر است و در نتیجه کلر خاصیت اکسندگی بیشتری نسبت به برم دارد؛ بنابراین تمایل کلر برای گرفتن الکترون بیشتر از برم است و در رقابت برای گرفتن الکترون برنده می‌شود. **عبارت‌های (پ) و (ت):** در رقابت برای کاهش یافتن، گونه‌ای که پتانسیل کاهش استاندارد  $(E^\circ)$  بزرگ‌تری دارد، یعنی اکسندۀ قوی‌تری است، زودتر در کاتد کاهش می‌یابد. همچنین در رقابت آندی، گونه‌ای که پتانسیل کاهش استاندارد  $(E^\circ)$  کوچک‌تری دارد، یعنی کاهندۀ قوی‌تری است، زودتر در آند اکسایش می‌یابد.

عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** در برقکافت نمک مذاب منیزیم نیتريد آنیون‌ها  $(N^{3-})$  و کاتیون‌ها  $(Mg^{2+})$  در حالت فیزیکی مایع هستند و در کاتد  $Mg^{2+}$  کاهش می‌یابد: **عبارت (ب):** در برقکافت نمک پتاسیم اکسید، در آند  $O^{2-}(l)$  (آنیون نمک) اکسید شده و گاز  $O_2$  تولید می‌شود. **عبارت (پ):** در برقکافت نمک لیتیم برمید، آند آنیون‌های برم اکسید شده و گاز برم تولید می‌شود: **عبارت (ت):** در برقکافت نمک آلومینیم فلئورید در کاتد  $Al^{3+}$  مایع (کاتیون نمک) با گرفتن الکترون کاهش یافته و  $Al(l)$  تولید می‌شود.

جهت حرکت الکترون‌ها در سلول الکترولیتی از آند (قطب مثبت) به سمت کاتد (قطب منفی) است. کاتیون‌های  $Pb^{2+}$  به سمت کاتد و آنیون‌های  $Br^-$  به سمت آند حرکت می‌کنند. فرآورده نیم‌واکنش کاتدی فلز سرب  $(Pb^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Pb(l))$  و فرآورده نیم‌واکنش آندی گاز برم  $(2Br^-(l) \rightarrow 2e^- + Br_2(g))$  است. قطب منفی باتری به کاتد سلول (قطب منفی) و قطب مثبت باتری به آند سلول (قطب مثبت) متصل است.

در سلول گالوانی استاندارد که  $E^\circ$  آن کمتر از ولتاژ مورد نیاز برای برقکافت در یک سلول الکترولیتی است، برقکافت انجام نمی‌شود. به این ترتیب باید  $E^\circ$  سلول‌های گالوانی نوشته شده در گزینه‌ها را از رابطه  $(\text{آند}) - E^\circ = E^\circ(\text{سلول}) - E^\circ(\text{کاتد})$  به دست آورد. در سلول گالوانی نیم سلول با  $E^\circ$  منفی تر، آند و نیم سلول با  $E^\circ$  مثبت تر، کاتد است. بررسی گزینه‌ها: **گزینه (۱):**  $Cd$  آند و  $Br$  کاتد:  $E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Br) - E^\circ(Cd) = 1.07 - (-0.4) = 1.47 \text{ V}$

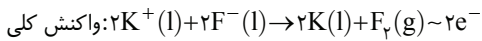
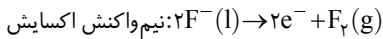
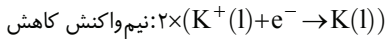
**گزینه (۲):**  $Mg$  آند و  $Cd$  کاتد:  $E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Cd) - E^\circ(Mg) = (-0.4) - (-2.38) = 1.98 \text{ V}$

**گزینه (۳):**  $Cu$  آند و  $Br$  کاتد:  $E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Br) - E^\circ(Cu) = 1.07 - 0.34 = 0.73 \text{ V}$

پس سلول گالوانی متشکل از مس و برم قادر به تأمین ولتاژ لازم برای برقکافت نیست. **گزینه (۴):**  $Mg$  آند و  $Cu$  کاتد:  $E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(Cu) - E^\circ(Mg) = 0.34 - (-2.38) = 2.72 \text{ V}$



در برقکافت نمک مذاب KF داریم: **۱ ۲۲۴۹ B**



قسمت اول: با استفاده از حجم و چگالی گاز  $F_2$ ، به جرم یون پتاسیم مصرف شده می‌رسیم:

$$? g K^+ = 50 mL F_2 \times \frac{1/9 g F_2}{1 mL F_2} \times \frac{1 mol F_2}{38 g F_2} \times \frac{2 mol K^+}{1 mol F_2} \times \frac{39 g K^+}{1 mol K^+} = 195 g K^+$$

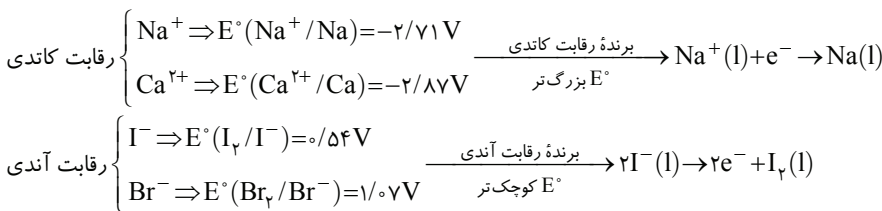
$$? e^- = 50 mL F_2 \times \frac{1/9 g F_2}{1 mL F_2} \times \frac{1 mol F_2}{38 g F_2} \times \frac{2 mol e^-}{1 mol F_2} \times \frac{N_A e^-}{1 mol e^-} = 5 N_A e^-$$

قسمت دوم:

$$\frac{50 \times 1/9 \times 2 \times N_A}{38} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{50 \times 1/9 \times 2 \times N_A}{38} = \frac{50 N_A}{10} = 5 N_A$$

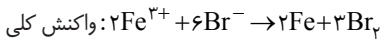
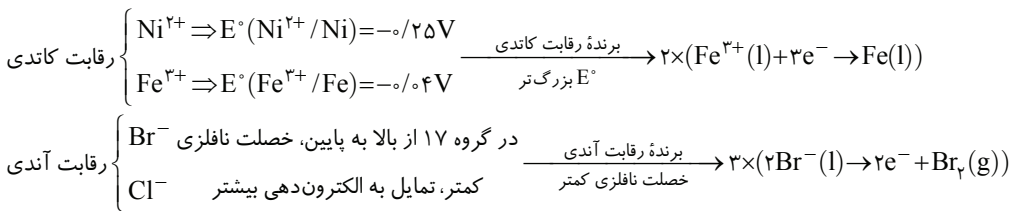
+ توضیح محاسبات

با توجه به رقابت‌های آندی و کاتدی: **۱ ۲۲۵۰ B**

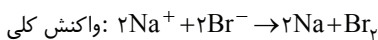
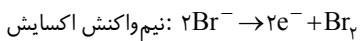
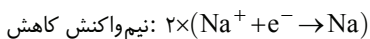


محصول اولیه برقکافت،  $I_2(l)$  و  $Na(l)$  است.

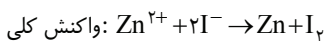
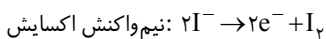
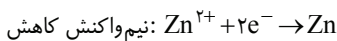
برقکافت مخلوط دو نمک مذاب  $NiBr_2$  و  $FeCl_3$ : **۱ ۲۲۵۱ C**



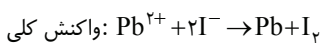
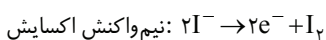
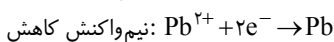
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): تمایل الکترون دهی  $Br^-$  بیشتر از  $F^-$  است، پس  $Br^-$  اکسید می‌شود و پتاسیم فلزی فعال‌تر از سدیم بوده و تمایل آن برای اکسایش بیشتر است، پس تمایل  $Na^+$  برای کاهش بیشتر می‌باشد:



گزینه (۳): تمایل  $I^-$  برای اکسید شدن بیشتر از  $Cl^-$  است و چون  $E^\circ(Mg^{2+}/Mg) < E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$  است، یون روی در رقابت کاتدی برنده است:



گزینه (۴): قدرت کاهش  $I^-$  بیشتر از  $F^-$  است و  $I^-$  اکسید می‌شود؛ همچنین  $E^\circ$  سرب بزرگ‌تر از  $E^\circ$  آلومینیم است، پس  $Pb^{2+}$  کاهش می‌یابد:

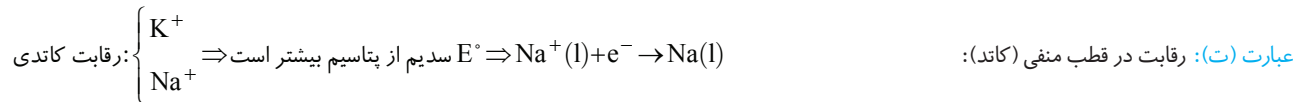
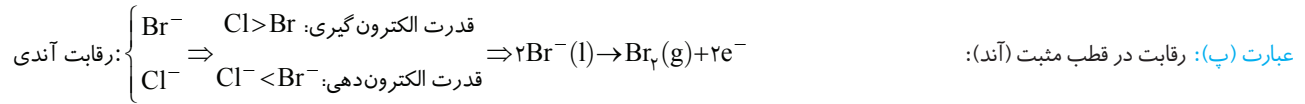
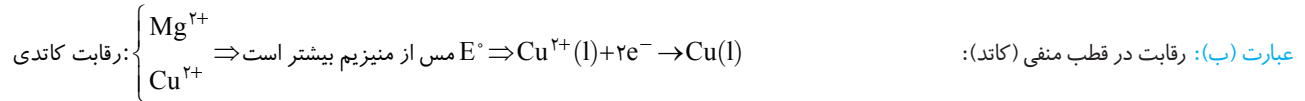
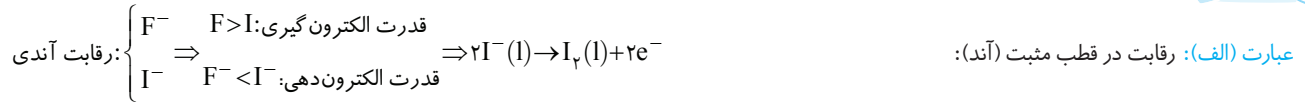


در میان موارد داده شده فقط فرآورده برقکافت مخلوط  $KCl$  و  $CaF_2$ ، یک فلز قلیایی خاکی و یک هالوژن از تناوب سوم یعنی  $Cl_2$  است. اگر بخواهیم

فلز تولید شده در برقکافت نمک‌های مذاب، فلز قلیایی خاکی باشد، باید فلز دیگری که در رقابت کاتدی شرکت می‌کند،  $E^\circ$  کمتری داشته باشد تا در رقابت برای کاهش یافتن، بازنده شود، پس در عبارت (ب) و (ت)،  $K^+$  و  $Li^+$  به دلیل  $E^\circ$  کمتر باقی مانده و  $Ca^{2+}$  و  $Ba^{2+}$  کاهش یافته و فلز قلیایی خاکی تولید می‌کنند. هالوژن تناوب سوم کلر است، برای اینکه  $Cl_2$  تولید شود، باید در رقابت با یون عنصر نافلز فعال‌تر از خود باشد (نافلز فعال‌تر  $\Leftarrow$  الکترون گیرتر  $\Leftarrow$  تمایل کمتر به اکسایش یافتن). فلوتور فعال‌تر از کلر بوده و در عبارت (ب)،  $Cl^-$  در رقابت آندی برنده شده و  $Cl_2$  تولید می‌شود.



C ۲۲۵۳ ۲ عبارتهای (الف) و (پ) جمله داده شده را به درستی کامل می کنند. بررسی عبارت ها:



C ۲۲۵۴ ۱ پیش از شروع حل سؤال، ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط واکنش محاسبه می کنیم:

$$\frac{P_1 V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{0/5 V_{n_2}}{(273+273)} \Rightarrow V_{n_2} = 89/6 L \cdot mol^{-1}$$

معادله موازنه شده واکنش های انجام شده در سلول الکترولیتی مذکور به صورت زیر است:



در سلول های الکترولیتی، آنیون ها به سمت آند حرکت می کنند با توجه به یکسان بودن آنیون ها در هر دو واکنش، در آند این سلول فقط گاز کلر تولید شده است. ابتدا

شمار مول های  $Cl_2$  تولیدی را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol } Cl_2 = 44/8 L \text{ } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{89/6 L \text{ } Cl_2} = 0/5 \text{ mol } Cl_2$$

مقدار به دست آمده برای  $Cl_2$  مربوط به مجموع  $Cl_2$  تولید شده در دو واکنش است. با توجه به اینکه مقدار سدیم (فلز کاهنده تر) تولید شده برابر  $4/6$  گرم است، می توان سهم

گاز  $Cl_2$  واکنش برکافت  $NaCl$  را به دست آورد:

$$? \text{ mol } Cl_2 (NaCl \text{ برکافت}) = 4/6 \text{ g } Na \times \frac{1 \text{ mol } Na}{23 \text{ g } Na} \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{2 \text{ mol } Na} = 0/1 \text{ mol } Cl_2 (NaCl \text{ برکافت})$$

پس در فرایند برکافت  $MgCl_2$  مقدار  $0/4 \text{ mol } (0/5 - 0/1)$  گاز  $Cl_2$  تولید شده است. سپس با توجه به مقادیر  $Cl_2$  تولیدی در هر فرایند، می توان جرم  $NaCl$

و همچنین جرم  $Mg^{2+}$  موجود در مخلوط اولیه را محاسبه کرد:

$$? \text{ g } NaCl = 0/1 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{2 \text{ mol } NaCl}{1 \text{ mol } Cl_2} \times \frac{58/5 \text{ g } NaCl}{1 \text{ mol } NaCl} = 11/7 \text{ g } NaCl$$

$$? \text{ g } MgCl_2 = 0/4 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } MgCl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} \times \frac{95 \text{ g } MgCl_2}{1 \text{ mol } MgCl_2} = 38 \text{ g } MgCl_2$$

$$? \text{ g } Mg^{2+} = 0/4 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } MgCl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{1 \text{ mol } MgCl_2} \times \frac{24 \text{ g } Mg^{2+}}{1 \text{ mol } Mg^{2+}} = 9/6 \text{ g } Mg^{2+}$$

در نهایت درصد جرمی  $Mg^{2+}$  را در مخلوط اولیه محاسبه می کنیم:

$$\% Mg^{2+} = \frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{\text{جرم } NaCl + \text{جرم } MgCl_2} \times 100 = \frac{9/6}{11/7 + 38} \times 100 = 19/3$$

A ۲۲۵۵ ۳ فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها در اثر اکسید شدن آن ها در واکنش

اکسایش - کاهش، خوردگی می گویند. عبارت (ب): پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها آن ها را اکسید کند. عبارت (پ): در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه ای ترد و شکننده تشکیل می شود که به تدریج فرو می ریزد. عبارت (ت): آهن پرمصرف ترین فلز در جهان است و سالانه حدود  $2 \times 10^{10}$  درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه های خورده شده مصرف می شود.

B ۲۲۵۶ ۳ عبارت های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت های سوم و چهارم: عبارت سوم: پتانسیل کاهشی اکسیژن در محیط اسیدی بزرگ تر از

پتانسیل کاهشی آن در محیط خنثی است؛ پس سرعت خوردگی آهن در محیط های اسیدی بیشتر از محیط های معمولی است.

★ نکته محیط اسیدی، سرعت زنگ زدن آهن را افزایش می دهد. در فرایند زنگ زدن آهن، گاز اکسیژن عامل اکسنده است و نیم واکنش کاتی در محیط غیراسیدی

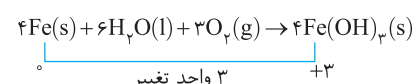


حال اگر محیط اسیدی باشد، به جای انجام این نیم واکنش، نیم واکنش  $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l), E^\circ = 1/23 V$  رخ می دهد که در این صورت به

علت بزرگ تر بودن  $E^\circ$  نیم واکنش دوم، در محیط اسیدی گاز اکسیژن از اتم های آهن راحت تر الکترون می گیرد و قدرت اکسندگی آن افزایش می یابد. از این رو سرعت

زنگ زدن آهن در محیط های اسیدی بیشتر از محیط های غیراسیدی است.

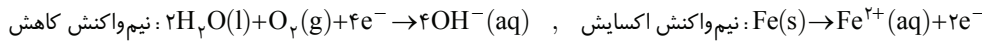
عبارت چهارم: زنگ زدن آهن یک واکنش اکسایش - کاهش است که در آن، آهن در انتها، به آهن (III) هیدروکسید تبدیل می شود و عدد اکسایش آن سه واحد افزایش می یابد.



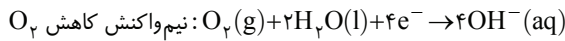


**۲ ۲۲۵۷ B** عبارات‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): پتانسیل کاهش فلزها منفی بوده؛ اما پتانسیل کاهش اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آن‌ها را اکسید کند. عبارت (ب):  $Pb$  نماد شیمیایی سرب است. سرب جزء فلزات نجیب نیست و با اسیدها و گاز اکسیژن وارد واکنش می‌شود. عبارت (پ): هر فلزی که  $E^\circ$  آن کمتر از  $E^\circ$  اکسیژن است در واکنش با اکسیژن اکسایش می‌یابد، اما لزوماً خورده نمی‌شود. خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش - کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند. این در حالی است که در فلزهایی همچون آلومینیم یا روی، اکسید فلز به صورت لایه‌ای نفوذناپذیر به سطح فلز می‌چسبد و از واکنش سایر اجزای فلز با اکسیژن و خورده شدن آن ممانعت می‌کند. عبارت (ت):  $Fe(OH)_3$  فراورده نهایی زنگ زدن آهن است که در آب نامحلول بوده و به صورت رسوب درمی‌آید. هیدروکلریک اسید توانایی حل کردن  $Fe(OH)_3$  را دارد. عبارت (ث): به علت پتانسیل کاهش بیشتر طلا نسبت به اکسیژن، حتی در محیط‌های اسیدی، این فلز درخشش و جلای خود را حفظ می‌کند.

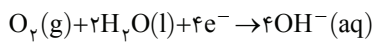
**۲ ۲۲۵۸ B** در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی، در محلی که غلظت اکسیژن زیاد است (اطراف قطره آب)، نیم‌واکنش کاهش و در محلی که غلظت اکسیژن کم است (زیر قطره آب) نیم‌واکنش اکسایش رخ می‌دهد:



**۳ ۲۲۵۹ B** همه موارد به جز مورد چهارم درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید درمی‌آیند. عبارت دوم: برای خوردگی آهن، حضور آب و اکسیژن الزامی است. آب در انجام واکنش کاهش نقش داشته و همچنین به عنوان رسانای یونی عمل می‌کند. وجود اکسیژن نیز برای کاهش یافتن و مصرف الکترون‌ها الزامی است. عبارت سوم: در خوردگی آهن، بخشی از فلز به عنوان آند (اکسایش آهن) و بخشی به عنوان کاتد (کاهش اکسیژن) عمل می‌کند. عبارت چهارم: نیم‌واکنش کاتدی در فرایند خوردگی آهن در یک محیط غیراسیدی به صورت  $2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$  است که در آن یون هیدروکسید تولید می‌شود. لذا محیط خاصیت بازی پیدا کرده و pH آن افزایش می‌یابد. عبارت پنجم: در فرایند خوردگی آهن، در بخشی که غلظت  $O_2$  زیاد است، نیم‌واکنش کاهش  $O_2$  انجام می‌شود:



**۲ ۲۲۶۰ B** عبارات‌های (الف) و (ث) نادرست‌اند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): در فرایند زنگ زدن آهن و در اثر اکسایش فلز آهن، ابتدا یون آهن (II) تولید می‌شود و سپس یون آهن (II) اکسید شده و به یون آهن (III) تبدیل می‌شود. عبارت (ب): ترکیب A همان زنگ آهن با فرمول شیمیایی  $Fe(OH)_3$  است. عبارت (پ): در اثر انجام نیم‌واکنش کاهش به ازای مصرف یک مول اکسیژن، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود:

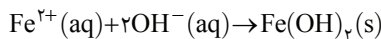


بنابراین در اثر مصرف ۰/۲۵ مول اکسیژن، ۱ مول الکترون مبادله خواهد شد:

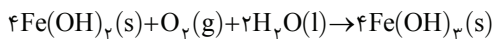
$$1 \text{ mol } e^- = 0/25 \text{ mol } O_2 \times \frac{4 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } O_2}$$

**عبارت (ت):** در شکل داده شده گونه‌های (۱) و (۲) هر دو مربوط به  $Fe^{2+}$  و گونه (۳)،  $Fe^{3+}$  است که بار الکتریکی آن با بار الکتریکی یون اسکاندیم ( $Sc^{3+}$ ) برابر است. عبارت (ث): نیم‌واکنش (۱) همان نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش (۲) همان نیم‌واکنش کاهش است.

**۳ ۲۲۶۱ B** عبارات‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): قطره آب مانند الکترولیت در سلول گالوانی عمل کرده و  $Fe^{2+}$  تولید شده در آند از طریق آب به سمت کاتد حرکت می‌کند، سپس  $Fe^{2+}$  در مجاورت یون‌های هیدروکسید تولیدی در کاتد، به  $Fe(OH)_2(s)$  تبدیل می‌شود:



**عبارت (پ):** آهن (II) هیدروکسید جامد تولید شده، در مجاورت رطوبت و گاز اکسیژن به آهن (III) هیدروکسید جامد  $(Fe(OH)_3(s))$  که رنگی قرمز - قهوه‌ای دارد تبدیل می‌شود:



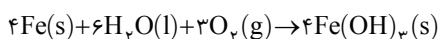
**عبارت (ت):** حضور قطره آب در تولید زنگ آهن  $(Fe(OH)_3)$  ضروری است. عبارت (ث): مولکول‌های آب در فرایند خوردگی آهن، دو نقش رسانایی یونی و واکنش‌دهنده را دارند.

**۴ ۲۲۶۲ B** نیم‌واکنش‌های موازنه‌شده در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی به صورت زیر است:



لذا مجموع ضرایب تمام گونه‌های سمت چپ در نیم‌واکنش کاتدی (۷)، به اندازه سه واحد از مجموع ضرایب تمام گونه‌ها در نیم‌واکنش آندی (۴) بیشتر است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در محل انجام نیم‌واکنش آندی غلظت اکسیژن کم و در محل انجام نیم‌واکنش کاتدی غلظت اکسیژن زیاد است. گزینه (۲): الکترون‌ها از طریق فلز (رسانای الکترونی) و یون‌ها از طریق قطره آب (رسانای یونی) به سمت پایگاه کاتدی حرکت می‌کنند. گزینه (۳): واکنش کلی زنگ زدن آهن به صورت  $4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$  است.

**۲ ۲۲۶۳ B** عبارات‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): هر عاملی که بتواند فلز را اکسید کرده و آن را به کاتیون تبدیل کند، موجب خوردگی فلز می‌شود. اکسیژن یکی از این عوامل است. از عوامل دیگر خوردگی می‌توان به مجاورت یک فلز با آب یا یک محلول اسیدی اشاره کرد. عبارت (ب): در واکنش فلزها با یک محلول اسیدی یا آب، فلزها اکسیده شده و دچار خوردگی می‌شوند. عبارت (پ):  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی در محیط اسیدی (+۱/۲۳V) از  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی در محیط غیراسیدی (+۰/۴V) بیشتر است. عبارت (ت):  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی در محیط اسیدی (+۱/۲۳V) از  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی در محیط غیراسیدی (+۰/۴V) بیشتر است، لذا اکسیژن در محیط اسیدی اکسنده قوی‌تری بوده و فرایند خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد. عبارت (ث): معادله کلی فرایند خوردگی آهن به صورت مقابل است:



در این فرایند  $Fe(s)$  به  $Fe^{3+}$  تبدیل می‌شود؛ پس به ازای اکسایش یک مول  $Fe$ ، ۳ مول الکترون در فلز جابه‌جا می‌شود.

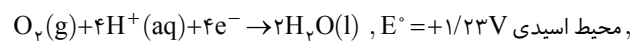
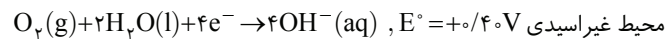
**B ۲۲۶۴ ۳** به جز مورد (پ) سایر موارد سبب افزایش سرعت خوردگی آهن می‌شوند. بررسی موارد: **مورد (الف):** پتانسیل کاهش اکسیژن در محیط‌های اسیدی بیشتر است و در نتیجه در این محیط، آهن با سرعت بیشتری با اکسیژن واکنش داده و خورده می‌شود. **مورد (ب):** در فرایند خوردگی آهن، قطره آب نقش الکترولیت را برای انتقال یون‌ها بر عهده دارد. وجود نمک در قطره آب سبب می‌شود انتقال جریان الکتریکی با سرعت بیشتری انجام شود و در نتیجه سرعت خوردگی آهن افزایش می‌یابد. **مورد (پ):** قرار گرفتن یک فلز با  $E^\circ$  منفی‌تر در کنار آهن، موجب حفاظت کاتدی آن فلز از آهن شده و سرعت خوردگی آهن کاهش می‌یابد. **مورد (ت):** در محیط‌های مرطوب، آب به عنوان الکترولیت و البته واکنش‌دهنده، با شکل‌گیری یک سلول گالوانی به افزایش سرعت واکنش کمک می‌کند.

**B ۲۲۶۵ ۱** عوامل حفاظت کاتدی یک فلز با  $E^\circ$  کمتر و pH محیط، بر سرعت واکنش خوردگی تأثیر می‌گذارند: **۱-** هر چه pH محیط اسیدی‌تر باشد، سرعت واکنش خوردگی بیشتر است؛ زیرا پتانسیل کاهش استاندارد اکسیژن در این محیط‌ها بیشتر است. **۲-** اگر فلزی با  $E^\circ$  منفی‌تر از آهن در مجاورت آن باشد، در رقابت کاتدی با آهن پیروز شده و از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند؛ بنابراین بیشترین سرعت واکنش مربوط به شکل (II) است که محیط اسیدی بوده و فلز قرار گرفته در مجاورت آهن نقره است که  $E^\circ$  بیشتری نسبت به آهن دارد و سبب خوردگی سریع‌تر آهن می‌شود. از طرفی کمترین سرعت واکنش مربوط به شکل (III) است که در آن محیط خنثی بوده (pH=7) و فلز Zn هم به عنوان محافظ کاتدی در مجاورت آهن وجود دارد.

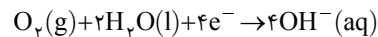
**B ۲۲۶۶ ۴** همه عبارات‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (ب):** در محیط‌های بازی  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاهش اکسیژن پایین است و از طرفی در محیط‌های خشک، برای انتقال کاتیون‌های  $Fe^{2+}$  از آند به کاتد، نیاز به یک رسانای یونی (مدار بیرونی) داریم که بدون آن مدار الکتریکی سلول زنگ زدن آهن کامل نخواهد شد؛ همان‌طور که گفته شد این رسانای یونی، همان قطره آب است. **عبارت (پ):** در آب دریا غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها بیشتر از آب آشامیدنی است. این یون‌ها سبب افزایش سرعت خوردگی آهن می‌شود؛ زیرا حضور یون‌ها در الکترولیت (قطره آب) سبب افزایش رسانایی یونی و جریان می‌شود. **عبارت (ت):** این فلزها که  $E^\circ$  کمتری نسبت به آهن دارند، در حضور اکسیژن به جای آهن الکترون داده و از خوردگی آهن جلوگیری می‌کنند.

**B ۲۲۶۷ ۳** بررسی گزینه‌ها: **گزینه (۱):** در برقکافت آب که در یک سلول الکترولیتی صورت می‌گیرد، در اطراف آند (قطب مثبت) نیم‌واکنش اکسایش به صورت زیر رخ می‌دهد و ضمن تولید  $H^+$  محیط اسیدی می‌شود.

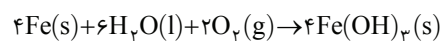
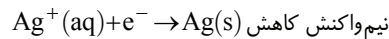
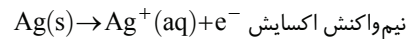
**گزینه (۲):**  $E^\circ$  نیم‌واکنش کاتدی (کاهش) در فرایند خوردگی در دو محیط اسیدی و غیراسیدی به صورت زیر می‌باشد:



با توجه به بیشتر بودن (کاتد)  $E^\circ$  در محیط اسیدی، خوردگی آهن در این محیط با سرعت بیشتری رخ می‌دهد (emf سلول بزرگ‌تر می‌شود). **گزینه (۳):** درست. اثر ایجاد خراش در حلی با آهن سفید و یا فرایند خوردگی، نیم‌واکنش کاهش به صورت زیر می‌باشد که در آن اکسیژن الکترون دریافت کرده و کاهش می‌یابد.



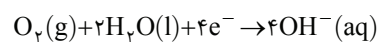
**گزینه (۴):** در فرایند آبکاری فلز پوشاننده به قطب مثبت (آند) متصل است و دچار اکسایش می‌شود اما نیم‌واکنش کاهش نیز مربوط به فلز پوشاننده آن می‌شود. به عنوان مثال نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در فرایند آبکاری با فلز نقره به صورت زیر است:



**B ۲۲۶۸ ۱** با توجه به معادله موازنه شده واکنش:

آهن اکسایش یافته و در نهایت  $Fe(OH)_3$  به دست می‌آید.

$$? g Fe(OH)_3 = 22/4 g Fe \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 g Fe} \times \frac{4 \text{ mol Fe(OH)}_3}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{107 g Fe(OH)_3}{1 \text{ mol Fe(OH)}_3} = 42/8 g Fe(OH)_3$$



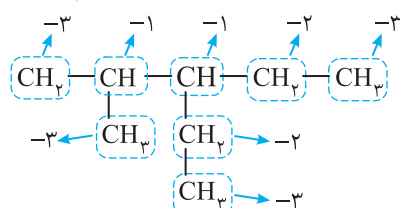
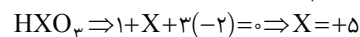
نیم‌واکنش کاهش:

$$5 \text{ mL } H_2O \times \frac{1 g H_2O}{1 \text{ mL } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{4 \text{ mol } e^-}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{6/2 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 3/6 \times 10^{23} e^-$$

**C ۲۲۶۹ ۴** تنها عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** خوردگی در مس به صورت ایجاد زنگار سبز بر روی آن است و قرمز رنگ نیست. **عبارت (ب):**

نیم‌واکنش کاتدی در خوردگی آهن در محیط اسیدی به صورت:  $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$  است که عکس این فرایند در نیم‌واکنش آندی برقکافت آب اتفاق می‌افتد. **عبارت (پ):** افزایش غلظت  $O_2$  نیم‌واکنش کاهش را به جلورانده و افزایش غلظت  $CO_2$  محیط اسیدی را برای خوردگی فراهم می‌کند. پس هر دو عامل خوردگی آهن را سرعت می‌بخشند. **عبارت (ت):** زنگ آهن در نتیجه تولید  $Fe(OH)_3$  است که رنگ قرمز - قهوه‌ای داشته و نامحلول بوده و درصد جرمی آهن در این ترکیب ۵۲/۳ درصد است. **عبارت (ث):** در خوردگی آهن قطره آب نقش رسانای یونی و مدار بیرونی و فلز آهن نقش رسانای الکتریکی و مدار درونی را دارد.

**C ۲۲۷۰ ۳** تنها عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** ابتدا عدد اکسایش عنصر X را به دست می‌آوریم:



با توجه به اینکه  $HXO_3$  فقط می‌تواند عامل اکسنده باشد، در نتیجه +۵ بالاترین عدد اکسایش ممکن

برای X است و عنصر X متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی می‌باشد. **عبارت دوم:** عدد اکسایش اتم‌های کربن

در این ترکیب به صورت زیر می‌باشد:

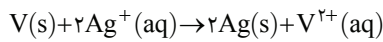
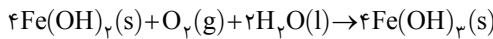
۲ اتم کربن با عدد اکسایش -۲

۴ اتم کربن با عدد اکسایش -۳

۲ اتم کربن با عدد اکسایش -۱



عبارت سوم:  $E^\circ$  فلز پوشاننده می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از  $E^\circ$  فلز مورد نظر برای آبکاری باشد. عبارت چهارم: رسوب  $\text{Fe(OH)}_2$  که رنگ سبز دارد به دلیل غلظت بالای اکسیژن در بخش کاتدی، اکسایش یافته و به رسوب قهوه‌ای رنگ آهن (III) هیدروکسید تبدیل می‌شود. قطره آب در این سلول نقش الکترولیت دارد.



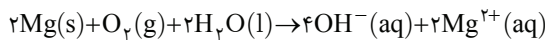
عبارت پنجم: معادله واکنش انجام شده در این سلول به صورت مقابل است:

به ازای مصرف یک مول وانادیم در این واکنش، ۲ مول الکترون میان گونه‌های اکسند و کاهنده مبادله می‌شود. در نتیجه در صورت مصرف ۰/۳ مول از آن  $3/612 \times 10^{23}$  الکترون مبادله می‌شود.

۳ ۲۲۷۱ B عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند، اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. عبارت (ب): واکنش ناخواسته خوردگی وسایل آهنی در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. عبارت (پ): برای جلوگیری از خوردگی آهن، ساده‌ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. عبارت (ت): روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند. عبارت (ث): اگر سطح آهن را با فلز دیگری که راحت‌تر از آهن اکسید می‌شود (کاهنده قوی‌تر) بپوشانیم، آن فلز اکسید شده و مانع از زنگ زدن آهن می‌شود.

۲ ۲۲۷۲ B عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به کارگیری یک فلز به عنوان کاهنده برای جلوگیری از فرایند خوردگی آهن، حفاظت کاتدی نام دارد. عبارت (ب): هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. عبارت (پ): فلز مورد استفاده در فرایند حفاظت کاتدی باید دارای  $E^\circ$  منفی‌تری نسبت به آهن باشد (پایین‌تر از آهن در سری الکتروشیمیایی) تا به جای آهن اکسید شود. عبارت (ت): فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و ... به کار می‌رود. عبارت (ث): در فرایند حفاظت فیزیکی از فلزی استفاده می‌شود که  $E^\circ$  منفی‌تری داشته باشد و به عبارت دیگر کاهنده قوی‌تری باشد.

۳ ۲۲۷۳ B در حفاظت کاتدی از آهن به وسیله منیزیم، منیزیم نقش آند را داشته و اکسید می‌شود  $(\text{Mg}(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-)$ . آهن نقش کاتد را داشته و از خوردگی در امان می‌ماند (زیرا در حفاظت کاتدی، فلز آهن قادر به کاهش یافتن نیست) و اکسیژن کاهش می‌یابد  $(\text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-(aq))$ : لذا واکنش کلی از جمع نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به دست می‌آید:

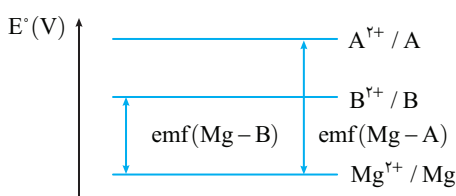


۳ ۲۲۷۴ B از همه فلزها به جز کروم می‌توان استفاده نمود. در حفاظت کاتدی، از فلزی که دارای  $E^\circ$  مثبت‌تر از فلز مورد نظر است، نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا کاهنده ضعیف‌تری بوده و فلز مورد نظر اکسید شده و دچار خوردگی می‌شود. در اینجا برای حفاظت کاتدی از فلز روی با  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$ ، نمی‌توان از فلز کروم با  $E^\circ(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0.74\text{V}$  استفاده کرد.

۳ ۲۲۷۵ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) به درستی عبارت داده شده را تکمیل می‌کنند. اگر فلز A توسط فلز B از خورده شدن در امان بماند، فلز B به عنوان محافظ کاتدی دارای  $E^\circ$  منفی‌تری بوده و نقش آند را دارد و فلز A دچار خوردگی نمی‌شود. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): B آند بوده، اکسید می‌شود  $(\text{B}(s) \rightarrow \text{B}^{n+}(aq) + ne^-)$  و از جرم آن کاسته می‌شود. عبارت (ب): فلز A نقش کاتد را دارد، اما فلزها کاهش نمی‌یابند، پس جرم فلز A تغییری نمی‌کند (کاتیون  $\text{A}^{m+}$  وجود ندارد که با کاهش یافتن به جرم فلز A بیفزاید). عبارت (پ): فلز A می‌تواند مس (با  $E^\circ$  مثبت‌تر) و فلز B می‌تواند روی (با  $E^\circ$  منفی‌تر) باشد. عبارت (ت): در هر صورت، نیم‌واکنش کاتدی که همان نیم‌واکنش کاهش  $\text{O}_2$  در محیط خنثی است، به صورت مقابل می‌باشد.  $\text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-(aq)$

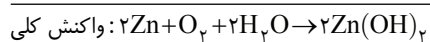
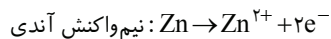
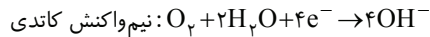
۳ ۲۲۷۶ B عبارت‌های اول، دوم و چهارم نادرست هستند. با توجه به مقایسه قدرت اکسندگی داده شده در متن تست می‌توان به مقایسه قدرت کاهندگی گونه‌ها پی برد:  $\text{H}_2 > \text{Y} > \text{M} > \text{B} > \text{A}$ : مقایسه قدرت کاهندگی  $\text{A}^{2+} > \text{B}^{2+} > \text{M}^+ > \text{Y}^{2+} > \text{H}^+$ : مقایسه قدرت اکسندگی

بنابراین در میان این گونه‌ها، هیدروژن بیشترین قدرت کاهندگی را دارد که  $E^\circ$  آن برابر صفر است و A کمترین قدرت کاهندگی را دارد و  $E^\circ$  آن مثبت است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: B قدرت کاهندگی کمتری نسبت به Y دارد و به همین علت B نمی‌تواند باعث کاهش یافتن  $\text{Y}^{2+}$  شود و این واکنش انجام‌پذیر نیست. عبارت دوم: پتانسیل استاندارد کاهشی آهن منفی است. با توجه به اینکه پتانسیل استاندارد کاهشی همه فلزهای داده شده مثبت است؛ بنابراین هیچ کدام از آنها برای حفاظت کاتدی از فلز آهن مناسب نیستند. عبارت سوم: پتانسیل کاهشی استاندارد Mg منفی بوده و پتانسیل کاهشی استاندارد A مثبت‌تر از B است و به همین علت emf سلول گالوانی (Mg-A) بزرگ‌تر emf سلول گالوانی



(Mg-B) است. عبارت چهارم: راجع به مقایسه قدرت کاهندگی M، X و B می‌توان گفت، با توجه به انجام‌پذیر بودن واکنش  $\text{M} + \text{XCl}_4 \rightarrow \dots$ ، فلز M کاهنده‌تر از فلزهای X و B است. اما در مورد مقایسه قدرت کاهندگی B و X نمی‌توان اظهار نظر کرد و نمی‌توان انجام‌پذیر بودن واکنش  $\text{B} + \text{XCl}_4 \rightarrow \dots$  را تشخیص داد.

۴ ۲۲۷۷ B معادله‌های موازنه‌شده نیم‌واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد این سلول به صورت زیر است:



$$? \text{ g Zn} = \frac{0.224 \text{ L O}_2}{22.4 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol Zn}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 1.3 \text{ g Zn}$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{0.224 \times 2 \times 65}{22.4} = ? \rightarrow \frac{224 \times 2 \times 65}{224} \times \frac{10^{-3}}{10^{-1}} = 13 \times 10^{-2} = 1.3$$

$$\text{Zn} = 20 \times 1.3 = 26 \text{ g Zn}$$

$$\text{درصد Zn مصرف شده} = \frac{26}{100} \times 100 = 26\%$$

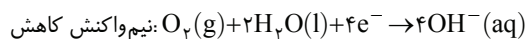
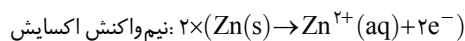
۱ ۲۲۷۸ A عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نام دیگر آن، آهن سفید است که با فلز روی پوشیده شده و روی نقش محافظ

کاتدی را دارد و مانع از خوردگی آهن می‌شود. عبارت (ب): در آهن سفید،  $\text{E}^\circ$  روی کمتر از  $\text{E}^\circ$  آهن و کاهنده قوی‌تری است و اکسید می‌شود و آهن دچار خوردگی نمی‌شود. عبارت (پ): در آهن سفید (روی - آهن)، روی اکسید می‌شود، اما آهن نمی‌تواند کاهش یابد (فلزها کاهش نمی‌یابند). عبارت (ت): در سلول گالوانی تشکیل شده، در صورت ایجاد خراش، روی با  $\text{E}^\circ$  کوچک‌تر نقش آند (قطب منفی) را داشته و اکسید می‌شود.

۴ ۲۲۷۹ B تنها عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر در سطح یک ورق گالوانیزه، خراشی ایجاد شود، الکترون‌ها از آند (روی) به سمت

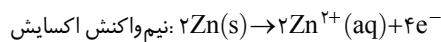
کاتد (آهن) حرکت می‌کنند. عبارت (ب): الکترون‌های رسیده به سطح آهن (کاتد) با اکسیژن و رطوبت در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کنند، زیرا آهن نمی‌تواند کاهش یابد. عبارت (پ): در آهن گالوانیزه حضور آب به عنوان رسانای یونی برای خوردگی فلز روی الزامی است.

عبارت (ت): نیم‌واکنش‌های اکسایش (روی) و کاهش (اکسیژن) و واکنش کلی انجام شده به صورت زیر است:



۲ ۲۲۸۰ B عبارتهای اول، دوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آهن سفید، یک سلول گالوانی است. در شکل، فلز بالایی، روی (آند یا قطب منفی) و

فلز پایینی، آهن (کاتد یا قطب مثبت) است. عبارت دوم: مورد (۱)، قطره آب (رسانای یونی) و مورد (۲)، گاز اکسیژن است. عبارت سوم: با اکسید شدن فلز روی (فلز بالایی)، کاتیون‌های روی ( $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ) یا مورد (۳) تولید می‌شوند. به ازای مبادله ۴ مول الکترون در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، ۲ مول یون روی و ۴ مول یون هیدروکسید تولید می‌شود. لذا به ازای تولید یک مول از  $\text{Zn}^{2+}$ ، ۲ مول  $\text{OH}^-$  تولید می‌شود. عبارت چهارم: نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش با ضریب یکسان الکترون به صورت زیر است:



مجموع ضرایب مواد در نیم‌واکنش اکسایش برابر ۴ و با ضریب فرآورده ( $\text{OH}^-$ ) در نیم‌واکنش کاتدی (کاهش) برابر است. عبارت پنجم: پیش از ایجاد خراش، حفاظت Zn از Fe از نوع فیزیکی است و با ایجاد خراش عمیق، حفاظت آن از نوع کاتدی می‌شود.

۲ ۲۲۸۱ B عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در صورت ایجاد خراش در آهن گالوانیزه، روی به عنوان آند اکسید شده و از جرم

آن کاسته می‌شود. آهن نیز در نقش کاتد بوده، اما فلز آهن کاهش نمی‌یابد و جرم آن تغییری نمی‌کند. عبارت (ب): در حفاظت کاتدی، در سطح فلزی که در نقش کاتد محافظت می‌شود، الکترون‌ها از آند (محافظ کاتدی) توسط گاز اکسیژن جذب می‌شوند. عبارت (پ): نیم‌واکنش کاهش در حفاظت کاتدی با نیم‌واکنش کاهش در فرایند خوردگی آهن در محیط غیراسیدی، یکسان است. عبارت (ت): واکنش خوردگی آهن گالوانیزه (خوردگی فلز روی) در باران اسیدی به دلیل افزایش غلظت  $\text{H}^+$ ، سریع‌تر از خوردگی در باران طبیعی است. (غلظت  $\text{H}^+$  بیشتر  $\Leftarrow$  افزایش پیشرفت واکنش خوردگی در جهت رفت  $\Leftarrow$  افزایش سرعت خوردگی)

۳ ۲۲۸۲ B A کهنده‌تر از Fe و Fe کهنده‌تر از B است. بنابراین زمانی که به جای فلز M، فلز A قرار گیرد، این فلز از خوردگی Fe محافظت می‌کند اما اگر فلز B

جای فلز M قرار گیرد، آهن خورده می‌شود. در واقع A مثل Zn در آهن سفید و B مثل Sn در حلی عمل می‌کند.

۲ ۲۲۸۳ B عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (پ): فلز پوشاننده آهن در حلی قلع است که  $\text{E}^\circ$  مثبت‌تری از

آهن داشته و در صورت ایجاد خراش عمیق نمی‌تواند از آن در برابر اکسیژن محافظت کند. عبارت (ث): در حلی پس از ایجاد خراش  $\text{O}_2$  و Fe به ترتیب گونه‌های اکسند و کهنده هستند.

۱ ۲۲۸۴ B عبارتهای سوم و پنجم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: پس از ایجاد خراش بر سطح حلی، جرم آهن کاهش یافته و جرم قلع بدون تغییر می‌ماند.

عبارت دوم: فلز آهن در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از فلز قلع قرار گرفته ( $\text{E}^\circ$  منفی‌تر) و یون  $\text{Fe}^{2+}$  نسبت به یون  $\text{Sn}^{2+}$  اکسند ضعیف‌تری است (تمایل  $\text{Fe}^{2+}$  برای کاهش، کمتر از تمایل  $\text{Sn}^{2+}$  برای کاهش است). عبارت سوم: بعد از ایجاد خراش، به علت اینکه  $\text{E}^\circ$  آهن از  $\text{E}^\circ$  قلع کوچک‌تر است، قدرت کاهندگی آهن بیشتر بوده و آهن در معرض اکسیژن و رطوبت اکسید شده و زنگ می‌زند؛ در نتیجه قلع به عنوان کاتد، محافظت کاتدی می‌شود. عبارت چهارم: پس از ایجاد خراش در حلی، یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود که در آن فلز آهن اکسید شده (قطب منفی) و اکسیژن در سطح فلز قلع کاهش می‌یابد. عبارت پنجم: در سلول گالوانی ایجاد شده در محل خراش در حلی، آهن آند (قطب منفی) بوده و جهت حرکت الکترون از آهن (آند) به قلع (کاتد) است.





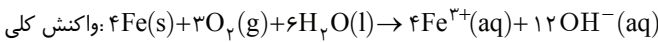
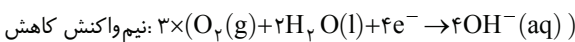
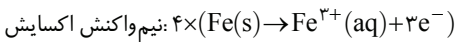
۲۲۸۵ B فقط مورد چهارم می‌تواند جمله را به درستی کامل کند. از آنجا که اسیدهای موجود در مواد غذایی با فلز روی واکنش داده و باعث ورود کاتیون‌های آن به داخل مواد غذایی می‌شوند، (زیرا  $E^\circ$  روی منفی‌تر از  $E^\circ$  هیدروژن مواد غذایی بوده و روی اکسید می‌شود)، قوطی‌های کنسرو را نمی‌توان از جنس آهن گالوانیزه (آهن سفید) ساخت و آن‌ها را از جنس حلی می‌سازند. ( $E^\circ$  قلع مثبت‌تر از  $E^\circ$  هیدروژن مواد غذایی بوده و قلع در مجاورت  $H^+$  موجود در مواد غذایی اکسید نمی‌شود).

۲۲۸۶ B با توجه به جدول زیر تنها گزینه (۱) جمله داده شده را به درستی کامل نمی‌کند، زیرا در آهن گالوانیزه، آهن دچار خوردگی نشده و جرم آن ثابت می‌ماند، ولی در حلی در صورت ایجاد خراش، آهن در نقش آند، دچار خوردگی شده و جرم آن کاهش می‌یابد:

ماده	کاتد	آند	محافظ کاتدی	فلزی که محافظت می‌شود	جهت حرکت الکترون‌ها	جهت حرکت کاتیون‌ها
آهن گالوانیزه	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ در سطح آهن	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	روی	آهن	از روی به سمت آهن	از روی به سمت آهن
حلی	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ در سطح قلع	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	آهن	قلع	از آهن به سمت قلع	از آهن به سمت قلع

۲۲۸۷ B فقط عبارت چهارم درست است. با توجه به یون  $Fe^{2+}$  تولید شده می‌توان متوجه شد که فلز M نمی‌تواند از آهن در برابر خوردگی محافظت کند زیرا  $E^\circ(M^{2+}/M) > E^\circ(Fe^{2+}/Fe)$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آهن به کار رفته در ساخت کانال کولر و تانکرها آهن سفید است که سطح آن را روی می‌پوشاند و به علت محافظت کاتدی آن دچار خوردگی نمی‌شود. این در حالی است که طبق شکل نشان داده شده، آهن با اکسیژن واکنش داده و دچار خوردگی شده است. عبارت دوم: نیم‌واکنش کاتدی واکنش داده شده به صورت  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$  است. عبارت‌های سوم و چهارم: مقدار  $E^\circ$  فلز M بیشتر از آهن است لذا فقط می‌تواند Sn باشد نه Zn.

۲۲۸۸ B در حلی، در صورت ایجاد خراش و تماس رطوبت و اکسیژن با سطح آهن، به دلیل اینکه قدرت کاهندگی فلز آهن از فلز قلع بیشتر است  $E^\circ(Fe) < E^\circ(Sn)$ ، آهن اکسید شده و قلع محافظت کاتدی می‌شود و اکسیژن در سطح فلز قلع (کاتد) کاهش می‌یابد.



حال با جرم کاتیون تولید شده  $(Fe^{3+})$  می‌توان به حجم گاز مصرف شده در شرایط استاندارد رسید:

$$روش اول (کسر تبدیل): \quad 126g Fe^{3+} \times \frac{1 mol Fe^{3+}}{56g Fe^{3+}} \times \frac{3 mol O_2}{4 mol Fe^{3+}} \times \frac{22.4L O_2}{1 mol O_2} = 37/8L O_2$$

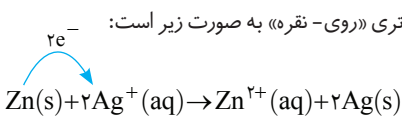
$$روش دوم (تناسب): \quad \frac{جرم کاتیون}{جرم مولی کاتیون} = \frac{لیتر گاز}{ضریب} \Rightarrow \frac{126}{56 \times 4} = \frac{x}{22.4 \times 3} \Rightarrow x = 37/8L O_2$$

۲۲۸۹ B در آهن گالوانیزه، روی آند بوده، اکسید شده و از جرم آن کاسته می‌شود:  $2Zn(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Zn^{2+}(aq) + 4OH^-(aq) + 4e^-$  در حلی، آهن آند بوده، اکسید شده و از جرم آن کاسته می‌شود (دچار خوردگی می‌شود):  $4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 4Fe^{3+}(aq) + 12OH^-(aq) + 12e^-$  ابتدا، تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در آهن گالوانیزه، به ازای ۱۱۷ گرم فلز روی مصرف شده را به دست می‌آوریم. سپس از تعداد مول الکترون‌های مبادله شده به جرم آهن مصرف شده در حلی می‌رسیم.

$$117g Zn \times \frac{1 mol Zn}{65g Zn} \times \frac{4 mol e^-}{2 mol Zn} = 3/6 mol e^-$$

$$3/6 mol e^- \times \frac{56g Fe}{1 mol e^-} \times \frac{1 mol Fe}{2 mol e^-} = 67/2g Fe$$

۲۲۹۰ C قسمت اول: در تمامی واکنش‌های داده شده،  $O_2$  اکسند بوده و در حضور  $H_2O$ ، سبب اکسایش دیگر گونه‌ها می‌شود. معادله این فرایند در محیط غیراسیدی به صورت « $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ » است. قسمت دوم: معادله واکنش کلی انجام شده در باتری «روی-نقره» به صورت زیر است:



$$روش اول (کسر تبدیل): \quad ?g Ag = 24/0.8 \times 10^{-24} e^- \times \frac{1 mol e^-}{6 \times 10^{23} e^-} \times \frac{2 mol Ag}{1 mol e^-} \times \frac{108g Ag}{1 mol Ag} = 432g Ag$$

$$روش دوم (تناسب): \quad \frac{تعداد الکترون}{جرم مولی} \times N_A \times \text{ضریب} = \frac{جرم Ag}{جرم مولی} \Rightarrow \frac{24/0.8 \times 10^{-24}}{6 \times 10^{23}} \times 6.02 \times 10^{23} = \frac{x}{210.8} \Rightarrow x = 432g Ag$$



**B ۲۲۹۱ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** آبکاری، پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، در یک سلول الکترولیتی است. **عبارت دوم:** در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره درب و ... استفاده می‌شود. سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند.

**عبارت سوم:** فرایند آبکاری در سلول الکترولیتی انجام می‌شود که در آن جرم تیغه کاتدی (جسمی که می‌خواهیم توسط فلزی دیگر آبکاری کنیم) افزایش یافته و جرم تیغه آندی (فلز پوشاننده یا تیغه‌ای از جنس فلزی که می‌خواهیم با آن آبکاری کنیم) کاهش می‌یابد. **عبارت چهارم:** به کمک فرایند آبکاری می‌توان لایه‌ای از فلز پوشاننده (فلز نقره) را روی جسمی دیگر مانند قاشق فولادی تشکیل داد. **عبارت پنجم:** الکترولیت مورد استفاده در فرایند آبکاری باید حاوی کاتیون‌های آند باشد، زیرا کاتیون‌های آند باید از طریق هدایت یونی سلول به سمت کاتد حرکت کرده و در کاتد کاهش یابند. غلظت محلول الکترولیت در اثر فرایند آبکاری ثابت می‌ماند، زیرا همان مقدار کاتیون که در آند تولید می‌شود ( $M(s) \rightarrow M^{n+}(aq) + ne^{-}$ ) در کاتد مصرف می‌شود ( $M^{n+}(aq) + ne^{-} \rightarrow M(s)$ ).

**B ۲۲۹۲ ۳** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری نام دارد. این فرایند در سلول الکترولیتی انجام می‌شود. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در فرایند آبکاری، الکترون‌ها از تیغه آندی به تیغه کاتدی منتقل می‌شوند که قرار است بر روی آن روکش ایجاد شود؛ بنابراین این جسم باید رسانایی الکتریکی داشته باشد. **عبارت (ب):** سلولی که در آن آبکاری انجام می‌شود یک سلول الکترولیتی است. در سلول‌های الکترولیتی، آند محل اکسایش و تولید الکترون بوده و بار الکتریکی آن مثبت است. **عبارت (پ):** محلول الکترولیت باید حاوی کاتیون‌های فلز پوشاننده باشد تا این کاتیون‌ها بتوانند با دریافت الکترون از تیغه کاتد (جسمی که قرار است آبکاری شود) بر روی جسم قرار گیرند. **عبارت (ت):** طی فرایند آبکاری، با اکسایش اتم‌های فلزی در آند و تولید کاتیون‌ها، از جرم تیغه آندی کاسته شده و با کاهش کاتیون‌ها در کاتد و قرار گرفتن آن‌ها بر سطح کاتد به جرم کاتد افزوده می‌شود.

**B ۲۲۹۳ ۱** فقط مورد (الف) به درستی مشخص نشده است. در سلول الکترولیتی مربوط به آبکاری، قطب مثبت سلول (آند) یعنی فلز نقره به قطب مثبت باتری و قطب منفی سلول (کاتد)، یعنی قاشق فولادی به قطب منفی باتری متصل می‌شود. پس شماره (۱) قطب مثبت باتری است. شماره (۲)، قاشق فولادی، کاتد سلول بوده که کاتیون‌های  $Ag^{+}$  با کاهش یافتن، بر روی سطح آن را می‌پوشانند. شماره (۳)، الکترولیت حاوی یون‌های  $Ag^{+}$  مانند  $AgNO_3$  است و جهت حرکت الکترون‌ها، از آند (تیغه نقره) به سمت کاتد (قاشق فولادی) است.

**B ۲۲۹۴ ۲** محلول الکترولیت در فرایند آبکاری نقره روی قاشق فولادی، می‌تواند  $AgNO_3$  (حاوی  $Ag^{+}$ ) باشد ولی غلظت آن تغییر نمی‌کند، زیرا مقدار  $Ag^{+}$  تولید شده در آند با  $Ag^{+}$  مصرف شده در کاتد برابر است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** فلز نقره (تیغه آندی) اکسید شده و  $Ag^{+}$  تولید می‌کند؛ سپس  $Ag^{+}$  به سمت کاتد رفته و در آن کاهش می‌یابد. **گزینه (۳):** جهت حرکت الکترون‌ها (از آند به سمت کاتد) همانند جهت حرکت کاتیون‌ها است. **گزینه (۴):** نیم‌واکنش کاتدی به صورت  $Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s)$  و نیم‌واکنش آندی به صورت  $Ag(s) \rightarrow Ag^{+}(aq) + e^{-}$  انجام می‌شود.

**B ۲۲۹۵ ۱** در فرایند آبکاری با صرف نظر کردن از آنیون‌های حاصل از انحلال نمک حل شده، محلول الکترولیت فقط دارای یون‌های فلزی است که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد؛ در واقع الکترولیت فقط شامل کاتیون‌های فلز پوشاننده ( $Ag^{+}$ ) است و غلظت کاتیون  $Cu^{2+}$  در آن برابر با صفر است. از طرفی غلظت محلول الکترولیت در فرایند آبکاری ثابت است، زیرا هر مقدار  $Ag^{+}$  که روی قطعه مسی می‌نشیند، به همان مقدار در آند تولید می‌شود. به نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده در این سلول توجه کنید:

$$Ag(s) \rightarrow Ag^{+}(aq) + e^{-} \quad \text{نیم‌واکنش اکسایش}$$

$$Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s) \quad \text{نیم‌واکنش کاهش}$$

**B ۲۲۹۶ ۱** موارد دوم و سوم نادرست هستند. **بررسی تمام موارد: مورد اول:** نیم‌واکنش اکسایش در آند انجام می‌شود و آند متصل به قطب مثبت باتری می‌باشد. **مورد دوم:** فرایند انجام شده در طی آبکاری، غیر خودبه‌خودی بوده و با وجود ولتاژ خارجی انجام می‌شود. **مورد سوم:** نقره کلرید در آب نامحلول است و نمی‌تواند به عنوان الکترولیت استفاده شود. **مورد چهارم:** چون نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در این سلول، عکس یکدیگر هستند بنابراین هر مقدار مول یون نقره که از آند این سلول تولید می‌شود، در کاتد این سلول کاهش می‌یابد؛ بنابراین غلظت کاتیون‌های نقره در محلول الکترولیت این سلول به تقریب ثابت می‌ماند.

**B ۲۲۹۷ ۲** **پاسخ درست پرسش‌ها: پرسش (الف):** انتخاب محلول نمک نقره به عنوان الکترولیت موجب افزایش غلظت (مقدار) یون‌های نقره در محلول و انجام بهتر فرایند مهاجرت و جابه‌جایی این یون‌ها به سمت کاتد (قاشق) می‌شود. ضمناً با شروع واکنش، غلظت یون‌های نقره در محلول ثابت می‌ماند، زیرا به ازای هر یک یون نقره وارد شده به محلول، یک یون در نیم‌واکنش کاتدی کاهش می‌یابد. **پرسش (ب):** با توجه به شکل، تعدادی از اتم‌های تیغه سمت چپ از آن جدا شده‌اند، لذا این شکل مربوط به مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی است. **پرسش (پ):** معادله نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی به ترتیب به صورت  $Ag(s) \rightarrow Ag^{+}(aq) + e^{-}$  و  $Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s)$  است، لذا عکس یکدیگرند.

**B ۲۲۹۸ ۲** همه عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم نادرست‌اند.

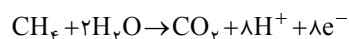
**بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در فرایند آبکاری، فلز روکش (روی) در آند اکسید می‌شود ( $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$ )؛ همچنین کاتیون‌های فلز روکش در کاتد کاهش یافته و فلز بر روی سطح جسم مورد نظر (آهن) می‌نشیند ( $Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Zn(s)$ ). **عبارت دوم:** محلول الکترولیت، در آبکاری فلزها، حاوی کاتیون‌های فلز پوشاننده ( $Zn^{2+}$ ) است. **عبارت سوم:** آهن گالوانیزه، آهن با روکش روی است. بنابراین، آهن جسمی است که قرار است با فلز روی آبکاری شود. پس آهن در کاتد و فلز روی در آند قرار می‌گیرند و جهت حرکت الکترون‌ها از روی (آند) به سمت آهن (کاتد) است. **عبارت چهارم:** آهن در کاتد (قطب منفی) و روی در آند (قطب مثبت) قرار می‌گیرد. **عبارت پنجم:** در فرایند آبکاری، غلظت یون‌های  $Zn^{2+}$  در محلول الکترولیت ثابت است. دقت کنید که در الکترولیت، غلظت یون‌های  $Fe^{2+}$  صفر است.

**B ۲۲۹۹ ۴** همه عبارت‌ها به‌جز عبارت (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** قطب منفی در این سلول کاتد بوده که جسم B در آن قرار می‌گیرد. **عبارت (ب):** فلز پوشاننده A در آند اکسایش یافته ( $A(s) \rightarrow A^{n+}(aq) + ne^{-}$ ) و کاتیون‌های  $A^{n+}$  به سمت کاتد رفته و روی جسم B کاهش می‌یابند ( $A^{n+}(aq) + ne^{-} \rightarrow A(s)$ ). **عبارت (پ):** در سلول مربوط به این فرایند، در آند اکسید شده و در کاتد  $A^{n+}$  کاهش می‌یابد تا لایه‌ای از فلز A روی جسم B را بپوشاند. **عبارت (ت):** کاتیون‌های فلز A باید در رقابت کاتدی (بین کاتیون‌های  $A^{n+}$  و مولکول‌های آب) برنده باشند، پس کاتیون‌های فلز A باید اکسندتر بوده و  $E^{\circ}$  بزرگ‌تری از  $E^{\circ}$  آب داشته باشند. **عبارت (ث):** در انتخاب فلز پوشاننده در فرایند آبکاری، باید به این نکته توجه داشت که  $E^{\circ}$  کاتیون‌های فلز پوشاننده باید بزرگ‌تر از  $E^{\circ}$  مولکول‌های آب باشد.

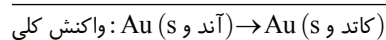
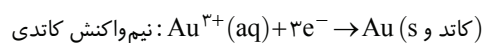


۱ ۲۳۰۰ B فقط مورد چهارم جمله داده شده را به درستی کامل می کند. بررسی موارد: **مورد اول:** در آبکاری قاشق نقره ای توسط فلز مس، الکترولیت نمی تواند نقره نیترا باشد، زیرا باید حاوی یون های  $\text{Cu}^{2+}$  باشد و قاشق در کاتد قرار داده می شود و محل انجام نیم واکنش کاهش  $\text{Cu}^{2+}$  است. **مورد دوم:** در آبکاری قاشق آلومینیمی توسط فلز آهن، الکترولیت می تواند آهن (II) سولفات (حاوی کاتیون های فلز روکش) باشد و قاشق در کاتد (قطب منفی) قرار گرفته و به قطب منفی باتری متصل می شود. **مورد سوم:** در آبکاری یک قاشق مسی با فلز روی، الکترولیت نمی تواند مس (II) سولفات باشد (حاوی یون های  $\text{Cu}^{2+}$ )، چرا که باید کاتیون های فلز روکش (روی) در محلول قرار داشته و قاشق در کاتد مقصد حرکت الکترون ها و روی در آند مبدأ حرکت الکترون ها است. **مورد چهارم:** در آبکاری یک قاشق نیکلی توسط فلز سرب (پوشاننده)، الکترولیت می تواند محلول سرب (II) برمید (حاوی کاتیون های فلز پوشاننده) باشد و قاشق مقصد حرکت الکترون ها در مدار بیرونی است، زیرا قاشق در کاتد بوده و الکترون ها از آند به سمت کاتد حرکت می کنند.

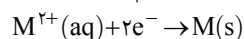
۲ ۲۳۰۱ B به جز عبارت (پ) سایر عبارت ها درست هستند. بررسی عبارت ها: **عبارت (الف):** عدد اکسایش اکسیژن را در هر ترکیب محاسبه می کنیم:  
 $\text{Al}_2\text{O}_3: 2(+3)+O=0 \Rightarrow O=-6$ ,  $\text{Na}_2\text{O}: 2(+1)+O=0 \Rightarrow O=-2$ ,  $\text{OF}_2: O+2(-1)=0 \Rightarrow O=2$ ,  $\text{O}_2\text{F}_2: O+2(-1) \Rightarrow O=2$   
 مجموع عدد اکسایش اتم های اکسیژن برابر  $-4$  است. **عبارت (ب):** فرمول مولکولی آمونیوم کربنات به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  است:  
 $\text{NH}_4^+: N+4(+1)=1 \Rightarrow N=-3$        $\text{CO}_3^{2-}: C+3(-2)=-2 \Rightarrow C=4$   
 مجموع عدد اکسایش N و C برابر  $2 - (3-2) = 4 - 2 = 2$  است. **عبارت (پ):** معادله موازنه شده نیم واکنش داده شده به صورت زیر است:



در این نیم واکنش عدد اکسایش کربن از  $-4$  (کمترین مقدار) در متان به  $+4$  (بیشترین مقدار) در کربن دی اکسید رسیده است و با توجه به آن، طی این فرایند ۸ مول الکترون میان گونه ها مبادله می شود. **عبارت (ت):** به طور کلی در فرایند آبکاری در آند و کاتد داریم:

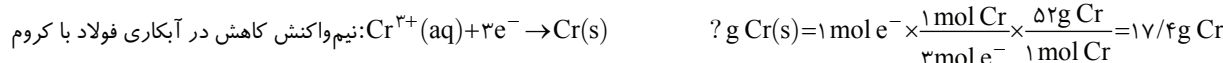


۲ ۲۳۰۲ B باید از افزایش جرم جسم مسی که برابر جرم فلز پوشاننده اکسایش یافته است و تعداد الکترون های مبادله شده، به فلز مورد نظر برسیم: ابتدا با توجه به ۳ گزینه اول، فرض می کنیم تعداد الکترون ها در نیم واکنش کاهش برابر ۲ است.



$$\text{فلز } 118 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow x = 118 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow x = 118 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow x = 118 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow x = 118 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۴ ۲۳۰۳ B ابتدا نیم واکنش های کاهش در آبکاری فولاد توسط نقره و کروم را نوشته و سپس جرم نقره و کرومی را که پس از آبکاری بر روی تیغه ها می نشینند محاسبه می کنیم:



بنابراین تفاوت جرم دو قطعه آبکاری شده برابر  $90.6 - (108 - 17.33) = 90.6 - 90.67 = 0.03 \text{ g}$  است.

۱ ۲۳۰۴ B افزایش جرم تیغه نقره ای مربوط به کاهش  $\text{Cr}^{3+}$  در کاتد است. پس  $286 \text{ g Cr}^{3+}$  در مدت  $1/1$  دقیقه در  $2/5$  لیتر محلول در آند تولید شده است:

$$\text{Cr}^{3+} \text{ سرعت تولید } = 286 \text{ g Cr}^{3+} \times \frac{1 \text{ mol Cr}^{3+}}{52 \text{ g Cr}^{3+}} \times \frac{1}{2/5 \text{ L}} \times \frac{1}{1/1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{1}{30} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

۱ ۲۳۰۵ C در آبکاری هر قطعه  $5/4 \times 10^{-2}$  گرم نقره روی قطعه قرار می گیرد و نقره موجود در  $78 \text{ g}$  محلول نقره سولفات با درصد خلوص  $80$ ، نقره نشسته روی قطعه را جبران می کند. پس ما با به دست آوردن جرم نقره این محلول در حقیقت جرم نقره مورد استفاده در آبکاری را به دست می آوریم:

$$? \text{ g Ag} = 78 \text{ g Ag}_2\text{SO}_4 \times \frac{108 \text{ g Ag}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g Ag}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{SO}_4}{312 \text{ g Ag}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol Ag}_2\text{SO}_4} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 43.2 \text{ g}$$

پس جرم کل نقره مورد استفاده برای آبکاری  $43.2 \text{ g}$  است. اکنون تعداد قطعات را محاسبه می کنیم:

$$\frac{78 \times 80 \times 2 \times 10^8}{100 \times 312} = ? \rightarrow \frac{78 \times 80 \times 2 \times 10^8}{100 \times 312} = \frac{80 \times 2 \times 10^8}{100 \times 4} = 80 \times 2 \times 2 \times 10^6 = 43.2 \times 10^6 = 43.2 \times 10^6$$

توضیح محاسبات

۲ ۲۳۰۶ C ابتدا جرم فلز نقره مصرف شده را به دست می آوریم:

سپس با استفاده از نیم واکنش آندی  $\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$ ، تعداد الکترون های عبوری از مدار را به دست می آوریم:

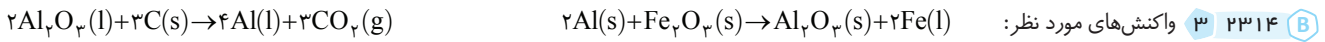
$$? \text{ e}^- = 0.72 \text{ g Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Ag}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ e}^-}{1 \text{ mol e}^-} = 4.0 \times 10^{21} \text{ e}^-$$

حال با توجه به نیم واکنش های آندی و کاتدی:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$ ، نیم واکنش آندی:

می توان دریافت که تعداد کاتیون های  $\text{Ag}^+(\text{aq})$  موجود در محلول ثابت می ماند:

$$? \text{ Ag}^+ = 5 \text{ L محلول} \times \frac{0.8 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Ag}^+}{1 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ Ag}^+}{1 \text{ mol Ag}^+} = 2.408 \times 10^{24} \text{ Ag}^+$$





**روش اول (ضریب تبدیل):** مقدار نظری آهن تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kg Fe} = 31/175 \text{ kg } Al_2O_3 \times \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{102 \text{ g } Al_2O_3} \times \frac{4 \text{ mol Al}}{2 \text{ mol } Al_2O_3} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 35 \text{ kg Fe}$$

بازده درصدی واکنش فرایند هال:  $\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \text{بازده} = \frac{21 \text{ kg}}{35 \text{ kg}} \times 100 = 60\%$

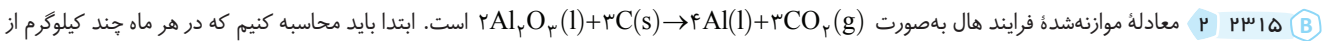
**روش دوم (تناسب):** بین  $Al_2O_3$  و  $Fe$  رابطه روبرو برقرار است:

$$\frac{Al_2O_3 \text{ جرم درصدی} \times \text{بازده درصدی}}{100} = \frac{\text{جرم آهن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{31/175 \times Ra}{100} = \frac{21}{2 \times 102} \Rightarrow Ra = 60\%$$

**+ توضیح محاسبات**

$$\frac{21 \times 2 \times 102 \times 100}{56 \times 4 \times 31/175} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{21 \times 2 \times 102 \times 100}{56 \times 4 \times 31/175} \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن به جای ۱۰۲ و ۱۰۰ اعداد ۳۱/۱۷۵ و ۳۰ قرار گیرد.}} \frac{3 \times 2 \times 100 \times 100}{8 \times 4 \times 30} = \frac{3 \times 100 \times 100}{30 \times 4 \times 4} = \frac{1000}{16} = 62/5$$

پاسخ نزدیک به عدد ۶۲/۵ است. (پاسخ: ۶۰)



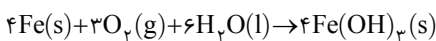
آند مصرف می‌شود. **روش اول (کسر تبدیل):**  $? \text{ kg C} = 1 \text{ ماه} \times \frac{72 \text{ h}}{1 \text{ ماه}} \times \frac{27 \text{ kg Al}}{1 \text{ h}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol C}}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 6480 \text{ kg C}$

**روش دوم (تناسب):**  $\frac{\text{جرم آلومینیم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{72 \times 270}{27 \times 4} = \frac{x}{3 \times 12} \Rightarrow x = 6480 \text{ kg C}$

جرم هر الکتروود آند (الکتروود کربن) برابر ۶۰۰ kg است که پس از مصرف حدود ۷۵٪ (یا به عبارتی ۴۵۰ kg) آن باید الکتروود عوض شود. بنابراین تعداد الکتروودهای

مورد نیاز برابر است با:  $\frac{\text{الکتروود}}{\text{الکتروود}} = 144 = \frac{\text{الکتروود}}{450 \text{ kg الکتروود}} \times 6480 \text{ kg الکتروود} = 6480 \text{ kg الکتروود}$

**۱ ۲۳۱۶ B** ابتدا واکنش‌های کربن با سنگ معدن آهن، استخراج آلومینیم در فرایند هال و خوردگی آهن را می‌نویسیم:

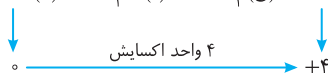
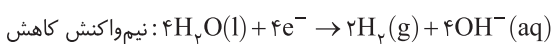
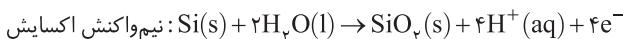


مقدار آلومینیم تولیدی در فرایند هال و اکسیژن لازم برای خوردگی آهن را به دست می‌آوریم:

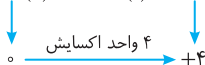
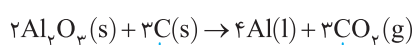
$$? \text{ kg Al} = 4 \text{ kg } Fe_2O_3 \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{8 \text{ g خالص}}{100 \text{ g ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe_2O_3}{160 \text{ g } Fe_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{4 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol } CO_2} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1/0.8 \text{ kg Al}$$

$$? \text{ g } O_2 = 4000 \text{ g } Fe_2O_3 \times \frac{8 \text{ g خالص}}{100 \text{ g ناخالص}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe_2O_3}{160 \text{ g } Fe_2O_3} \times \frac{4 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol } Fe_2O_3} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 960 \text{ g } O_2$$

**۲ ۲۳۱۷ C** عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش و واکنش کلی انجام شده در این سلول به صورت زیر است:

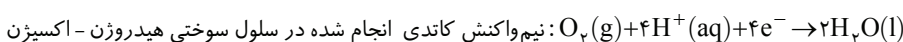
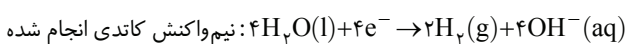


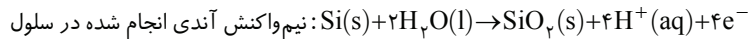
**بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در معادله واکنش کلی این سلول، عنصر کاهنده، Si است که عدد اکسایش آن به اندازه ۴ واحد افزایش می‌یابد. معادله واکنش کلی



فرایند هال به صورت مقابل است:

در معادله کلی فرایند هال، عنصر کاهنده، کربن است که عدد اکسایش آن به اندازه ۴ واحد افزایش می‌یابد. **عبارت دوم:**





عبارت سوم:

محیط اطراف آند این سلول به دلیل تولید یون  $\text{H}^+$ ، اسیدی است و رنگ کاغذ pH در این محیط، قرمز می‌شود.

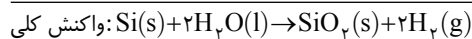
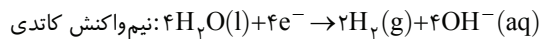
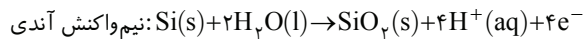


محیط اطراف کاتد این سلول به دلیل تولید یون  $\text{OH}^-$ ، بازی است و رنگ کاغذ pH را آبی می‌کند. عبارت چهارم: معادله موازنه شده واکنش ترمیت به صورت



این سلول برای تهیه گاز هیدروژن از آب کاربرد دارد و emf، بازده و سرعت انجام واکنش در آن پایین است. گاز هیدروژن به عنوان سوخت در رایج‌ترین سلول سوختی، یعنی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن به کار می‌رود.

عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. نیم واکنش‌های آندی و کاتدی در این سلول به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: محلول پیرامون کاتد به دلیل تولید  $\text{OH}^-$ ، خاصیت بازی دارد و رنگ کاغذ pH را به آبی تغییر می‌دهد. عبارت دوم: با توجه به معادله کلی واکنش،

$\text{Si(s)}$  آند سلول را تشکیل می‌دهد. عبارت سوم: با توجه به نیم واکنش آندی، در محلول پیرامون آند،  $\text{H}^+$  تولید می‌شود که باعث کاهش pH محلول پیرامون آند می‌شود.

عبارت چهارم: معادله نیم واکنش کاتدی در برقراری آب نیز همانند نیم واکنش کاتدی انجام شده در سلول نور-الکتروشیمیایی داده شده به صورت  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

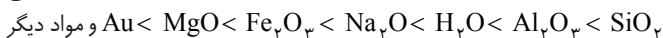
است. عبارت پنجم: معادله کلی واکنش انجام شده به صورت  $\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$  است که نحوه به دست آوردن آن در ابتدای پاسخ نوشته شده است.

### شیمی ۳: فصل سوم

### پاسخ تشریحی

هر چهار عبارت بیان شده درست هستند. ۴ ۲۳۱۹ A

عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: ترتیب درصد جرمی مواد سازنده یک نمونه خاک رس که از معدن طلا استخراج شده به صورت مقابل است: ۳ ۲۳۲۰ A



شده به صورت مقابل است:

مورد دوم: با توجه به مورد اول، خاک رس شامل  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و  $\text{MgO}$  می‌شود اما حواس باشد نام  $\text{Al}_2\text{O}_3$  به صورت آلومینیم اکسید است، نه آلومینیم (III) اکسید، زیرا آلومینیم فلزی تک ظرفیتی است. مورد سوم: سرخ‌فام بودن خاک رس به دلیل وجود آهن (III) اکسید ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) است.

مورد چهارم: در هنگام پختن سفال‌های تهیه شده از خاک رس، به دلیل تبخیر آب، از جرم آن به مقدار بیشتری کاسته می‌شود. مورد پنجم: سفال از جمله نخستین مواد ساختمانی است. برای تهیه سفال باید سفالینه پخته شود، از این رو مقداری از آب تبخیر شده و جرم سفال نسبت به جرم خاک رس اولیه کاهش می‌یابد؛ بنابراین درصد جرمی سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) در سفال بیشتر از خاک رس اولیه است.

همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: ۴ ۲۳۲۱ A

سیلیسیم دی‌اکسید ( $\text{SiO}_2$ )، بیشترین درصد جرمی را در خاک رس دارد.

عبارت دوم: اجزای تشکیل دهنده خاک رس به همراه رنگ آن‌ها در جدول زیر

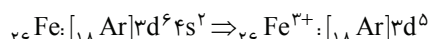
نمایش داده شده است. بنابراین بیشتر ترکیب‌های تشکیل دهنده خاک رس، بی‌رنگ یا سفید رنگ‌اند. عبارت سوم: در خاک رس، جامد کووالانسی ( $\text{SiO}_2$ ) و

جامدهای یونی ( $\text{MgO}$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) وجود دارند. علاوه بر این مواد، در خاک رس ترکیب مولکولی ( $\text{H}_2\text{O}$ ) و جامد فلزی ( $\text{Au}$ ) نیز وجود دارد.

عبارت چهارم: در برخی از انواع خاک رس، فلزهای دارای ارزش اقتصادی زیاد (مانند طلا) برای استخراج نیز یافت می‌شود.

تنها عبارت (ب) نادرست می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ترکیب‌های سیلیس و آب در ساختار خود دارای یون نمی‌باشند و با توجه به جدول داده شده،

مجموع درصد جرمی آن‌ها حدود ۶۰ درصد می‌باشد. عبارت (ب): در ترکیب آهن (III) اکسید، کاتیون آهن (III) به آرایش الکترونی هشت‌تایی پایدار گاز نجیب نرسیده است.



عبارت (پ): سیلیس عامل استحکام و دیرگداز بودن سازه‌های سنگی می‌باشد. عبارت (ت): عنصر طلا با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. عبارت (ث): در یک نمونه

۱۰۰ گرمی از خاک رس،  $46/20$  گرم  $\text{SiO}_2$  و  $13/32$  گرم  $\text{H}_2\text{O}$  وجود دارد. با تبخیر  $13/32$  گرم آب، جرم خاک باقی‌مانده برابر  $86/68$  ( $100 - 13/32$ ) می‌شود و درصد  $\text{SiO}_2$  در آن برابر است با:

$$\text{درصد } \text{SiO}_2 \text{ در خاک بدون آب} = \frac{46/20 \text{ g}}{86/68 \text{ g}} \times 100 \approx 53/3\%$$

ابتدا باید حساب کنیم که در  $135$  گرم خاک رس، چند گرم سیلیس وجود دارد. بعد از آن باید محاسبه کنیم که در مقدار مشخص سیلیس، چند گرم

سیلیسیم یافت می‌شود: ۱ ۲۳۲۳ A

$$? \text{ g Si} = 135 \text{ g خاک رس} \times \frac{46/20 \text{ g SiO}_2}{100 \text{ g خاک رس}} \times \frac{28 \text{ g Si}}{60 \text{ g SiO}_2} = 29/1 \text{ g Si}$$

توضیح محاسبات: پاسخ نزدیک به  $28/8$  است. (پاسخ  $29/1$ )  $\frac{135 \times 46/20 \times 28}{100 \times 60} = 28/8$  تخمین زدن و ساده کردن به جای  $46/20$  و  $28/60$  و  $135/100$  قرار گیرد.





ابتدا باید درصد جرمی آب در نمونه اولیه از خاک رس را حساب کنیم:  $\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{8}{60} \times 100 = 13.3\%$  درصد جرمی آب در نمونه اولیه

در اثر حرارت، مقدار ۲ گرم از جرم آب و جرم نمونه خاک رس کاسته می‌شود؛ بنابراین درصد جرمی جدید برابر است با:

$$\frac{(8-2)}{(60-2)} \times 100 = 10.3\% \Rightarrow \text{کاهش درصد جرمی} = 13.3\% - 10.3\% = 3\%$$

در یک نمونه ۱۰۰ گرمی از این خاک به مقدار ۴۶/۲ گرم سیلیس و ۱۳/۳۲ گرم آب وجود دارد. با تبخیر X گرم از آب، جرم نمونه به (۱۰۰-X) و جرم آب به (۱۳/۳۲-X) می‌رسد. ابتدا مقدار کاهش جرم آب و نمونه را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow 9.7 = \frac{13.32 - X}{100 - X} \times 100 \Rightarrow 9.7 \times (100 - X) = 13.32 - X \Rightarrow 9.7 \times 100 - 9.7X = 13.32 - X \Rightarrow 9.7 \times 100 - 13.32 = 9.7X - X \Rightarrow 966.68 = 8.7X \Rightarrow X = 111.11 \text{ g}$$

بنابراین جرم نمونه ۴ گرم کاهش می‌یابد و به ۹۶ گرم می‌رسد اما جرم سیلیس در نمونه همچنان برابر ۴۶/۲ گرم می‌باشد. بنابراین درصد جرمی آن در نمونه به دست

$$\text{درصد جرمی سیلیس} = \frac{\text{جرم SiO}_2}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{46.2}{96} \times 100 = 48.12\%$$

فرض می‌کنیم جرم این خاک رس ۱۰۰ گرم باشد. ابتدا درصد جرمی  $\text{Na}_2\text{O}$  را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ g Na}_2\text{O} = 1.15 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{O}}{2 \text{ mol Na}} \times \frac{62 \text{ g Na}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} = 1.55 \text{ g Na}_2\text{O}$$

پس درصد جرمی  $\text{Na}_2\text{O}$ ، ۱/۵۵، است، از آنجایی که مجموع درصد جرمی ترکیب‌ها باید ۱۰۰ شود، پس درصد جرمی  $\text{H}_2\text{O}$  برابر است با:

$$0.45 + 1.55 + x + 4.3 + 4.6 = 100 \Rightarrow x = 9$$

$$? \text{ g H} = 9 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 1 \text{ g H}$$

بنابراین درصد جرمی آب برابر ۹٪ است. پس جرم H را حساب می‌کنیم:

از آنجا که محاسبات بر مبنای ۱۰۰ گرم خاک رس انجام شده، پس درصد هیدروژن در این نمونه خاک برابر ۱٪ است.

$$? \text{ g C} = 7.92 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 2.16 \text{ g C}$$

$$? \text{ g H} = 1.98 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 0.22 \text{ g H}, \quad ? \text{ g N} = 3.3 \text{ g نمونه} \times \frac{0.168 \text{ g N}}{1.98 \text{ g نمونه}} = 0.28 \text{ g N}$$

سپس جرم اکسیژن در نمونه و درصد جرمی آن در ماده مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم اکسیژن} = 3.3 - (2.16 + 0.22 + 0.28) = 0.64 \text{ g O} \quad \text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{0.64}{3.3} \times 100 = 19.39\%$$

فرمول شیمیایی ترکیب آلی به صورت  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{Br}_w$  است. با توجه به اینکه جرم مولی کل ترکیب ۱۶۱ گرم بر مول است، پس قطعاً تعداد برم در این ترکیب ۱ است.

$$\frac{12x}{161} \times 100 = \frac{y}{161} \times 100 \Rightarrow \frac{12x}{y} = 12 \Rightarrow x = y$$

پس فرمول شیمیایی ترکیب به صورت  $\text{C}_x\text{H}_x\text{O}_z\text{Br}$  است و  $13x + 16z = 81$ ، با حدس و آزمایش و از آنجایی که X و Z قطعاً اعداد صحیح هستند، معادله را حل می‌کنیم:

$$Z=1, x=5 \Rightarrow \text{فرمول ترکیب: } \text{C}_5\text{H}_5\text{OBr}$$

$$\text{درصد اکسیژن} = \frac{16}{161} \times 100 = 9.93\%$$

پس درصد جرمی اکسیژن برابر است با:

همه عبارات‌ها درست هستند. به نکته زیر توجه کنید.

### نکته ترکیب جامدات بلوری در یک نگاه

نوع جامد بلوری	ذره‌های سازنده بلور	رسانایی الکتریکی	دمای ذوب	سختی	مثال
یونی	کاتیون و آنیون	نارسانا (رسانا در حالت مذاب یا محلول)	بالا	سخت و شکننده	$\text{MgO}$ ، $\text{Na}_2\text{O}$ ، $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، $\text{Al}_2\text{O}_3$ و ...
مولکولی	مولکول‌های مجزا	نارسانا	پایین	نرم (بخ سخت است)	$\text{CO}_2$ ، $\text{H}_2\text{O}$ ، $\text{S}_8$ ، $\text{I}_2$ و ...
کووالانسی	اتم‌ها	نارسانا (گرافیت رساناست)	بسیار بالا	بسیار سخت	گرافیت، الماس، سیلیسیم، سیلیس، سیلیسیم کربید و ...
فلزی	کاتیون‌ها و الکترون‌های آزاد	رسانا	بالا	سخت (جیوه، نرم است)	$\text{Ti}$ ، $\text{Zn}$ ، $\text{Al}$ ، $\text{Fe}$ ، $\text{Ca}$ ، $\text{Mg}$ ، $\text{Na}$ ، $\text{Li}$ و ...



۱ ۲۳۳۵ A شکل (الف) نشان‌دهنده جامد کووالانسی؛ شکل (ب) نشان‌دهنده جامد یونی و شکل (پ) نشان‌دهنده جامد مولکولی است. آهن (III) اکسید، سدیم اکسید، منیزیم اکسید و آلومینیم اکسید، جامد یونی هستند. سیلیس، جامد کووالانسی، آب، جامد مولکولی و طلا، جامد فلزی است.

۴ ۲۳۳۱ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به موادی مانند کربن دی‌اکسید، آب، متان و ... که از مولکول‌های مجزا تشکیل شده‌اند، مواد مولکولی گفته می‌شود. عبارت دوم: در مواد کووالانسی تمامی اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل هستند و در واقع یک ساختار غول‌آسا را تشکیل می‌دهند. عبارت سوم: سختی مواد مولکولی، به دلیل نیروهای بین ذره‌ای ضعیف‌تر نسبت به مواد کووالانسی کمتر می‌باشد. عبارت چهارم: جامدات یونی حداقل از دو اتم تشکیل شده‌اند و همواره ترکیب هستند ولی دیگر دسته‌ها از جامدات بلوری به صورت عنصری نیز یافت می‌شوند.

۱ ۲۳۳۲ B عبارت (ب) نادرست است. شکل (الف)، (ب) و (پ) به ترتیب مربوط به ساختار ذره‌ای مواد یونی و مولکولی و فلزی در حالت خالص و جامد است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ترکیب‌های  $Fe_3O_4$  و  $MgO$  جزء اکسیدهای فلزی بوده و جامدهای یونی هستند. عبارت (ب):  $SiO_2$  جامد کووالانسی است و ساختارهای داده شده مربوط به جامدهای کووالانسی نیست، اما  $H_2O$  در حالت خالص و جامد یک جامد مولکولی است و ساختاری شبیه به شکل (ب) دارد. عبارت (پ): طلا یک فلز است و همانند فلزهای دیگر ساختاری شبیه به شکل (پ) دارد. عبارت (ت): هیچ کدام از شکل‌های داده شده برای نمایش ساختار ذره‌ای جامدهای کووالانسی مانند سیلیسیم مناسب نیست.

\* توجه در ستون (الف) متانول یک ترکیب مولکولی و سدیم یک جامد فلزی است. در ستون (ب) سدیم کلرید یک جامد یونی است.

۱ ۲۳۳۳ A در ساختار اغلب خاک‌های رس بعد از سیلیس، ترکیب‌هایی مانند  $Al_2O_3$ ،  $Na_2O$ ،  $Fe_2O_3$  و ... بیشترین درصد جرمی را دارند که جزء ترکیب‌های یونی به حساب می‌آیند. شکل‌های (الف)، (ب) و (پ) به ترتیب مربوط به ساختار جامدهای یونی، جامدهای مولکولی و جامدهای فلزی است.

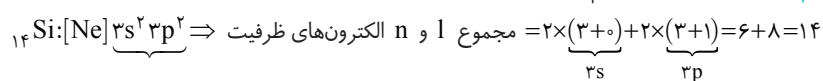
۲ ۲۳۳۴ C عبارت‌های اول و دوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: در ساختار جامدات کووالانسی، همه اتم‌ها با یکدیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کنند. مورد دوم: فراوان‌ترین عنصر موجود در کره زمین، آهن است. آهن (III) اکسید باعث سرخ‌فام شدن خاک رس می‌شود. مورد سوم: ذرات تشکیل‌دهنده جامدات یونی، شامل کاتیون‌ها و آنیون‌ها است و همچنین جامدات فلزی شامل کاتیون‌ها و الکترون‌های آزاد هستند، از این‌رو همه ترکیباتی که دارای ذره‌های با بار مثبت و منفی هستند، جزء جامدات یونی نیستند. مورد چهارم: همه ترکیبات یونی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها تشکیل شده‌اند. به‌طور مثال سدیم کلرید ( $NaCl$ ) از کاتیون  $Na^+$  و آنیون  $Cl^-$  تشکیل شده است. همچنین در برخی ترکیبات یونی مانند سیلیکات ( $Na_4SiO_4$ )، عنصر شبه‌فلزی نیز وجود دارد و در برخی ترکیبات یونی مانند آمونیوم نیترات ( $NH_4NO_3$ )، اصلاً عنصر فلزی وجود ندارد. مورد پنجم: پلیمرها از اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک ایجاد می‌شوند؛ از این‌رو میان اتم‌های آن‌ها پیوند کووالانسی وجود دارد و میان مولکول‌های پلیمر، نیروهای وان‌دروالسی وجود دارد؛ بنابراین جزء جامدهای کووالانسی نیستند.

۳ ۲۳۳۵ A عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سیلیسیم ( $Si$ ) عنصری شبه‌فلزی از دوره سوم جدول تناوبی است. عبارت (ب): خواص فیزیکی شبه‌فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده درحالی‌که رفتار شیمیایی آن‌ها همانند نافلزها است. عبارت (پ): سیلیسیم توانایی تشکیل ترکیبات یونی ( $Na_4SiO_4$ )، مولکولی ( $SiCl_4$ ) و کووالانسی ( $SiO_2$ ) را دارد. عبارت (ت): اتم‌های سیلیسیم در حالت عنصری، پیوند اشتراکی ایجاد کرده و یک جامد کووالانسی تشکیل می‌دهند و میان اتم‌های سیلیسیم، پیوند اشتراکی وجود دارد.

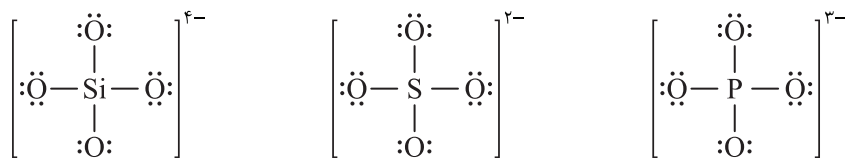
۱ ۲۳۳۶ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است. عبارت (ب): عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آن‌ها تاکنون یون تک‌اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است. عبارت (پ): ساختار یون سیلیکات به صورت مقابل است و در آن اتم‌های اکسیژن با پیوند یگانه به اتم سیلیسیم متصل هستند. عبارت (ت): اتم سیلیسیم می‌تواند در طبیعت به شکل جامدهای کووالانسی مثل سیلیس ( $SiO_2$ ) و در قالب یون سیلیکات ( $SiO_4^{4-}$ ) در جامدهای یونی مشاهده شود.

۴ ۲۳۳۷ B چکش‌خوار بودن و خردنشدن در اثر ضربه از ویژگی‌های جامدهای فلزی است. سیلیسیم خالص یک جامد کووالانسی که چکش‌خوار نبوده و در اثر ضربه خرد می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در سیلیسیم خالص، فقط پیوند کووالانسی وجود دارد و اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند، از این‌رو یک جامد کووالانسی است. گزینه (۲): آنتالپی پیوند  $Si-O$  بیشتر از آنتالپی پیوند  $Si-Si$  است؛ از این‌رو سیلیسیم در طبیعت به‌طور خالص وجود ندارد و به‌طور عمده به شکل سیلیس ( $SiO_2$ ) وجود دارد. گزینه (۳): در ساختار جامدهای کووالانسی، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل هستند.

۴ ۲۳۳۸ B همه عبارت‌ها درست هستند. سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی است. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رساناها مثل سیلیسیم و ... ساخته می‌شوند. مورد دوم: سیلیسیم در طبیعت به‌صورت عنصری و خالص وجود ندارد و به‌طور عمده به شکل سیلیس دیده می‌شود. مورد سوم: سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است به‌طوری‌که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. مورد چهارم: آرایش الکترونی سیلیسیم به‌صورت زیر است:



مورد پنجم: ساختار لوویس یون‌های  $SiO_4^{4-}$ ،  $SO_4^{2-}$  و  $PO_4^{3-}$  به‌صورت زیر بوده و در ساختار آن‌ها چهار پیوند اشتراکی وجود دارد.

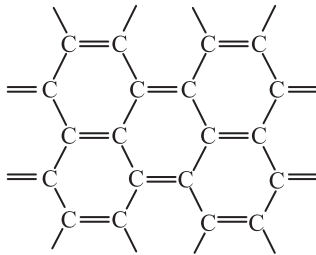




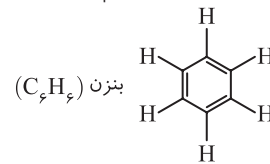
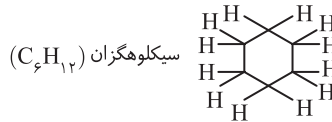
- B ۲۳۴۹ ۱** عبارت‌های اول و سوم صحیح هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: ساده‌ترین آمین، متیل آمین  $\text{CH}_5\text{N}$  می‌باشد که در ساختار آن شمار پیوندهای اشتراکی، ۶ برابر شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی است. عبارت دوم: سیانواتن با فرمول مولکولی  $\text{C}_2\text{H}_2\text{N}_2$  دارای جرم مولی  $53\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  است. عبارت سوم: کوارتز نمونه خالص و ماسه نمونه ناخالص سیلیس است. عبارت چهارم: گاز مرداب، متان می‌باشد و مطابق معادله موازنه شده واکنش زیر، از سوختن کامل هر مول از آن، ۱ مول  $\text{CO}_2$  (۴۴g) و ۲ مول  $\text{H}_2\text{O}$  (۳۶g) تولید می‌شود.
- $$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- A ۲۳۵۰ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود در حالی که کربن در طبیعت به حالت خالص (گرافیت و الماس) یافت می‌شود. عبارت (ب): کربن همانند سیلیسیم در هیچ‌یک از ترکیب‌های خود به‌عنوان یون تک‌اتمی حضور ندارد. عبارت (پ): عنصر کربن در ترکیبات یونی همچون  $\text{CaCO}_3$ ،  $\text{HCN}$  و ... نیز یافت می‌شود.
- A ۲۳۵۱ ۴** به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر آلوتروپ یا دگرشکل می‌گویند. مانند الماس و گرافیت که آلوتروپ (دگرشکل)‌های کربن هستند یا اکسیژن و اوزون که آلوتروپ (دگرشکل)‌های اکسیژن هستند.
- \* توجه** گزینه (۱) تعریف مفهوم ایزومری و گزینه (۲) تعریف مفهوم ایزوتوپی است.
- B ۲۳۵۲ ۳** همه عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. عبارت اول: هر دو دگرشکل، جامد کووالانسی هستند. در الماس چینش اتم‌های کربن به‌صورت سه‌بعدی و در گرافیت به‌صورت دوبعدی است. عبارت دوم: گرافیت ساختاری لایه‌ای دارد و برای ساخت مغز مداد به کار می‌رود و روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد. عبارت سوم: دگرشکل شماره (۱) الماس و دگرشکل شماره (۲) گرافیت است. در ساختار گرافیت، مولکول‌های جدا از هم و مستقل وجود ندارد، چون گرافیت یک جامد کووالانسی است. عبارت چهارم: گرافیت برخلاف الماس رسانای جریان الکتریسیته است. عبارت پنجم: از دگرشکل شماره (۱) که همان الماس است در ساختار مت‌ها و ابزار برش استفاده می‌شود و چگالی بیشتری نسبت به گرافیت (دگرشکل شماره (۲)) دارد.
- A ۲۳۵۳ ۳** الماس و گرافیت هر دو در دما و فشار اتاق جامد هستند و از کربن خالص تشکیل شده‌اند. اما میزان سختی الماس از گرافیت بیشتر است. گرافیت دگرشکل پایدارتر کربن در طبیعت می‌باشد، به همین دلیل آنتالپی سوختن گرافیت کمتر از الماس است. الماس برخلاف گرافیت رسانای جریان برق نیست.
- A ۲۳۵۴ ۲** هر دو ماده گرافیت و الماس جامد کووالانسی هستند و شامل یک شبکه به هم پیوسته از اتم‌های کربن هستند؛ بنابراین فقط مورد (ت) نمی‌تواند دلیل مناسبی برای نرم‌تر بودن گرافیت نسبت به الماس باشد.
- A ۲۳۵۵ ۲** در ساختار الماس، یک اتم کربن با ۴ پیوند اشتراکی یگانه به ۴ اتم کربن دیگر متصل است و در ساختار گرافیت، یک اتم کربن با یک پیوند اشتراکی دوگانه و دو پیوند اشتراکی یگانه به ۳ اتم کربن دیگر متصل است؛ بنابراین میانگین مرتبه پیوند کربن - کربن در الماس یک و در گرافیت تقریباً  $1/3$  است. می‌دانیم هرچه مرتبه پیوندی بزرگ‌تر باشد، طول پیوند کوتاه‌تر و آنتالپی آن پیوند بیشتر خواهد بود، پس میانگین آنتالپی پیوند در گرافیت بیشتر و میانگین طول پیوند در الماس بیشتر است.
- A ۲۳۵۶ ۱** فقط مورد (پ) جمله را به درستی کامل می‌کند. در گرافیت، پیوندهای موجود در هر صفحه، بسیار قوی هستند، یعنی بین اتم‌های کربن در هر صفحه، پیوندهای قوی کووالانسی وجود دارد که باعث می‌شود دمای ذوب و جوش گرافیت بسیار بالا باشد.
- B ۲۳۵۷ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. ساختار (۱)، گرافیت و ساختار (۲)، الماس است. بررسی عبارت‌ها: موارد اول و سوم: آنتالپی سوختن گرافیت از الماس پایین‌تر است، پس سطح انرژی گرافیت پایین‌تر از الماس و پایداری گرافیت بیشتر از الماس است. مورد دوم: الماس متراکم‌تر از گرافیت بوده؛ بنابراین چگالی آن بیشتر از گرافیت است. در حجم برابر از این دو ماده، جرم الماس بیشتر از گرافیت است، از این‌رو در الماس شمار اتم‌های کربن بیشتر از گرافیت است. مورد چهارم: هر اتم کربن چهار پیوند اشتراکی برقرار می‌کند، از این‌رو اگر تعداد اتم‌های کربن در الماس و گرافیت برابر باشد، شمار پیوندهای اشتراکی نیز یکسان است.
- C ۲۳۵۸ ۲** موارد اول و پنجم درست هستند. بررسی موارد: مورد اول: شکل‌های (۱) و (۲) به ترتیب ساختار الماس و گرافیت را نشان می‌دهند که به ترتیب ساختارهای سه‌بعدی و دوبعدی دارند. مورد دوم: در ساختار الماس، هر اتم کربن با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم کربن دیگر اتصال دارد؛ اما در ساختار گرافیت هر اتم کربن با ۳ اتم کربن دیگر پیوند دارد که یکی از این پیوندها دوگانه می‌باشد؛ در نتیجه به‌طور میانگین آنتالپی پیوند کربن - کربن در گرافیت نسبت به الماس بیشتر است. مورد سوم: الماس نسبت به گرافیت سختی بیشتری دارد، اما رسانای جریان الکتریکی نیست. مورد چهارم: نقطه ذوب، اندازه آنتالپی سوختن و رسانایی گرمایی الماس از گرافیت بیشتر است و از میان موارد داده شده، فقط پایداری گرافیت از الماس بالاتر می‌باشد. مورد پنجم: چگالی الماس از گرافیت بیشتر است، در نتیجه در جرم‌های یکسان، گرافیت حجم بیشتری نسبت به الماس اشغال می‌کند.
- A ۲۳۵۹ ۳** ساختار گرافن استحکام ویژه‌ای دارد، به‌طوری که مقاومت کششی آن حدود  $100$  برابر فولاد است.
- A ۲۳۶۰ ۲** فقط عبارت (ت) نادرست است. ضخامت هر لایه گرافن به اندازه یک اتم کربن و در حد نانومتر است.
- A ۲۳۶۱ ۴** گرافن، لایه‌ای به ضخامت یک نانومتر از گرافیت است که رسانایی الکتریکی بالایی دارد.
- A ۲۳۶۲ ۱** فقط عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آزمایش، رسانایی الکتریکی گرافن را بررسی می‌کند و ضخامت این لایه در حد اتم کربن است. عبارت دوم: اگر نوک فلزی دو سیم را از هم دور کنیم، طول رسانا افزایش، مقاومت الکتریکی افزایش و جریان الکتریکی و نور لامپ کاهش می‌یابند. عبارت سوم: طول و مقاومت یک رسانا با هم نسبت مستقیم دارند. هر چه طول رسانا بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که بعضی از جامدهای کووالانسی مثل گرافیت رسانای جریان الکتریسیته هستند.
- B ۲۳۶۳ ۲** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گرافن به علت نداشتن فواصل بین لایه‌ای موجود در گرافیت، چگالی بیشتری نسبت به آن دارد، در نتیجه در حجم یکسان جرم گرافن بیشتر از گرافیت است. عبارت (ب): گرافن از عنصر کربن تشکیل شده است. کربن دو آلوتروپ الماس و گرافیت را دارد که از الماس برای ساخت مت‌ها و ابزار برش شیشه استفاده می‌شود. عبارت (پ): کربن و سیلیسیم یون تک‌اتمی تشکیل نمی‌دهند اما در ساختار بعضی یون‌های چنداتمی وجود دارند. به‌عنوان مثال، کربن در یون کربنات  $(\text{CO}_3^{2-})$  و سیلیسیم در یون سیلیکات  $(\text{SiO}_4^{4-})$  دیده می‌شود. عبارت (ت): اوزون و اکسیژن آلوتروپ‌های اکسیژن هستند در حالی که گرافیت از لایه‌های گرافن تشکیل شده است. رابطه اوزون و اکسیژن مثل رابطه الماس و گرافیت است. عبارت (ث): تعداد پیوندهای میان دو اتم کربن در گرافن بیشتر از الماس است، پس فاصله هسته اتم‌های کربن که در گرافن به یکدیگر متصل شده‌اند کمتر از الماس است.



**۲۳۶۴ ۱ B** در ساختار گرافن، هر اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به سه اتم کربن دیگر متصل است و ساختار شش ضلعی ایجاد کرده است. با توجه به اینکه هر اتم کربن، چهار ظرفیت دارد؛ می‌توان نتیجه گرفت که یکی از پیوندهای (کربن - کربن) در آن دوگانه است.



در بنزن نیز، هر اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی (یک پیوند دوگانه و دو پیوند یگانه) به سه اتم دیگر متصل است؛ در سیکلوهگزان، همه پیوندها یگانه است:



**۲۳۶۵ ۴ B** عبارت‌های اول، دوم، سوم و چهارم درست بوده و عبارت پنجم نادرست است. به نکته زیر توجه کنید:

**بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** از آنجا که ساختار الماس و سیلیسیم کاملاً یکسان است، به کمک آنتالپی پیوندهای موجود در آنها، می‌توان نقطه ذوب آنها را با یکدیگر مقایسه کرد؛ به طوری که هر چه آنتالپی پیوند قوی‌تر باشد، نقطه ذوب بالاتر خواهد بود. به این ترتیب از آنجا که آنتالپی پیوندهای C—C و Si—Si به ترتیب برابر ۳۴۸ و ۲۲۶ کیلوژول بر مول است؛ بنابراین پیوندهای موجود در ساختار الماس قوی‌تر از سیلیسیم خالص است و الماس نقطه ذوب بالاتری دارد. **عبارت سوم:** با توجه به شعاع اتمی کوچک‌تر O نسبت به Si، طول پیوند Si—O از Si—Si کمتر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند آن بیشتر است. همچنین پیوند Si—O قطبی بوده ولی پیوند Si—Si ناقطبی است که این عامل نیز سبب می‌شود تا آنتالپی پیوند Si—O بیشتر از Si—Si باشد. **عبارت چهارم:** گرافن، تک‌لایه‌ای از گرافیت است و ضخامت آن به اندازه یک اتم کربن است و می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دوبعدی دانست و شفاف و انعطاف‌پذیر است. **عبارت پنجم:** دقت کنید که به علت پایداری بیشتر سیلیس (SiO<sub>۲</sub>) نسبت به سیلیسیم خالص و همچنین اکسیژن دوست بودن عنصر سیلیسیم، این عنصر در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود.

**۲۳۶۶ ۳ B** عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی موارد: مورد اول:** در الماس برخلاف گرافیت همه اتم‌ها با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل شده‌اند. در الماس هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی به ۴ اتم کربن دیگر متصل می‌باشد اما در گرافیت هر اتم کربن با ۳ پیوند کووالانسی به ۳ اتم کربن دیگر متصل است. **مورد دوم:** از آنجا که الماس ساختار لایه‌ای ندارد و همه اتم‌ها با پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل‌اند، این ترکیب ساختار فشرده‌تری نسبت به گرافیت دارد و چگالی آن بیشتر خواهد بود. **مورد سوم:** شکل (۱) مربوط به الماس و شکل (۲) مربوط به گرافیت می‌باشد. هر لایه سازنده گرافیت (گرافن) برخلاف کل ترکیب شفاف بوده اما همانند آن رسانایی الکتریکی دارد. **مورد چهارم:** در سیلیس همانند الماس، همه اتم‌ها با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل هستند و هر دو ترکیب ساختاری سه بعدی دارند. **مورد پنجم:** مولکول‌های آب در حالت جامد به صورت شش ضلعی قرار می‌گیرند ولی این ساختار همانند ساختار گرافیت (شکل ۲) به صورت دوبعدی نیست و ساختاری سه بعدی دارد.

**۲۳۶۷ ۳ B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** گرافن یک لایه مسطح و دوبعدی از اتم‌های کربن است و در ساختار آن پیوندهای (C=C) و (C—C) دیده می‌شود. **عبارت (ب):** بین لایه‌های گرافن نیروهای بین‌مولکولی ضعیفی وجود دارد به طوری که هر لایه به راحتی می‌تواند روی لایه دیگر بلغزد. توانایی لغزش لایه‌ها روی یکدیگر در گرافیت باعث نرمی آن شده است. **عبارت (پ):** در گرافن، هر اتم کربن با یک پیوند دوگانه و دو پیوند یگانه، به سه اتم کربن دیگر متصل است. **عبارت (ت):** جرم مولی گرافیت و الماس فارغ از تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها برابر ۱۲ گرم بر مول (برابر جرم مولی اتم کربن) می‌باشد. در واقع تعداد اتم‌ها در مقدار جرم مولی تأثیری ندارد.

**۲۳۶۸ A ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت چهارم درست هستند. **بررسی موارد: مورد اول:** سیلیسیم کربید یک ساینده ارزان است و در تهیه سنباده به کار می‌رود. **مورد دوم:** سیلیسیم کربید جزء جامدهای کووالانسی است؛ زیرا ساختار آن شامل یک شبکه غول‌آسا از اتم‌های کربن و سیلیسیم است که به هم متصل شده‌اند. **مورد سوم:** سیلیسیم کربید از نظر ساختاری مشابه الماس است. سختی سیلیسیم کربید از سیلیسیم بیشتر و از الماس کمتر است. **مورد چهارم:** جامدهای کووالانسی شکننده بوده و چکش‌خوار نیستند. **مورد پنجم:** درصد جرمی کربن در سیلیسیم کربید (SiC) برابر است با:

$$\%C = \frac{1 \times 12}{(1 \times 12) + (1 \times 28)} \times 100 = 30\%$$

**۲۳۶۹ ۱ B** تمام عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سیلیسیم کربید یک جامد کووالانسی سه بعدی است در حالی که گرافن دوبعدی است. **عبارت (ب):** در گرافیت هر اتم کربن به ۳ اتم کربن دیگر متصل است در حالی که در الماس هر اتم کربن به ۴ اتم کربن دیگر متصل است. **عبارت (پ):** در بین صفحات گرافیت نیروهای ضعیف واندروالسی وجود دارد. **عبارت (ت):** در ساختار جامد کووالانسی سیلیس، هر اتم سیلیسیم با ۴ اتم اکسیژن پیوند کووالانسی یگانه برقرار می‌کند.

**۲۳۷۰ ۳ B** **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** شعاع اتمی کربن کوچک‌تر از شعاع اتمی سیلیسیم است، به همین دلیل میانگین آنتالپی پیوند «کربن - کربن» از آنتالپی پیوند «سیلیسیم - سیلیسیم» بیشتر است. **پرسش (ب):** میانگین آنتالپی پیوند «کربن - کربن» بیشتر از «سیلیسیم - سیلیسیم» است، به همین دلیل برای ذوب کردن الماس انرژی بیشتری صرف می‌شود. **پرسش (پ):** از آنجا که آنتالپی پیوند (Si—O) بیشتر از پیوند (Si—Si) و ساختار سیلیسیم و سیلیس مشابه یکدیگر است؛ بنابراین ساختار سیلیس پایدارتر از سیلیسیم خواهد بود.

**۲۳۷۱ ۴ B** موارد (الف)، (ب) و (ت) صحیح است. **بررسی موارد نادرست: مورد (ب):** سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود. به طور عمده در طبیعت به شکل سیلیس است. در واقع چون آنتالپی پیوند Si—O بزرگ‌تر از آنتالپی پیوند Si—Si است. یک نمونه از سیلیس پایداری بیشتری در مقایسه با سیلیسیم خالص دارد و به همین خاطر اغلب اتم‌های سیلیسیم موجود در طبیعت به شکل سیلیس یافت می‌شود. **عبارت (ث):** سطح انرژی گرافیت از الماس پایین‌تر بوده و در نتیجه پایداری گرافیت از الماس بیشتر است. گرافیت رسانای جریان الکتریسیته است.



- ۳ ۲۳۷۲ A موارد اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی موارد: بررسی مورد دوم: رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین‌مولکولی بستگی دارد، در حالی که رفتار شیمیایی آن به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.
- ۴ ۲۳۷۳ A اغلب ترکیب‌های آلی را می‌توان جزء مواد مولکولی به حساب آورد. بررسی گزینه (۳): گرافیت جزء جامدهای کووالانسی و کلسیم فلئوئورید یک ترکیب یونی است. هیدروژن برمید و استون ترکیب‌های مولکولی هستند.
- ۳ ۲۳۷۴ A واژه‌های نیروهای بین‌مولکولی و فرمول مولکولی را فقط برای مواد مولکولی می‌توان استفاده کرد، در بین موارد مطرح شده سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) جامد کووالانسی و سدیم کلرید ( $\text{NaCl}$ ) جامد یونی بوده و بقیه موارد جزء مواد مولکولی هستند. بنابراین ۵ ماده مولکولی در بین این مواد وجود دارد.
- ۳ ۲۳۷۵ A عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  در ساختار یخ یک آرایش منظم و سه‌بعدی دارند. عبارت (ب): مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. عبارت (پ): در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است؛ بنابراین هر اتم اکسیژن در مجموع با ۴ اتم هیدروژن برهم‌کنش دارد. عبارت (ت): در این ساختار هر اتم هیدروژن به یک اتم اکسیژن با پیوند اشتراکی و به یک اتم اکسیژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.
- ۴ ۲۳۷۶ B فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سیلیس در حالت تراش‌خورده همانند یخ، شفاف، زیبا و سخت است. عبارت (ب): سازه‌های یخی، زیبا و سخت اما زودگذر هستند. عبارت (پ): در یخ اتم‌های هیدروژن و اکسیژن هم پیوند اشتراکی و هم پیوند هیدروژنی دارند. عبارت (ت): دانه برف یک سازه یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش‌گوشه، مانند کندوی زنبور عسل است که در رأس هر شش‌گوشه، اتم‌های اکسیژن و بر روی اضلاع آن اتم‌های هیدروژن قرار دارند. عبارت (ث): در ساختار یخ، هر اتم هیدروژن به یک اتم اکسیژن با پیوند اشتراکی و به یک اتم اکسیژن با پیوند هیدروژنی متصل است.
- ۳ ۲۳۷۷ B همه عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در ساختار الماس هر اتم کربن با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم کربن متصل است و در ساختار سیلیس نیز هر اتم سیلیسیم با ۴ پیوند یگانه به ۴ اتم اکسیژن متصل می‌باشد. کربن و سیلیسیم هر دو متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای هستند. عبارت دوم: در ساختار یخ فقط پیوند یگانه (اکسیژن - هیدروژن) و در ساختار سیلیس فقط پیوند یگانه (سیلیسیم - اکسیژن) وجود دارد در حالی که در گرافیت پیوند دوگانه (کربن - کربن) هم وجود دارد. عبارت سوم: لایه‌های مختلف گرافیت توسط پیوندهای ضعیف وان‌دروالس کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. عبارت چهارم: مقاومت کششی گرافن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از کنار هم قرار گرفتن لایه‌های گرافن، گرافیت تولید می‌گردد که برای ساخت مغز مداد استفاده می‌شود.
- ۴ ۲۳۷۸ B همه عبارت‌ها نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به شکل در رأس ساختارهای شش‌گوشه موجود در یخ، اتم‌های اکسیژن و روی اضلاع آن‌ها، اتم‌های هیدروژن قرار دارند. عبارت (ب): در این ساختار هر اتم اکسیژن با دو پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن متصل است و با دو پیوند هیدروژنی با دو اتم هیدروژن از مولکول‌های مجاور برهم‌کنش برقرار کرده، پس در این ساختار دو نوع نیروی بین‌ذره‌ای (پیوند اشتراکی و پیوند هیدروژنی) وجود دارد. عبارت (پ): تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه باعث به وجود آمدن فضای خالی درون حلقه‌های شش‌ضلعی و افزایش حجم آب هنگام یخ زدن می‌شود. عبارت (ت): در اثر حرارت دادن به یخ با دمای  $0^\circ\text{C}$  و تبدیل آن به آب  $0^\circ\text{C}$ ، نیروی (b) ضعیف می‌شود؛ زیرا (b) پیوند هیدروژنی بوده که از نوع نیروهای بین‌مولکولی است.
- ۲ ۲۳۷۹ B عبارت‌های چهارم، پنجم و ششم عبارت را درست کامل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: یخ همانند گرافن دارای حلقه‌های شش‌ضلعی است. در یخ اضلاع این شش‌ضلعی‌ها، پیوند کووالانسی و هیدروژنی هستند، اما در گرافن فقط پیوند کووالانسی دیده می‌شود.
- \* توجه در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن مولکول خود با پیوند اشتراکی و با دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است. مورد دوم: یخ آرایش منظمی از مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  در سه بعد است؛ در حالی که گرافیت آرایشی منظم و دوبعدی دارد. مورد سوم: الماس یک جامد کووالانسی است و نقطه ذوب بسیار بالایی دارد، در حالی که یخ یک جامد مولکولی بوده و نقطه ذوب آن پایین است. مورد چهارم: یخ و سیلیس هر دو دارای ظاهری شفاف هستند. مورد پنجم: یخ و هگزان هر دو روی آب قرار می‌گیرند. از این رو چگالی کمتری نسبت به آب مایع دارند. مورد ششم: یخ دارای پیوندهای  $\text{O}-\text{H}$  بوده و می‌تواند پیوند هیدروژنی ایجاد کند، آمونیاک نیز دارای پیوندهای  $\text{N}-\text{H}$  بوده و قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی دارد.
- ۲ ۲۳۸۰ B با توجه به جدول زیر می‌توان نتیجه گرفت که موارد (ت) و (ج) جزء ویژگی‌هایی هستند که مواد کووالانسی برخلاف مواد مولکولی دارند.

موضوع مورد بررسی	اغلب جامدهای کووالانسی	اغلب جامدهای مولکولی
جامد بودن در دما و فشار اتاق	✓	×
نقطه ذوب و جوش بالا و دیرگذاز بودن	✓	×
تنوع و شمار زیاد مواد	×	✓
سخت و شکننده بودن در اغلب مواد	✓	×
فرمول مولکولی و نیروی بین‌مولکولی	×	✓
عدم رسانایی در دما و فشار اتاق	✓	✓
پیوند اشتراکی	✓	✓

\* توجه جامد بودن در دما و فشار اتاق فقط مختص مواد کووالانسی نیست. به‌عنوان مثال، یخ که در دما و فشار اتاق جامد است، جزء مواد مولکولی است. اما چون در صورت سؤال گفته شده اغلب مواد مولکولی و کووالانسی، این مورد فقط برای جامدهای کووالانسی مناسب است، چرا که اغلب مواد مولکولی در دما و فشار اتاق جامد نیستند.



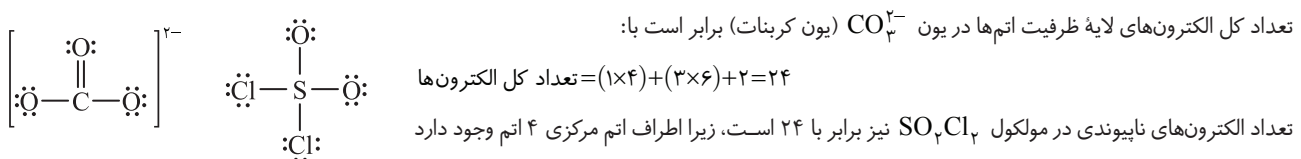
**۳ ۲۳۸۱** موارد اول، سوم، چهارم، پنجم و هشتم از شباهت‌های ساختار سیلیس و یخ هستند. یخ و سیلیس هر دو ساختاری منظم و سه‌بعدی دارند. سیلیس یک جامد کووالانسی است و نقطه ذوب بالایی دارد، در حالی که یخ یک جامد مولکولی است و نقطه ذوب پایینی دارد. در ساختار یخ و سیلیس هر اتم اکسیژن دارای دو جفت الکترون ناپیوندی است. یخ و سیلیس از شش ضلعی‌هایی ساخته شده‌اند و در هر ضلع این شش ضلعی‌ها، سه اتم وجود دارد. سیلیس فقط دارای پیوند کووالانسی یگانه و یخ دارای پیوند کووالانسی یگانه و پیوند هیدروژنی است. داشتن ساختار غول‌آسا ویژه جامدهای کووالانسی است. یخ به دلیل وجود پیوندهای اتم هیدروژن متصل به اکسیژن، برخلاف سیلیس، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود را دارد. یخ و سیلیس تراش خورده هر دو دارای ساختاری شفاف هستند. توانایی تشکیل مولکول ویژه جامدهای مولکولی است. سیلیس خالص برخلاف یخ به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

**۲ ۲۳۸۲** موارد اول، دوم، سوم، چهارم و هشتم از شباهت‌های ساختارهای گرافن و یخ هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** گرافن تک‌لایه‌ای از گرافیت بوده و همانند یخ دارای ساختاری شفاف است. **مورد دوم:** در ساختار یخ و گرافن حلقه‌های شش گوشه‌ای به‌طور منظم قرار گرفته‌اند. **مورد سوم:** آب خالص و یخ دارای رسانایی الکتریکی ناچیز و گرافن و گرافیت دارای رسانایی الکتریکی بالایی هستند. **مورد چهارم:** در ساختار گرافن و یخ حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند شانه عسل را به وجود می‌آورند. **مورد پنجم:** گرافن فقط از اتم کربن تشکیل شده و گونه‌ای عنصری است، در حالی که یخ دارای اتم‌های اکسیژن و هیدروژن بوده و ترکیب محسوب می‌شود. **مورد ششم:** یخ دارای پیوندهای کووالانسی یگانه و پیوند هیدروژنی بوده و سیر شده است، در حالی که گرافن علاوه بر پیوندهای C—C دارای پیوندهای C=C نیز بوده و از این رو سیر نشده است. **مورد هفتم:** گرافن یک جامد کووالانسی بوده و نقطه جوش بالایی دارد، در حالی که یخ یک جامد مولکولی بوده و نقطه جوش پایینی دارد. **مورد هشتم:** در ساختار گرافن و سیلیس پیوندهای اشتراکی قابل رؤیت است. **مورد نهم:** یخ به دلیل داشتن هیدروژن متصل به اکسیژن در ساختار خود، برخلاف سیلیس می‌تواند پیوندهای هیدروژنی ایجاد کند. **مورد دهم:** پرمصرف‌ترین فلز جهان، آهن بوده و برای استخراج آن از  $Fe_2O_3$  (عامل سرخی خاک رس)، از اتم کربن استفاده می‌شود. در رأس حلقه‌های شش ضلعی گرافن، اتم کربن قرار دارد، در حالی که در رأس حلقه‌های شش ضلعی یخ، اتم اکسیژن قرار گرفته است.

**۳ ۲۳۸۳** در جدول زیر تعداد الکترون‌ها و ساختار لوویس گونه‌های مطرح شده در گزینه‌ها را آورده‌ایم:

$CS_4$	$CO_2$	$NH_4^-$	$CH_3^-$	مولکول یا یون
$6 + (4 \times 6) = 30e^-$	$6 + (2 \times 8) = 22e^-$	$7 + 4 + 1 = 12e^-$	$6 + 3 + 1 = 10e^-$	تعداد الکترون
$:\ddot{S} = C = \ddot{S}:$	$:\ddot{O} = C = \ddot{O}:$	$\left[ \begin{array}{c} \ddot{N} \\   \\ H - N - H \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} H - \ddot{C} - H \\   \\ H \end{array} \right]^-$	ساختار لوویس
$O_3$	$SO_3$	$N_2$	CO	مولکول یا یون
$3 \times 8 = 24e^-$	$16 + 3 \times 8 = 40e^-$	$2 \times 7 = 14e^-$	$6 + 8 = 14e^-$	تعداد الکترون
$:\ddot{O} - \ddot{O} = \ddot{O}:$	$\begin{array}{c} \ddot{O} \\   \\ \ddot{O} - S = \ddot{O} \\   \\ \ddot{O} \end{array}$	$:N \equiv N:$	$:C \equiv O:$	ساختار لوویس

**۱ ۲۳۸۴** فقط مورد (ب) جمله داده شده را به درستی کامل می‌کند. ابتدا به ساختار لوویس یون‌های  $CO_3^{2-}$  و  $SO_4Cl_2$  توجه کنید:



که هر کدام ۳ جفت ناپیوندی دارند.

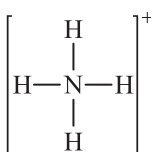
**۲ ۲۳۸۵** عبارات‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): می‌دانیم عنصری با عدد اتمی ۱۴، همان سیلیسیم (Si) است و  $SiO_2$  یک ماده مولکولی نیست بلکه جامد کووالانسی است. از طرفی، در ساختار لوویس ( $:\ddot{O} = \ddot{X} - \ddot{O}:$ ) مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی اتم‌ها برابر ۱۸ الکترون است، از طرفی، مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها برابر  $12 + X$  می‌باشد، (X تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم X است). با توجه به اینکه این مولکول خنثی است، اختلاف این دو عدد باید برابر صفر باشد:

$$(x + 12) - (18) = 0 \Rightarrow x = 6$$

بنابراین تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم X برابر ۶ است و این اتم متعلق به گروه ۱۶ می‌باشد، در حالی که اتم X ۱۴ متعلق به گروه ۱۴ است. عبارت (ب): در رسم آرایش لوویس، اتم‌های هیدروژن و فلوئور، همواره اتم کناری هستند و نمی‌توانند اتم مرکزی باشند. عبارت (پ): ساختار لوویس هیدروژن سیانید و یون آمونیوم به شکل روبه‌رو است که در هر کدام چهار پیوند کووالانسی وجود دارد. عبارت (ت): شمار کل الکترون‌های ظرفیت در یون نیترات و مولکول نیتروژن دی‌اکسید در زیر محاسبه شده است:

$$NO_3^-: 1 \times (5) + 3 \times (6) + 1 = 24e^- \quad NO_2: 1 \times (5) + 2 \times (6) = 17e^-$$

عبارت (ث): واژه جرم مولکولی برای  $SiO_2$  درست نیست؛ زیرا  $SiO_2$  ماده مولکولی نیست.



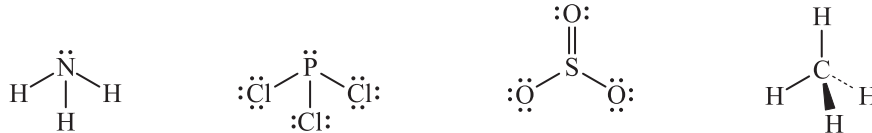


۲۳۸۶ (A) عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (پ): توزیع جفت‌الکترون‌های پیوندی و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در هر مولکول، نقش مهمی در تعیین رفتار آن مولکول در میدان الکتریکی دارد.

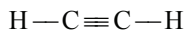
۲۳۸۷ (A) رفتارهای فیزیکی یک ترکیب مولکولی (مثل آنتالپی تبخیر و نقطه جوش) به نیروهای بین‌مولکولی وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

۲۳۸۸ (B) فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): همه مولکول‌های دوامتی خطی هستند، اما برخی از مولکول‌های سه‌امتی خطی و برخی دیگر خمیده هستند. به‌طور مثال مولکول‌های HCN ساختار خطی و مولکول‌های H<sub>2</sub>O ساختار خمیده دارند.

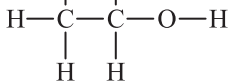
عبارت (ب): CO<sub>2</sub> برخلاف SO<sub>2</sub> دارای ساختاری خطی است. عبارت (پ): به ساختار لوویس سه مولکول زیر توجه کنید. با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، اتم مرکزی مولکول‌های NH<sub>3</sub> و PCl<sub>3</sub> برخلاف SO<sub>2</sub> دارای الکترون ناپیوندی هستند. عبارت (ت): با توجه به ساختار CH<sub>4</sub>، واضح است که همه اتم‌های آن روی یک صفحه قرار ندارند.



۲۳۸۹ (B) عبارتهای اول، دوم و سوم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: مورد اول: به‌عنوان مثال نقض، مولکول اتین (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) دارای ساختاری خطی است:



مورد دوم: با توجه به ساختار لوویس اتانول، پیوندهای C—O، O—H، C—H قطبی و پیوند C—C ناقصی است. شمار پیوندهای قطبی در این مولکول برابر ۷ است.



مورد سوم: هر مولکولی که پیوند قطبی دارد، لزوماً قطبی نیست. برای مثال پیوندها در کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) قطبی هستند ولی مولکول CO<sub>2</sub> ناقصی است. مورد چهارم: برخی مولکول‌های خطی مثل H<sub>2</sub>، Cl<sub>2</sub>، C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> و ... ناقصی بوده و برخی مولکول‌های

خطی مثل HCl، HCN و ... قطبی هستند. مورد پنجم: پیوندهای قطبی با یک بردار نمایش داده می‌شوند و جهت این بردار به سمت اتمی است که خصلت نافلزی بیشتری داشته و دارای بار جزئی منفی است.

۲۳۹۰ (B) عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): اگر رنگ خاکستری، تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان دهد، در مولکول دوامتی ناجورسته، اتمی که خصلت نافلزی کمتری دارد را می‌توان با این رنگ نمایش داد. عبارت (ت): نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون در تمام مولکول‌های قطبی، ناقصی و یون‌ها مناسب است.

۲۳۹۱ (B) درباره مولکول‌های دوامتی جورسته می‌توان گفت ناقصی هستند، ولی در این مولکول‌ها الزاماً اتم‌ها فاقد زوج الکترون ناپیوندی نیستند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مولکول‌های دوامتی جورسته در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به‌دیگر سخن، گشتاور دوقطبی آن‌ها صفر بوده و مولکول‌های ناقصی هستند.

\* توجه: مولکول‌های دوامتی ناجورسته در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند و توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده آن‌ها یکسان نیست. گزینه‌های (۳) و (۴): به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی و عدد اکسایش منفی و به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن کمتر است، بار جزئی مثبت و عدد اکسایش مثبت نسبت می‌دهند.

۲۳۹۲ (B) موارد دوم و سوم، جمله را به درستی کامل می‌کند. در برخی مولکول‌ها توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازنده آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی و به دیگری بار جزئی مثبت می‌دهند. گونه‌های دارای بار جزئی می‌توانند قطبی یا ناقصی باشند؛ بنابراین می‌توانند گشتاور دوقطبی صفر یا بزرگ‌تر از صفر داشته باشند.

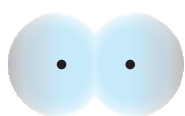
\* توجه: بار جزئی در اثر تراکم بیشتر بار الکتریکی پیوند اشتراکی، روی یکی از اتم‌های درگیر پیوند به وجود می‌آید. از طرفی انتقال کامل الکترون موجب ایجاد بار کامل می‌شود.

۲۳۹۳ (B) عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): در مولکول (۱)، احتمال حضور جفت‌الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، از این رو احتمال حضور آن‌ها روی هسته‌ها یکسان و متقارن است و مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند. عبارت (ت): با توجه به اینکه تمایل اتم کلر برای کشیدن جفت‌الکترون‌های پیوندی به سمت هسته خود بیشتر از اتم هیدروژن است، در مولکول HCl اتم کلر بار جزئی منفی و اتم هیدروژن بار جزئی مثبت خواهد داشت.

۲۳۹۴ (B) ۱

نکته ترکیبی: نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی: برای تعیین اینکه نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی متعلق به چه مولکولی است، باید به سه مورد توجه کرد: ۱- شکل هندسی مولکول (خطی، خمیده، مثلثی و ...) ۲- رنگ اتم‌ها در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی (آبی یا قرمز) ۳- شعاع اتمی و اندازه اتم‌ها در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی نسبت به یکدیگر نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی مورد نظر را فقط می‌توان به HCl نسبت داد. شکل، نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول دوامتی ناجورسته را نمایش می‌دهد که در میان گزینه‌ها فقط HCl را می‌توان به آن نسبت داد. F<sub>2</sub> مولکول دوامتی جورسته، SiC جامد کووالانسی و LiCl یک ترکیب یونی است. دلیل اینکه این نقشه را نمی‌توان به CO و ClBr نسبت داد این است که در هر دو مورد اتم با شعاع بیشتر جزئی بار مثبت دارد.

۲۳۹۵ (B) عبارت (پ) نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. شکل داده شده نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول دوامتی ناجورسته (مولکول قطبی) را نشان می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در مولکول‌های قطبی احتمال حضور جفت‌الکترون‌های پیوندی دو اتم یکسان و متقارن نیست و جفت‌الکترون



پیوندی به اتم با خصلت نافلزی بیشتر، نزدیک‌تر است. عبارت (ب): با توجه به اینکه تراکم بار الکتریکی منفی بیشتر به سمت اتم B است، خاصیت نافلزی اتم B بیشتر از خاصیت نافلزی اتم A است. عبارت (پ): واکنش دهنده‌ها در فرایند هابر یعنی گازهای H<sub>2</sub> و N<sub>2</sub> مولکول‌های دوامتی جورسته (ناقصی) هستند. نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی واکنش دهنده‌ها در فرایند هابر به‌صورت روبه‌رو است:

عبارت (ت): مولکول مورد نظر همانند کربن مونوکسید قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. کربن مونوکسید (CO) یک مولکول دوامتی ناجورسته و قطبی است.



**۲ ۲۳۹۶ B** عبارات‌های اول و سوم درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: همه مولکول‌های دواتمی ناجور هسته، قطبی هستند. عبارت دوم: HF برخلاف HCl و HBr یک اسید ضعیف است؛ بنابراین درجهٔ یونش آن در آب کمتر از یک بوده و خاصیت اسیدی محلول یک مولار آن از محلول یک مولار هر دو اسید دیگر کمتر بوده و pH بزرگ‌تری دارد. عبارات‌های سوم و چهارم: مولکول‌های HF برخلاف HCl و HBr قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های خود هستند؛ بنابراین نقطهٔ جوش HF از HCl و HBr بالاتر است.

**۱ ۲۳۹۷ B** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): یک مولکول خطی است و با توجه به نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی تراکم بار الکتریکی در این مولکول روی اتم کربن کمتر است. عبارت (ب): نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی داده شده مربوط به یک مولکول سه‌اتمی ناقطبی است و فقط برای مولکول  $\text{CO}_2$  مناسب است. ( $\text{SO}_2$  یک مولکول قطبی است). عبارت (پ): بار جزئی اتم کربن در  $\text{CO}_2$  و  $\text{SCO}$  مثبت ( $\delta^+$ ) است. عبارت (ت): گشتاور دوقطبی مولکول  $\text{CO}_2$  برابر صفر است و این مولکول در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

**۳ ۲۳۹۸ B** عبارات‌های (الف) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): در مولکول‌هایی که شکل هندسی خمیده دارند، اتم مرکزی حداقل یک الکترون ناپیوندی دارد. عبارت (ب): تنها در مولکول‌های سه‌اتمی که اتم مرکزی آن‌ها فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی است، شکل هندسی مولکول، خطی می‌باشد. عبارت (پ): همهٔ مولکول‌هایی که دارای شکل هندسی خمیده هستند (مانند آب)، قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. عبارت (ت): در مولکول‌های ناقطبی خطی هم می‌توان بار جزئی مثبت و منفی مشاهده کرد. به‌عنوان مثال، در مولکول کربن دی‌اکسید به دلیل توزیع متقارن بار، مولکول ناقطبی است، اما اتم‌های اکسیژن دارای بار جزئی منفی و اتم کربن دارای بار جزئی مثبت می‌باشد. عبارت (ث): شکل هندسی  $\text{H}_2\text{O}$  مشابه  $\text{SO}_2$  است؛ زیرا هر دو خمیده هستند ولی نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی متفاوتی دارند، در  $\text{H}_2\text{O}$ ، اتم مرکزی (O) قرمز رنگ و اتم‌های کناری (H) آبی‌رنگ هستند ولی در  $\text{SO}_2$ ، اتم مرکزی (S) آبی‌رنگ و اتم‌های کناری (O) قرمز رنگ هستند.

**۱ ۲۳۹۹ B** فقط مورد سوم درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: مولکول‌هایی مثل  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_2$  و ... مولکول‌هایی هستند که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، اما تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ آن‌ها یکسان نیست و مولکول بار جزئی مثبت و بار جزئی منفی دارد. عبارت دوم: مولکولی که دارای بار جزئی مثبت و بار جزئی منفی است، ممکن است ناقطبی باشد و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکند. عبارت سوم: توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها، نشانهٔ ناقطبی بودن مولکول است. عبارت چهارم: اوزون نمونه‌ای از یک مولکول چنداتمی است که شکل خمیده دارد و گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر است.

**۳ ۲۴۰۰ B** به جز عبارت سوم، بقیهٔ عبارات‌ها درست است. ترکیب  $\text{AD}_3$  با ساختار خطی می‌تواند دو مولکول  $\text{CO}_2$  و  $\text{CS}_2$  با ساختار لوویس زیر باشد:



بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: در مولکول‌هایی که اتم‌های کناری یکسان بوده و اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی است، گشتاور دوقطبی برابر صفر بوده و این مولکول‌ها ناقطبی هستند. از این‌رو گشتاور دوقطبی در هر دو مولکول  $\text{CO}_2$  و  $\text{CS}_2$  برابر صفر است. عبارت دوم: اگر  $\text{AD}_3$  مولکول  $\text{CO}_2$  باشد، اتم‌های آن در دورهٔ دوم جدول تناوبی جای دارند. عبارت سوم: در مولکول  $\text{AD}_3$ ، A عنصر کربن است و D می‌تواند اکسیژن یا گوگرد باشد. مقایسهٔ شعاع اتمی این سه عنصر به صورت زیر است: اکسیژن (O) > کربن (C) > گوگرد (S): شعاع اتمی

عبارت چهارم: در هر دو مولکول  $\text{CO}_2$  و  $\text{CS}_2$ ، اتم‌های کناری دارای جفت‌الکترون ناپیوندی هستند.

**۱ ۲۴۰۱ B** عبارات‌های (الف) و (ب) درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): فرمول مولکولی کربونیل سولفید و استیک اسید به ترتیب،  $\text{CSO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  است.

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \text{ مولی } = 2(12) + 4(1) + 2(16) = 60 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{CSO} \text{ مولی } = 12 + 32 + 16 = 60 \text{ g.mol}^{-1}$$

عبارت (ب): هر دو مولکول ساختار خطی دارند.

عبارت (پ): ساختار لوویس کربونیل سولفید به صورت  $\ddot{\text{S}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$  است. در لایهٔ ظرفیت اتم‌های مولکول کربونیل سولفید، چهار جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): در ساختار مولکول کربونیل سولفید، ۴ و در ساختار مولکول اتین ۵ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد.



**۴ ۲۴۰۲ B** با توجه به نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی دو مولکول، توزیع بار الکتریکی در اطراف اتم مرکزی در مولکول اتین برخلاف کربونیل سولفید متقارن می‌باشد، به همین دلیل، اتین ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است.

**۴ ۲۴۰۳ B** همهٔ عبارات‌ها درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارات اول و چهارم: بار جزئی منفی در مولکول آب روی اتم اکسیژن قرار

دارد که اتم مرکزی می‌باشد. نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی مولکول آب به صورت روبه‌رو است:

عبارت دوم: طبق کتاب درسی، در مولکول‌های خطی سه‌اتمی (مانند کربن دی‌اکسید)، هستهٔ هر سه اتم سازندهٔ آن بر روی یک خط راست قرار دارند.

عبارت سوم: مولکول کربن دی‌اکسید به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی اطراف اتم مرکزی، ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

عبارت پنجم: در مولکول آب ( $\text{H}_2\text{O}$ ) اتم مرکزی (O) جزئی بار منفی دارد. این در حالی است که در  $\text{CO}_2$ ، اتم مرکزی (C) جزئی بار مثبت دارد. در مولکول آب، اتم‌های هیدروژن جزئی بار مثبت دارند، در نتیجه در میدان الکتریکی، به سمت قطب منفی میدان جهت‌گیری می‌کنند.



**C ۲۴۰۴ ۳** فقط مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کند. شکل هندسی مولکول اکسیژن دی کلرید همانند یون  $\text{NH}_4^-$  خمیده بوده و مانند مولکول هیدروژن سولفید

دارای ۲ جفت الکترون پیوندی می‌باشد. در مولکول اکسیژن دی کلرید و یون  $\text{ClO}_2^-$ ، اتم‌های مرکزی دارای ۲ جفت الکترون ناپیوندی می‌باشند. بررسی موارد نادرست:

**مورد اول:** مولکول اکسیژن دی فلوئورید دارای شکل هندسی خمیده است. مولکول کربن مونوکسید دارای سه جفت الکترون پیوندی است. در مولکول  $\text{HClO}$  دو

جفت الکترون ناپیوندی روی اتم اکسیژن وجود دارد. **مورد دوم:** مولکول آب دارای شکل هندسی خمیده است. گاز اکسیژن دارای دو جفت الکترون پیوندی است. اتم

گوگرد در مولکول گوگرد دی اکسید دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است. **مورد سوم:** یون  $\text{CH}_3^-$  دارای شکل هندسی خمیده نیست. در یون سولفات، ۴ جفت الکترون

پیوندی وجود دارد. در مولکول  $\text{SOCl}_2$  اتم مرکزی (گوگرد) دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است.

$\text{SO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{HClO}$	$\text{CO}$	$\text{OF}_2$	مولکول یا یون
						ساختار لوویس
۳	۲	۲	۲	۳	۲	تعداد جفت الکترون پیوندی
۱	—	۲	۲	—	۲	تعداد جفت الکترون ناپیوندی اتم مرکزی
$\text{ClO}_2^-$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{NH}_3^-$	$\text{SOCl}_2$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{CH}_3^-$	مولکول یا یون
						ساختار لوویس
۲	۲	۲	۳	۴	۳	تعداد جفت الکترون پیوندی
۲	۲	۲	۱	۰	۱	تعداد جفت الکترون ناپیوندی اتم مرکزی

**B ۲۴۰۵ ۲** عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول آمونیاک یک مولکول قطبی است و در آن بار الکتریکی به صورت متقارن

توزیع نشده است. عبارت (ب): در مولکول گوگرد تری اکسید بار جزئی منفی روی اتم اکسیژن و بار جزئی مثبت روی اتم گوگرد قرار دارد. عبارت (پ): در مولکول

آمونیاک اتم نیتروژن (مرکزی) دارای بار جزئی منفی و اتم‌های هیدروژن (اطراف) دارای بار جزئی مثبت هستند. عبارت (ت): در مولکول گوگرد تری اکسید، بار الکتریکی

به صورت متقارن توزیع شده و به همین دلیل ناقطبی می‌باشد و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی‌کند. عبارت (ث): در مولکول گوگرد تری اکسید اتم مرکزی فاقد زوج

ناپیوندی است اما در مولکول آمونیاک وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی متقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را به هم می‌زند.

**A ۲۴۰۶ ۱** ستون مایع در شکل (الف) منحرف شده و در شکل (ب) منحرف نمی‌شود، پس ترکیب (الف) قطبی و ترکیب (ب) ناقطبی می‌باشند. مولکول‌های قطبی

موجود در موارد عبارت‌اند از: «آمونیاک، گوگرد دی اکسید، کلروفرم و کربونیل سولفید» و مولکول‌های ناقطبی موجود در گزینه‌ها عبارت‌اند از: «کربن دی اکسید، کربن

تتراکلرید، گوگرد تری اکسید و اتین» بنابراین شکل‌های (الف) و (ب) به ترتیب می‌توانند مولکول‌های آمونیاک و کربن تتراکلرید باشند.

**B ۲۴۰۷ ۳** برای آن که ستون مایع توسط میله‌ای باردار منحرف شود، باید مولکول مورد نظر قطبی باشد. در بین موارد مطرح شده کلروفرم ( $\text{CHCl}_3$ ) متیل آمین

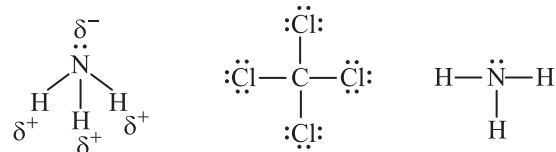
( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ )، فرم آلدهید ( $\text{CH}_2\text{O}$ )، متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) و کربونیل سولفید ( $\text{SCO}$ ) قطبی هستند.

**B ۲۴۰۸ ۳** بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): یک مولکول جورهسته دواتمی، مولکولی ناقطبی است و به همین دلیل گشتاور دوقطبی آن صفر می‌باشد. پرسش (ب):

با توجه به شکل داده شده، مولکول‌های این ترکیب در میدان الکتریکی جهت گیری نمی‌کنند، پس این مولکول‌ها ناقطبی می‌باشند. مولکول  $\text{SO}_3$  مولکولی ناقطبی و

مولکول  $\text{SO}_2$  مولکولی قطبی می‌باشد. پرسش (پ): قطبیت مولکولی که در آن اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی است و به اتم‌های یکسانی متصل است، در

چارچوب مولکول‌هایی که کتاب درسی آن‌ها را بررسی می‌کند، قطبی می‌باشند.



**C ۲۴۰۹ ۳** عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: از

آنجایی که نیتروژن خصلت نافلزی بیشتری نسبت به هیدروژن دارد؛ بنابراین الکترون‌های پیوندی

را بیشتر به سمت خود کشیده و بار جزئی منفی می‌گیرد. عبارت دوم: ساختار مولکول آمونیاک

و کربن تتراکلرید به صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، کربن تتراکلرید دارای ۴

و آمونیاک دارای ۳ پیوند کووالانسی است و در مولکول آمونیاک برخلاف کربن تتراکلرید، اتم

مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی است و ساختار این دو مولکول به هیچ وجه مشابه نیست.

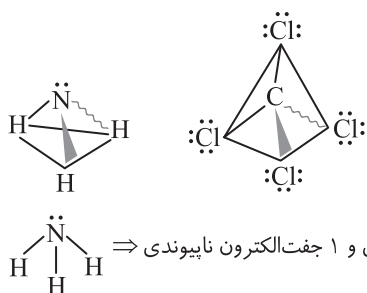
\* توجه جهت اطلاع: ساختار کربن تتراکلرید را چهار وجهی و ساختار آمونیاک را هرمی با قاعده مثلثی می‌نامند.

عبارت سوم: هر مولکول آمونیاک دارای سه جفت الکترون پیوندی است؛ بنابراین:

$$3 \text{ جفت الکترون پیوندی } \times \frac{1 \text{ mol } \text{NH}_3}{1 \text{ mol } \text{NH}_3} = 3 \text{ mol جفت الکترون پیوندی}$$

$$3 \text{ جفت الکترون پیوندی } \times \frac{1 \text{ mol جفت الکترون پیوندی}}{6/0 \times 10^{23} \text{ جفت الکترون پیوندی}} = 22/5 \text{ mol جفت الکترون پیوندی}$$

عبارت چهارم: ساختار لوویس آمونیاک و کربونیل سولفید به صورت زیر است:

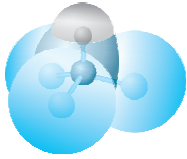


۳ جفت الکترون پیوندی و ۱ جفت الکترون ناپیوندی  $\Rightarrow$

۴ جفت الکترون پیوندی  $\Rightarrow$



۲۴۱۰ (C) عبارتهای اول، سوم و چهارم درست‌اند. بررسی عبارتهای: عبارت اول: اگر در مولکول کربن تترا کلرید به جای یکی از اتم‌های کلر اتم هیدروژن قرار گیرد، تبدیل به کلروفرم می‌شود که به دلیل قطبی بودن، گشتاور دوقطبی مولکول و انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر از کربن تترا کلرید است. عبارت دوم: در مولکول کلروفرم، اتم مرکزی دارای بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) است و در میدان الکتریکی به سمت قطب منفی جهت‌گیری می‌کند، در حالی که در مولکول آمونیاک اتم مرکزی (N) دارای بار جزئی منفی ( $\delta^-$ ) است و در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت میدان جهت‌گیری می‌کند. عبارت سوم: اگر میله شیشه‌ای باردار را به سه مایع کربن تترا کلرید، کلروفرم و آمونیاک نزدیک کنیم، فقط دو مایع کلروفرم و آمونیاک به دلیل قطبی بودن جذب میله شده و از مسیر خود منحرف می‌شوند. عبارت چهارم: نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی مقابل مربوط به یک مولکول پنج‌اتمی قطبی است، در حالی که مولکول‌های کربن تترا کلرید و متان ناقطبی هستند. عبارت پنجم: با جایگزین کردن یکی از اتم‌های H در مولکول قطبی  $\text{CH}_3\text{Cl}$  با یک اتم کلر،  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  به دست می‌آید که قطبی است و گشتاور دوقطبی مثبت دارد.



۲۴۱۱ (B) همه موارد به‌جز مورد (الف)، جمله را به درستی کامل می‌کنند. مولکولی که اتم مرکزی آن دارای الکترون ناپیوندی باشد یا اتم‌های کناری متصل به آن متفاوت باشند، قطبی است. از طرفی مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد و اتم‌های کناری یکسان باشند، ناقطبی است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی داشته باشد، قطبی است، هر چند اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند. عبارت (ب): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی داشته باشد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی متفاوت باشند، قطعاً قطبی است. عبارت (پ): مولکولی که اتم‌های متصل به آن متفاوت باشد، قطبی است، هر چند اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد. عبارت (ت): مولکولی که اتم مرکزی آن الکترون ناپیوندی نداشته باشد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند، ناقطبی است.

۲۴۱۲ (B) ۱

مولکول	$\text{CO}_2$	$\text{NH}_3$	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	$\text{SO}_2$	مولکول
ساختار لوویس	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{C}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{C}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{S} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	ساختار لوویس
قطبی یا ناقطبی؟	ناقطبی	اتم مرکزی زوج ناپیوندی دارد، بنابراین قطبی است.	اتم‌های اطراف اتم مرکزی غیریکسان بوده و مولکول قطبی است.	اتم مرکزی زوج ناپیوندی دارد، بنابراین قطبی است.	قطبی یا ناقطبی؟

با توجه به ساختارهای لوویس بالا، مولکول‌های نام برده شده در صورت سؤال، به ترتیب از راست به چپ، قطبی، قطبی، قطبی و ناقطبی هستند.

۲۴۱۳ (B) عبارت گزینه (۴) برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): گوگرد دی‌اکسید یک مولکول قطبی است که در ساختار آن یک پیوند دوگانه و یک پیوند یگانه دیده می‌شود. گزینه (۲): در بین مولکول‌های  $\text{NH}_3$ ،  $\text{OF}_2$  و  $\text{HCN}$  سه مولکول  $\text{NH}_3$ ،  $\text{OF}_2$  و  $\text{HCN}$  قطبی بوده و در میدان الکتریکی منحرف می‌شوند. گزینه (۳): در ساختار نیتروژن تری‌فلوئورید برخلاف گوگرد تری‌اکسید اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی دارد. گزینه (۴): کربن مونواکسید ( $\text{CO}$ ) و گوگرد دی‌اکسید ( $\text{SO}_2$ ) مولکول‌های قطبی هستند و به همین دلیل در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

۲۴۱۴ (B) ۲

مولکول یا یون	$\text{ClO}_2^-$	$\text{CH}_3^+$	$\text{ICl}_2^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{O}_3$	مولکول یا یون
ساختار لوویس	$\left[ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{Cl} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	$\left[ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{I}}\text{:} \\   \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array} \right]^+$	$\left[ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{N} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{O} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	ساختار لوویس

۲۴۱۵ (B) مولکول‌های  $\text{SO}_2$  و  $\text{OF}_2$  دارای شکل هندسی خمیده هستند و  $\text{AlCl}_3$  مولکولی ناقطبی است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مولکول کربونیل سولفید دارای شکل هندسی خطی است و مولکول گوگرد تری‌اکسید نیز دارای شکل هندسی خمیده نیست. مولکول کربن مونوکسید نیز یک مولکول ناجورهسته دواتمی است و قطبی می‌باشد. گزینه (۲): یون هیدرونیوم دارای شکل هندسی خمیده نیست اما مولکول گوگرد دی‌کلرید دارای شکل هندسی خمیده است. مولکول کربن تترا فلوئورید یک ترکیب ناقطبی است. گزینه (۴): مولکول اوزون و یون  $\text{NO}_2^-$  هر دو دارای شکل هندسی خمیده هستند، اما مولکول کلروفرم یک ترکیب قطبی است.

مولکول یا یون	$\text{NO}_2^-$ و $\text{O}_3$	$\text{SCl}_2$ و $\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{OF}_2$ و $\text{SO}_2$	$\text{SO}_3$ و $\text{SCO}$	مولکول یا یون
ساختار لوویس	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{O} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$ $\left[ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{N}}\text{:} \\ // \\ \text{O} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^+$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{S}}\text{:} \\   \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{S}}\text{:} \\ // \\ \text{O} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{S} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{S}}\text{:}$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\    \\ \text{S} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	ساختار لوویس
مولکول یا یون	$\text{CHCl}_3$	$\text{CF}_4$	$\text{AlCl}_3$	$\text{CO}$	مولکول یا یون
ساختار لوویس	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\   \\ \text{Al} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$	$\text{:}\text{C}\equiv\text{O}\text{:}$	ساختار لوویس

۲۴۱۶ ۱ در میان مولکول‌های داده شده، مولکول‌های HClO و SFCl شکل هندسی خمیده و مولکول‌های HCN و SCO دارای شکل هندسی خطی می‌باشند که قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

مولکول	HClO	SCO	SFCl	CH <sub>3</sub> I	CS <sub>2</sub>	HCN
ساختار لوویس						
قطبیت	قطبی	قطبی	قطبی	قطبی	ناقطبی	قطبی

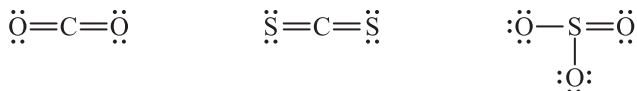
۲۴۱۷ ۲ عبارتهای دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت اول: برای مثال نقض می‌توان به HCN و SCO اشاره کرد. هر دوی آنها خطی و سه‌اتمی هستند ولی قطبی می‌باشند. عبارت دوم: در کربن تتراکلرید (CCl<sub>4</sub>)، اتم‌های کناری یکسان و اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی است، پس ناقطبی است ولی در کلروفرم (CHCl<sub>3</sub>)، اتم‌های کناری متفاوت هستند، پس کلروفرم قطبی است. ضمناً کربن تتراکلرید و کلروفرم در دمای اتاق مایع هستند. عبارت سوم: مولکول‌های چهارتایی با فرم AX<sub>3</sub>، اگر اتم مرکزی دارای الکترون ناپیوندی باشد، مولکول قطبی است ولی اگر دارای الکترون ناپیوندی نباشد، مولکول ناقطبی است.



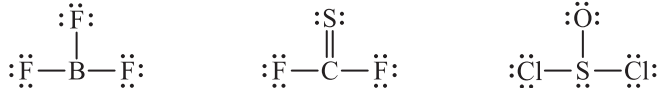
عبارت چهارم: برای مثال نقض می‌توان به SO<sub>3</sub> اشاره کرد؛ زیرا دارای مولکول خمیده بوده و چون خصلت نافلزی O از S بیشتر است، پس اتم مرکزی (S) دارای بار جزئی مثبت می‌شود.

۲۴۱۸ ۲ عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. مولکول شماره (۱) دی‌متیل اتر و مولکول شماره (۲) پروپان است. بررسی سایر عبارتهای: عبارت (الف): پروپان یک مولکول ناقطبی و دی‌متیل اتر یک مولکول قطبی است. عبارت (ب): دی‌متیل اتر برخلاف پروپان دارای مولکول‌های قطبی است، از این‌رو میان مولکول‌های آن نیروی جاذبه قوی‌تری وجود دارد به همین دلیل آسان‌تر مایع می‌شود. عبارت (پ): اترها و الکل‌های هم‌کربن، ایزومر می‌باشند. فرمول مولکولی هر دو ترکیب C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O است. عبارت (ت): انحلال هر دو مولکول در آب، کاملاً به‌صورت مولکولی بوده و یون تولید نمی‌کنند. در نتیجه هر دو محلول نارسانا هستند.

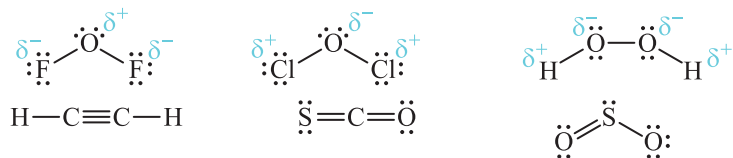
۲۴۱۹ ۳ عبارتهای اول، دوم و چهارم درست و عبارت سوم نادرست است. بررسی عبارتهای: عبارت اول: ساختار لوویس مولکول به‌صورت زیر است:



در این مولکول‌ها، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند؛ از این‌رو این مولکول‌ها ناقطبی هستند. عبارت دوم: به ساختار لوویس سه مولکول دیگر توجه کنید:



اتم مرکزی در مولکول BF<sub>3</sub>، الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند؛ از این‌رو این BF<sub>3</sub> ناقطبی است و اتم مرکزی از قاعده هشتایی پیروی نمی‌کند. این در حالی است که اتم‌های متصل به اتم مرکزی در مولکول CSF<sub>3</sub> متفاوت هستند، از این‌رو مولکول CSF<sub>3</sub> قطبی است. اتم مرکزی در مولکول SOCl<sub>2</sub>، الکترون ناپیوندی دارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی آن متفاوت هستند؛ از این‌رو مولکول SOCl<sub>2</sub> قطبی است. عبارت سوم: مقایسه خصلت نافلزی عناصر به‌صورت «H < Cl < O < F» است. اتم مرکزی مولکول‌های H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> و OCl<sub>2</sub>، دارای بار جزئی منفی هستند و اتم مرکزی مولکول OF<sub>2</sub> دارای بار جزئی مثبت است.



عبارت چهارم: ساختار لوویس مولکول‌ها به‌صورت مقابل است:   
 با توجه به ساختار لوویس این مولکول‌ها، واضح است که اتم‌های مولکول‌های اتین و کربونیل سولفید روی یک خط هستند ولی اتم‌های مولکول گوگرد دی‌اکسید به دلیل وجود جفت‌الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی روی یک خط قرار ندارند.

۲۴۲۰ ۴ همه عبارتهای درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): مقایسه خصلت نافلزی اتم‌ها به‌صورت «S < Cl < O < F» است. اتم مرکزی مولکول‌های SO<sub>2</sub>، OCl<sub>2</sub> و SF<sub>2</sub> به ترتیب S، O و S است. بار جزئی اتم S در مولکول‌های SO<sub>2</sub> و SF<sub>2</sub> مثبت و بار جزئی اتم O در مولکول OCl<sub>2</sub> منفی است.

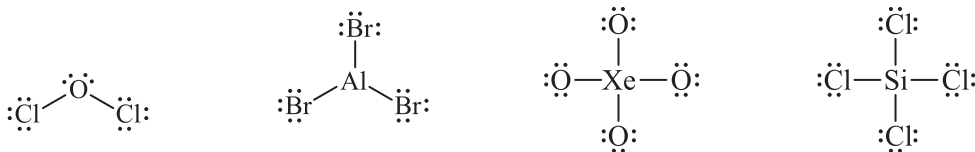
عبارت (ب): مولکول‌های NOCl<sub>2</sub> و COCl<sub>2</sub> به دلیل متفاوت بودن اتم‌های کناری و مولکول‌های NO<sub>2</sub> و NF<sub>3</sub> به دلیل داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی قطبی بوده و مولکول‌های BF<sub>3</sub> و SO<sub>3</sub> ناقطبی هستند.

ناقطبی	ناقطبی	قطبی	قطبی	قطبی	قطبی





**عبارت (پ):** خصلت نافلز ی O از Cl بیشتر است و در مولکول  $\text{OCl}_4$ ، اتم‌های کلر دارای بار جزئی بار مثبت هستند. اتم‌های کلر جفت‌الکترون ناپیوندی بیشتری نسبت به اکسیژن دارند. **عبارت (ت):** در این مولکول‌ها، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند، از این رو این مولکول‌ها ناقطبی هستند، هر چند که پیوندهای موجود در این مولکول‌ها همگی قطبی می‌باشند.

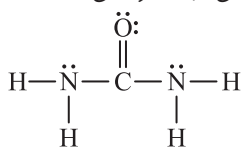


لایه ظرفیت این عنصر به صورت  $2s^2 2p^x$  است، با توجه به اینکه مجموع اعداد کوانتومی اصلی (n) و فرعی (l) برای الکترون‌های لایه ظرفیت برابر ۱۹ است، داریم:

$$[2 \times (\sum_{l=0}^{n-1} (2l+1))] + [x \times (2n+1)] = 19 \Rightarrow x = 5$$

عنصر مورد نظر، فلئور می‌باشد که آرایش الکترونی آن به صورت  $(\text{F}) 1s^2 2s^2 2p^5$  است. عنصر فلئور فعال‌ترین نافلز جدول تناوبی می‌باشد. با توجه به این توضیحات عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** از آنجا که عنصر فلئور فعال‌ترین نافلز جدول تناوبی است، همواره در مولکول‌های ناجورهسته الکترون‌های پیوندی را به سمت خود می‌کشد و دارای بار جزئی منفی می‌باشد. **عبارت (ب):** این عنصر دارای ۷ الکترون در لایه ظرفیت خود است و تنها یک تک الکترون در ساختار الکترون نقطه‌ای آن دیده می‌شود. **عبارت (پ):** گاز فلئور در دمای اتاق به سرعت با گاز هیدروژن واکنش می‌دهد. **عبارت (ت):** مولکول‌های هیدروژن فلئورید توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی را با یکدیگر دارند.

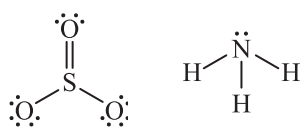
در مولکول  $\text{NH}_3$ ، اتم نیتروژن که اتم مرکزی است، دارای بار جزئی منفی و اتم هیدروژن بار جزئی مثبت دارد. در مولکول‌های  $\text{SO}_3$  و  $\text{CCl}_4$  به ترتیب اتم‌های کربن و گوگرد بار جزئی مثبت دارند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** هر سه مولکول قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.



**\* توجه:**  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  فرمول مولکولی اوره است. ساختار لوویس اوره به صورت روبه‌رو است. **گزینه (۳):** هر سه مولکول دارای جفت‌الکترون ناپیوندی روی همه اتم‌ها هستند. **گزینه (۴):** هر سه مولکول شکل خطی دارند و در آن‌ها همه اتم‌ها روی یک خط راست قرار می‌گیرد.

مورد چهارم جمله داده شده را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد: مورد اول:** در مولکول  $\text{POCl}_3$  اتم فسفر و در مولکول  $\text{CCl}_4$  اتم کربن دارای بار جزئی مثبت هستند. مولکول  $\text{CCl}_4$  برخلاف  $\text{POCl}_3$  ناقطبی است. **مورد دوم:** در مولکول اتن اتم کربن دارای بار جزئی منفی و در مولکول گوگرد تری‌اکسید اتم گوگرد بار جزئی مثبت دارد. هر دو مولکول ناقطبی هستند. **مورد سوم:** در مولکول  $\text{SiCl}_4$  اتم سیلیسیم بار جزئی مثبت و در مولکول آب اتم اکسیژن بار جزئی منفی دارد. مولکول  $\text{SiCl}_4$  ناقطبی و مولکول آب قطبی است. **مورد چهارم:** در مولکول  $\text{H}_2\text{S}$  اتم گوگرد و در مولکول آمونیاک اتم نیتروژن، به‌عنوان اتم مرکزی دارای بار جزئی منفی هستند. این دو مولکول قطبی هستند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) به درستی جمله را تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در مولکول  $\text{SCO}$ ، اتم اکسیژن کوچک‌ترین شعاع را دارد، به دلیل داشتن خصلت نافلز ی بیشتر، تراکم بار الکتریکی منفی پیرامون آن بیشتر است. **عبارت (ب):** مولکول اتین ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

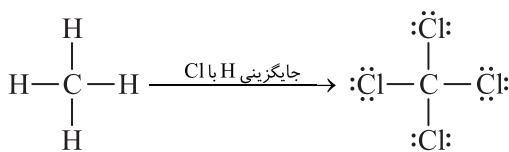


**عبارت (پ):** در این مولکول اتم کلر دارای بار جزئی منفی است که به آرایش گاز نجیب آرگون رسیده است. **عبارت (ت):** ساختار لوویس این دو مولکول به صورت مقابل است. اتم مرکزی در  $\text{NH}_3$  یک جفت ناپیوندی دارد و این مولکول قطبی است. در حالی که اتم مرکزی در  $\text{SO}_3$  فاقد زوج ناپیوندی بوده و ناقطبی است.

عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** ساختار لوویس این دو مولکول به صورت زیر است.



$\text{SCO}$  برخلاف  $\text{CO}_2$  قطبی است و گشتاور دو قطبی آن بزرگ‌تر از صفر است. **عبارت (ب):** علت اصلی ناقطبی بودن مولکول  $\text{SO}_3$  صفر شدن بردارهای مشخص‌کننده قطبیت پیوندهاست. در بعضی مولکول‌های قطبی مثل  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ،  $\text{POCl}_3$  و ... روی اتم مرکزی جفت‌الکترون ناپیوندی دیده نمی‌شود. **عبارت (پ):** اتم Y متعلق به گروه ۱۴ است و (مثل اتم کربن) در گروه ۱۴ دو فلز (Pb, Sn) و دو شبه‌فلز (Ge, Si) وجود دارد. **عبارت (ت):** مولکول‌های قطبی قادر هستند که در میدان الکتریکی جهت‌گیری کنند. فرمالدهید و اوره قطبی و وازلین و روغن زیتون ناقطبی هستند. می‌دانیم چربی‌ها مولکول‌هایی ناقطبی هستند.



فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ):**

در هر دوی این مولکول‌ها، اتم مرکزی الکترون ناپیوندی ندارد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان هستند؛ از این رو هر دوی مولکول‌ها ناقطبی بوده و گشتاور دو قطبی آن‌ها برابر صفر است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. **عبارت (ت):** خصلت نافلز ی C از H بیشتر و خصلت نافلز ی Cl از C بیشتر است، از این رو اتم مرکزی در مولکول  $\text{CH}_4$  دارای بار جزئی منفی بوده و رنگ آن در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی قرمز است. اتم مرکزی در مولکول  $\text{CCl}_4$  دارای بار جزئی مثبت بوده و رنگ آن در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی آبی است.





۲۴۲۷ B فقط مورد اول در این مولکول‌ها تغییری نمی‌کند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

تعداد الکترون‌های پیوندی در هر دو مولکول یکسان و برابر ۸ است. عبارت دوم: مولکول  $\text{CHCl}_3$

برخلاف  $\text{CCl}_4$  قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. عبارت سوم: مولکول

$\text{CHCl}_3$  برخلاف  $\text{CCl}_4$  قطبی بوده و گشتاور دو قطبی آن بزرگ‌تر از صفر است. عبارت چهارم:

بار جزئی اتم‌های Cl در مولکول  $\text{CCl}_4$ ، منفی و رنگ آن‌ها قرمز است. بار جزئی اتم H در مولکول  $\text{CCl}_3\text{H}$ ، مثبت و رنگ آن آبی است. عبارت پنجم: با تغییر اتم (ها) در

یک مولکول، خواص فیزیکی و شیمیایی آن تغییر می‌کند. عبارت ششم: با جایگزینی اتم H با Cl، درصد جرمی کربن در مولکول  $\text{CCl}_3\text{H}$  نسبت به  $\text{CCl}_4$  افزایش می‌یابد.

این دو گونه در دو مورد با یکدیگر تفاوت دارند. به جدول زیر توجه کنید: یون‌های آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) و سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) در تعداد جفت الکترون‌های

پیوندی، قطبیت و شکل هندسی یکسان هستند.

نام	آمونیوم	سولفات
ساختار لوویس	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	$\left[ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{S}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$
شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی	ندارد	۱۲
شمار جفت الکترون‌های پیوندی	۴	۴
عدد اکسایش اتم مرکزی	$\text{N}+4(+1)=+1 \Rightarrow \text{N}=-3$	$\text{S}+4(-2)=-2 \Rightarrow \text{S}+=6$
قطبیت و شکل هندسی	ناقطبی (چهار وجهی)	ناقطبی (چهار وجهی)

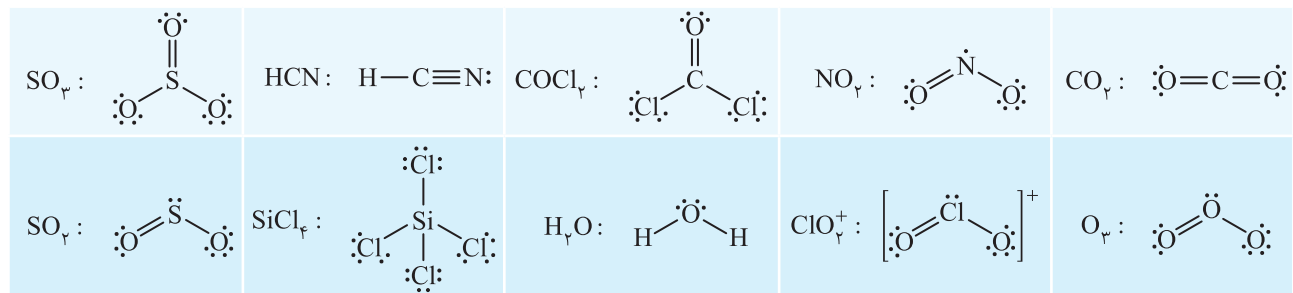
بنابراین یون‌های آمونیوم و سولفات در عدد اکسایش اتم مرکزی و شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی با یکدیگر تفاوت دارند.

۲۴۲۹ B مولکول‌های  $\text{SO}_3$ ،  $\text{NO}_2$  و  $\text{CO}_2$  دارای بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) می‌باشند. زیرا خاصیت نافلزی O از C، S و N بیشتر است. بررسی سایر ردیف‌ها:

ردیف (۱): در هر کدام از مولکول‌های  $\text{COCl}_2$  و  $\text{SO}_3$ ، ۴ جفت الکترون پیوندی وجود دارد اما تنها ۳ اتم به اتم مرکزی متصل می‌باشد. ردیف (۲): شکل مولکول

$\text{CO}_2$  برخلاف دو مولکول دیگر این ردیف که خمیده می‌باشند، خطی است. ردیف (۳): مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در  $\text{O}_3$  و  $\text{ClO}_2^+$  برابر ۱۸ و در

$\text{HCN}$  برابر ۱۰ است. ساختار لوویس این ترکیب‌ها به صورت زیر است:

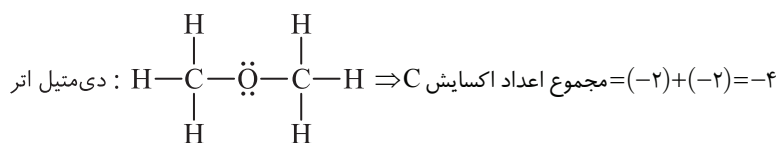
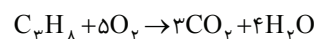
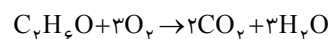


\* توجه در مولکول  $\text{NO}_2$ ، اتم مرکزی به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسد و بررسی ساختار لوویس این مولکول‌ها جزء اهداف کتاب درسی نیست، البته برای تشخیص بار

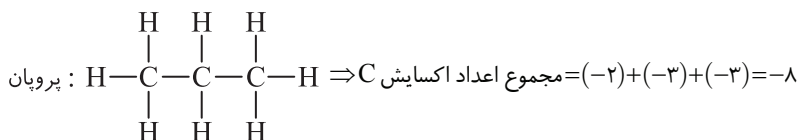
جزئی اتم مرکزی (در ردیف ۴) نیاز به ساختار لوویس مولکول‌ها نداریم و فقط کافی است خصلت نافلزی اتم‌ها را با یکدیگر مقایسه کنیم.

۲۴۳۰ B عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بار الکتریکی جزئی H در هر دو ماده مثبت ( $\delta^+$ ) است. عبارت (ب): در

مجموع ۷ مول  $\text{H}_2\text{O}$  حاصل می‌شود:



عبارت (ب):

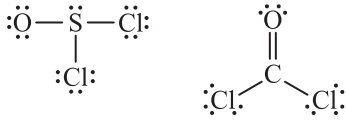


عبارت (ت): دی‌متیل اتر که مولکولی قطبی است، در اثر حل شدن در آب، همانند پروپان یون تولید نمی‌کند و محلول آن غیرالکترولیت است. عبارت (ث): نیروهای

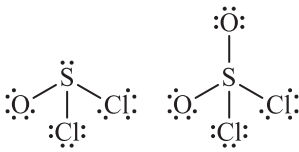
وان‌دروالسی در دی‌متیل اتر قوی‌تر است؛ از این رو آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.



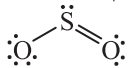
**۲۴۳۱** **۴** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سیلیس شامل یک شبکه سه‌بعدی از تعداد بسیار زیادی اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن است و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا است. برای ذوب کردن سیلیس باید بر نیروهای بین‌مولکولی وان‌دروالسی غلبه کرد. با توجه به اینکه قدرت پیوندهای کووالانسی بین اتم‌ها غلبه کرد، در حالی که برای ذوب کردن یخ خشک باید بر نیروهای بین‌مولکولی وان‌دروالسی غلبه کرد. ساختار لوویس دو مولکول به صورت مقابل است. در هر دو مولکول اتم مرکزی بار جزئی مثبت دارد. **عبارت (ب):** ساختار لوویس دو مولکول به صورت مقابل است.  $n=3$  و  $I=1$  است:  ${}_{17}\text{Cl}:[\text{Ne}]3s^2 3p^5$  **عبارت (ت):** نمونه‌هایی از الماس و گرافیت با شمار اتم‌های کربن برابر، جرم برابری نیز دارند، از طرفی چگالی گرافیت از الماس کمتر است، بنابراین با توجه به رابطه چگالی  $(\rho = \frac{m}{V})$  می‌توان نتیجه گرفت که در جرم یکسان، حجم نمونه گرافیت بیشتر است.



**۲۴۳۲** **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. ساختار لوویس این دوگونه به صورت زیر است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اتم گوگرد در هر دو مولکول دارای بار جزئی مثبت است که این اتم در  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  فاقد جفت الکترون ناپیوندی است. **عبارت (ب):** نسبت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  و  $\text{SOCl}_2$  به ترتیب  $\frac{3}{10}$  و  $\frac{1}{3}$  است. **عبارت (پ):** هر دو مولکول به دلیل متفاوت بودن اتم‌های اطراف اتم مرکزی، قطبی هستند. **عبارت (ت):** در ساختار هیچ کدام پیوند دوگانه مشاهده نمی‌شود.



**۲۴۳۳** **۴** همه موارد به جز مورد چهارم درست هستند. **بررسی موارد: مورد اول:** مولکول به فرم  $\text{AB}_3$  اگر قطبی باشد، می‌تواند  $\text{NF}_3$  یا  $\text{PCl}_3$  باشد. **مورد دوم:** مولکول به فرم  $\text{AB}_2$  اگر ناقطبی باشد، می‌تواند  $\text{CO}_2$  یا  $\text{CS}_2$  باشد. **مورد سوم:** مولکول به فرم  $\text{AB}_2$  اگر ناقطبی باشد، می‌تواند  $\text{CF}_2$  یا  $\text{SiCl}_2$  باشد. **مورد چهارم:** اگر مولکولی به فرم  $\text{AB}_2$  قطبی باشد، می‌تواند  $\text{SO}_2$  باشد. بنابراین A و B می‌توانند متعلق به گروه ۱۶ جدول دوره‌ای باشند:



**۲۴۳۴** **۱** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** هر دو مولکول کربونیل سولفید و هیدروژن سیانید. **عبارت (ب):** نیتروژن برخلاف ClO یک مولکول دواتمی جورهسته است و تراکم الکترون‌ها روی اتم‌های سازنده آن به صورت یکنواخت است. در مولکول ClO اتم اکسیژن بار جزئی منفی و اتم کلر بار جزئی مثبت دارد. **عبارت (پ):** در مولکول  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  تراکم بار الکتریکی روی اتم اکسیژن و در مولکول کلروفرم تراکم بار الکتریکی روی اتم کلر بیشتر است. **عبارت (ت):** گوگرد دی‌اکسید شکل خمیده دارد و اتم مرکزی آن (اتم گوگرد) بار جزئی مثبت دارد. آمونیاک فاقد شکل خمیده است و اتم مرکزی آن (اتم نیتروژن) بار جزئی منفی دارد.



**۲۴۳۵** **۱** فقط مورد (ت) جمله را به درستی کامل می‌کند. در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی مولکول آمونیاک، اتم نیتروژن جزئی بار منفی دارد. یون  $\text{N}^{3-}$  بیشترین چگالی بار را در میان آنیون‌ها دارد؛ زیرا در یک تناوب از چپ به راست و در یک گروه از بالا به پایین از چگالی بار آنیون‌ها کاسته می‌شود. **بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (الف):** در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی SCO، اتم اکسیژن بیشترین رنگ قرمز و در مولکول HCN اتم نیتروژن بیشترین رنگ قرمز را دارد. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، اتم اکسیژن دو جفت الکترون ناپیوندی و اتم نیتروژن یک جفت الکترون ناپیوندی دارد.



**عبارت (ب):** در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی  $\text{COCl}_2$ ، اتم اکسیژن بیشترین بار جزئی منفی و بیشترین رنگ قرمز را دارد. **عبارت (پ):** در مولکول هیدروژن سولفید، اتم گوگرد بیشترین رنگ قرمز و بار جزئی منفی را دارد. در مولکول آب اتم اکسیژن اتم مرکزی است و بار جزئی منفی دارد. در نتیجه اتم گوگرد اتم‌های هیدروژن مولکول آب را جذب می‌کند.

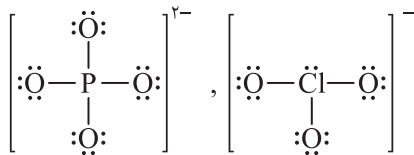
**۲۴۳۶** **۳** عبارت‌های اول، دوم و چهارم نادرست هستند. با توجه به ساختار لوویس یون‌های  $\text{NO}_3^-$  و



این مولکول‌ها در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند و فقط در یون  $\text{NO}_2^+$ ، نسبت تعداد الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر یک است، از این‌رو یون  $\text{NO}_2^+$ ، همان یون  $\text{NO}_2^+$  است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) نمی‌تواند با یون  $\text{NO}_2^+$ ، نمک تشکیل دهد. یون آمونیوم برای تشکیل نمک نیاز به آنیون دارد و نه کاتیون! **عبارت دوم:** تعداد عنصرهای یون  $\text{NO}_2^+$  برابر ۲ و حاصل  $x+y$  در این یون برابر  $3(2+1)$  است. **عبارت سوم:** عدد اکسایش اتم S در یون  $\text{SO}_4^{2-}$  برابر +۶ و عدد اکسایش اتم N در یون  $\text{NO}_3^+$  برابر +۵ است. بالاترین عدد اکسایش ممکن برای اتم‌های S و N به ترتیب برابر +۶ و +۵ است، می‌دانیم اتم‌ها با بالاترین عدد اکسایش فقط می‌توانند نقش اکسندگی داشته باشند.



**عبارت چهارم:** مولکول کربونیل سولفید (CSO) به دلیل متفاوت بودن اتم‌های کناری در آن برخلاف یون  $\text{NO}_2^+$ ، قطبی بوده و گشتاور قطبی بزرگ‌تر از صفر دارد.



عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. با توجه به ساختار لوویس که همه اتم‌های هشت‌تایی

هستند و بار یون‌ها، A عنصر P و B عنصر Cl<sub>۱۷</sub> می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عدد اتمی

عنصر A (P) از عنصر B (Cl) کمتر است. عبارت (ب): در P ۱۵ تعداد ۳ الکترون و در Cl<sub>۱۷</sub>

تعداد ۵ الکترون دارای (n+1=۴) هستند.  $_{15}\text{P}:[_{10}\text{Ne}]\text{3s}^2\text{3p}^3$   $_{17}\text{Cl}:[_{10}\text{Ne}]\text{3s}^2\text{3p}^5$

عبارت (پ): Cl و P ترکیب PCl<sub>۳</sub> را می‌سازند که به دلیل وجود جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، قطبی است. عبارت (ت): CCl<sub>۴</sub> ناقصی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

۴ ۲۴۳۸ A برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی، به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز است، از این رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته این فرایند انجام می‌شود و از شیمی دهم به یاد دارید که در فرایند تولید برق از خورشید نیز اندکی CO<sub>۲</sub> تولید می‌شود.

۱ ۲۴۳۹ A تنها عبارت (ت) نادرست است. وظیفه سیستم سردکننده در این فناوری، خنک کردن بخار داغ تولید شده می‌باشد و شارژ جریان یافته در این لوله‌ها راهی به برج متمرکزکننده نخواهند داشت. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل داده شده نمای از مجتمع فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی است. عبارت (ب): شارژ A وارد برج گیرنده شده و توسط پرتوهای متمرکز شده توسط آینه‌ها، با جذب انرژی، دمای آن افزایش یافته و باعث تولید بخار داغ می‌شود. عبارت (پ): همان‌طور که در شکل مشاهده کردید، در یکی از منابع ذخیره انرژی گرمایی، شارژ یونی که گرمای خودش را به آب داده و سرد شده است، ذخیره می‌شود تا در صورت نیاز دوباره در برج گیرنده بالا رفته و با دریافت انرژی از خورشید دوباره گرم شود.

۴ ۲۴۴۰ A عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. شارژ بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود، NaCl است که یک ترکیب یونی محسوب می‌شود. شارژهای که توربین را به حرکت درمی‌آورد، بخار داغ می‌باشد که یک ترکیب مولکولی (آب) است. این بخار داغ در قسمت (۳) با انتقال گرما از شارژ یونی به شارژ مولکولی تولید می‌شود و طی این فرایند، بخشی از انرژی جنبشی آن در مولد، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

۲ ۲۴۴۱ A عبارت‌های سوم و پنجم نادرست‌اند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت سوم: شارژ یونی بسیار داغ، حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم می‌کند. شارژ یونی به کار رفته در فرایند تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی، سدیم کلرید می‌باشد که در فرایند تولید آن نور و گرمای زیادی آزاد می‌شود. عبارت پنجم: N<sub>p</sub> به دلیل داشتن دمای جوش پایین (-۱۹۶°C)، به سادگی به گاز تبدیل می‌شود ولی برای مایع کردن آن در دستگاه سرد کننده به انرژی زیادی نیاز است؛ از این رو استفاده از N<sub>p</sub> به جای H<sub>۲</sub>O، سبب افزایش بازده تولید برق نمی‌شود.

۳ ۲۴۴۲ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در اثر متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شارژ یونی) افزایش می‌یابد و این شارژ بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. عبارت (ب): شارژ مذاب درون سیستم‌های برج گیرنده، نمک سدیم کلرید می‌باشد که نوعی ماده یونی است.

عبارت (پ): با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 25 \times 10^3 \times 4.18 \times 60 = 12750 \text{ J} \Rightarrow 12750 \text{ J} \times \frac{1 \text{ cal}}{4.18 \text{ J}} \Rightarrow Q = 3050 \text{ cal}$$

\* توجه هر کالری، ۴/۱۸ ژول است.

عبارت (ت): ماده‌ای که در سیستم سردکننده خنک می‌شود و ماده‌ای که باعث حرکت توربین مولد می‌شود، هر دو بخار آب می‌باشند و نیروی بین‌مولکولی در هر دو مورد، پیوند هیدروژنی است.

۱ ۲۴۴۳ B گستره دمایی که یک ترکیب در آن به حالت مایع قرار دارد، به نقطه ذوب و نقطه جوش ترکیب وابسته است. در ترکیب‌های مولکولی مثل HF، نیروهای بین‌مولکولی (در مورد HF پیوند هیدروژنی) تعیین‌کننده نقطه ذوب و جوش ترکیب هستند و در واقع برای ذوب کردن یا جوشاندن ترکیب‌های مولکولی باید بر نیروهای بین‌مولکولی غلبه کرد. به علت قوی‌تر بودن پیوند یونی نسبت به پیوند هیدروژنی، NaCl در گستره دمایی بسیار بیشتری نسبت به HF به حالت مایع قرار دارد؛ بنابراین مقایسه انجام شده در عبارت (الف) درست، اما دلیل آن نادرست است. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (ب): HF نقطه ذوب و جوش بالاتری نسبت به N<sub>p</sub> دارد، زیرا پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های HF بسیار قوی‌تر از نیروهای وان‌دروالسی بین مولکول‌های N<sub>p</sub> است. در این عبارت مقایسه و علت ذکر شده هر دو نادرست هستند. عبارت (پ): مقایسه و علت هر دو درست هستند. پیوند یونی قوی‌تر از نیروهای بین‌مولکولی است. عبارت (ت): مقایسه و علت هر دو درست هستند.

۴ ۲۴۴۴ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): مطابق یک قاعده کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص بیشتر باشد، آن ماده در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروی جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع قوی‌تر است. عبارت (پ): تفاوت نقطه ذوب و جوش سدیم کلرید بیشتر از آب و هیدروژن فلوئورید است؛ از این رو سدیم کلرید در گستره دمایی بالاتری به حالت مایع است. عبارت (ت): به‌طور کلی تفاوت نقطه ذوب و جوش برای یک ترکیب یونی بیشتر از یک ترکیب مولکولی است؛ از این رو نیروی جاذبه میان ذرات برای یک ترکیب یونی بالاتر از یک ترکیب مولکولی است.

۱ ۲۴۴۵ B

★ نکته مطابق یک قاعده کلی، هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص بیشتر باشد، آن ماده در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های مایع قوی‌تر است و آن ماده در حالت مایع، به میزان بیشتری می‌تواند انرژی را ذخیره نماید. برای نمونه در فرایند تولید برق از نور خورشید، از شارژ یونی به عنوان شارژ ذخیره کننده انرژی استفاده می‌کنند؛ زیرا نیروی بین ذره‌ای در آن، نسبتاً قوی است.

پتاسیم کلرید یک جامد یونی و آب، نیتروژن و هیدروژن فلوئورید از جمله جامدهای مولکولی هستند. جامدهای یونی به علت داشتن نیروی جاذبه قوی‌تر، در گستره دمایی بیشتری به حالت مایع هستند؛ بنابراین انرژی گرمایی بیشتری را نیز در حالت مایع می‌توانند نگه دارند. به همین دلیل است که در تولید انرژی الکتریکی به کمک پرتوهای خورشیدی، از مواد یونی مانند سدیم کلرید به عنوان شارژ یونی، برای ذخیره انرژی گرمایی استفاده می‌کنند.



۱ ۲۴۴۶ B حداکثر گرمای قابل انتقال توسط سدیم کلرید مذاب هنگامی است که این ماده به نقطه جوش برسد؛ از این رو گرمای جذب شده توسط سدیم کلرید برابر است با:

$$\text{نمک } 4 \times 10^6 \text{ g} = \frac{2 \text{ g نمک}}{1 \text{ mL نمک}} \times \frac{10^6 \text{ mL نمک}}{1 \text{ m}^3 \text{ نمک}} = 2 \text{ m}^3 \text{ نمک} = \text{جرم سدیم کلرید}$$

$$Q = mc\Delta\theta = 4 \times 10^6 \times 0.85 \times (140 - 80) = 2.04 \times 10^9 \text{ J} = 2.04 \times 10^6 \text{ kJ}$$

$$? \text{ kg H}_2\text{O} = 2.04 \times 10^6 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{4.0 \text{ kJ}} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{10^3 \text{ g H}_2\text{O}} = 9.18 \text{ kg H}_2\text{O}$$

سپس مقدار آبی را که توسط این مقدار گرما تبخیر شود محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 54 \times 10^3 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{45 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 135 \times 10^3 \text{ kJ}$$

۴ ۲۴۴۷ C گرمای مصرف شده برای تبخیر آب را به دست می‌آوریم:

$$Q_{\text{NaCl}} = 135 \times 10^3 \text{ kJ} \times \frac{100}{75} = 180 \times 10^3 \text{ kJ}$$

با توجه به اینکه ۷۵ درصد از گرمای NaCl به آب منتقل می‌شود، بنابراین گرمای مربوط به NaCl(l) برابر است با:

$$\Delta\theta_{\text{NaCl}} = \frac{Q}{m \times c} = \frac{180 \times 10^3 \text{ J}}{5 \times 10^5 \text{ g} \times 0.8 \text{ J/g} \cdot \text{C}} = 45^\circ \text{C}$$

$$\text{سهام هر آینه} = \frac{180 \times 10^3 \text{ kJ}}{2} = 90 \times 10^3 \text{ kJ}$$

۴ ۲۴۴۸ A همه عبارت‌ها درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: هر ترکیب یونی دوتایی را می‌توان فرآورده واکنش یک فلز با یک نافلز دانست. عبارت دوم: در واکنش تولید ترکیب یونی دوتایی اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. عبارت سوم: در واکنش تولید ترکیب یونی فلزها با از دست دادن الکترون، تشکیل کاتیون می‌دهند. عبارت چهارم: در جریان تشکیل یک ترکیب یونی دوتایی، اتم‌های نافلز با گرفتن الکترون، آنیون‌ها را تشکیل می‌دهند.

۳ ۲۴۴۹ A پاسخ پرسش‌ها: پرسش (الف): فرآورده حاصل از واکنش  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  (نمک خوراکی) است که جامدی سفیدرنگ است. پرسش (ب): آرایش الکترونی  $\text{Na}^+$  ۱۱ مشابه گاز نجیب نئون (Ne) است. پرسش (پ): در فرایند تشکیل ترکیب یونی، اغلب تغییر اندازه شعاع کاتیون بیشتر از آنیون است.

۳ ۲۴۵۰ A شکل داده شده مربوط به فرایند تشکیل سدیم کلرید از گاز کلر و فلز سدیم می‌باشد. در این شکل ماده A مربوط به فلز سدیم، ماده B مربوط به گاز کلر و ماده C مربوط به سدیم کلرید می‌باشد. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در این واکنش فلز سدیم الکترون از دست داده و گاز کلر الکترون جذب می‌کند، پس عنصر A (فلز سدیم) نقش کاهنده و عنصر B (گاز کلر) نقش اکسنده را بر عهده دارند. گزینه (۲): B (گاز کلر) یک ماده مولکولی است و ذره‌های سازنده جامد بلوری آن مولکول‌ها می‌باشند. در حالی که ماده A (فلز سدیم) جامد فلزی و ماده C (سدیم کلرید) جامد یونی بوده و فاقد مولکول می‌باشند. گزینه (۳): برای تولید یک مول سدیم کلرید می‌بایست یک مول الکترون بین فلز سدیم و گاز کلر مبادله شود. گزینه (۴): هر دو واکنش ذکر شده بسیار گرماده هستند.

۲ ۲۴۵۱ A موارد (الف)، (ب) و (ث) را می‌توان به واکنش تشکیل سدیم کلرید از عنصرهای سازنده‌اش نسبت داد. در این واکنش پایداری فرآورده‌ها نسبت به واکنش دهنده‌ها بیشتر است (مورد پ)، از طرفی فرآورده این واکنش جامدی یونی و سفید رنگ است (مورد ت). این واکنش گرماده است بنابراین آنتالپی آن منفی است (مورد ج).

۲ ۲۴۵۲ B عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عدد اتمی آهن ۲۶ است.  $\text{Fe}^{2+}$  با تشکیل کاتیون در فرایند تشکیل جامد یونی شرکت می‌کند. هنگام تشکیل کاتیون شعاع اتمی آن کاهش می‌یابد. عبارت (ب): در واکنش دو عنصر منیزیم و گوگرد به‌ازای تشکیل یک مول  $\text{MgS}$ ، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. عبارت (پ): B با تشکیل  $\text{B}^{3-}$  و C با تشکیل  $\text{C}^{2-}$  به آرایش گاز نجیب Ar می‌رسند. در آنیون‌های هم‌الکترون، آنیونی با بار منفی بیشتر، شعاع بزرگ‌تری دارد؛ زیرا به‌ازای الکترون برابر، پروتون کمتری دارد. عبارت (ت): در این واکنش  $\text{D}^{17}$  با تشکیل آنیون  $\text{D}^{17-}$  و E با تشکیل کاتیون  $\text{E}^{17+}$  به پایداری می‌رسند. اغلب تغییر شعاع اتمی عنصری که کاتیون تشکیل می‌دهد، بیشتر است، زیرا هنگام تشکیل کاتیون، یک لایه از لایه‌های الکترونی آن کم می‌شود. عبارت (ث): عناصر C و D به ترتیب ۱۱ و ۳۴ Se هستند که با مبادله الکترون به ترتیب به آرایش هشت‌تایی Ne و Kr تبدیل می‌شوند ولی عناصر A و B که به ترتیب ۳ Li و ۲۹ Cu هستند، با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند. دقت کنید که  $\text{Li}^+$  ۳ به آرایش دوتایی گاز نجیب هلیوم می‌رسد.

☛ نکته ترکیب یون‌های تک‌اتمی: الف) یون‌هایی که آرایش الکترونی آن‌ها به آرایش هشت‌تایی می‌رسد: این یون‌ها شامل همه آنیون‌ها، اکثر یون‌های فلزهای دسته S و آلومینیم است:

ب) یون‌هایی که آرایش الکترونی آن‌ها به آرایش هشت‌تایی پایدار نمی‌رسد: این یون‌ها شامل بسیاری از یون‌های عناصر واسطه و برخی عناصر ابتدایی می‌شود:

۳ ۲۴۵۳ B همه عبارت‌ها درست هستند.  $\text{A}^{3+}$  و  $\text{B}^{2-}$  به آرایش یکسان رسیده‌اند، پس آن‌ها می‌توانند  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{O}^{2-}$  باشند که هر دو به آرایش گاز نجیب

Ne می‌رسند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تفاوت عدد اتمی Al و O برابر ۵ است. عبارت (ب): آرایش الکترونی Al به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  و Al به صورت  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  است که در آخرین زیرلایه با  $l=1$  (زیرلایه p) آن، یک الکترون وجود دارد. عبارت (پ): آرایش الکترون - نقطه‌ای B به صورت  $(\ddot{\text{B}})$  است که در آن دو الکترون تک و دو جفت الکترون وجود دارد. عبارت (ت): در واکنش بین اتم A و اتم B، ترکیب  $\text{A}_3\text{B}_3$  به دست می‌آید که به منظور تشکیل آن ۶ الکترون مبادله شده است.

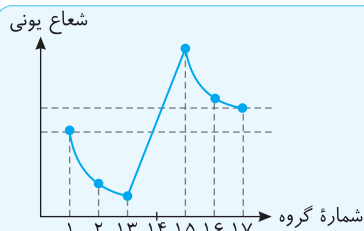
**B ۲۴۵۴** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. A در گروه شانزدهم، B در گروه دوم، C در گروه پانزدهم و D در گروه سیزدهم جدول تناوبی قرار دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): B با تشکیل کاتیون  $B^{2+}$  و C با تشکیل آنیون  $C^{3-}$  پایدار شده و ترکیب  $B_3C_2$  را تشکیل می‌دهند که در آن نسبت تعداد آنیون به کاتیون برابر  $\frac{2}{3}$  است. عبارت (ب): عنصر D با از دست دادن  $3e^-$  به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون نمی‌رسد. عبارت (پ): در واکنش A و C با سدیم، A یون  $A^{2-}$  و C یون  $C^{3-}$  را تشکیل می‌دهد که تغییر شعاع C بیشتر از A خواهد بود. عبارت (ت): A یون  $A^{2-}$  و D یون  $D^{3+}$  را تشکیل می‌دهد. ترکیب حاصل از A و D،  $D_4A_3$  بوده که به منظور تشکیل آن ۶ الکترون مبادله می‌شود.

**B ۲۴۵۵** عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شعاع یونی یون پایدار فلزها از شعاع اتمی آن‌ها کوچک‌تر است؛ بنابراین a می‌تواند یک اتم فلزی و b یون پایدار آن باشد. عبارت (ب): a و c می‌توانند یک اتم فلزی و یک اتم نافلزی در یک دوره از جدول تناوبی باشند. مثلاً a، لیتیم و c، فلورین باشد. عبارت (پ): شعاع یون پایدار نافلزها از شعاع اتمی آن‌ها بزرگ‌تر است؛ بنابراین c می‌تواند یک اتم نافلزی و d یون پایدار آن باشد. عبارت (ت): a می‌تواند یک فلز از گروه ۱ و c یک نافلز از گروه ۱۷ باشد. در این صورت از واکنش این دو عنصر، یک ترکیب یونی با فرمول  $ac$  تولید می‌شود.

**نکته** در یک دوره از جدول تناوبی، هر چه بار منفی یون پایدار یک عنصر بیشتر باشد، شعاع بزرگ‌تر است و هر چه بار مثبت یون پایدار یک عنصر بیشتر باشد، شعاع کوچک‌تر است. مقایسه شعاع یونی عناصر دوره سوم جدول تناوبی به صورت مقابل است:

$$15P^{3-} > 16S^{2-} > 17Cl^- > 11Na^+ > 12Mg^{2+} > 13Al^{3+}$$

روند تغییر شعاع یونی عناصر دوره سوم جدول تناوبی:



**A ۲۴۵۶** وجود جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام بر نیروهای دافعه میان یون‌های هم‌نام غالب است.

**A ۲۴۵۷** عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): در نتیجه غلبه نیروهای جاذبه بر دافعه در یک جامد یونی، آرایش منظمی از یون‌ها در سه بعد تشکیل می‌شود. عبارت (ب): واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه‌بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.

**A ۲۴۵۸** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شعاع یونی کلرید از شعاع یونی سدیم بزرگ‌تر است، پس یون‌های کلرید گوی‌های بزرگ و یون‌های سدیم گوی‌های کوچک خواهند بود. عبارت (ب): آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلور جامدهای یونی از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند. عبارت (پ): عدد کوئوردیناسیون یون سدیم در این ساختار ۶ است. عبارت (ت): یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ )، ۱۸ الکترون دارد. عدد کوئوردیناسیون یون کلرید برابر ۶ یعنی  $18 \times \frac{1}{3}$  است.

**A ۲۴۵۹** عبارتهای (ب) و (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): میان یون‌های هم‌نام نیروهای دافعه وجود دارد. عبارت (ب): نیروهای دافعه و جاذبه در جامدهای یونی به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شوند بلکه میان همه یون‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. عبارت (پ): در یک شبکه بلور از آنجا که نیروهای جاذبه و دافعه به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شود، از تمام جهات به هر یون وارد می‌شود. عبارت (ت): شرط تشکیل جامد یونی در طبیعت، غلبه کردن نیروهای جاذبه بر نیروهای دافعه می‌باشد. سدیم کلرید نیز یک جامد یونی طبیعی است. پس نیروهای جاذبه میان یون‌های سدیم و کلرید از نیروهای دافعه بین یون‌های هم‌نام بیشتر می‌باشد.

**B ۲۴۶۰** عبارتهای (الف)، (پ)، (ت) و (ث) جمله داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سدیم اکسید ( $Na_2O$ ) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ب): منیزیم سولفید ( $MgS$ ) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (پ): سرب (II) کلرید ( $PbCl_2$ ) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ت): پتاسیم فلئورید ( $KF$ ) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۱ مول الکترون مبادله شده است. عبارت (ث): کلسیم فلئورید ( $CaF_2$ ) یک ترکیب یونی است که در تشکیل هر مول از این ترکیب ۲ مول الکترون مبادله شده است.

**A ۲۴۶۱** نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون به آنیون، برابر نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در یک واحد فرمولی از آن ترکیب می‌باشد. در بلور منیزیم کلرید با فرمول  $MgCl_2$  به ازای هر یون منیزیم، دو یون کلرید وجود دارند. پس نسبت عدد کوئوردیناسیون منیزیم به یون کلرید برابر ۲ به ۱ است. از آنجا که عدد کوئوردیناسیون در یون منیزیم برابر ۸ است، پس عدد کوئوردیناسیون یون کلرید برابر ۴ می‌باشد.

**A ۲۴۶۲** نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون به کاتیون برابر است با نسبت شمار کاتیون‌ها به شمار آنیون‌ها، پس:

$$\frac{4}{6} = \frac{2}{n} \Rightarrow n = 3$$

بنابراین بار کاتیون ( $3+$ ) بوده و عنصر A در گروه ۱۳ جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد. ترکیب یونی حاصل از کاتیون A و یون کلرید  $ACl_3$  خواهد بود. **A ۲۴۶۳** نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون‌ها به آنیون‌ها در گالیم هیدروکسید ( $Ga(OH)_3$ ) همانند نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون‌ها به کاتیون‌ها در سدیم فسفات ( $Na_3PO_4$ ) برابر ۳ است.

**B ۲۴۶۴** همان A همان  $Sc^{3+}$  است که کاتیون  $A^{3+}$  را تشکیل می‌دهد. B همان  $S^{2-}$  است که آنیون  $B^{2-}$  را تشکیل می‌دهد. C همان  $P^{3-}$  است که آنیون  $C^{3-}$  را تشکیل می‌دهد. D همان  $Li^+$  است که کاتیون  $D^+$  را تشکیل می‌دهد. بیشترین نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون به کاتیون (شمار کاتیون به آنیون) در ترکیب حاصل از C و D ( $D_3C$ ) وجود دارد که این نسبت برابر ۳ است.





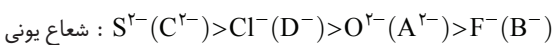
**۱ ۲۴۶۵ (B)** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: از واژه‌های مولکول و فرمول مولکولی فقط برای مواد مولکولی استفاده می‌شود. عبارت دوم: در فرایند تشکیل کاتیون، تعداد پروتون‌ها ثابت مانده و تعداد الکترون‌ها کاهش می‌یابد، از این‌رو تشکیل کاتیون با کاهش شعاع همراه است. یون‌های  $Li^+$  و  $O^{2-}$  به ترتیب، یون‌های پایدار و متداول برای اتم‌های  $Li$  و  $O$  هستند. عبارت سوم: در یک گروه از بالا به پایین، تعداد لایه‌های الکترونی در یون‌ها افزایش یافته، از این‌رو شعاع یونی نیز افزایش می‌یابد. عبارت چهارم: در یک دوره از جدول تناوبی، در فلزها با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی کاهش یافته همچنین در نافلزها با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی کم می‌شود. اما شعاع یونی فلزات از نافلزات کمتر است:  $P^{3-} > S^{2-} > Cl^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$ : مقایسه شعاع یونی

**۲ ۲۴۶۶ (A)** در میان یون‌هایی که شمار الکترون‌های برابری دارند، شعاع یونی که شمار پروتون‌های بیشتری دارد، کوچک‌تر است. دو یون  $Na^+$  و  $O^{2-}$  شمار الکترون‌های برابری دارند (هر دو ۱۰ الکترون) و یون  $Na^+$  شمار پروتون‌های بیشتری دارد، در نتیجه شعاع یون  $Na^+$  کوچک‌تر از شعاع یون  $O^{2-}$  است (اعداد ۱۳۸ و ۱۴۴ حذف می‌شوند). بین دو عدد ۹۹ و ۵۸ با توجه به اینکه این دو یون شمار الکترون‌ها و شمار لایه‌های الکترونی برابری دارند، عدد ۹۹ گزینه منطقی‌تری برای شعاع یون  $Na^+$  است، چون عدد ۵۸ از نصف شعاع یونی  $O^{2-}$  هم کوچک‌تر است.

**۳ ۲۴۶۷ (B)** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر  $D$  نافلز از گروه ۱۷ است، بنابراین شعاع اتمی آن کوچک‌تر از شعاع یونی آن است. در حالی که عنصر  $A$  یک فلز از گروه ۱ است و شعاع اتمی آن بزرگ‌تر از شعاع یونی آن است. عبارت (ب): عنصر  $G$  متعلق به دوره سوم و گروه ۱۷ است. بنابراین آرایش الکترونی این عنصر و یون پایدار آن به صورت مقابل است:  $G: [1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5] \rightarrow G^-: [1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6] = [18 Ar]$

بنابراین یون پایدار عنصر  $G$  ( $G^-$ ) ۶ الکترون با مشخصات  $n=3$  و  $l=1$  دارد. عبارت (پ): می‌دانیم در هر دوره، شعاع یونی نافلزات بیشتر از شعاع یونی فلزات است، بنابراین در این جدول در بین عنصرهای داده شده، در دوره دوم عنصر  $D$  و در دوره سوم عنصر  $F$  بیشترین شعاع یونی را دارند، از طرفی یون پایدار عنصر  $F$  یک لایه بیشتر از یون پایدار عنصر  $D$  دارد، بنابراین شعاع یونی عنصر  $F$  بزرگ‌تر از عنصر  $D$  است. عبارت (ت): عنصر  $E$ ، همان سیلیسیم ( $Si$ ) است که یک شبه‌فلز می‌باشد. نافلز  $C$  (کربن) و شبه‌فلز  $E$  (سیلیسیم) یون تک‌اتمی پایدار تشکیل نمی‌دهند ولی می‌توانند به صورت یون‌های چنداتمی مانند  $SiO_4^{4-}$  ترکیب یونی تشکیل دهند.

**۲ ۲۴۶۸ (B)** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست، به دلیل افزایش تعداد پروتون‌ها و بار مؤثر هسته، شعاع یونی کاتیون‌های پایدار عناصر کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به شماره دوره و گروه عناصر،  $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$  به ترتیب  $O$ ،  $F$ ،  $S$  و  $Cl$  هستند. یون پایدار این عناصر به ترتیب  $O^{2-}$ ،  $F^-$ ،  $S^{2-}$  و  $Cl^-$  بوده و مقایسه شعاع آن‌ها به شکل زیر است:



عبارت (پ): برای نافلزها، در یک گروه با افزایش عدد اتمی، شعاع آنیون‌های پایدار عناصر افزایش یافته و در یک دوره، با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی آنیون‌های پایدار عناصر کاهش می‌یابد؛ از این‌رو مقایسه شعاع آنیون‌ها به صورت: « $F^- < O^{2-} < S^{2-}$ » است. با ثابت بودن تعداد پروتون‌ها و کاهش تعداد الکترون‌ها، بار مؤثر هسته تأثیر بیشتری روی الکترون‌ها داشته، از این‌رو مقایسه شعاع آهن و یون‌های پایدار آن به صورت « $Fe > Fe^{2+} > Fe^{3+}$ » است. عبارت (ت): یون‌های سولفید ( $S^{2-}$ ) و کلرید ( $Cl^-$ ) به آرایش الکترونی گاز آرگون می‌رسند. یون‌های  $S^{2-}$  و  $Cl^-$ ، تعداد الکترون برابری دارند، اما تعداد پروتون‌های یون  $Cl^-$  بیشتر است؛ از این‌رو شعاع یونی  $S^{2-}$  بیشتر از  $Cl^-$  است.

**۲ ۲۴۶۹ (B)** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در گروه هالوژن‌ها شعاع یونی هر نافلز بزرگ‌تر از شعاع اتمی آن است، بنابراین نمودار (۱) و نمودار (۲) به ترتیب می‌توانند مربوط به روند تغییرات شعاع یونی و شعاع اتمی این گروه باشد. عبارت (ب): عنصر  $B$  شبه‌فلزی از دوره سوم یعنی سیلیسیم ( $Si$ ) است، بنابراین عنصر  $C$  متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای عنصرها یعنی قلع ( $Sn$ ) می‌باشد که فلز است. می‌دانیم اکسید فلزها خاصیت بازی داشته و در اثر انحلال در آب  $[OH^-]$  را افزایش و غلظت  $[H^+]$  را کاهش می‌دهند. عبارت (پ): اولین عنصر نافلز در تناوب دوم، کربن ( $C$ ) است که در گروه ۱۴ قرار دارد. بنابراین عنصر  $D$  متعلق به گروه ۱۷ است و با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار می‌رسد. عبارت (ت): آنیون‌های پایدار دوره سوم جدول دوره‌ای عنصرها عبارت‌اند از ( $P^{3-}$ )، ( $S^{2-}$ ) و ( $Cl^-$ ). می‌دانیم هرچه بار آنیون بیشتر باشد، شعاع یونی نیز بیشتر است.

**۳ ۲۴۷۰ (C)** ابتدا با استفاده از آرایش الکترونی یون‌های  $M^{2+}$  و  $A^-$ ، آرایش الکترونی اتم‌های  $M$  و  $A$  را می‌نویسیم:

$$M^{2+}: \dots / 2s^2 2p^6 \rightarrow M: \dots / 3s^2 \rightarrow A^-: \dots / 3s^2 3p^6 \rightarrow A: \dots / 3s^2 3p^5$$

متعلق به گروه ۱۷ و دوره ۳ است  $A$ ، متعلق به گروه ۲ و دوره ۳ است  $M$ ،  $A^-$ ،  $M^{2+}$ ،  $M$  که همان منیزیم ( $Mg$ ) است در واکنش با نافلزها، ترکیب یونی (مانند  $MgO$  و  $MgCl_2$ ) تشکیل می‌دهد. از طرفی عنصر  $A$  که همان کلر ( $Cl$ ) است در واکنش با برخی فلزها ترکیب یونی (مانند  $NaCl$ ) تشکیل می‌دهد. گزینه (۲): یون سیلیکات ( $SiO_4^{4-}$ ) و کاتیون عنصر  $M$  ( $M^{2+}$ )، ترکیب یونی ( $M_2SiO_4$ ) را تشکیل می‌دهند:

$$M^{2+} + SiO_4^{4-} \rightarrow M_2(SiO_4)_2 \rightarrow M_2SiO_4$$

گزینه (۳): عنصر  $M$  متعلق به گروه ۲ و دوره سوم است بنابراین کاتیون هم‌دوره آن دارای بار  $(1+)$  و  $(3+)$  می‌باشند؛ با توجه به اینکه عنصر  $M$ ،  $Mg$  است، کاتیون‌های هم‌دوره آن  $Na^+$  و  $Al^{3+}$  می‌باشند. مقایسه شعاع یونی این سه یون به صورت روبه‌رو است:

$$Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$$

گزینه (۴): عنصر  $M$  فلز و عنصر  $A$  نافلز است، می‌دانیم در فلزها شعاع یونی کوچک‌تر از شعاع اتمی است، بنابراین نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی کوچک‌تر از یک می‌باشد، در حالی که در نافلزها شعاع یونی بیشتر از شعاع اتمی است و نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی بزرگ‌تر از یک می‌باشد. بنابراین نسبت شعاع یونی به شعاع اتمی در عنصر  $M$  کوچک‌تر از این نسبت در عنصر  $A$  است.



**B ۲۴۷۱ ۳** همه عبارتهای بیان شده درست هستند. در بین عنصرهای داده شده، عنصر سدیم (B) دارای بزرگترین شعاع اتمی است و پس از آن عنصرهای اکسیژن (A) و فلوتور (C) قرار دارند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فلوتور واکنش‌پذیرترین نافلز جدول دوره‌ای است. **عبارت (ب):** اختلاف عدد اتمی عنصرهای اکسیژن ( $O$ ) و سدیم ( $Na$ ) برابر ۳ است. **عبارت (پ):** هر سه عنصر داده شده با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب دوره دوم ( $Ne$ ) می‌رسند. **عبارت (ت):** یون‌های سدیم و کلرید در واکنش با یکدیگر تولید نمک خوراکی می‌کنند.

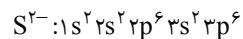
**B ۲۴۷۲ ۳** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) همانند جمله داده شده درست هستند. **بررسی جمله داده شده:** در میان یون‌های پایدار عناصر دوره دوم، بیشترین شعاع یونی مربوط به  $N^{3-}$  است. در میان یون‌های فلزات قلیایی، کمترین شعاع مربوط به  $Li^+$  است. مجموع عدد اتمی این دو یون برابر  $10(7+3)$  بوده که با عدد اتمی نئون ( $Ne$ ) که در دوره دوم قرار دارد، برابر است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در یک گروه، شعاع اتمی و یونی، هر دو از بالا به پایین افزایش می‌یابد. **عبارت (ب):** در گروه هالوژن‌ها، واکنش‌پذیری با شعاع اتمی و یونی رابطه عکس دارد و هرچه از بالا به پایین می‌آییم، با افزایش شعاع اتمی (اتم - یونی) واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** در آنیون‌های هم‌الکترون، هرچه اندازه بار آنیون بزرگ‌تر باشد، شعاع آن نیز بزرگ‌تر خواهد بود، برای مثال اندازه یون سولفید از اندازه یون کلرید بزرگ‌تر می‌باشد. **عبارت (ت):** بر اساس جدول کتاب درسی، به‌طور کلی شعاع اتمی و یونی در فلزهای قلیایی با شعاع اتمی و یونی در فلزهای قلیایی خاکی دوره بعد تقریباً مشابه است، برای مثال شعاع اتمی و یونی فلز لیتیم به ترتیب ۱۵۲ و ۷۶ است و شعاع اتمی و یونی فلز منیزیم به ترتیب ۱۶۰ و ۷۲ است، پس اختلاف شعاع یونی در این دو یون کمتر از اختلاف شعاع یون‌های پایدار اکسید و کلرید می‌باشد.

**B ۲۴۷۳ ۱** عنصرهای داده شده به ترتیب از راست به چپ، فلوتور، اکسیژن، منیزیم و سدیم هستند. تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** یون پایدار همه این عنصرها به آرایش الکترونی گاز نجیب نئون می‌رسند. **عبارت (ب):** عنصر اکسیژن فراوان‌ترین عنصر پوسته زمین است. **عبارت (پ):** یون‌های پایدار عنصرهای C و D به ترتیب  $(2+)$  و  $(1+)$  می‌باشند. **عبارت (ت):** در یک گروه از بالا به پایین شعاع اتمی عنصرها افزایش می‌یابد، پس فلوتور کوچک‌ترین شعاع اتمی را در گروه خود دارد.

**B ۲۴۷۴ ۴** در یک گروه به‌طور کلی از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد (رد گزینه‌های (۱) و (۲)). همچنین در یک دوره ابتدا کاتیون‌ها قرار دارند که با افزایش عدد اتمی شعاع یونی آن‌ها کاهش می‌یابد، سپس آنیون‌ها قرار دارند که شعاع یونی آن‌ها به‌طور کلی بزرگ‌تر از کاتیون‌های هم‌دوره است و روند کاهشی دارند (رد گزینه‌های (۱) و (۳)).

**B ۲۴۷۵ ۱** موارد سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در فلزهای یک دوره، با افزایش تعداد الکترون‌های تک در ساختار الکترون - نقطه‌ای (چپ به راست)، شعاع یونی یون‌های پایدار کاهش می‌یابد. **عبارت دوم:** در بین نافلزها، با کاهش خصلت نافلز (البته گازهای نجیب را در نظر نمی‌گیریم)، شعاع یونی افزایش می‌یابد. برای مثال عنصر اکسیژن خصلت نافلز کمی کمتری نسبت به عنصر فلوتور دارد، اما شعاع یون پایدار اکسید، از یون پایدار فلوتورید بیشتر می‌باشد. **عبارت سوم:** با افزایش شعاع اتمی (یونی) فلزهای قلیایی، فعالیت شیمیایی این عنصرها نیز افزایش می‌یابد. هرچه فعالیت شیمیایی عنصری بیشتر باشد، شدت نور آزاد شده در واکنش انجام شده توسط آن عنصر نیز بیشتر خواهد بود. **عبارت چهارم:** عنصر آهن ( $Fe$ ) دارای دو یون پایدار  $(2+)$  و  $(3+)$  می‌باشد که شعاع یون پایدار  $(2+)$  آن بزرگ‌تر می‌باشد و این یون در واکنش با یون هیدروکسید تولید رسوب سبز تیره می‌کند. **عبارت پنجم:** در هالوژن‌ها، از بالا به پایین، با افزایش عدد اتمی، واکنش‌پذیری کاهش و دمای لازم برای واکنش با گاز  $H_2$  افزایش می‌یابد. در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای از بالا به پایین، شعاع یونی و دمای جوش افزایش می‌یابد.

**B ۲۴۷۶ ۴** به جز مورد چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. عنصرهای A تا D، به ترتیب عنصرهای سدیم، منیزیم، گوگرد و کلر می‌باشند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** فراوان‌ترین کاتیون محلول در آب دریاها، یون سدیم می‌باشد که کاتیون پایدار عنصر A می‌باشد. **عبارت دوم:** کاتیون‌های منیزیم (عنصر B) و کلسیم باعث سختی آب و عدم کف کردن صابون در این آب‌ها می‌شوند. **عبارت سوم:** آرایش الکترونی یون پایدار عنصر گوگرد (C)، به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون می‌رسد که مطابق آرایش الکترونی زیر، ۵ زیرلایه الکترونی در آن از الکترون پر هستند:



**عبارت چهارم:** در یک گروه از بالا به پایین شعاع یونی افزایش می‌یابد؛ بنابراین عنصر کلر (D) دارای بیشترین شعاع یونی در گروه خود نمی‌باشد.

**B ۲۴۷۷ ۴** با توجه به اینکه شعاع یونی از راست به چپ و از بالا به پایین در گروه ۱۶ و ۱۷ افزایش می‌یابد، پس با توجه به شعاع‌های داده شده، عنصرهای سمت چپ، متعلق به گروه ۱۶ و عنصرهای سمت راست، متعلق به گروه ۱۷ هستند. **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** هالوژنی که با گاز هیدروژن حتی در دماهای بسیار پایین نیز با سرعت بسیار زیاد واکنش می‌دهد، فلوتور می‌باشد. شعاع یونی عنصر فلوتور در شکل داده شده، ۱۳۳ پیکومتر است. **پرسش (ب):** با توجه به شکل، شعاع یون اکسید،  $140$  پیکومتر و شعاع اتم کلر،  $99$  پیکومتر می‌باشد؛ بنابراین اختلاف خواسته شده،  $41$  پیکومتر می‌باشد. **پرسش (پ):** به‌طور کلی در نافلزها، فعالیت شیمیایی از بالا به پایین و از راست به چپ کاهش پیدا می‌کند؛ بنابراین در بین عنصرهای داده شده، عنصر گوگرد (گروه ۱۶ و دوره سوم) دارای کمترین فعالیت شیمیایی می‌باشد و اختلاف خواسته شده در آن  $82$  پیکومتر می‌باشد.

**C ۲۴۷۸ ۱** تنها عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به جدول داده شده در سؤال، اختلاف شعاع اتمی دو عنصر لیتیم و سدیم برابر  $34$  پیکومتر و اختلاف شعاع اتمی دو عنصر فلوتور و کلر برابر  $28$  پیکومتر می‌باشد. **عبارت (ب):** در عنصرهای یک دوره، شعاع کاتیون‌ها و آنیون‌های پایدار عنصرها از چپ به راست کاهش می‌یابد، پس شعاع یونی در یک دوره به‌طور کلی از راست به چپ افزایش می‌یابد. **عبارت (پ):** در یک گروه از بالا به پایین، مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی آخرین زیرلایه اتم افزایش می‌یابد، پس شعاع یونی نیز افزایش خواهد یافت. **عبارت (ت):** عنصری که بزرگ‌ترین یون با آرایش الکترونی گاز نجیب نئون را تولید می‌کند، عنصر نیتروژن می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نوشت:  $13 = (3 \times (2+1)) + (2 \times (2+0)) =$  مجموع اعداد کوانتومی  $\Rightarrow N: [He] 2s^2 2p^3$

**عبارت (ث):** نسبت اندازه بار به شعاع را برای سه یون محاسبه می‌کنیم:  $Mg^{2+}: \frac{|+2|}{72} = 2/8 \times 10^{-2}$ ،  $S^{2-}: \frac{|-2|}{184} = 1 \times 10^{-2}$ ،  $F^-: \frac{|-1|}{133} = 7/5 \times 10^{-3}$

مقایسه نسبت اندازه بار به شعاع این سه یون به صورت: «  $F^- < S^{2-} < Mg^{2+}$  » است.

**A ۲۴۷۹ ۱** اگر هر یون را کره‌ای بردار در نظر بگیریم، چگالی بار آن هم‌ارز با نسبت بار خالص به حجم آن است. البته برای راحتی کار می‌توان از نسبت ساده‌تری نیز استفاده کرد که در آن نسبت مقدار بار یون به شعاع آن را هم‌ارز چگالی بار در نظر می‌گیرند.

**A ۲۴۸۰ ۴**

$O^{2-}: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{2}{140} = 1/70 \times 10^{-2}$        $X^{B+}: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{7}{133} = 1/19 \times 10^{-2} \Rightarrow \text{بار} = 1$        $Br^-: \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}} = \frac{1}{196} = 1/196 \times 10^{-2} \Rightarrow \text{شعاع} = 196 \text{ pm}$



**۳ ۲۴۸۱ B** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): چگالی بار با نسبت اندازه بار یون به شعاع یون متناسب است. در بین کاتیون‌ها، یون  $K^+$  بیشترین شعاع و یون  $Mg^{2+}$  کمترین شعاع را دارد و بار  $Mg^{2+}$  نیز از یون  $K^+$  بیشتر است؛ از این رو در میان کاتیون‌ها، یون  $Mg^{2+}$  دارای بیشترین چگالی بار و یون  $K^+$  دارای کمترین چگالی بار است. عبارت (ب): در محاسبه چگالی بار، تأثیر اندازه بار بیشتر از شعاع یون است، از این رو مقایسه چگالی بار آنیون‌های گروه ۱۶ و ۱۷ از دوره‌های دوم و سوم جدول تناوبی به صورت مقابل است:

عبارت (پ): در میان یون‌های داده شده، دو یون  $Mg^{2+}$  و  $O^{2-}$  دارای بیشترین چگالی بار هستند؛ از این رو نیروی جاذبه میان آن‌ها از سایر جفت‌یون‌ها بیشتر است. عبارت (ت): در میان یون‌های داده شده، یون‌های  $K^+$  و  $Cl^-$  دارای کمترین چگالی بار هستند؛ از این رو نیروی جاذبه میان آن‌ها از سایر جفت‌یون‌ها کمتر است.

**۳ ۲۴۸۲ B** عبارات‌های (ب)، (پ) و (ث) درست‌اند. شمار ایزوتوپ‌های طبیعی منیزیم سه عدد ( $^{24}Mg$ ،  $^{25}Mg$  و  $^{26}Mg$ ) است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): در یک دوره از چپ به راست، چگالی بار کاتیون‌ها افزایش می‌یابد و در یک گروه از بالا به پایین چگالی بار یون‌ها کاهش می‌یابد. عبارت (ب): برای مقایسه میزان برهم کنش میان یون‌ها از چگالی بار یون‌ها و نسبت بار یون به شعاع یون نیز می‌توان استفاده کرد. عبارت (پ): شعاع یونی عنصر گروه اول از شعاع یونی عنصر گروه دوم بیشتر و بار یون آن کمتر است، به همین دلیل می‌توان گفت در هر دوره، چگالی بار یون عنصر گروه اول کمتر از چگالی بار یون عنصر گروه دوم است. عبارت (ت): در گروه هالوژن‌ها از بالا به پایین واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد، بنابراین واکنش‌پذیری فلوئور از بقیه عنصرهای این گروه بیشتر است. از طرفی فلوئور کمترین شعاع یونی را بین عنصرهای این گروه دارد، بنابراین چگالی بار آن بیشتر از بقیه است. عبارت (ث): در بین یون‌های هم‌الکترون ( $Na^+$  و  $Al^{3+}$ ) هر دو دارای ۱۰ الکترون هستند، یونی که بار الکتریکی کوچک‌تری دارد، شعاع یونی بزرگ‌تری داشته و چگالی بار یون آن کمتر است.

**۲ ۲۴۸۳ B** عبارات‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): برای به دست آوردن بار کاتیون عنصر E از نسبت بار به شعاع استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}} = \frac{x}{150} \Rightarrow 0.2 = \frac{x}{150} \Rightarrow x = 3$$

از طرفی می‌دانیم کاتیون پایدار فلز آلومینیم،  $Al^{3+}$  است. عبارت (ب): ابتدا بار آنیون عنصر G ( $G^{y-}$ ) را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}} = \frac{y}{250} \Rightarrow 0.04 = \frac{y}{250} \Rightarrow y = 1$$

بنابراین ترکیب یونی حاصل از برهم کنش  $A^{2+}$  و  $G^-$  به صورت  $AG_2$  می‌باشد. عبارت (پ): می‌دانیم هر چه چگالی بار یا نسبت بار به شعاع کاتیون و آنیون بیشتر

باشد، نیروی جاذبه میان آن‌ها قوی‌تر است. بنابراین ابتدا باید چگالی (نسبت بار به شعاع)  $A^{2+}$  را محاسبه کنیم:

$$A^{2+} \text{ نسبت بار به شعاع} = \frac{2}{200} = 0.01$$

بنابراین نیروی جاذبه کاتیون E و آنیون G نسبت به کاتیون A و آنیون G بیشتر است. عبارت (ت): هنگام تشکیل یک مول ترکیب یونی بین  $A^{2+}$  و  $D^{3-}$ ، ۶ مول الکترون مبادله می‌شود:

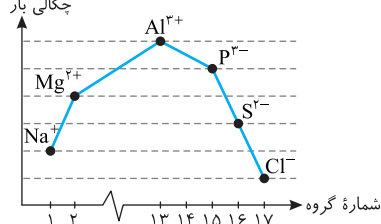
$$\frac{18 \times 10^{23} e^-}{6 \times 10^{23} e^-} \times \frac{1 \text{ mol } A_3D_2}{6 \text{ mol } e^-} = \frac{1 \text{ mol } A_3D_2}{6 \text{ mol } e^-} \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6 \times 10^{23} e^-} = 0.5 \text{ mol } A_3D_2$$

بنابراین با جابه‌جا شدن  $18 \times 10^{23}$  الکترون میان دو عنصر A و D فقط ۰/۵ مول ترکیب یونی تولید می‌شود.

**۳ ۲۴۸۴ B** عنصرهای X، W و Z به ترتیب لیتیم، سدیم و منیزیم هستند. می‌دانیم هر چه شعاع یون بیشتر و بار آن کمتر باشد، چگالی بار آن کمتر است، در بین فلزهای X، W، Z، X و W دارای بار (+۱) و Z دارای بار (+۲) است، از طرفی شعاع یون  $W^+$  ( $Na^+$ ) بیشتر از دو یون دیگر ( $X^+$  و  $Z^{2+}$ ) است، بنابراین چگالی بار W نسبت به X و Z کمتر است. عنصرهای A، D و E نیز به ترتیب فلوئور، گوگرد و کلر هستند. مقایسه شعاع یونی این عنصرها، با توجه به شماره دوره و بار یون‌های پایدار عنصرها، به صورت  $(F^- < Cl^- < S^{2-})$  می‌باشد. اما با توجه به اینکه اختلاف شعاع این یون‌ها چندان زیاد نیست که بتواند میزان بیشتر بودن بار را جبران کند، ترتیب صحیح چگالی بار یون‌ها به صورت  $(Cl^- < F^- < S^{2-})$  است.

**\* توجه** برای مقایسه چگالی بار یون‌ها، در صورتی که دوره عنصرها زیاد اختلاف نداشته باشند، یعنی عنصرها هم دوره باشند یا یک دوره با یکدیگر فاصله داشته باشند، ابتدا به اندازه و علامت بار یون‌ها توجه می‌کنیم و در صورت یکسان بودن به شعاع یون‌ها توجه می‌کنیم.

**۳ ۲۴۸۵ B** عبارات‌های (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): در میان نافلزهای یک تناوب از چپ به راست از میزان چگالی بار یون کاسته می‌شود؛ در نتیجه چگالی بار یون  $N^{3-}$  بزرگ‌تر از  $O^{2-}$  است. عبارت (ب): اندازه بار یون اسکاندیم ( $Sc^{3+}$ ) بیشتر از اندازه بار یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ ) و شعاع یون اسکاندیم کوچک‌تر از یون کلسیم است، در نتیجه چگالی بار یون اسکاندیم بزرگ‌تر از یون کلسیم است. عبارت (پ): میزان بار یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ ) بیشتر از میزان بار یون روبیدیم ( $Rb^+$ ) و شعاع یون کلسیم کوچک‌تر از یون روبیدیم است، در نتیجه چگالی بار یون کلسیم بزرگ‌تر از یون روبیدیم است. عبارت (ت): می‌دانیم بار یون نیتريد بیشتر از یون سولفید و شعاع یون نیتريد کوچک‌تر از شعاع یون سولفید است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت «چگالی بار یون نیتريد > چگالی بار یون سولفید» می‌باشد. چگالی بار



**۱ ۲۴۸۶ C** فقط عبارت سوم درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: فرمول شیمیایی (نه مولکولی!) هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها را نشان می‌دهد. واژه‌های مولکول و فرمول مولکولی را فقط می‌توان برای مواد مولکولی به کار برد. عبارت دوم: با توجه به بار یون‌ها و شعاع آن‌ها، چگالی بار  $Al^{3+}$  از  $P^{3-}$  بیشتر، چگالی بار  $Mg^{2+}$  از  $S^{2-}$  بیشتر و چگالی بار  $Na^+$  از  $Cl^-$  بیشتر است و شکل درست نمودار چگالی بار برحسب شماره گروه به صورت مقابل است:

عبارت سوم: با استفاده از رابطه زیر، عدد کوئوردیناسیون آنیون را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\text{عدد کوئوردیناسیون آنیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{6}{2} = 3 \Rightarrow B^{3-} \text{ عدد کوئوردیناسیون آنیون} = 9$$

$$\frac{\text{عدد کوئوردیناسیون آنیون}}{\text{شمار کاتیون}} = \frac{3}{6} = 0.5 \Rightarrow A^{2+} \text{ عدد کوئوردیناسیون آنیون} = 3$$

عبارت چهارم: در ترکیبات یونی مختلف، نیروهای جاذبه و دافعه به هر یون، در همه جهات وارد می‌شود.

$$\frac{C}{\text{حجم یون}} = \frac{(m \times 10^{-19}) C}{\left(\frac{4}{3} \pi r^3\right) m^3} = \frac{m \times 10^{-19} C}{4 \times (10^{-10})^3 m^3} = 4 \times 10^{10} \Rightarrow m = 1$$

ابتدا بار یون  $X^{m+}$  را حساب می‌کنیم: C ۲۴۸۷ ۱

$$\begin{cases} n+p=85 \\ n-e=12 \\ e=p-1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=85 \\ n-p=11 \end{cases} \Rightarrow p=37$$

سپس تعداد پروتون‌های یون  $X^{85+}$  را حساب می‌کنیم: روش اول:

$$\text{تعداد پروتون (p)} = \frac{A - (\text{تفاوت نوترون و الکترون})}{2} = \frac{85 - 12 + 1}{2} = 37$$

روش دوم:

عدد اتمی این عنصر برابر ۳۷ است: از این رو این عنصر در گروه ۱ و دوره ۵ جدول تناوبی جای دارد. ۱ = شماره گروه، ۵ = شماره دوره  $\Rightarrow [Ar] 3d^5 4s^2$   $X: 37$

عبارت‌های اول و دوم درست‌اند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت سوم: آنتالپی فروپاشی شبکه بلور گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول از شبکه یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی سازنده است. عبارت چهارم: چگالی بار یون‌های سازنده پتاسیم برمید کمتر از سدیم کلرید می‌باشد، به همین دلیل انرژی لازم برای فروپاشی یک مول از شبکه بلوری پتاسیم برمید کمتر از سدیم کلرید است.

برای محاسبه آنتالپی فروپاشی شبکه، می‌بایست گرمای لازم برای تجزیه یک مول جامد یونی و تولید یون‌های گازی سازنده آن را محاسبه کرد. این واکنش، یک واکنش گرماگیر است و همواره با جذب انرژی همراه است، پس علامت آنتالپی باید در آن مثبت باشد. با این توضیحات تنها گزینه (۳) نمایش صحیح واکنش و آنتالپی آن را نشان می‌دهد.

فقط عبارت (پ) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل نشان‌دهنده فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به یون‌های  $Na^+(g)$

و  $Cl^-(g)$  است. عبارت (ب): با توجه به اینکه شعاع یونی  $K^+$  بیشتر از  $Na^+$  است، انرژی شبکه بلور  $KCl$  کمتر از  $NaCl$  است. عبارت (پ): با توجه به اینکه شعاع یونی  $Na^+$  کوچک‌تر از  $K^+$  و شعاع یونی  $Cl^-$  کوچک‌تر از  $Br^-$  است، چگالی بار  $Na^+$  بزرگ‌تر از  $K^+$  و چگالی بار  $Cl^-$  بزرگ‌تر از  $Br^-$  است. عبارت (ت): نیروی جاذبه میان یون‌ها به شمار معینی از یون‌ها محدود نشده بلکه میان همه آن‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود.

عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آنتالپی فروپاشی شبکه با بار الکتریکی یون‌ها رابطه مستقیم و با شعاع رابطه عکس دارد، در واقع هر چه بار الکتریکی یون‌ها بیشتر و شعاع آن‌ها کمتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بیشتر خواهد بود. عبارت (ب): هر چه انرژی مصرف شده به هنگام فروپاشی یک جامد یونی بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه آن بیشتر و در نتیجه نقطه ذوب آن جامد یونی بیشتر خواهد بود. عبارت (پ): هر چه چگالی بار یون‌های سازنده یک جامد یونی بیشتر باشد، انرژی فروپاشی شبکه آن بیشتر می‌شود. عبارت (ت): افزایش شعاع آنیون منجر به کاهش و افزایش بار الکتریکی کاتیون منجر به افزایش آنتالپی فروپاشی شبکه بلور می‌شود.

بار آنیون و کاتیون در ترکیب یونی  $Al_2O_3$  از سایر ترکیب‌های یونی بیشتر است، از این رو انرژی لازم برای فروپاشی شبکه بلوری نمک  $Al_2O_3$  از سایر نمک‌ها بیشتر است. مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور نمک‌ها به صورت « $Al_2O_3 > MgCl_2 > K_2O > NaCl$ » است.

چگالی بار یون فلئورید از چگالی بار یون اکسید کمتر می‌باشد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه منیزیم اکسید از منیزیم فلئورید بیشتر خواهد بود، در نتیجه  $X$  می‌بایست عددی کوچک‌تر از ۳۷۹۱ باشد (رد گزینه‌های (۲) و (۴)). از طرفی چگالی بار یون منیزیم از چگالی بار یون سدیم بیشتر و از چگالی بار یون آلومینیم کمتر می‌باشد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه منیزیم فلئورید از سدیم فلئورید بیشتر و از آلومینیم فلئورید کمتر می‌باشد، یعنی عددی بزرگ‌تر از ۹۲۳ و کوچک‌تر از ۵۴۹۲ (رد گزینه (۱)). بنابراین در بین اعداد داده شده در گزینه‌ها، تنها ۲۹۵۷ در می‌توانیم به جای  $X$  قرار دهیم.

\* توجه زمانی که در مقایسه دو ترکیب، کاتیون یا آنیون مشترک داریم، تنها آنیون یا کاتیون غیرمشترک را بررسی می‌کنیم. مثلاً برای مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه سدیم کلرید و سدیم برمید، کافی است چگالی بار یون‌های کلرید و برمید را مقایسه کنیم، زیرا یون‌های سدیم در دو ترکیب یکسان می‌باشند.

B ۲۴۹۴ ۴

★ نکته برای مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور دو ترکیب یونی، به نکات زیر توجه کنید:

- در یک ترکیب یونی، هرچه اندازه بار آنیون و کاتیون بزرگ‌تر باشد، آنتالپی فروپاشی آن ترکیب بیشتر است.
- اگر اندازه بار آنیون و کاتیون دو ترکیب یکسان بود، ترکیبی که اندازه یون‌های سازنده آن کوچک‌تر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور بیشتری خواهد داشت.

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): شعاع یونی  $Na^+$  از  $K^+$  کمتر است، پس آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $Na_2O$  بیشتر از  $K_2O$  است. توجه داشته باشید که آنتالپی فروپاشی شبکه بلور هیچ دو ترکیبی یکسان نیست! (مقایسه و دلیل هر دو نادرست هستند!) گزینه (۲): شعاع یونی  $Cl^-$  از  $Br^-$  کمتر و شعاع یونی  $Na^+$  از  $K^+$  کمتر است، پس آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $NaCl$  بیشتر از  $KBr$  می‌باشد. (دلیل نادرست است!) گزینه (۳): بار کاتیون در  $CaO$  بیشتر از  $K_2O$  است؛ پس آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $CaO$  از  $K_2O$  بیشتر می‌باشد. (مقایسه و دلیل نادرست!) گزینه (۴): بار آنیون در  $MgF_2$  کمتر از  $MgO$  است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $MgF_2$  از  $MgO$  کمتر است. (مقایسه و دلیل درست است!)

B ۲۴۹۵ ۳ مقایسه‌های اول، سوم، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی مقایسه‌ها: مقایسه اول: بار آنیون و کاتیون در ترکیبات یونی  $Fe_2O_3$  بیشتر از  $FeO$  و در  $FeO$

بیشتر از  $FeCl_2$  است؛ از این رو مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور آن‌ها به صورت: « $Fe_2O_3 > FeO > FeCl_2$ » است. مقایسه دوم: بار آنیون و کاتیون در ترکیبات یونی  $Al_2O_3$  از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده؛ از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه آن نیز بیشتر است. شعاع یون  $O^{2-}$  بیشتر از یون  $F^-$  و یون  $Mg^{2+}$  بیشتر از  $Al^{3+}$  است؛ از این رو

آنتالپی فروپاشی شبکه  $AlF_3$  بیشتر از  $MgO$  است. مقایسه سوم: بار آنیون و کاتیون در ترکیب یونی  $MgO$  از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه آن نیز بیشتر است. شعاع یون  $O^{2-}$  بیشتر از  $F^-$  و یون  $Na^+$  بیشتر از  $Mg^{2+}$  است، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه  $MgF_2$  بیشتر از  $Na_2O$  است. مقایسه چهارم:

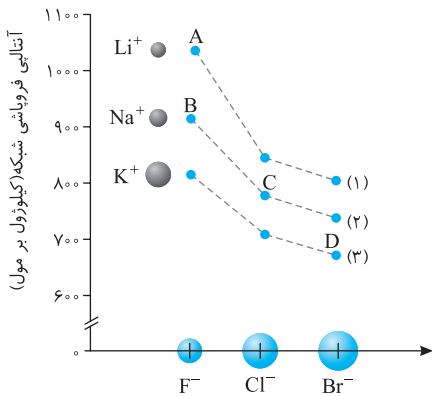
شعاع یون  $Li^+$  کمتر از  $Na^+$  بوده، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه  $LiF$  بیشتر از  $NaF$  است و شعاع یون  $F^-$  کمتر از  $Cl^-$  بوده، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه  $NaF$  بیشتر از  $NaCl$  است. مقایسه پنجم: شعاع یون  $Ca^{2+}$  از  $Mg^{2+}$  بیشتر بوده و شعاع یون  $S^{2-}$  نیز از  $O^{2-}$  بیشتر است، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه  $MgO$  بیشتر از  $CaS$  است. بار آنیون و کاتیون در  $MgF_2$  از دو ترکیب دیگر کمتر بوده، از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه آن نیز از دو ترکیب دیگر کمتر است.



**نکته** آنتالپی فروپاشی شبکه بلور ترکیب‌های یونی به بار و شعاع یون‌ها بستگی دارد، به طوری که هر چه بار یون‌ها بیشتر و شعاع یون‌ها کمتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور بیشتر خواهد بود. به منظور مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور دو یا چند ترکیب یونی، ابتدا به بار آنیون و کاتیون توجه می‌کنیم و در صورت مشابه بودن بار یون‌ها، شعاع یونی را مد نظر قرار می‌دهیم.

با توجه به توضیحات بالا، چون مجموع بار یون‌ها در هر چهار ترکیب داده شده در گزینه (۲) یکسان است، به بررسی شعاع یون‌ها می‌پردازیم. از آنجا که شعاع یونی  $Br^- > Cl^-$  و  $Rb^+ > Na^+$  است می‌توان نتیجه گرفت که آنتالپی فروپاشی  $NaCl$  از همه بیشتر و  $RbBr$  از همه کمتر می‌باشد. برای مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه  $NaBr$  و  $RbCl$  نیز باید به این نکته توجه کنید که تفاوت شعاع اتمی  $Na^+$  و  $Rb^+$  بیشتر از تفاوت شعاع اتمی  $Br^-$  و  $Cl^-$  است؛ پس آنتالپی فروپاشی  $NaBr$  بیشتر از  $RbCl$  است. مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور چهار ترکیب به صورت  $RbBr < RbCl < NaBr < NaCl$  می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** با مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه  $LiCl$  و  $LiBr$  می‌توانید به نادرست بودن نمودار گزینه (۱) پی ببرید؛ زیرا شعاع اتمی  $Cl^-$  کمتر از  $Br^-$  است و در نتیجه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $LiCl$  باید بیشتر از  $LiBr$  باشد که در نمودار گزینه (۱) این گونه نیست. **گزینه (۳):** با مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه  $LiI$  و  $NaI$  می‌توانید به نادرست بودن نمودار گزینه (۳) پی ببرید، زیرا شعاع یونی  $Li^+$  کمتر از  $Na^+$  است و در نتیجه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $LiI$  باید بیشتر از  $NaI$  باشد که در نمودار گزینه (۳) این گونه نیست. **گزینه (۴):** با توجه به متفاوت بودن بار یون‌ها، چون بار آنیون و کاتیون در  $MgO$  و  $CaO$  بیشتر از  $Na_2O$  است، پس آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $MgO$  و  $CaO$  باید بیشتر از  $Na_2O$  باشد. در صورتی که در نمودار داده شده در گزینه (۴) این گونه نیست. در زیر مقایسه درست آنتالپی فروپاشی شبکه بلور در گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) ارائه شده است.

**گزینه (۱):**  $LiCl > LiBr > CsCl > CsBr$  **گزینه (۳):**  $LiF > NaF > LiI > NaI$  **گزینه (۴):**  $MgO > CaO > Na_2O > NaF$



**۲۴۹۷ B** عبارت‌های (ب)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نمودارهای (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب متعلق به یون‌های لیتیم، سدیم و پتاسیم است، زیرا با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه آن‌ها کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** آنتالپی فروپاشی شبکه با مقدار شعاع آنیون و کاتیون ترکیب یونی رابطه عکس دارد، بنابراین با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی همانند افزایش شعاع آنیون هالید، انرژی فروپاشی شبکه کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** ترکیب‌های یونی A، C و D به ترتیب عبارتند از: لیتیم فلوئورید ( $LiF$ )، سدیم کلرید ( $NaCl$ ) و پتاسیم برمید ( $KBr$ ). مقایسه چگالی بار آنیون‌های موجود در این سه ترکیب به صورت روبه‌رو است:  $F^- > Cl^- > Br^-$  مقایسه چگالی بار **عبارت (ت):** با توجه به نمودار این عبارت صحیح است. **عبارت (ث):** بار کاتیون در منیزیم اکسید ( $MgO$ ) از بار کاتیون در لیتیم اکسید ( $Li_2O$ ) بیشتر است. همچنین بار آنیون در لیتیم اکسید ( $Li_2O$ ) از بار آنیون در سدیم فلوئورید ( $NaF$ ) بیشتر است؛ پس مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور میان این سه ترکیب به صورت: «  $NaF < Li_2O < MgO$  » است.

**۲۴۹۸ B** برای مقایسه انرژی فروپاشی شبکه، ابتدا مقدار بار یون‌ها را مقایسه می‌کنیم. هر ترکیبی که بار یون بیشتری داشته باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بیشتری خواهد داشت. در صورتی که دو ترکیب مقدار بار یون برابری داشته باشند، شعاع اتم‌ها را مقایسه می‌کنیم، چرا که چگالی بار یون‌ها با شعاع عکس دارد. در میان ترکیب‌های  $LiF$  و  $AlF_3$  بار یون  $Al^{3+}$  بیشتر از  $Li^+$  است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکه  $AlF_3 > LiF$  می‌باشد. در میان ترکیب‌های  $MgO$  و  $CaO$  بار هر دو یون  $Mg^{2+}$  و  $Ca^{2+}$  یکسان و شعاع یون  $Ca^{2+}$  بزرگ‌تر است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکه  $CaO < MgO$  می‌باشد. در میان ترکیب‌های  $AlF_3$  و  $MgO$ ، شعاع  $Mg$  بیشتر از  $Al$  و شعاع  $O$  بیشتر از  $F$  است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی شبکه  $MgO < AlF_3$  می‌باشد. در ترکیب  $LiF$ ، یون‌های تشکیل دهنده،  $Li^+$  و  $F^-$  هستند و مقدار بار آن‌ها نسبت به سه ترکیب دیگر کمتر است؛ بنابراین انرژی شبکه  $LiF$  کمتر از سه ترکیب دیگر است. در نتیجه مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه این ترکیب‌ها به صورت روبه‌رو خواهد بود:  $AlF_3 > MgO > CaO > LiF$

**۲۴۹۹ B** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. با توجه به اینکه آنتالپی فروپاشی شبکه بلور  $AD$  از  $AX_p$  بیشتر است، پس مجموع بار کاتیون و آنیون در  $AD$  بیشتر از این مجموع برای  $AX_p$  است.

**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به اینکه عناصر  $D$  و  $X$  در یک دوره هستند و اینکه در یک تناوب از چپ به راست، از شعاع اتمی عناصر کاسته می‌شود؛ بنابراین شعاع اتمی عنصر  $D$  (از گروه ۱۶) بزرگ‌تر از شعاع اتمی عنصر  $X$  (از گروه ۱۷) است. **عبارت (ب):** در میان یون‌های تک‌اتمی یک دوره، هر چه مقدار بار آنیون بیشتر باشد، شعاع آن بزرگ‌تر است؛ پس شعاع  $X^-$  از  $D^{2-}$  کوچک‌تر است. **عبارت‌های (پ) و (ت):** در ابتدای پاسخ تست به طور کامل توضیح داده شده‌اند.

**۲۵۰۰ C** مقایسه‌های اول و دوم نادرست هستند. **بررسی مقایسه‌ها: مقایسه اول:** ترکیب‌های  $a_1$  و  $a_2$  به ترتیب  $LiF$ ،  $LiCl$  و  $Li_2S$  هستند. بار آنیون در  $Li_2S$  از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب  $Li_2S$  از دو ترکیب دیگر بیشتر است. شعاع یون  $Cl^-$  بیشتر از  $F^-$  بوده، از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب  $LiCl$  بیشتر از  $LiF$  است. **مقایسه دوم:** ترکیب‌های  $a_1$ ،  $b_2$  و  $c_3$  به ترتیب  $LiF$ ،  $CaCl_2$  و  $MgS$  هستند. بار آنیون در  $MgS$  بیشتر از  $CaCl_2$  بوده و بار کاتیون در  $CaCl_2$  بیشتر از  $LiF$  است؛ از این‌رو مقایسه اندازه آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب این ترکیب‌ها به صورت «  $MgS > CaCl_2 > LiF$  » است. **مقایسه سوم:** ترکیب‌های  $a_1$ ،  $b_2$  و  $c_3$  به ترتیب  $LiCl$ ،  $CaCl_2$  و  $MgCl_2$  هستند. بار کاتیون در  $LiCl$  کمتر از دو ترکیب دیگر بوده؛ از این‌رو اندازه آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب آن نیز از دو ترکیب دیگر کمتر است. شعاع یون  $Ca^{2+}$  از  $Mg^{2+}$  بیشتر بوده؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب  $MgCl_2$  بیشتر از  $CaCl_2$  است. **مقایسه چهارم:** ترکیب‌های  $a_1$ ،  $a_2$  و  $c_1$  به ترتیب  $LiF$ ،  $LiCl$  و  $MgF_2$  هستند. بار کاتیون در  $MgF_2$  بیشتر از دو ترکیب دیگر است. از این‌رو اندازه آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب آن از دو ترکیب دیگر بیشتر است. شعاع یون  $Cl^-$  بیشتر از  $F^-$  بوده؛ از این‌رو اندازه آنتالپی فروپاشی و دمای ذوب  $LiF$  بیشتر از  $LiCl$  است.



**C ۲۵۰۱** عبارتهای اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با توجه به اینکه  $D$  ۱۲ در گروه دوم جدول دوره‌ای قرار دارد، کاتیون  $D^{2+}$  تشکیل می‌دهد.  $X$  هر نافلزی باشد، مجموع قدرمطلق بار کاتیون و آنیون در ترکیب  $D$  و  $X$  قطعاً بیشتر از این مقدار در ترکیب  $LiF$  است. پس ترکیب یونی حاصل از دو عنصر  $D$  و  $X$  آنتالپی فروپاشی شبکه بزرگ‌تری نسبت به  $LiF$  دارد. **عبارت دوم:** با توجه به اینکه  $A$  عنصری از گروه ۱ جدول دوره‌ای است و با عنصر  $X$  ترکیب  $AX$  تشکیل داده، می‌توان نتیجه گرفت  $X$  عنصری از گروه ۱۷ است. در بین ترکیب‌های یونی حاصل از فلزات گروه ۱ و ۱۷ جدول دوره‌ای،  $LiF$  بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه را دارد. زیرا  $Li$  و  $F$  کوچک‌ترین شعاع اتمی را در یون‌های حاصل از عناصر گروه‌های خود دارند؛ بنابراین  $AX$  یا همان  $LiF$  است و یا ترکیب یونی دیگر مانند  $NaCl$ ،  $LiCl$  و ... است که قطعاً آنتالپی فروپاشی کمتری نسبت به  $LiF$  دارد. **عبارت سوم:** اگر اتم  $X$  در لایه ظرفیت خود ۶ الکترون داشته باشد، جزء نافلزهای گروه ۱۶ جدول دوره‌ای است که آنیون با بار الکترونیکی  $(-2)$  تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه مجموع قدرمطلق بار یون‌ها در  $A_pX$  برابر ۳ و در  $LiF$  برابر ۲ است، پس  $A_pX$  آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب بالاتری نسبت به  $LiF$  دارد. **عبارت چهارم:**  $Ca^{2+}$  نسبت به  $Mg^{2+}$  چگالی بار کمتری دارد و آنتالپی فروپاشی ترکیب  $Ca$  و  $X$  کمتر از ترکیب  $Mg$  و  $X$  است ولی آنتالپی فروپاشی هر دو از  $LiF$  بیشتر است؛ بنابراین آنتالپی فروپاشی ترکیب  $X$  و  $Ca$  به آنتالپی فروپاشی  $LiF$  نزدیک‌تر است.

**B ۲۵۰۲** عبارتهای (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت الف):** با کاهش عدد اتمی فلز قلیایی خاکی، شعاع اتمی کاهش و چگالی بار افزایش می‌یابد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه نیز افزایش می‌یابد. **عبارت ب):** با افزایش عدد اتمی هالوژن، شعاع اتمی افزایش و چگالی بار کاهش می‌یابد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه کاهش می‌یابد. **عبارت پ):** هرچه نیروی جاذبه بین یون‌های سازنده شبکه بلور بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور نیز افزایش می‌یابد و شبکه مستحکم‌تر و پایدارتر خواهد بود. **عبارت ت):** از آنجا که آنتالپی فروپاشی رابطه مستقیم با نیروی جاذبه میان یون‌های سازنده شبکه بلور دارد، پس می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند در ترکیب‌های یونی باشد. **عبارت ث):** با افزایش عدد اتمی یون‌های هالید، شعاع یونی آن‌ها افزایش می‌یابد، پس چگالی بار و به تبع آن آنتالپی فروپاشی شبکه بلور کاهش می‌یابد اما این تغییرات خطی نیست.

**B ۲۵۰۳** عنصر  $A$  با مبادله یک الکترون به آرایش پایدار رسیده، پس آنیون مورد نظر  $A^-$  می‌باشد. عنصر  $B$  دارای آرایش  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$  می‌باشد که کاتیون حاصل از آن  $B^{2+}$  است. ترکیب حاصل  $A_pB$  می‌باشد که نسبت عدد کوئوردیناسیون ذره  $B$  به عدد کوئوردیناسیون ذره  $A$ ، همان شمار ذره  $A$  به شمار ذره  $B$  بوده و برابر ۲ می‌باشد. پیوند ایجاد شده بین یک کاتیون و یک آنیون پیوند یونی می‌باشد.

**B ۲۵۰۴** عنصرهای  $A$  تا  $D$  به ترتیب تشکیل یون‌هایی با بارهای  $(-1)$ ،  $(+3)$ ،  $(-2)$  و  $(+2)$  می‌دهند؛ بنابراین پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینه (۲) آمده است. **بررسی پرسش‌ها: پرسش الف):** عنصرهای  $D$  و  $C$  به ترتیب، کلسیم و اکسیژن می‌باشند که عدد کوئوردیناسیون برای هر دو یون کلسیم و اکسیژن در ترکیب کلسیم اکسید برابر ۶ می‌باشد. بنابراین نسبت عدد کوئوردیناسیون این دو یون برابر ۱ است. **پرسش ب):** بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه زمانی است که اندازه بارها حداکثر باشد، پس عنصرهای  $B$  و  $C$ ، ترکیبی با بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه تشکیل می‌دهند. **پرسش پ):** عنصرهای  $A$  و  $D$  با تشکیل یون پایدار به آرایش پایدار گاز نجیب آرگون ( $Ar$ ) می‌رسند. عنصرهای  $B$  و  $C$  نیز با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب نئون ( $Ne$ ) می‌رسند.

**B ۲۵۰۵** فقط عبارت سوم درست است. عنصرهای  $A$  تا  $D$  به ترتیب یون‌هایی با بار  $(-1)$ ،  $(-2)$ ،  $(+1)$  و  $(+2)$  تشکیل می‌دهند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** مقایسه صحیح شعاع یون‌های پایدار این عنصرها به صورت  $(A^{2-} > B^- > C^{2+} > D^{3+})$  می‌باشد. زیرا همه آن‌ها به آرایش گاز نجیب نئون می‌رسند و هرچه بار یون منفی‌تر باشد، شعاع آن نیز بزرگ‌تر خواهد بود. **عبارت دوم:** از آنجا که نقطه ذوب با آنتالپی فروپاشی شبکه رابطه مستقیم دارد، پس ترکیب حاصل از دو عنصر  $A$  و  $D$  که بیشترین اندازه بار را دارا هستند، بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه و بالاترین نقطه ذوب را دارا هستند. **عبارت سوم:** هرچه اندازه بارها بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی شبکه نیز در آن ترکیب بیشتر خواهد بود که این اندازه در ترکیب حاصل از  $A$  و  $D$  از  $A$  و  $C$  بیشتر می‌باشد، پس عبارت گزینه (۳) درست است. **عبارت چهارم:** آرایش الکترونی همه این یون‌ها به آرایش پایدار گاز نجیب نئون ( $Ne$ ) می‌رسد.

عنصر	A	D	X	Y	Z
عدد اتمی	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
نام عنصر	نیتروژن	اکسیژن	فلوئور	نئون	سدیم
نماد عنصر	$N$	$O$	$F$	$Ne$	$Na$

**C ۲۵۰۶** عبارتهای دوم و پنجم نادرست‌اند. با توجه به اینکه عناصر داده شده عنصرهای متوالی در جدول تناوبی بوده و  $Y$  نیز گازی تک‌اتمی (یعنی گاز نجیب) است؛ همچنین مجموع عدد اتمی این عنصرها برابر ۴۵ است؛ بنابراین عناصر  $A$ ،  $D$ ،  $X$ ،  $Y$  و  $Z$  به ترتیب  $N$ ،  $O$ ،  $F$ ،  $Ne$  و  $Na$  هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** اسید  $HX$  در واقع همان  $HF$  است که اسیدی

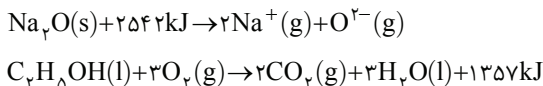
ضعیف بوده و یونش آن در آب به صورت تعادلی است. **عبارت دوم:** عنصر  $A$ ، نیتروژن بوده و اسیدهای اکسیژن‌دار عنصر نیتروژن  $HNO_3$  و  $HNO_2$  است.  $HNO_3$  اسیدی قوی بوده و یونش آن در آب کامل است؛ در حالی که  $HNO_2$  اسیدی ضعیف بوده و یونش آن در آب به صورت جزئی می‌باشد. **عبارت سوم:**  $DX_p$  در واقع  $OF_p$  است که عدد اکسایش اکسیژن در آن  $(+2)$  است. بالاترین عدد اکسایش اتم اکسیژن،  $(+2)$  است. **عبارت چهارم:** ترکیب حاصل از واکنش عنصر  $Z$  با  $D$  به صورت  $Z_pD$  ( $Na_pO$ ) است. می‌دانیم انرژی شبکه و نقطه ذوب بالاتر از  $LiF$  است؛ زیرا مجموع قدرمطلق بار آنیون و کاتیون در  $Na_pO$  بیشتر از  $LiF$  است. **عبارت پنجم:** ترکیب هیدروژن‌دار پایدار  $D$ ،  $H_2O$  است که ساختاری مشابه  $H_2S$  دارد، اما ویژگی‌های فیزیکی این دو ترکیب مشابه نیست.

**B ۲۵۰۷** برای حل این سؤال نیاز به حل یک دستگاه دو معادله و دو مجهول داریم. ابتدا فرض می‌کنیم مقدار مول سدیم کلرید،  $X$  و مقدار مول پتاسیم برمید،  $Y$  باشد. با توجه به اطلاعات داده شده، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \text{مجموع آنتالپی فروپاشی شبکه} \\ \Rightarrow x=2, y=4 \Rightarrow \frac{y}{x}=2 \\ x+y=6 \end{cases}$$



۲ ۲۵۰۸ معادله فروپاشی شبکه بلور سدیم اکسید و سوختن اتانول به صورت مقابل است:



جرم یون‌های گازی تولیدی با جرم سدیم اکسید مصرفی برابر است. ابتدا انرژی لازم برای فروپاشی شبکه بلور ۲۹/۵ گرم سدیم اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ kJ} = 29/5 \text{ g Na}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{O}}{62 \text{ g Na}_2\text{O}} \times \frac{2542 \text{ kJ}}{1 \text{ mol Na}_2\text{O}} = 1209/5 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم Na}_2\text{O}}{\Delta H} = \frac{Q}{1357} \Rightarrow \frac{29/5}{1357} = \frac{Q}{1357} \Rightarrow Q = 1209/5 \text{ kJ}$$

روش دوم (تناسب):

سپس جرمی از اتانول را که در اثر سوختن آن، ۱۲۰۹/۵ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود به دست می‌آوریم:

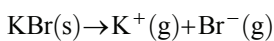
$$? \text{ g C}_4\text{H}_9\text{OH} = 1209/5 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_9\text{OH}}{1357 \text{ kJ}} \times \frac{46 \text{ g C}_4\text{H}_9\text{OH}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_9\text{OH}} = 41 \text{ g C}_4\text{H}_9\text{OH}$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{1209/5 \times 46}{1357} = ? \quad \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{1200 \times 46}{1380} = \frac{20 \times 46}{23} = 20 \times 2 = 40$$

پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۴۰ است. (پاسخ: ۴۱)

۱ ۲۵۰۹ با استفاده از قانون هس باید آنتالپی فروپاشی شبکه یونی پتاسیم برمید را به دست آوریم. در واقع باید  $\Delta H$  واکنش‌های داده شده را طوری جمع کنیم که



به  $\Delta H$  واکنش روبه‌رو برسیم:

برای این کار واکنش اول را وارون و واکنش چهارم را در  $\frac{1}{4}$  ضرب کرده و سپس تمام واکنش‌ها را با هم جمع می‌کنید.

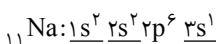


$$\text{KBr}(s) \rightarrow \text{K}^+(g) + \text{Br}^-(g) \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 \Rightarrow \Delta H = +686 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۴ ۲۵۱۰ فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در یک گروه از جدول تناوبی، با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی و شعاع یونی افزایش می‌یابند.

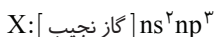
در فلزها، برای یک عنصر، شعاع اتمی بیشتر از شعاع یونی است، در حالی که در نافلزها برای یک عنصر، شعاع اتمی کمتر از شعاع یونی است؛ بنابراین این نمودار مربوط

به فلزها است. عبارت (ب): اتم عنصر سدیم ( $_{11}\text{Na}$ )، دارای ۵ الکترون در زیرلایه s است:



ترکیب یونی حاصل از کاتیون این عنصر و آنیون سیلیکات ( $\text{SiO}_4^{4-}$ )، سدیم سیلیکات با فرمول شیمیایی ( $\text{Na}_4\text{SiO}_4$ ) بوده و در هر واحد آن ۹ اتم وجود دارد.

عبارت (پ): در یک دوره از جدول تناوبی، بیشترین شعاع یونی مربوط به عناصر گروه ۱۵ است. آرایش الکترونی فشرده اتم‌های عناصر گروه ۱۵ به صورت زیر است:



مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های ظرفیت برابر است با:  $2 \times (n+0) + 3 \times (n+1) = \Delta n + 3$  و  $n$  و  $l$  الکترون‌های ظرفیت

عبارت (ت): با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، شعاع یونی آن‌ها افزایش یافته و چگالی بار آن‌ها کاهش می‌یابد؛ از این رو با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور آن‌ها در ترکیب با  $\text{Li}^+$  کاهش می‌یابد.

۱ ۲۵۱۱ موارد دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: با توجه به آرایش الکترونی عناصر داده شده،  $\text{Na} \leftarrow \text{A}$ ،  $\text{Mg} \leftarrow \text{B}$ ،  $\text{Al} \leftarrow \text{C}$ ،  $\text{O} \leftarrow \text{D}$  و  $\text{F} \leftarrow \text{E}$

هستند. بررسی موارد: مورد اول: آنتالپی فروپاشی شبکه بلور ترکیب حاصل از Al و O از سایر ترکیب‌ها بیشتر است. زیرا چگالی بار یون‌های سازنده در این ترکیب بیشتر از ترکیب‌های دیگر است. مورد دوم: کمترین نسبت آنیون به کاتیون مربوط به  $\text{Na}_2\text{O}$  است. نسبت آنیون به کاتیون تمام ترکیب‌های یونی به دست آمده از عناصر مورد نظر به شرح زیر است:



$$\text{نسبت آنیون به کاتیون در ترکیب} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{2}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{3}{1} \quad \frac{3}{2}$$

مورد سوم: همه یون‌های « $\text{Na}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{Al}^{3+}$ ،  $\text{F}^-$ ،  $\text{O}^{2-}$ » به آرایش گاز نجیب دوره دوم (Ne) رسیده‌اند. مورد چهارم: درست است که آنتالپی فروپاشی

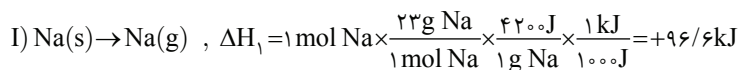
شبکه  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بیشتر است و همچنین شعاع  $\text{Al}^{3+}$  از شعاع  $\text{Mg}^{2+}$  کوچک‌تر است، اما شعاع  $\text{O}^{2-}$  بزرگ‌تر از شعاع  $\text{F}^-$  است. علت اصلی بزرگ‌تر بودن آنتالپی فروپاشی  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، چگالی بار بزرگ‌تر یون‌های آن است.



۱ ۲۵۱۲ C با توجه به اینکه فرمول سولفیدهای A و B به ترتیب به صورت  $A_2S$  و  $B_2S$  بوده و آنتالپی فروپاشی شبکه  $A_2S$  از  $B_2S$  بیشتر است؛ می‌توان نتیجه گرفت که A و B دو فلز از گروه اول جدول دوره‌ای هستند و عنصر B پایین‌تر از عنصر A قرار دارد. همچنین با توجه به فرمول‌های شیمیایی  $K_2C$  و  $K_2D$ ، می‌توان نتیجه گرفت که عنصرهای C و D به ترتیب اکسیژن ( $O$ ) و نیتروژن ( $N$ ) هستند (در سؤال گفته شده که عنصرهای C و D دو عنصر از دوره دوم جدول دوره‌ای هستند). **بررسی عبارت‌ها:**

**عبارت اول:** بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه بین ترکیب‌های تشکیل شده از این چهار عنصر، مربوط به ترکیب دارای دو عنصر A و D است. زیرا  $A^+$  شعاع یونی کمتری نسبت به  $B^+$  دارد و بار الکتریکی  $D^{3-}$  بیشتر از  $C^{2-}$  می‌باشد و از طرفی کمترین آنتالپی فروپاشی شبکه بلور مربوط به ترکیب دارای دو عنصر B و C است. زیرا  $B^+$  شعاع یونی بیشتری نسبت به  $A^+$  دارد و بار الکتریکی  $C^{2-}$  کمتر از  $D^{3-}$  است. **عبارت دوم:** از آنجا که فلز B در دوره پایین‌تری نسبت به فلز A قرار دارد، پس واکنش‌پذیری فلز B بیشتر از فلز A بوده و شرایط نگهداری آن دشوارتر است. **عبارت سوم:** هر دو عنصر C و D به ترتیب با تشکیل یون‌های  $C^{2-}$  و  $D^{3-}$  به آرایش الکترونی گاز نجیب نئون ( $Ne$ ) می‌رسند. در آنیون‌های هم‌الکترون، با افزایش عدد اتمی، چگالی بار یون کاهش می‌یابد پس یون حاصل از عنصر D بیشترین چگالی بار را دارد. **عبارت چهارم:** آرایش الکترونی یون  $C^{2-}$  مشابه آرایش الکترونی نئون ( $Ne$ ) است. اگر آرایش الکترونی  $A^+$  مشابه آرایش الکترونی  $C^{2-}$  باشد، پس A، اتم سدیم ( $Na$ ) است. از آنجا که بار الکتریکی  $Li^+$  با بار الکتریکی  $Na^+$  برابر و شعاع یونی  $Li^+$  کمتر از شعاع یونی  $Na^+$  است، می‌توان نتیجه گرفت که چگالی بار یون  $Li^+$  بیشتر از  $Na^+$  است.

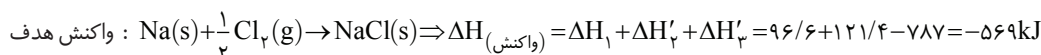
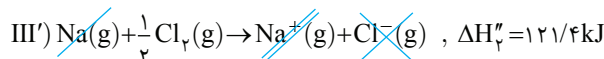
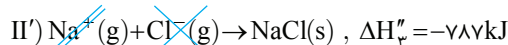
۴ ۲۵۱۳ C با توجه به متن سؤال، می‌توان معادله واکنش‌های زیر را نوشت:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید  $\Delta H$  واکنش (III) مشخص نیست ولی می‌توان آن را به کمک آنتالپی‌های پیوند تعیین کرد:

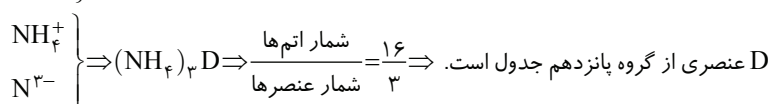
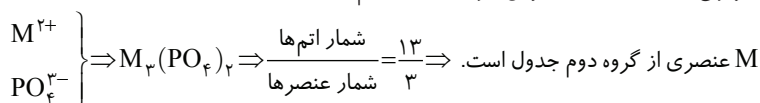
$$\Delta H \text{ (واکنش III)} = [\text{مجموع آنتالپی فراورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها}] = [\Delta H(Cl-Cl)] - [2 \times \text{صفر}] = [242/8] - [0] = 242/8 \text{ kJ}$$

اکنون به کمک معادله‌های کمکی بالا،  $\Delta H$  واکنش  $Na(s) + \frac{1}{2} Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$  را محاسبه می‌کنیم. به این منظور واکنش (I) را بدون تغییر، واکنش (II)



از این‌رو در اثر تشکیل یک مول  $NaCl$  از عناصر سازنده‌اش، ۵۶۹ کیلوژول گرما تولید می‌شود.

۴ ۲۵۱۴ C همه عبارت‌ها درست هستند. نخستین عنصری از جدول تناوبی که دارای الکترون با  $n+l \geq 5$  است، Sc با عدد اتمی ۲۱ است که یک الکترون در زیرلایه  $3d$  دارد. بنابراین عناصر A و D در میان  $20$  عنصر نخست جدول تناوبی قرار دارند. برای حل این سؤال باید ترکیب فسفات‌دار فلزات گروه اول، دوم و همچنین آلومینیم را تعیین کرده و نسبت شمار اتم‌ها به عناصر در هر کدام را به‌دست آوریم. برای تعیین عنصر D هم باید به‌طور مشابه ترکیب آمونیوم یا نافلزهای گروه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ را بررسی کنیم و نسبت شمار اتم‌ها به عناصر را در هر واحد فرمولی محاسبه و با مقدار فرض سؤال مقایسه کنیم.



**بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** اگر عنصر M و D را به ترتیب  $Ca$  و  $N$  فرض کنیم، تعداد عناصر میان  $Ca$  و  $N$  برابر ۱۲ است. **عبارت (ب):** ترکیب یونی حاصل از عناصر M و D می‌تواند  $Ca_3N_2$  یا  $Mg_3N_2$  باشد. بار آنیون و کاتیون در این ترکیب (ها) بیشتر از ترکیب  $Na_2O$  است؛ از این‌رو آنتالپی فروپاشی شبکه ترکیب  $M_3D_2$  از ترکیب  $Na_2O$  بیشتر است. **عبارت (پ):** یون پایدار عنصر N به صورت  $N^{3-}$  است. این یون دارای ۱۰ الکترون و ۷ پروتون است؛ پس بیشترین شعاع را در میان یون‌های پایدار عناصر هم‌دوره خود دارد. **عبارت (ت):** ترکیب حاصل از عناصر M و D به صورت  $M_3D_2$  است:

$$\frac{2}{3} = \frac{\text{شمار D (آنیون)}}{\text{عدد کوئوردیناسیون M (کاتیون)}} = \frac{\text{شمار M (کاتیون)}}{\text{عدد کوئوردیناسیون D (آنیون)}}$$

۳ ۲۵۱۵ A شکل (ب) چگونگی فرایند شکنندگی ترکیب‌های یونی را به تصویر می‌کشد. بر اثر ضربه چکش یکی از لایه‌ها اندکی جابه‌جا می‌شود و بارهای هم‌نام کنار هم قرار می‌گیرند و اثر دافعه متقابل میان آن‌ها به در هم ریختن شبکه بلور می‌انجامد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** جامدهای یونی نارسا هستند و نمی‌توانند لامپ را روشن نگه دارند. ترکیب‌های یونی تنها در حالت محلول یا مذاب رسانای جریان الکتریکی هستند. **گزینه (۲):** حرکت یون‌های موجود در محلول به سمت قطب‌های ناهم‌نام منجر به انتقال جریان الکتریسیته و روشن شدن لامپ می‌شود. **گزینه (۴):** شکل (ب) نشان‌دهنده یک جامد یونی است. در ساختار جامدهای یونی، آرایش منظمی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سه بعد دیده می‌شوند که برخلاف فلزها الکترونی در خارج یون‌ها دیده نمی‌شود.



- ۲ ۲۵۱۶ A عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در جامدهای یونی، یون‌ها در جای خود ثابت هستند و نمی‌توانند جابه‌جا شوند. به همین دلیل جامدهای یونی، رسانای جریان برق نیستند. **عبارت (ب):** از گسترش یون‌های ناهم‌نام با نظم ویژه‌ای در سه بعد فضا، شبکه بلور به وجود می‌آید. **عبارت (پ):** با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، شعاع آن‌ها افزایش و چگالی بار آن‌ها کاهش می‌یابد. از آنجا که چگالی بار با آنتالپی فروپاشی شبکه بلور رابطه مستقیم دارد، پس آنتالپی فروپاشی شبکه بلور این ترکیب‌ها نیز کاهش می‌یابد. **عبارت (ت):** آنیون‌ها و کاتیون‌ها با توجه به اندازه نسبی که دارند، در شبکه بلور از الگوی ویژه‌ای پیروی می‌کنند.
- ۱ ۲۵۱۷ B موارد (ب) و (پ) را می‌توان به ترکیب‌های یونی نسبت داد. **بررسی موارد: مورد (الف):** ترکیب‌های یونی فاقد مولکول‌های مجزا در شبکه بلوری هستند و ذره‌های سازنده آن‌ها کاتیون‌ها و آنیون‌ها هستند. **مورد (ب):** ترکیب‌های یونی در حالت محلول و مذاب رسانایی الکتریکی دارند. **مورد (پ):** ترکیب‌های یونی هنگام عبور جریان برق از حالت مذاب خود، طی یک واکنش شیمیایی تجزیه می‌شوند. **مورد (ت):** این ترکیب‌ها در اثر ضربه خرد می‌شوند، بنابراین چکش‌خوار نیستند. **مورد (ث):** در شبکه بلوری الزاماً تعداد کاتیون و آنیون برابر نیست فقط مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. **مورد (ج):** برخی از ترکیب‌های یونی در فرمول شیمیایی خود فلز ندارند. به عنوان مثال،  $\text{NH}_4\text{Cl}$  یک ترکیب یونی است اما فاقد فلز است.
- ۴ ۲۵۱۸ A فقط در برقکافت ترکیب‌های یونی مذاب، کاتیون نمک به سمت کاتد رفته و کاهش می‌یابد و آنیون نمک به سمت آند رفته و اکسایش می‌یابد.
- ۳ ۲۵۱۹ B موارد (الف)، (ب)، (پ) و (ت) موجب روشن شدن لامپ می‌شوند. با توجه به ساختار ذره‌ای داده شده داخل ظرف یک ترکیب یونی جامد است که رسانایی الکتریکی ندارد. اگر به جای این ترکیب، محلول آن و یا محلول یک نمک دیگر و یا یک نمک مذاب و به‌طور کلی محلول یک الکترولیت قرار گیرد، مدار کامل شده و جریان برق برقرار می‌شود که در این صورت لامپ نیز روشن می‌شود. البته چون انحلال‌پذیری جامد یونی داخل ظرف بیش از یک گرم است، بنابراین در آب محلول است. **\* توجه:** نقره کلرید ( $\text{AgCl}$ ) در آب نامحلول است.
- ۳ ۲۵۲۰ A عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):** پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است. **عبارت (ت):** داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده است اما تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آن‌هاست. البته همه فلزها اعداد اکسایش متنوعی ندارند.
- ۳ ۲۵۲۱ A همه عبارت‌ها به‌جز عبارت دوم درست‌اند. شکل داده شده در سؤال، یک الگوی ساده از شبکه بلوری فلزها را نشان می‌دهد (عبارت اول) که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آن‌ها ارائه شده و به مدل دریای الکترونی معروف است (عبارت دوم). بر اساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است (عبارت سوم) که در فضای میان آن‌ها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم که همان الکترون‌های ظرفیت هستند، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند (عبارت‌های چهارم و پنجم).
- ۳ ۲۵۲۲ A پاسخ درست پرسش‌ها به‌صورت زیر است: **پرسش (الف):** خنثی بودن جامدهای فلزی به علت برابر بودن مجموع بار کاتیون‌ها و الکترون‌هاست در حالی که خنثی بودن جامدهای یونی به علت برابر بودن مجموع بار کاتیون‌ها و آنیون‌هاست. **پرسش (ب):** برخی ویژگی‌های فیزیکی یک فلز با الگوی دریای الکترونی قابل توجیه است. چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی و گرمایی جزء ویژگی‌های فیزیکی و واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش جزء ویژگی‌های شیمیایی فلز به حساب می‌آید. **پرسش (پ):** الکترون‌های دریای الکترونی، الکترون‌های لایه ظرفیت فلز هستند. در فلزهای واسطه لایه ظرفیت شامل آخرین زیرلایه  $s$  و آخرین زیرلایه  $d$  می‌باشد.
- ۴ ۲۵۲۳ B فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** هر الکترون موجود در دریای الکترونی را نمی‌توان تنها متعلق به یک اتم دانست، زیرا این الکترون‌ها در فضای بین کاتیون‌ها آزادانه در حرکت هستند. **عبارت (ب):** نیروی بین ذره‌ای موجود در دریای الکترونی (کاتیون و الکترون) و نیروی بین ذره‌ای در نمک طعام (کاتیون و آنیون)، هر دو از جنس جاذبه الکتروستاتیک میان ذره‌های منفی و مثبت می‌باشد. **عبارت (پ):** در دریای الکترونی، مجموع بار الکترون‌ها با مجموع بار کاتیون‌ها برابر هستند، اما الزاماً تعداد الکترون‌ها با تعداد کاتیون‌ها برابر نیستند، زیرا ممکن است کاتیونی بار الکتریکی  $(2+)$  داشته باشد و در ساختار شبکه بلور این فلز، تعداد الکترون‌های دریای الکترونی دو برابر تعداد کاتیون‌ها خواهد بود. **عبارت (ت):** دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری حفظ می‌کند، زیرا در صورت نبود این ساختار، شبکه بلوری به دلیل دافعه بارهای مثبت از هم فرو می‌پاشید. **عبارت (ث):** در شبکه بلوری فلز منیزیم به‌ازای هر یون منیزیم  $(\text{Mg}^{2+})$ ، ۲ الکترون وجود دارد و در شبکه بلور فلز آلومینیم به‌ازای هر یون آلومینیم  $(\text{Al}^{3+})$ ، ۳ الکترون وجود دارد؛ پس نسبت خواسته شده برابر  $\frac{2}{3}$  است.
- $$\frac{\text{نسبت الکترون به کاتیون در منیزیم}}{\text{نسبت الکترون به کاتیون در آلومینیم}} = \frac{\frac{2}{1}}{\frac{3}{3}} = \frac{2}{1}$$
- ۲ ۲۵۲۴ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم فلزها، دریایی را ساخته و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند، این الکترون‌ها همان الکترون‌های لایه ظرفیت اتم هستند. **عبارت (ب):** طبق شکل کتاب درسی، دریای الکترون می‌تواند چکش‌خواری فلزها را توجیه کند؛ زیرا در اثر وارد شدن ضربه به فلزها، کاتیون‌ها جابه‌جا می‌شوند اما چون دریای الکترونی آن‌ها را دربرمی‌گیرد، فلزها شکننده نمی‌باشند. **عبارت (پ):** فلزها بخش عمده عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، فلزها در هر چهار دسته  $s$ ،  $p$ ،  $d$  و  $f$  جای داشته اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند. **عبارت (ت):** در شبکه بلور جامدات فلزی، تعداد کاتیون‌ها با الکترون‌ها برابر نیست، بلکه مجموع بار کاتیون‌ها با مجموع بار الکترون‌ها برابر است، از این‌رو این مواد خنثی هستند.
- ۲ ۲۵۲۵ B عبارت‌های (پ) و (ت) همانند جمله داده شده درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** به دلیل وجود دریای الکترونی شناور در ساختار شبکه بلوری فلز، در هنگام برخورد یک جسم سخت (مانند چکش) به آن، با جابجا شدن کاتیون‌ها و الکترون‌ها در یک راستا، شکل شبکه بلوری تغییر کرده اما از هم فرو نمی‌پاشد، به همین دلیل فلزها چکش‌خوار هستند و در اثر ضربه (برخلاف نافلزها و جامدهای یونی) خرد نمی‌شوند. **عبارت (ب):** هر میزان الکترون که وارد شبکه بلوری شود، به همان میزان نیز از شبکه خارج می‌شود. **عبارت (پ):** وجود الکترون‌هایی که آزادانه در شبکه بلوری جامدهای فلزی در حرکت هستند، باعث می‌شود که فلزها نوعی رسانای الکترونی مناسب باشند. **عبارت (ت):** اغلب عنصرهای دسته  $d$ ، بیش از یک نوع کاتیون پایدار دارند، به همین دلیل می‌توانند در شرایط متفاوت، شبکه‌های بلوری با ساختارهای متفاوت ایجاد کنند. توجه داشته باشید که شبکه بلوری جامدهای فلزی به دریای الکترونی وابسته است.
- ۱ ۲۵۲۶ B فقط مورد سوم از ویژگی‌های مشترک جامدهای یونی و فلزی هستند. **بررسی موارد: مورد اول:** فقط فلزها در حالت جامد رسانای الکتریسیته هستند و جامدهای یونی در حالت مذاب و محلول رسانای الکتریسیته هستند. **مورد دوم:** جامدهای فلزی برخلاف جامدهای یونی، در اثر ضربه خودبه‌خود خرد نمی‌شوند و چکش‌خوارند. **مورد سوم:** جامدهای یونی و فلزی هر دو دارای کاتیون در شبکه بلور هستند. **مورد چهارم:** فقط جامدهای یونی در اثر عبور برق در حالت مذاب تجزیه می‌شوند؛ به‌طور کلی برای جامدهای فلزی، تجزیه تعریف نمی‌شود. **مورد پنجم:** جامدهای فلزی در دریای الکترون خود دارای الکترون آزاد هستند و جامدهای یونی در ساختار خود الکترون آزاد ندارند.

**۲۵۲۷ B** عبارتهای اول و چهارم درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت دوم: فقط الکترونهای لایه ظرفیت فلزها در به وجود آمدن دریای الکترونی شرکت دارند. عبارت‌های سوم و چهارم: دریای الکترونی توجیه‌کننده برخی خواص فیزیکی یک فلز مثل رسانایی الکتریکی و گرمایی و چکش‌خواری است؛ در حالی که تنوع اعداد اکسایش جزء خواص شیمیایی فلز می‌باشد. عبارت پنجم: جاذبه میان کاتیون‌ها (نه هسته اتم‌ها) و دریای الکترونی سبب می‌شود که هسته اتم‌ها در مکان‌های مشخصی به‌طور ثابت جای بگیرند و تغییر مکان ندهند. البته توجه کنید که این جاذبه به اندازه‌ای قوی نیست که مانع از چکش‌خواری بلور فلزات شود.

**۲۵۲۸ C** معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



ابتدا شمار مول‌های هیدروژن (گاز تولید شده) هر دو واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } H_2 = 15/52 L H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{22.4 L H_2} = 0.67 \text{ mol } H_2$$

فرض می‌کنیم  $a$  مول آلومینیم و  $b$  مول نیکل در آلیاژ گفته شده وجود دارد:

$$? \text{ mol } H_2 = a \text{ mol } Al \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } Al} = 1.5a \text{ mol } H_2 \quad ? \text{ mol } H_2 = b \text{ mol } Ni \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } Ni} = b \text{ mol } H_2$$

حجم گاز هیدروژن تولید شده معادل مجموع حجم گازهای حاصل از واکنش‌های  $Al$  و  $Ni$  با اسید است:

$$1.5a + b = 0.67 \quad (*)$$

تعداد مول الکترون‌های دریای الکترونی برابر است با:

$$? \text{ mol } e^- = 15/50 \times 10^{24} e^- \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{6.02 \times 10^{23} e^-} = 2.5 \text{ mol } e^-$$

آرایش الکترونی این دو عنصر به صورت مقابل است:

با توجه به اینکه دریای الکترونی متشکل از الکترون‌های ظرفیت فلزات است داریم:

$$3a + 10b = 2.5 \quad (**)$$

با توجه به مول‌های به دست آمده، جرم نمونه برابر است با:

**۲۵۲۹ A** فقط عبارت دوم نادرست است. بررسی عبارت دوم: طول موج نور مرئی بین  $400$  تا  $700$  نانومتر است و سایر پرتوهای الکترومغناطیسی می‌توانند طول موج‌های دیگری داشته باشند.

**۱ ۲۵۳۰ A** فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (ب): اگر جسمی همه طیف مرئی امواج الکترومغناطیس را بازتاب دهد، به رنگ سفید دیده می‌شود. عبارت (پ): اگر جسمی همه طیف مرئی امواج الکترومغناطیس را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود. عبارت (ت): چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آن‌ها می‌بیند.

**۳ ۲۵۳۱ A** همه عبارتهای بجز عبارت چهارم درست‌اند. بررسی عبارتهای چهارم: رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند. عبارت پنجم: جسم (۱) بخشی از نور را بازتاب کرده است و به رنگ همان نور بازتاب شده از سطح آن دیده می‌شود. در نتیجه رنگ این جسم می‌تواند آبی باشد. جسم (۲) همه نور را جذب کرده است و به رنگ سیاه دیده می‌شود. جسم (۳) همه طول موج‌ها را بازتاب داده است و رنگ آن سفید می‌باشد.

**۲ ۲۵۳۲ A** عبارتهای (پ) و (ت) درست است. بررسی عبارتهای (الف): رنگ‌دانه معدنی که برای ایجاد نور قرمز به کار می‌رود،  $Fe_2O_3$  است که یک ترکیب یونی می‌باشد و عدد اکسایش  $Fe$  در آن  $(+3)$  است. عبارت (ب): رنگ‌دانه معدنی که برای ایجاد نور سفید به کار می‌رود، طول موج‌های  $400$  تا  $700$  نانومتر (گستره طول موج‌های مرئی) را بازتاب می‌کند. عبارت (پ): رنگ‌دانه‌های نور سفید، نور قرمز و نور سیاه به ترتیب  $TiO_2$ ،  $Fe_2O_3$  و  $C$  (دوده) هستند که فقط رنگ‌دانه‌های نور سفید و نور قرمز یک اکسید فلزی هستند. عبارت (ت): رنگ‌دانه موجود در نور سفید و نور قرمز به ترتیب  $TiO_2$  و  $Fe_2O_3$  هستند، بنابراین نافلز موجود در آن اکسیژن است. درصد جرمی اکسیژن را در این دو ترکیب محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی O در } TiO_2 = \frac{\text{جرم اکسیژن } TiO_2}{\text{جرم } TiO_2} \times 100 = \frac{2 \times 16}{(48 + 2 \times 16)} \times 100 = 40\%$$

$$\text{درصد جرمی O در } Fe_2O_3 = \frac{\text{جرم اکسیژن } Fe_2O_3}{\text{جرم } Fe_2O_3} \times 100 = \frac{3 \times 16}{2 \times 56 + 3 \times 16} \times 100 = 30\%$$

**۲ ۲۵۳۳ B**

**نکته ترکیبی** نمودارهای جذب و دفع امواج الکترومغناطیس: در برخی سؤالات کنکور، ممکن است با نموداری مواجه شوید که درصد جذب یا عبور طیف امواج مرئی را برای یک رنگ‌دانه نمایش می‌دهد. برای استخراج اطلاعات از این نمودار کافی است بدانید یک رنگ‌دانه به همان رنگی دیده می‌شود که در طیف امواج الکترومغناطیس بازتاب می‌کند و یا عبور می‌دهد و به این ترتیب ناظر آن را مشاهده می‌کند؛ بنابراین رنگ‌دانه مذکور در آن نواحی از نمودار که درصد جذب بالاست دیده نمی‌شود؛ زیرا همه امواج آن ناحیه را جذب می‌کند یا عبور می‌دهد در حالی که در آن نواحی که رنگ‌دانه درصد جذب کمی دارد، پرتوهای الکترومغناطیسی بازتاب شده و جسم به آن رنگ دیده می‌شود. اگر درصد جذب در تمامی نواحی زیاد باشد جسم به رنگ سیاه و اگر درصد جذب در تمامی نواحی پایین باشد، جسم به رنگ سفید دیده می‌شود.

**بررسی گزینه‌ها:** گزینه (۱): رنگ‌دانه A درصد بسیار کمی از طول موج‌های نور مرئی را عبور یا بازتاب داده، بنابراین می‌تواند مربوط به رنگ‌دانه دوده باشد که به رنگ سیاه دیده می‌شود. گزینه (۲): رنگ‌دانه B فقط طول موج‌های  $620$  تا  $700$  نانومتر را عبور یا بازتاب داده که طبق جدول این گستره طول موج مربوط به رنگ قرمز است، بنابراین به رنگ قرمز دیده می‌شود. می‌دانیم رنگ‌دانه رنگ قرمز  $Fe_2O_3$  است که انرژی فروپاشی شبکه بلور آن کمتر از  $Al_2O_3$  است. گزینه (۳): برای تولید رنگ زرد از رنگ‌دانه‌های A، B و C نمی‌توان استفاده کرد. رنگ‌دانه مناسب برای تولید رنگ زرد باید فقط گستره طول موج‌های  $(590 - 570)$  را عبور یا بازتاب دهد که در نمودار داده شده این موضوع مشاهده نمی‌شود. در حالی که با رنگ‌دانه A، رنگ سیاه، با رنگ‌دانه B، رنگ قرمز و با رنگ‌دانه C، رنگ سفید می‌توان تولید کرد. گزینه (۴): رنگ‌دانه موجود در ماده C تمام طول موج‌های نور مرئی را بازتاب کرده، بنابراین مربوط به نور سفید است و می‌تواند  $TiO_2$  باشد.



**۳ ۲۵۳۴ B** فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گستره طول موج‌های نور سبز از ۴۹۰nm تا ۵۷۰nm است، این جسم طول موج ۵۲۰ نانومتر را که مربوط به نور سبز است، بازتاب داده، بنابراین به رنگ سبز دیده می‌شود. عبارت (ب): در این شکل طول موج ۷۰۰nm مربوط به رنگ قرمز است که جذب شده است، بنابراین رنگ‌دانه موجود در این شکل نمی‌تواند مربوط به رنگ قرمز باشد. عبارت (پ): اگر رنگ‌دانه موجود در جسم A دوده بود، باید تمام طول موج‌ها جذب می‌شد و اگر این رنگ‌دانه  $TiO_2$  بود، باید تمام طول موج‌ها بازتاب می‌شد. عبارت (ت): اگر با تغییر رنگ‌دانه موجود در شکل، به جای پرتوی ۵۲۰ نانومتری، پرتوی ۴۱۰ نانومتری بازتاب کند، رنگ‌دانه جدید به رنگ بنفش دیده می‌شود. (طبق جدول داده شده گستره ۴۰۰ تا ۴۳۰ نانومتر متعلق به رنگ بنفش است.)

**۳ ۲۵۳۵ B** می‌دانیم رنگ‌دانه  $Fe_3O_4$ ، تولیدکننده رنگ قرمز و رنگ‌دانه دوده، تولیدکننده رنگ سیاه است، رنگ‌دانه قرمز طول موج‌های ۶۲۰ تا ۷۰۰ نانومتر را بازتاب می‌کند (در این گستره طول موج، جذب بسیار ناچیزی دارد)، در حالی که رنگ‌دانه دوده تمام طول موج‌ها را جذب می‌کند. بنابراین نمودار گزینه (۳) درست است.

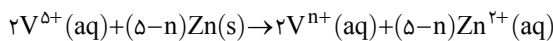
**۲ ۲۵۳۶ A** در این واکنش نمک وانادیم (V) با اکسید کردن (جذب الکترون) فلز روی کاهش می‌یابد و نقش اکسندار را دارد. فلز روی نیز به دلیل از دست دادن الکترون اکسید شده و نقش کاهشنده را دارد.

**۱ ۲۵۳۷ A** فقط عبارت (الف) درست است. آرایش الکترونی وانادیم به صورت  $[Ar] 3d^3 4s^2$  است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): یون  $V^{5+}$  در آب رنگ زرد دارد. آرایش الکترونی این یون مشابه آرایش الکترونی آرگون می‌باشد. عبارت (ب): وانادیم با تشکیل یون وانادیم (IV) ( $V^{4+}$ ) می‌تواند به آرایش  $[Ar] 3d^1$  برسد. عبارت (پ): رنگ محلول نمک وانادیم (II) بنفش و رنگ محلول نمک وانادیم (III) سبز است. همان‌طور که می‌دانید در طیف امواج مرئی، رنگ بنفش بیشترین انرژی و کمترین طول موج را دارد. عبارت (ت): رنگ محلول نمک وانادیم (IV) همانند رنگ محلول نمک مس (II) آبی است.

**۳ ۲۵۳۸ B** موارد (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی موارد: مورد (الف): تیتانیم (IV) اکسید، رنگ‌دانه سفید است. جسمی با رنگ سفید همه طول موج‌های مرئی را بازتاب می‌کند. مورد (ب): محلولی از نمک وانادیم (II) اکسید رنگ بنفش را بازتاب می‌کند. مورد (پ): آهن (III) اکسید، رنگ‌دانه قرمز است. مورد (ت): محلولی از نمک وانادیم (IV) اکسید رنگ آبی را بازتاب می‌کند. مورد (ث): گرافیت یک جسم سیاه رنگ است، در نتیجه همه طول موج‌های مرئی را جذب کرده و هیچ نوری را بازتاب نمی‌کند.

**۴ ۲۵۳۹ B** عبارت‌های (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): الگوی دریای الکترونی، برخی از خواص فیزیکی فلزها مثل چکش‌خواری، رسانایی گرمایی و رسانایی الکتریکی را توجیه می‌کند. عبارت (ب): اغلب موادی که دارای رنگ مشخصی هستند، بخشی از طول موج‌های مرئی را جذب می‌کنند، اما ماده‌ای که به رنگ سفید است، همه طول موج‌های مرئی را بازتاب می‌کند و ماده‌ای که به رنگ سیاه است، همه طول موج‌های مرئی را جذب می‌کند. عبارت (پ): رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون‌بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد. عبارت (ت): در هر واحد از یک ترکیب یونی، نیروهای جاذبه و دافعه در تمام جهات برقرار هستند در حالی که واژه‌های مولکول و فرمول مولکولی فقط برای مواد مولکولی استفاده می‌شود. عبارت (ث): ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آن‌ها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم (الکترون‌های ظرفیت)، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا شوند.

**۴ ۲۵۴۰ B** فرض کنیم یون وانادیم تولید شده در این واکنش  $V^{n+}$  باشد. می‌توانیم واکنش را به صورت زیر موازنه کنیم:



روش اول (کسر تبدیل): 
$$? \text{ mg Zn} = 200 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.25 \text{ mol } V^{5+}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{(\delta - n) \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol } V^{5+}} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{1000 \text{ mg Zn}}{1 \text{ g Zn}} = 325 \text{ mg Zn}$$

(یون مورد نظر  $V^{3+}$  است.)  $\Rightarrow \delta - n = 2 \Rightarrow n = 3$

روش دوم (تناسب): (یون مورد نظر  $V^{3+}$  است.) 
$$\frac{\text{جرم فلز روی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{325 \times 10^{-3}}{65 \times (\delta - n)} = \frac{200 \times 10^{-3} \times 0.25}{2} \Rightarrow n = 3$$

**۳ ۲۵۴۱ B** ابتدا شمار مول Zn را تعیین می‌کنیم:

$$? \text{ mol Zn} = \frac{7 \text{ g Zn}}{65 \text{ g Zn}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 0.12 \text{ mol Zn} \quad \text{و} \quad \frac{b \text{ mol Zn}}{a \text{ mol } V^{5+}} \times \frac{0.4 \text{ mol } V^{5+}}{1 \text{ L محلول}} = 0.12 \text{ mol Zn} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{3}{2}$$

$Zn$  و  $V^{5+}$  با نسبت ۳ به ۲ واکنش داده‌اند.

طبق موازنه بار الکتریکی داریم:  $2 \times (+5) = 3 \times (+2) + 2 \times (x) \Rightarrow 2x = 4 \Rightarrow x = 2$

یون وانادیم (II) فرآورده خواهد بود که رنگ بنفش دارد. 
$$0.12 \text{ mol Zn} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } e^-} = 1.44 \times 10^{23} e^-$$

**۳ ۲۵۴۲ A** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت (ت): در میان عنصرهای دسته d از دوره چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیم با ویژگی‌های باور نکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

**۴ ۲۵۴۳ A** همه مقایسه‌ها درست هستند. نقطه ذوب، مقاومت در برابر خوردگی برای فلز تیتانیم بیشتر از فولاد بوده و در مقابل چگالی و واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا برای فولاد بیشتر از تیتانیم است. مقاومت در برابر سایش برای فلز تیتانیم و فولاد تقریباً برابر است.

**۳ ۲۵۴۴ A** هنگامی که موتور جت کار می‌کند، همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. به همین دلیل تیتانیم که نقطه ذوب بالایی دارد، هم در برابر سایش حاصل از حرکت و هم گرمای حاصل از کار موتور مقاومت مناسبی از خود نشان می‌دهد. پروانه کشتی‌های اقیانوس‌پیما نیز در اقیانوس در معرض واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا قرار دارند، به همین دلیل فلز تیتانیم به دلیل واکنش‌پذیری ناچیز با ذره‌های موجود در آب دریا، فلزی مناسب برای تولید این پروانه‌ها می‌باشد.



**A ۲۵۴۵ ۴** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) در رابطه با فلز تیتانیم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فلز تیتانیم دومین عنصر (فلز) واسطه جدول تناوبی می‌باشد و واکنش‌پذیری آن نسبت به فلزهای اصلی گروه یک و دو کمتر است. **عبارت (ب):** چگالی تیتانیم حدود  $4/51$  گرم بر میلی‌لیتر می‌باشد. **عبارت (پ):** در آرایش الکترونی تیتانیم  $12$  الکترون با  $1 = (3p^6, 2p^6)$  و  $2$  الکترون با  $3 = (3d^2)l = 3$  وجود دارد. **عبارت (ت):** از واکنش فلز منیزیم و تیتانیم (IV) کلرید، می‌توان تیتانیم و منیزیم کلرید تهیه کرد.

**B ۲۵۴۶ ۲** عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. شکل صورت سؤال، کاربردهای آلیاژ نیتینول را نشان می‌دهد. فلز سبک‌تر سازنده این آلیاژ، تیتانیم ( $22 Ti$ ) و فلز سنگین‌تر، نیکل ( $28 Ni$ ) است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فلز سبک‌تر سازنده این آلیاژ تیتانیم ( $22 Ti$ ) و فلز سنگین‌تر نیکل ( $28 Ni$ ) است. تیتانیم در برابر سایش و خوردگی مقاوم است و واکنش‌پذیری ناچیزی با ذره‌های موجود در آب دریا دارد. **عبارت (ب):** نیکل در لایه ظرفیت خود  $10$  الکترون دارد که این  $10$  الکترون درای الکترونی نیکل را تشکیل می‌دهند:

**عبارت (پ):** تیتانیم در دوره و گروه ۴ قرار دارد. **عبارت (ت):** این آلیاژ از دو فلز ساخته شده که هر دو جزء عنصرهای واسطه تناوب چهارم هستند.

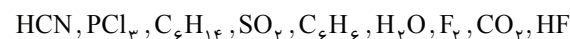
**B ۲۵۴۷ ۲** برای آن که استنت درون رگ‌ها در برابر سایش حاصل از عبور جریان خون مقاوم باشد، از فلز تیتانیم برای ساخت آن استفاده می‌شود. از آنجایی که هنگام عملکرد موتور جت، همه اجزای آن در حال حرکت هستند، از فلز تیتانیم به دلیل نقطه ذوب بالا برای جلوگیری از ذوب شدن قطعات و مقاومت گرمایی بیشتر استفاده می‌شود. از فلز تیتانیم در ساخت قاب عینک، به دلیل انعطاف‌پذیری بالا استفاده می‌شود و از این فلز در ساخت شیشه عینک استفاده نمی‌شود. فلز تیتانیم با گونه‌های موجود در آب دریا واکنش نمی‌دهد، به همین دلیل از آن برای ساخت پروانه کشتی‌های اقیانوس‌پیما استفاده می‌شود.

**B ۲۵۴۸ ۳** عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به کار می‌رود. **عبارت دوم:** به شمار نزدیک‌ترین یون‌های نام‌پیرامون هر یون در شبکه بلور ترکیب یونی، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند. **عبارت سوم:** مولکول‌های  $H_2O$  در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. گرافن، تک‌لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند. چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد. دقت کنید که گرافن یک جامد کووالانسی است و به کار بردن عبارت «مولکول‌های گرافن» درست نیست. **عبارت چهارم:** سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است، به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از  $90\%$  پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. **عبارت پنجم:** در مولکول‌های سه‌اتمی که از سه نوع عنصر تشکیل شده‌اند، اتم‌های اطراف اتم مرکزی متفاوت هستند؛ از این رو گشتاور دوقطبی این نوع مولکول‌ها بزرگ‌تر از صفر است.

**B ۲۵۴۹ 1** عبارت‌های اول و سوم درست هستند. آرایش الکترونی فشرده عناصر  $A$  و  $E$  به ترتیب به صورت  $[Ar] 3d^1 4s^2$  و  $[Ar] 3d^2 4s^2$  بوده، از این رو عنصرهای  $A$  و  $E$  به ترتیب  $21 Sc$  و  $22 Ti$  هستند. عناصر  $B$ ،  $D$  و  $C$  نیز به ترتیب  $C$ ،  $17 Cl$  و  $14 Si$  هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** گرافیت و الماس، دو آلوتروپ عنصر کربن هستند. گرافیت دارای ساختار دوبعدی و برخلاف الماس که ساختار سه‌بعدی دارد، رسانای جریان برق است. **عبارت دوم:** عنصر سیلیسیم در ترکیب با اکسیژن، سیلیس ( $SiO_2$ ) تشکیل می‌دهد. سیلیس ترکیبی نارسانا است و ساختاری شبیه یخ دارد. سیلیس یک جامد کووالانسی بوده و به کاربردن کلمه «مولکول» برای آن نادرست است. **عبارت سوم:** اسکاندیم اولین فلز واسطه جدول دوره‌ای است. کاتیون این عنصر تنها می‌تواند به صورت  $Sc^{3+}$  باشد که به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون ( $18 Ar$ ) می‌رسد. **عبارت چهارم:** نقطه ذوب تیتانیم بیشتر از فولاد است. نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده و به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در تهیه سازه فلزی ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک کاربرد دارد. **عبارت پنجم:** بار آنیون در  $ScCl_3$  کمتر از  $Al_2O_3$  است؛ از این رو آنتالپی فروپاشی شبکه بلور ترکیب  $ScCl_3$  کمتر از  $Al_2O_3$  است.

**A ۲۵۵۰ ۲** عبارت‌های (ب) و (پ) درست‌اند. **بررسی موارد: مورد (الف):** واژه شبکه بلور برای توصیف آرایش سه‌بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود. در نتیجه این واژه را به همه انواع جامدها می‌توان نسبت داد. **مورد (ب):** ذره‌های سازنده جامدهای فلزی کاتیون‌های شناور در دریایی از الکترون‌های غیرمستقر (الکترون‌های ظرفیت) هستند. **مورد (پ):** جامدهای مولکولی در هیچ حالتی رسانای جریان برق نیستند و نقطه ذوب و جوش پایینی دارند. **مورد (ت):** شبکه جامدهای کووالانسی می‌تواند یک شبکه دوبعدی باشد که در آن همه اتم‌ها به وسیله پیوندهای اشتراکی به هم متصل شده باشند، مانند گرافیت.

**A ۲۵۵۱ 1** **بررسی مواد نام برده شده در گزینه‌ها: مواد مولکولی:** موادی که اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها، مولکول‌های مجزا و جدا از یکدیگر هستند. مثال:



**مواد کووالانسی:** موادی که اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها اتم‌ها هستند که با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند و شبکه گسترده‌ای از اتم‌ها را تشکیل می‌دهند. مثال: الماس، گرافیت و سیلیس ( $SiO_2$ ) **جامد یونی:** موادی که اجزاء تشکیل‌دهنده آن‌ها یون‌ها هستند که با پیوند یونی به یکدیگر متصل شده‌اند. مثال:  $NaCl$  و  $NaNO_3$ . ضمناً از میان مواد مشخص شده در گزینه‌ها، فقط گونه‌های مولکولی که دارای اتم  $H$  متصل به  $O$ ،  $N$  یا  $F$  هستند، می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی تشکیل دهند. مثال:  $H_2O$  و  $HF$

**B ۲۵۵۲ ۳** مواد معرفی شده در موارد اول، چهارم و پنجم، ساختاری مشابه شکل داده شده دارند. شکل داده شده نحوه اتصال ذره‌های سازنده در جامدهای کووالانسی مانند الماس، سیلیسیم کربید و سیلیسیم را نشان می‌دهد. **مورد اول:** سیلیسیم کربید ( $SiC$ ) یک جامد کووالانسی است و به‌عنوان یک ساینده ارزان استفاده می‌شود. **مورد دوم:** شماره به کار رفته در برج گیرنده خورشیدی،  $NaCl$  است که یک ترکیب یونی می‌باشد. **مورد سوم:** عامل استحکام نقشکننده‌های روی سازه‌های سنگی، سیلیس ( $SiO_2$ ) است که یک جامد کووالانسی می‌باشد ولی ساختار آن مشابه ساختار داده شده نیست! **مورد چهارم:** الماس آلوتروپی از کربن است که استحکام بیشتری نسبت به شیشه دارد. **مورد پنجم:** سیلیسیم عنصری شبه‌فلزی از دوره سوم جدول دوره‌ای است که ساختاری مشابه ساختار داده شده در تست دارد.



**۲۵۵۳** عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در جامدهای فلزی در واقع یون‌ها (کاتیون‌ها) در دریایی از الکترون‌های خود شناور هستند. **عبارت (ب):** اغلب دمای ذوب جامدهای کووالانسی بیشتر از سایر انواع جامدها است، چرا که برای ذوب شدن این مواد نیاز است که تعداد بسیار زیادی پیوند کووالانسی بین اتم‌ها از بین برود، اما در سایر جامدها تعداد کمتری پیوند نسبت به جامدهای کووالانسی از بین می‌رود. **عبارت (پ):** مس جامد فلزی است که خاصیت شکل‌پذیری و چکش‌خواری دارد در حالی که سدیم کلرید جامدی یونی است که خاصیت شکل‌پذیری و چکش‌خواری ندارد. **عبارت (ت):** آمونیوم کلرید ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) و منیزیم هیدروکسید ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) هر دو جامد یونی هستند؛ بنابراین نیروی بین ذره‌ای در هر دو آن‌ها، یونی است.

**۲۵۵۴** **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** ترکیب‌های مولکولی را عمده‌تاً نافلزها تشکیل می‌دهند و با توجه به اینکه عنصرهای نافلزی ظرفیت‌های مختلفی دارند و می‌توانند تعداد پیوندهای کووالانسی متنوعی تشکیل دهند و حتی قادر به ایجاد حلقه هستند، تعداد ترکیب‌های ناشی از آن‌ها بسیار بیشتر از ترکیب‌های کووالانسی خواهد بود. علت کمتر بودن مواد کووالانسی نسبت به مواد یونی این است که تعداد عنصرهایی که قادر به ایجاد پیوندهای کووالانسی زیاد و محکم هستند، بسیار کم است. **پرسش (ب):** مواد یونی و کووالانسی نیروهای بین ذره‌ای بسیار قوی دارند و به همین سبب نقطه ذوب آن‌ها بسیار بالاتر از دمای اتاق است و این ترکیب‌ها در دما و فشار اتاق، برخلاف مواد مولکولی اغلب به حالت جامد دیده می‌شوند. **پرسش (پ):** در هر دوره از جدول تناوبی مقایسه شدت واکنش‌پذیری عنصرهای فلزی به صورت «فلز واسطه > فلز قلیایی خاکی > فلز قلیایی» است. فلزهای قلیایی بیشترین شعاع اتمی را دارند و در لایه ظرفیت خود یک الکترون دارند که به راحتی آن را در واکنش با نافلزها از دست می‌دهند و تبدیل به کاتیون می‌شوند. شعاع اتمی فلزهای قلیایی خاکی و در نتیجه واکنش‌پذیری و خصلت فلزی آن‌ها بیشتر از فلزهای واسطه است.

**۲۵۵۵** به بررسی هر ماده می‌پردازیم: **ماده a:** این ماده در دمای اتاق گاز است و ساختار آن همانند شکل (الف) می‌باشد؛ زیرا مواد مولکولی که ناقصی هستند و جرم مولی کمی دارند، در دمای اتاق به صورت گاز هستند. **ماده b:** ماده‌ای که جامدی سخت بوده و از آن در ساخت عدسی استفاده می‌شود، همان سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) است و ساختار آن همانند شکل (پ) می‌باشد. **ماده c:** ترکیبات یونی در حالت مذاب و محلول رسانای جریان برق هستند و شکل (ت) را می‌توان به آن‌ها نسبت داد. **ماده d:** مواد مولکولی که دارای مولکول‌های قطبی هستند، در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند و شکل (ب) را می‌توان به این مواد نسبت داد.

**۲۵۵۶** همه عبارت‌ها درست‌اند. مواد A تا D به ترتیب عبارت‌اند از: جامد فلزی، جامد یونی، جامد مولکولی و جامد کووالانسی. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** عنصرهایی از گروه ۱۴ که یون پایدار تشکیل نمی‌دهند، عبارت‌اند از کربن و سیلیسیم که هر دو جامد کووالانسی بوده و متعلق به مواد A (مواد کووالانسی) هستند. **عبارت (ب):** جیوه (جامد فلزی)، آمونیوم سیلیکات (جامد یونی)، اتانول (ماده مولکولی) و سیلیسیم کربید (جامد کووالانسی) به ترتیب مثال‌های مناسبی برای مواد A تا D هستند. **عبارت (پ):** ذره‌های سازنده شبکه بلوری مواد B (جامدهای یونی) و A (جامدهای فلزی) فاقد مولکول‌های مجزا بوده و در داشتن کاتیون مشابه هستند. **عبارت (ت):** مواد C (مواد مولکولی) نسبت به مواد B (جامدهای یونی) در گستره دمایی کمتری به حالت مایع باقی می‌مانند. **عبارت (ث):** سیلیسیم ( $\text{Si}$ )، توانایی تشکیل ترکیب کووالانسی، مولکولی و یونی را دارد. برای نمونه  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{SiCl}_4$  و  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$  به ترتیب ترکیب‌های کووالانسی، مولکولی و یونی از عنصر سیلیسیم هستند.

**۲۵۵۷** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. شکل (۱) مربوط به جامدهای فلزی، شکل (۲) و (۳) مربوط به جامدهای یونی، شکل (۴) مربوط به جامدهای کووالانسی و شکل (۵) مربوط به جامدهای مولکولی است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** شکل (۴) مربوط به جامدهای کووالانسی و شکل (۵) مربوط به جامدهای مولکولی است. در هیچ حالتی رسانای جریان برق نیستند. (البته گرافیت رسانا است). **عبارت (ب):** دو شکل (۲) و (۳) را می‌توان به شبکه بلوری جامدهای یونی مانند سدیم کلرید نسبت داد. **عبارت (پ):** شکل (۱) نشان می‌دهد فلزها که بیشترین فراوانی را در جدول دوره‌ای عنصرها دارند، شکننده نمی‌باشند. **عبارت (ت):** شکل (۵) مربوط به مواد مولکولی است که فراوانی و تنوع آن‌ها بیشتر از مواد شکل (۴) (جامدهای کووالانسی) است.

**۲۵۵۸** مواد یونی جزء ترکیب‌ها هستند اما جامدهای کووالانسی شامل ترکیب‌ها (مانند  $\text{SiO}_2$ ) و عناصر (مانند الماس) هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** مواد کووالانسی در حالت جامد سختی بالایی دارند و در حالت مذاب رسانای جریان برق نیستند. ذره‌های سازنده مواد کووالانسی، تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها هستند که با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به یکدیگر متصل شده‌اند. **گزینه (۲):** مواد فلزی در حالت جامد معمولاً سختی بالایی ندارند و در حالت مذاب رسانایی جریان برق هستند. مواد فلزی کمترین فراوانی را در بین مواد در طبیعت دارند. بیشترین تنوع مربوط به مواد مولکولی است. **گزینه (۴):** مواد مولکولی، در حالت جامد سخت نیستند و در حالت مذاب رسانای جریان برق نیستند. این مواد با توجه به نوع نیروهای بین‌مولکولی در دمای اتاق می‌توانند به صورت جامد، مایع یا گاز باشند.

**۲۵۵۹** فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** ترکیب‌های گوناگون سیلیسیم (ماده کووالانسی) و اکسیژن (ماده مولکولی) بیشتر از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. **عبارت (ب):** سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به‌طور عمده به شکل بلور سیلیس ( $\text{Si}$ ) دیده می‌شود. **عبارت (پ):** گرافیت آلوتروپی از کربن است که چگالی کمتری دارد. گرافیت رسانای جریان برق است. **عبارت (ت):** عدد کوآوردیناسیون فقط برای جامدهای یونی تعریف می‌شود.

**۲۵۶۰** فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نیروهای بین‌مولکولی در حالت جامد ترکیب‌های متان و ید از نوع وان‌دروالسی است زیرا متان و ید مولکولی‌هایی ناقصی هستند. **عبارت (ب):** در شبکه بلور سدیم (سدیم جامد فلزی است) الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها به‌طور آزادانه در حال حرکت هستند اما در شبکه بلور سدیم سیانید (سدیم سیانید جامد یونی است)، الکترون‌ها آزادی حرکت ندارند. می‌دانیم جامدهای یونی فقط در حالت مذاب و محلول رسانای جریان برق هستند ولی در حالت جامد رسانایی ندارند. **عبارت (پ):** نیروهای جاذبه موجود بین ذره‌های سازنده اتانول از نوع هیدروژنی است که از مجموع آنتالپی پیوندهای اشتراکی موجود در ساختار سیلیس بسیار ضعیف‌تر است. **عبارت (ت):** نقطه جوش منیزیم اکسید ( $\text{MgO}$ ) از هر دو ترکیب نیتروژن دی‌اکسید ( $\text{NO}_2$ ) و کربن دی‌اکسید ( $\text{CO}_2$ ) بیشتر است؛ زیرا منیزیم اکسید جامد یونی است در حالی که ترکیب‌های نیتروژن دی‌اکسید و کربن دی‌اکسید ترکیب‌های مولکولی هستند، می‌دانیم نقطه جوش ترکیب‌های یونی بالاتر از نقطه جوش ترکیب‌های مولکولی است. **عبارت (ث):** رنگ شعله فلز مس و محلول وانادیم (III) سبزرنگ است.

**۲۵۶۱** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** هیدروژن و هلیم از جمله عنصرهای دسته S هستند که جزء جامدهای فلزی نیستند. **عبارت (ب):** دسته d در جدول تناوبی بیشترین تعداد عنصر را دارد. همه عنصرهای این دسته را فلزها تشکیل داده‌اند و همه فلزها رسانای الکتریسیته هستند. در حالی که جامدهای کووالانسی رسانای الکتریسیته نیستند. **عبارت (پ):** ترکیب‌های مولکولی بیشترین تنوع و تعداد را دارند و در دما و فشار اتاق می‌توانند به حالت مایع دیده شوند. **عبارت (ت):** به جدول زیر توجه کنید:

مواد کووالانسی	مواد کووالانسی	جامد فلزی	
$\text{F}_2 - \text{O}_2 - \text{N}_2$	C	Be - Li	تناوب دوم
$\text{Cl}_2 - \text{S}_8 - \text{P}_4$	Si	Al - Mg - Na	تناوب سوم



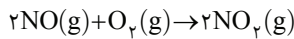




**B ۲۵۷۲ ۴** همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در سوخت‌های فسیلی با کیفیت پایین مقداری گوگرد وجود دارد که با سوزاندن این سوخت‌ها در نیروگاه‌ها و خودروها گوگرد موجود در آن‌ها سوخته و تبدیل به گاز  $SO_2$  می‌شود. عبارت دوم: واکنش تولید  $SO_2$  و  $NO$  به صورت زیر است:



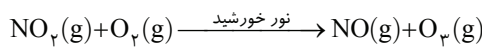
همان‌طور که می‌بینید مجموع ضرایب مواد در این دو واکنش با یکدیگر برابر نیست. عبارت سوم: گاز  $NO$  در موتور خودرو از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن با یکدیگر به دست می‌آید.



و همچنین این گاز در هواکره در اثر واکنش با اکسیژن به  $NO_2$  تبدیل می‌شود.

عبارت چهارم: هر سه واکنش تشکیل  $CO$ ،  $CO_2$  و  $SO_2$  از نوع سوختن هستند. عبارت پنجم: از شیمی دهم به یاد دارید که اکسیدهای نیتروژن ( $NO_x$ ) و اکسیدهای گوگرد ( $SO_2$  و  $SO_3$ ) خاصیت اسیدی داشته و با ورود آن‌ها به هواکره، در روزهای بارانی، باران اسیدی تولید می‌شود.

**B ۲۵۷۳ ۴** عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به دلیل اینکه همه سوخت در سیلندر ماشین نمی‌سوزد، در گازهای خروجی از آگروز مقداری از هیدروکربن‌های نسوخته نیز وجود دارند. با سوختن ناقص اشتباه گرفته نشود زیرا در اثر سوختن ناقص کربن مونوکسید تولید می‌شود. عبارت (ب): هوای آلوده افزون‌بر آلاینده‌های خروجی از آگروز مانند  $C_xH_y$ ،  $NO$ ،  $SO_2$  و  $CO$  شامل گازهای اوزون و نیتروژن دی‌اکسید نیز می‌باشد. عبارت (پ): دلیل رنگ قهوه‌ای هوای آلوده، گاز نیتروژن دی‌اکسید است که بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح به اوج مقدار خود می‌رسد. عبارت (ت): واکنش تولید اوزون تروپوسفری از گازهای



نیتروژن دی‌اکسید و اکسیژن به صورت مقابل است:

با توجه به معادله واکنش نوشته شده، مشاهده می‌کنید که ضرایب همه ترکیب‌ها با هم برابر است.

**A ۲۵۷۴ ۴** در نمودار مورد نظر، بیشترین غلظت آلاینده به ترتیب مربوط به  $NO_2$ ،  $O_3$  و  $NO$  می‌باشد؛ پس نمودار خطی و خط‌چین به ترتیب مربوط به  $NO_2$  و  $O_3$  هستند. ابتدا غلظت این سه آلاینده را در ساعات ۶ صبح و ۱۲ ظهر از روی نمودار به دست می‌آوریم:

غلظت $O_3$	غلظت $NO$	غلظت $NO_2$	
۰/۰۱ ppm	۰/۰۸ ppm	۰/۰۴ ppm	ساعت ۶ صبح
۰/۰۸ ppm	۰/۰۱ ppm	۰/۰۷ ppm	ساعت ۱۲ ظهر

اکنون سرعت متوسط تغییر غلظت این آلاینده‌ها در بازه زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر را به دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(NO_2) = \frac{(0/07) - (0/04)}{6} = \frac{0/03}{6}, \quad \bar{R}(NO) = \frac{(0/08) - (0/01)}{6} = \frac{0/07}{6}, \quad \bar{R}(O_3) = \frac{(0/08) - (0/01)}{6} = \frac{0/07}{6}$$

اکنون نسبت‌های خواسته شده در صورت سؤال را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\bar{R}(O_3)}{\bar{R}(NO)} = \frac{0/07}{6} = 1, \quad \frac{\bar{R}(NO_2)}{\bar{R}(NO)} = \frac{0/03}{0/07} = \frac{3}{7}$$

**B ۲۵۷۵ ۲** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به نمودار صفحه ۹۲ کتاب درسی، مقدار گاز اوزون در حدود ساعت ۱۰ صبح به بیشترین مقدار خود می‌رسد. عبارت (ب): مقدار نیتروژن مونوکسید بین ساعت‌های ۴ تا ۱۰ صبح و ۹ تا ۱۰ شب متغیر است. عبارت (پ): در اول و آخر هر روز، بیشترین مقدار آلاینده مربوط به  $NO_2$  است. عبارت (ت): بیشترین مقدار آلاینده در طول روز مربوط به  $NO_2$  است.

**B ۲۵۷۶ ۳** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با انجام واکنش  $NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g) + O_3(g)$

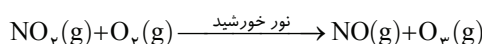
به مرور زمان از مقدار  $NO_2$  کاسته و به مقدار اوزون افزوده می‌شود. عبارت (ب): گازهای  $NO$  و  $NO_2$  جزء آلاینده‌های هواکره به شمار می‌آیند. گاز  $NO$  از آگروز خودرو و گاز  $NO_2$  در اثر واکنش گاز  $NO$  در هوا با اکسیژن تولید می‌شود. عبارت (پ): آلاینده‌های  $C_xH_y$ ،  $NO$ ،  $SO_2$  و  $CO$  در خروجی آگروز خودروها وجود دارند. عبارت (ت): مقایسه حداکثر غلظت این سه آلاینده در هواکره به صورت: «  $NO < O_3 < NO_2$  » است.

**C ۲۵۷۷ ۲** فقط عبارت (پ) جمله داده شده را به درستی تکمیل می‌کند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در مولکول‌هایی مانند  $NO(g)$  و  $NO_2(g)$  اتم نیتروژن تک‌الکترون ناپیوندی دارد و به آرایش هشت‌تایی نرسیده است.



عبارت (ب): دگرشکل دیگر عنصر اکسیژن گاز اوزون است که در هوای آلوده یافت می‌شود. عبارت (پ): رنگ قهوه‌ای هوای آلوده مربوط به مولکول  $NO_2(g)$  است که همانند اتیلن گلیکول دارای دو اکسیژن در فرمول مولکولی خود می‌باشد. اتیلن گلیکول دارای ساختار  $(CH_2-OH)_2$  و فرمول مولکولی  $C_2H_6(OH)_2$  است.

عبارت (ت): در هوای آلوده هیدروکربن‌ها ( $C_xH_y$ ) که در ساختار خود اکسیژن ندارند، نیز وجود دارند. عبارت (ث): با افزایش مقدار  $NO_2$ ، مقدار گاز  $O_3$  نیز



افزایش می‌یابد. زیرا در اثر نور خورشید واکنش مقابل اتفاق می‌افتد.

۱ ۲۵۷۸ B ابتدا مجموع جرم آلاینده‌های تولید شده توسط یک خودرو به ازای طی یک کیلومتر مسافت را محاسبه می‌کنیم:  
 $\text{مجموع جرم آلاینده‌ها} = \text{جرم CO} + \text{جرم } C_xH_y + \text{جرم NO} = ۱/۰۴ + ۵/۹۹ + ۱/۶۷ = ۸/۷g$

قسمت اول: سپس مقدار آلاینده تولیدی توسط صد میلیون خودرو را به دست می‌آوریم:

$$\text{آلاینده } ۱ \text{ ton} = ۱۰۰۰ \times ۱۰^۶ \text{ g} = ۱۰۰۰ \times ۱۰^۶ \text{ kg} = ۱۰۰۰ \text{ ton} \times \frac{۸/۷g}{۱ \text{ km}} \times ۵۰ \text{ km} \times \frac{۱ \text{ ton}}{۱۰۰۰ \text{ kg}} = ۴۳۵۰ \text{ ton}$$

قسمت دوم: محاسبه درصد جرمی  $C_xH_y$  در آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروها:

$$\text{درصد جرمی } C_xH_y \text{ در آلاینده‌های تولید} = \frac{\text{جرم } C_xH_y}{\text{مجموع جرم آلاینده‌ها}} \times ۱۰۰ = \frac{۱/۶۷}{۸/۷} \times ۱۰۰ = ۱۹/۲$$

۱ ۲۵۷۹ B آلاینده‌های کربن دار  $C_xH_y$  و CO هستند. مقدار این آلاینده‌ها را به ازای  $۵ \times ۱۰^۶$  خودرو و طی مسافت ۱۰ کیلومتر برای هر خودرو به دست می‌آوریم.

$$\text{جرم CO تولیدی} = ۲۹۹۵۰۰ \text{ kg CO} = \frac{۱ \text{ kg CO}}{۱۰۰۰ \text{ g CO}} \times \frac{۵/۹۹ \text{ g CO}}{۱ \text{ km}} \times ۱۰ \text{ km} \times ۵ \times ۱۰^۶ \text{ خودرو}$$

$$\text{جرم } C_xH_y \text{ تولیدی} = ۸۳۵۰۰ \text{ kg } C_xH_y = \frac{۱ \text{ kg } C_xH_y}{۱۰۰۰ \text{ g } C_xH_y} \times \frac{۱/۶۷ \text{ g } C_xH_y}{۱ \text{ km}} \times ۱۰ \text{ km} \times ۵ \times ۱۰^۶ \text{ خودرو}$$

$$۲۹۹۵۰۰ - ۸۳۵۰۰ = ۲۱۶۰۰۰ \text{ kg} = ۲۱۶ \times ۱۰^۵ \text{ kg}$$

۲ ۲۵۸۰ B ابتدا مجموع جرم آلاینده‌های تولیدی به ازای طی یک کیلومتر مسافت را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع آلاینده‌ها به ازای یک کیلومتر مسافت} = ۶ + ۱/۶ + ۱ = ۸/۶g$$

قسمت اول: سپس مجموع جرم آلاینده‌ها به ازای ۲۵ کیلومتر مسافت برای یک ماه را به دست می‌آوریم:

$$۱۲۹۰۰ = \frac{۱ \text{ ton}}{۱۰۰۰ \text{ kg}} \times \frac{۸/۶ \text{ آلاینده}}{۱ \text{ km}} \times ۲۵ \text{ km} \times \frac{۲ \times ۱۰^۶ \text{ خودرو}}{۱ \text{ روز}} \times ۳ \text{ ماه} = ۱ \text{ ماه} \times \frac{۳}{۱} \times \frac{۲ \times ۱۰^۶}{۱} \times \frac{۲۵}{۱} \times \frac{۸/۶}{۱۰۰۰}$$

قسمت دوم: از جرم کل آلاینده، جرم آلاینده  $C_xH_y$  را که دارای مولکول‌های ناقصی است محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولکول ناقصی } C_xH_y \text{ در یک ماه} = ۱۲۹۰۰ \text{ ton} \times \frac{۱/۶ \text{ ton } C_xH_y}{۸/۶ \text{ ton آلاینده}} = ۲۴۰۰ \text{ ton } C_xH_y$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{۱۲۹۰۰ \times ۱/۶}{۸/۶} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{۱۲۹۰۰ \times ۱/۶}{۸/۶} = ۱۵۰۰ \times ۱/۶ = ۲۴۰۰$$

۱ ۲۵۸۱ C بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): با توجه به نمودار داده شده مقدار اوزون در ساعت ۱۰ صبح برابر  $۱۲ \text{ ppm}$  و در ساعت ۱۰ شب برابر  $۱ \text{ ppm}$  است. پس تفاوت مقدار آن‌ها برابر  $۱۱ \text{ ppm}$  می‌باشد. با توجه به چگالی هوا و حجم هوایی که در هر تنفس وارد ریه‌های یک فرد بالغ می‌شود، تفاوت جرم گاز ورودی به بدن را محاسبه می‌کنیم:

$$g \text{ air} = ۰/۵ \text{ L air} \times \frac{۱/۲ \text{ g air}}{۱ \text{ L air}} = ۰/۰۶ \text{ g air}$$

با توجه به رابطه  $\text{ppm}$ ، تفاوت مقدار اوزون وارد شده به ریه‌های فرد را به دست می‌آوریم:  $x = ۶۶ \times ۱۰^{-۹} \text{ g}$   $\Rightarrow x = ۰/۱۱ = \frac{x \text{ g } O_3}{۰/۶} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{جرم حل شونده}$

پرسش (ب): با توجه به نمودار داده شده غلظت گازهای NO و  $NO_2$  در ساعت ۷ صبح یکسان و تقریباً برابر  $۸ \text{ ppm}$  است، پس مجموع غلظت آن‌ها برابر  $۱۶ \text{ ppm}$  می‌باشد. با توجه به چگالی هوا و حجم هوایی که در هر تنفس وارد ریه‌های فرد بالغ می‌شود، جرم گاز ورودی به بدن را محاسبه می‌کنیم:

$$g \text{ air} = ۱۲ \text{ تنفس} \times \frac{۰/۵ \text{ L air}}{۱ \text{ تنفس}} \times \frac{۱/۲ \text{ g air}}{۱ \text{ L air}} = ۷/۲ \text{ g air}$$

با توجه به رابطه  $\text{ppm}$  مقدار اوزون وارد شده به ریه‌های فرد را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow ۰/۱۶ = \frac{x \text{ g}}{۷/۲} \times ۱۰^۶ \Rightarrow x = ۱/۱۵۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ g} = ۱/۱۵۲ \times ۱۰^{-۳} \text{ mg}$$

۲ ۲۵۸۲ A عبارتهای (الف) و (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف): هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب آن‌ها بی‌رنگ هستند. به همین دلیل نمی‌توان به آسانی وجود آن‌ها را تشخیص داد. عبارت (ت): پرتوهای فرسرخ، فرابنفش و دیگر پرتوها همانند پرتوهای مرئی با ماده برهم کنش دارند.

۳ ۲۵۸۳ B عبارتهای (پ)، (ت) و (ث) نادرست‌اند. بررسی عبارتهای (الف): پرتوهای تابیده شده شامل رنگ‌های سرخ، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش می‌باشند که در گستره نور مرئی قرار دارند و طول موج آن‌ها بین  $۴۰۰ \text{ nm}$  تا  $۷۰۰ \text{ nm}$  است. عبارت (ب): برهم کنش این دو ماده با امواج الکترومغناطیسی متفاوت است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ساختار آن‌ها متفاوت است. عبارت (پ): ماده (۱) فقط طول موج‌های مربوط به رنگ سرخ را جذب می‌کند. این در حالی است که ماده (۲) به جز رنگ سبز طول موج مربوط به سایر رنگ‌های موجود در پرتو تابیده شده را جذب می‌کند. عبارت (ت): ماده (۲) طول موج مربوط به رنگ سبز یعنی  $۵۰۰ \text{ تا } ۵۷۰ \text{ nm}$  را از خود عبور می‌دهد. عبارت (ث): در بین رنگ‌های موجود در طیف نور مرئی، رنگ بنفش بیشترین انرژی را دارد. ماده (۱) برخلاف ماده (۲) طول موج‌های مربوط به رنگ بنفش را از خود عبور می‌دهد.



۲۵۸۴ B ترکیب‌هایی که فرمول مولکولی یکسانی دارند الزاماً ساختار یکسانی ندارند و ممکن است گروه‌های عاملی متفاوتی داشته باشند. می‌دانیم گروه‌های عاملی متفاوت گستره متفاوتی از پرتوهای فرسرخ را جذب می‌کنند.

\* توجه: اتانول و دی‌متیل اتر ایزومر هستند و فرمول مولکولی یکسانی دارند (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) در حالی که ساختار و گروه عاملی متفاوتی دارند:



۲۵۸۵ B عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) از کاربردهای طیف‌سنجی فرسرخ هستند.

\* توجه: جرم اتم‌ها را می‌توان به‌طور غیرمستقیم و با کمک دستگاه طیف‌سنج جرمی با دقت زیاد اندازه‌گیری نمود. دستگاه طیف‌سنج را با دستگاه طیف‌سنج جرمی اشتباه نگیرید.

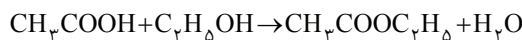
۲۵۸۶ B عبارات‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): TiO<sub>2</sub> و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> رنگ‌دانه‌های معروفی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید و قرمز را ایجاد می‌کنند. عبارت (ب): نیتینول آلیاژ هوشمندی است که از فلزهای نیکل و تیتانیوم ساخته می‌شود. عبارت (پ): یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، طیف‌سنجی فرسرخ نام دارد. با توجه به اینکه شمار، نوع و نحوه اتصال اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آن‌ها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فرسرخ را جذب می‌کند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

۲۵۸۷ B فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): نمونه (۲) پرتوهای سبز و آبی را از خود عبور داده یا بازتاب کرده و نمونه (۱) پرتوهای قرمز و نارنجی را جذب کرده است. انرژی پرتوهای سبز و آبی از پرتوهای قرمز و نارنجی بیشتر است. عبارت (ب): در این آزمایش از پرتوهای مرئی استفاده شده است، در حالی که برای شناسایی گروه‌های عاملی از پرتوهای فرسرخ استفاده می‌شود. عبارت (پ): هر ماده به رنگ پرتوایی دیده می‌شود که آن‌ها را بازتاب می‌کند یا عبور می‌دهد. عبارت (ت): موج‌های نور جذب شده توسط ماده (۱) در حدود ناحیه نارنجی و قرمز و موج‌های نور عبور داده شده توسط ماده (۲) در حدود ناحیه سبز و آبی قرار دارند؛ هر چه انرژی یک پرتو بیشتر باشد، انحراف آن هنگام عبور از منشور بیشتر است.

۲۵۸۸ C عبارات‌های دوم، سوم و چهارم نادرست‌اند. فرمول مولکولی C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O می‌تواند متعلق به اتانول یا دی‌متیل اتر باشد، اتانول به دلیل داشتن اتم هیدروژن متصل به اکسیژن در ساختار خود، قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی است در حالی که دی‌متیل اتر فاقد این توانایی است، بنابراین ماده (۱) دی‌متیل اتر و ماده (۲) اتانول است. بررسی موارد: مورد اول: درصد عبور پرتوهای فرسرخ در این دو ماده متفاوت است، که این موضوع نشان می‌دهد که ساختار دو ماده متفاوت است. مورد دوم: با توجه به اینکه برهم‌کنش این دو ماده با پرتوهای فرسرخ متفاوت است، می‌توان نتیجه گرفت که گروه‌های عاملی موجود در آن‌ها متفاوت است. مورد سوم: با توجه به نمودارها مشخص می‌شود ماده (۱) تقریباً در طول موج ۱۱۱۱ نانومتر تمام پرتوهای فرسرخ تابیده شده به خود را جذب می‌کند:

$$\frac{1}{\lambda} = 9000 \text{ cm}^{-1} \Rightarrow \lambda = 1111 \text{ nm}$$

مورد چهارم: اتانول (ماده (۲)) در واکنش با استیک اسید (اتانویک اسید) استری به نام اتیل اتانوات تولید می‌کند.

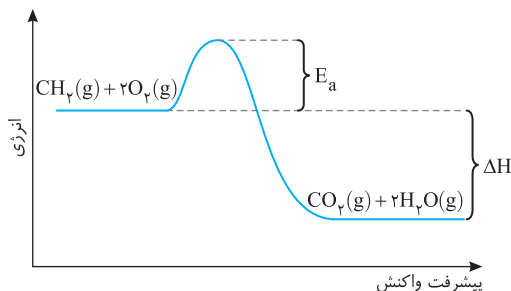


۲۵۸۹ A فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت (پ): یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است.

۲۵۹۰ A عبارات‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (پ): انرژی فعال‌سازی را با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند.

\* توجه: رابطه بین ژول و کالری به‌صورت  $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$  می‌باشد.

۲۵۹۱ B فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): سوختن مواد یک واکنش گرماده است پس سطح انرژی فرآورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است و پایداری بیشتری دارند. عبارت (ب): هر چه قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش پایدارتر باشد، سطح انرژی آن پایین‌تر بوده و تفاوت سطح انرژی آن با واکنش‌دهنده‌ها که همان انرژی فعال‌سازی است، کمتر است. البته سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها در هر دو واکنش را برابر در نظر گرفتیم. عبارت (پ): در واکنش‌های گرماده پایداری واکنش‌دهنده‌ها کمتر از فرآورده‌ها و در واکنش‌های گرماگیر پایداری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فرآورده‌ها است. عبارت (ت): در نمودار داده شده آنتالپی و انرژی فعال‌سازی به‌درستی مشخص نشده‌اند.



۲۵۹۲ B عبارات‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارات‌ها: عبارت (الف): واکنش سوختن متان یک واکنش گرماده است که به کمک جرقه یا شعله فندک و کبریت انرژی فعال‌سازی این واکنش تأمین می‌شود. عبارت (ب): مقدار  $\Delta H$  یک واکنش از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

مجموع آنتالپی‌های واکنش‌دهنده‌ها - مجموع آنتالپی‌های فرآورده‌ها  $\Delta H =$

با توجه به اینکه واکنش سوختن متان گرماده و حاصل عبارت بالا منفی است. مجموع آنتالپی‌های واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی‌های فرآورده‌ها می‌باشد. عبارت (پ): نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش این واکنش به‌صورت مقابل است.

با توجه به این نمودار می‌توان دریافت که: «اختلاف سطح انرژی قله و واکنش‌دهنده‌ها  $> \Delta H$  واکنش» اختلاف سطح انرژی قله و فرآورده‌ها» عبارت (ت): سطح انرژی فرآورده‌های واکنش پایین‌تر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌هاست، در نتیجه فرآورده‌ها پایداری بیشتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند.

۲۵۹۳ B عبارات‌های چهارم و پنجم نادرست‌اند. بررسی عبارات‌ها: عبارت اول: همه واکنش‌های سوختن گرماده هستند و در واکنش‌های گرماده سطح انرژی فرآورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها می‌باشد، در نتیجه فرآورده‌ها پایدارتر هستند. عبارت دوم: سوختن، یک واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد. واکنش‌های سوختن برای انجام شدن احتیاج به انرژی فعال‌سازی دارند. عبارت سوم: یکی از روابط محاسبه  $\Delta H$  به‌صورت زیر است. با توجه به گرماده بودن واکنش سوختن می‌توان نوشت:

$\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی‌های پیوند فرآورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$

مجموع آنتالپی‌های پیوند فرآورده‌ها  $<$  مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها  $\Rightarrow$

عبارت چهارم: رنگ نور تولید شده در اثر واکنش سوختن یک ترکیب به غلظت گاز اکسیژن محیط بستگی دارد. اگر غلظت گاز اکسیژن در محیط کافی باشد و ترکیب به‌طور کامل بسوزد، رنگ شعله آن متفاوت از حالتی خواهد بود که به علت کمبود غلظت گاز اکسیژن ترکیب به‌صورت ناقص می‌سوزد. عبارت پنجم: از شیمی یازدهم به یاد دارید که واکنش  $\text{N}_2$  و  $\text{O}_2$  که طی آن گاز NO تولید می‌شود از نوع اکسایش بوده و گرماگیر  $(\Delta H > 0)$  است.

**B ۲۵۹۴ ۲** فقط مورد (ت)، جمله را به درستی کامل نمی‌کند. بررسی موارد: **مورد (الف):** هر چه انرژی فعال‌سازی واکنش بیشتر باشد، شرایط انجام آن واکنش سخت‌تر خواهد بود و واکنش با سرعت کمتری به انجام می‌رسد. **مورد (ب):** مقدار انرژی فعال‌سازی با دمای لازم برای انجام واکنش رابطه مستقیم دارد. بنابراین هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی کمتر باشد، آن واکنش در دمای پایین‌تر و در شرایط آسان‌تر به انجام می‌رسد. **مورد (پ):** هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیشتر باشد، اختلاف سطح انرژی قله و واکنش‌دهنده‌ها در نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش بیشتر خواهد بود و واکنش برای انجام شدن به انرژی بیشتری نیاز دارد. **مورد (ت):** مقدار انرژی فعال‌سازی یک واکنش ارتباطی با مقدار گرمایی که واکنش با محیط مبادله می‌کند، ندارد. ممکن است یک واکنش انرژی فعال‌سازی پایینی داشته باشد اما در اثر انجام آن مقدار زیادی گرما با محیط مبادله شود.

**B ۲۵۹۵ ۳** تنها عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها: **عبارت‌های (الف) و (ب):** بین انرژی فعال‌سازی و سرعت رابطه وجود دارد اما این رابطه خطی نیست و از روی دو برابر بودن انرژی فعال‌سازی نمی‌توان به دو برابر بودن سرعت یک واکنش پی برد. **عبارت (ب):** با توجه به اینکه  $\Delta H$  واکنش‌ها را نداریم پس نمی‌توانیم (برگشت)  $E_a$  در واکنش (۱) و (رفت)  $E_a$  در واکنش (۲) را تعیین کنیم و نمی‌توان سرعت رفت واکنش (۲) و سرعت برگشت واکنش (۱) را مقایسه کرد. **عبارت (ت):** به دلیل کمتر بودن (رفت)  $E_a$  واکنش (۱) از (برگشت)  $E_a$  واکنش (۲) می‌توان فهمید که سرعت واکنش (۱) در جهت رفت بیشتر از سرعت واکنش (۲) در جهت برگشت است.

**B ۲۵۹۶ ۱** با افزایش دما، همهٔ موارد به‌جز مورد چهارم رخ می‌دهد. بزرگ بودن انرژی فعال‌سازی نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای تبدیل به فرآورده‌ها به انرژی زیادی نیاز دارند، از این رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر شده و با شدت بیشتری به یکدیگر برخورد می‌کنند؛ به طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فرآورده‌ها تبدیل شوند بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. با افزایش دما انرژی فعال‌سازی یک واکنش کاهش نمی‌یابد بلکه تأمین می‌شود.

**C ۲۵۹۷ ۲** عبارت‌های اول، دوم و چهارم همانند عبارت داده شده نادرست هستند. بررسی عبارت داده شده: در واکنش‌های گرماده، اندازه  $\Delta H$  می‌تواند کوچک‌تر، بزرگ‌تر یا مساوی انرژی فعال‌سازی واکنش باشد. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** انرژی فعال‌سازی یک واکنش به دما بستگی ندارد و در هر دمایی ثابت است، اما از آنجا که با افزایش دما میانگین انرژی جنبشی ذره‌های ماده نیز افزایش می‌یابد، با افزایش دما سرعت واکنش افزایش یافته و انرژی فعال‌سازی آن تأمین می‌شود. **عبارت دوم:** انرژی فعال‌سازی به گرمای مبادله شده در واکنش وابسته نیست و اندازه آن وابسته به کمیت‌های بنیادی واکنش است، یعنی واکنشی گرماگیر می‌تواند انرژی فعال‌سازی حتی کمتری نسبت به واکنش گرماده داشته باشد. **عبارت سوم:** واکنش‌دهنده‌های هر واکنش برای آغاز واکنش باید از سد انرژی فعال‌سازی آن بگذرند تا به فرآورده‌ها تبدیل شوند. انرژی فعال‌سازی در واقع مانند یک سد انرژی عمل می‌کند که فقط به گونه‌هایی که حداقل انرژی ممکن را داشته باشند اجازه عبور می‌دهد. **عبارت چهارم:** همان‌گونه که در توضیح گزینه (۲) ذکر کردیم، انرژی فعال‌سازی مستقل از میزان گرمای مبادله شده است. **عبارت پنجم:** آنتالپی یک واکنش برابر تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها است.

**B ۲۵۹۸ ۴** با توجه به نمودارهای داده شده، انرژی فعال‌سازی واکنش (۱) بیشتر از واکنش (۲) می‌باشد، بنابراین عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** واکنش فسفر سفید برخلاف هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد، پس انرژی فعال‌سازی سوختن فسفر سفید می‌بایست مقدار کمتری از انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن هیدروژن باشد، پس نمودار (۱) می‌تواند مربوط به سوختن هیدروژن و نمودار (۲) مربوط به سوختن فسفر سفید باشد. **عبارت (ب):** همهٔ واکنش‌های سوختن گرماده هستند و فرم کلی آن‌ها مشابه نمودارهای (۱) و (۲) می‌باشد. **عبارت (پ):** تغییر دما تأثیری بر انرژی فعال‌سازی واکنش ندارد و تنها کاتالیزگر می‌تواند این کمیت را تغییر دهد. **عبارت (ت):** هر چه سطح انرژی گونه‌ای پایین‌تر باشد، پایداری آن نیز بیشتر خواهد بود. در این نمودارها، قلهٔ نمودار (۱) دارای انرژی بیشتری از قلهٔ نمودار (۲) است، پس قلهٔ نمودار (۲) پایدارتر از قلهٔ نمودار (۱) می‌باشد.

**B ۲۵۹۹ ۱** موارد چهارم و پنجم نادرست‌اند. **بررسی موارد: مورد اول:** انرژی فعال‌سازی صرف شروع واکنش می‌شود و در واقع فقط صرف شدن برخی پیوندها می‌شود در حالی که مجموع انرژی پیوند مواد واکنش‌دهنده صرف شکستن کامل تمام پیوندهای واکنش‌دهنده می‌شود. **مورد دوم:** هر چه انرژی مورد نیاز برای سست کردن پیوندها (انرژی فعال‌سازی) بیشتر باشد، قطعاً انرژی مورد نیاز برای از بین بردن کامل پیوندها نیز بیشتر خواهد بود. **مورد سوم:** هر طرف که انرژی فعال‌سازی بیشتری دارد، مجموع انرژی پیوند بیشتری هم دارد و در نتیجه استحکام پیوندها هم در آن سمت بیشتر می‌باشد. **مورد چهارم:** در یک واکنش گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است.

$$\Delta H = E_a(\text{واکنش برگشت}) - E_a(\text{واکنش رفت}) > 0 \Rightarrow E_a(\text{واکنش رفت}) > E_a(\text{واکنش برگشت})$$

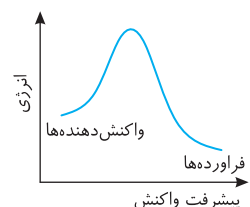
**مورد پنجم:** انرژی فعال‌سازی واکنش رفت همواره از مجموع انرژی پیوندهای مواد واکنش‌دهنده در حالت گازی کمتر است. در این واکنش مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها برابر  $316 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است؛ بنابراین  $E_a$  باید مقداری کمتر از  $316 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  باشد.

**B ۲۶۰۰ ۳** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** پایداری با انرژی رابطهٔ عکس دارد پس در واکنش گرماگیر، داریم: نمودار قله انرژی > فرآورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها: پایداری

**عبارت (ب):** در واکنش‌های گرماگیر، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها نسبت به فرآورده‌ها از قله دورتر است؛ پس انرژی فعال‌سازی واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است. **عبارت (پ):** مقدار آنتالپی ( $\Delta H$ ) از رابطهٔ  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$  به دست می‌آید و با توجه به مثبت بودن  $\Delta H$  می‌توان نتیجه گرفت که  $\Delta H > E_a(\text{رفت})$ . **عبارت (ت):** در واکنش‌های گرماگیر  $\Delta H > 0$  و  $E_a$  بزرگ‌تر از  $E_a$  (برگشت) است، پس « $\Delta H + E_a(\text{رفت})$ » از  $E_a$  (برگشت) بزرگ‌تر است. **عبارت (ث):** با توجه به کمتر بودن انرژی فعال‌سازی برگشت، سرعت واکنش برگشت بیشتر از رفت است.

**B ۲۶۰۱ ۲** عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** آنتالپی واکنش را از رابطهٔ زیر به دست می‌آورند و با توجه به منفی بودن  $\Delta H$ ، داریم:  $\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) < 0$

مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها < مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها



**عبارت (ب):** انرژی فعال‌سازی رفت کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است. **عبارت (پ):** نمودار «انرژی - پیشرفت» یک واکنش گرماده به صورت مقابل است. سطح انرژی قله نمودار به سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها نزدیک‌تر است. **عبارت (ت):** محتوای انرژی فرآورده‌ها کمتر و پایداری آن‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است. **عبارت (ث):** مجموع انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و اندازه  $\Delta H$  واکنش با انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت برابر است.

$$(\text{برگشت}) E_a = E_a(\text{رفت}) + |\Delta H| \Rightarrow \text{در واکنش‌های گرماده}$$





۲ ۲۶۰۲ A بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در شرایط یکسان، هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود. با توجه به نمودارها، واکنش (۳) از بقیه سریع‌تر است. پرسش (ب): در واکنش‌های گرماگیر، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها بالاتر است؛ لذا فقط واکنش (۲) گرماگیر است. پرسش (پ): واکنش سوختن، واکنشی گرماده است؛ بنابراین واکنش‌های (۱) و (۳) را می‌توان به واکنش سوختن نسبت داد.

۴ ۲۶۰۳ A در نمودار داده شده سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها است بنابراین واکنش گرماگیر بوده و  $\Delta H$  آن مثبت است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 79 - 38 = +41 \text{ kJ}$$

۲ ۲۶۰۴ A در اثر انجام واکنش، ۳۶ کیلوژول گرما از محیط گرفته شده پس این واکنش در جهت رفت گرماگیر ( $\Delta H = +36 \text{ kJ}$ ) است.  $\Delta H$  واکنش برگشت قرینه واکنش رفت می‌باشد بنابراین  $\Delta H = -36 \text{ kJ}$  است.  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow +36 = 76 - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 76 - 36 = 40 \text{ kJ}$

$$\Delta H = -33 / 5 \text{ kJ} \Rightarrow \begin{cases} E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = -33 / 5 \\ E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 59 \end{cases} \Rightarrow 2E_a(\text{رفت}) = 25 / 5 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 12 / 5 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{برگشت}) = 59 - E_a(\text{رفت}) = 59 - 12 / 5 = 46 / 5 \text{ kJ}$$

۴ ۲۶۰۶ B از شیمی یازدهم به یاد دارید که واکنش تولید  $\text{HI}(\text{g})$  از گاز هیدروژن ( $\text{H}_2$ ) و گاز ید ( $\text{I}_2$ ) گرماده است؛ پس  $\Delta H$  واکنش منفی ( $\Delta H < 0$ ) است. همچنین در واکنش داده شده ۲ مول  $\text{HI}(\text{g})$  تولید شده است پس باید  $2 \times 14 / 5 \text{ kJ}$  یعنی ۲۹ کیلوژول گرما در اثر انجام این واکنش آزاد شود و  $\Delta H = -29 \text{ kJ}$  است.

$$\Delta H = -29 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = -29 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - 46 = -29 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = -29 + 46 = 17 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{برگشت}} = -\Delta H_{\text{رفت}} = -(-29) = 29 \text{ kJ}$$

۲ ۲۶۰۷ B با توجه به اینکه آنتالپی هر واکنش را می‌توان از تفاضل انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت محاسبه کرد، ابتدا انرژی فعال‌سازی در جهت رفت هر واکنش را محاسبه می‌کنیم: (انرژی فعال‌سازی برگشت هر دو واکنش را A فرض می‌کنیم.)

$$\text{(I)} \quad \Delta H_1 = E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{برگشت})_1 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_1 = ((+30) + (A)) \text{ kJ}$$

$$\text{(II)} \quad \Delta H_2 = E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{برگشت})_2 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_2 = ((-30) + (A)) \text{ kJ}$$

از آنجا که A یک عدد ثابت و مثبت است، انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I) می‌بایست بیشتر از انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II) باشد. با توجه به روابط بالا می‌توان نوشت:  $E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{رفت})_2 = ((+30) + (A)) - ((-30) + (A)) = 30 + 30 = 60$

پس انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I) به اندازه ۶۰ کیلوژول بیشتر از انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II) است؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ب): در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها می‌باشد.

۲ ۲۶۰۸ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به اینکه  $E_a(\text{برگشت}) = 66 \text{ kJ}$  و  $\Delta H = -22 \text{ kJ}$  است پس

$$E_a(\text{رفت}) = 44 \text{ kJ}, \text{ در نتیجه اندازه آنتالپی واکنش، نصف انرژی فعال‌سازی واکنش رفت است. عبارت (ب): واکنش (۲) گرماگیر است و طبق رابطه محاسبه آنتالپی}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها}) > 0 \text{ داریم:}$$

$$(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) > (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها})$$

عبارت (پ): واکنش (۳) در جهت رفت گرماده و در جهت برگشت گرماگیر است اما تعداد مول‌های گاز طرفین یکسان است. عبارت (ت): سرعت واکنش رفت (تجزیه یک مول  $\text{NOCl}$ ) از سرعت واکنش برگشت (تولید یک مول  $\text{NOCl}$ ) کمتر است.

۳ ۲۶۰۹ B واکنش (I) گرماگیر و واکنش (II) گرماده است پس  $\Delta H_1 > 0$  و  $\Delta H_2 < 0$  است.

$$\Delta H_1 = +43 \text{ kJ}, \Delta H_2 = E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{برگشت})_2 = 26 - 41 = -15 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H_1 - \Delta H_2 = 43 - (-15) = 58 \text{ kJ}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در این واکنش سطح انرژی فراورده‌ها به اندازه ۴۳ کیلوژول از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها بالاتر بوده پس پایدارتر هستند. گزینه (۲): در واکنش (II) انرژی فعال‌سازی واکنش رفت برابر ۲۶ کیلوژول است یعنی قله نمودار انرژی به اندازه ۲۶ کیلوژول از سطح انرژی واکنش دهنده‌ها بالاتر است.

$$\text{گزینه (۴): } E_a(\text{برگشت})_1 = 65 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, E_a(\text{برگشت})_2 = 41 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{رفت})_2 = 43 = 99 - E_a(\text{برگشت})_1 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_1 = 99 - 43 = 56 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{برگشت})_1 - E_a(\text{برگشت})_2 = 56 - 41 = 15 \text{ kJ}$$

۲ ۲۶۱۰ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر  $\Delta H$  واکنش برابر  $-35 \text{ kJ}$  باشد، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت باید از  $35 \text{ kJ}$  بیشتر باشد و نمی‌تواند  $30 \text{ kJ}$  باشد. عبارت (ب): اگر  $\Delta H$  واکنش برابر  $17 / 5 \text{ kJ}$  باشد، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت باید بیشتر از  $17 / 5 \text{ kJ}$  باشد و می‌تواند  $30 \text{ kJ}$  باشد. عبارت (پ): در آنتالپی پیوند، اتم‌های گازی تولید می‌شود اما در واکنش برگشت داده شده، مولکول‌های هیدروژن و کلر تولید شده‌اند. عبارت (ت): سرعت واکنش رفت در واکنش‌های گرماده بیشتر از سرعت واکنش برگشت است.

۳ ۲۶۱۱ B همه عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت سوم: واکنش (۱) گرماده و واکنش (۲) گرماگیر است. از گرماده بودن واکنش (۱) نمی‌توانیم این نتیجه را بگیریم که فراورده‌های این واکنش از فراورده‌های واکنش (۲) پایدارتر هستند بلکه فقط می‌توانیم بگوییم فراورده‌های واکنش (۱) به اندازه ۲۵ کیلوژول از واکنش دهنده‌های واکنش (۱) پایدارترند. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت اول: تفاوت سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش با فراورده‌ها، همان انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است که با توجه به صورت پرسش برای هر دو یکسان است. عبارت دوم: به محاسبه‌های زیر توجه کنید:

$$\text{(۱)} \quad \Delta H_1 = E_a(\text{رفت})_1 - E_a(\text{برگشت})_1 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_1 = \Delta H_1 + E_a(\text{برگشت})_1 = -25 + 36 = 11 \text{ kJ}$$

$$\text{(۲)} \quad \Delta H_2 = E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{برگشت})_2 \Rightarrow E_a(\text{رفت})_2 = \Delta H_2 + E_a(\text{برگشت})_2 = 53 + 36 = 89 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{رفت})_2 - E_a(\text{رفت})_1 = 89 - 11 = 78 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت})_2 = E_a(\text{رفت})_1 + 78 \text{ kJ}$$

عبارت چهارم: انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش (۱) از انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش (۲) کمتر است پس در شرایط یکسان سرعت واکنش (۱) از سرعت واکنش (۲) بیشتر می‌باشد.

B ۲۶۱۲ ۲ با توجه به نمودارهای «انرژی - پیشرفت» واکنش داده شده به محاسبه آنتالپی آن‌ها می‌پردازیم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 45 - 27 = +18 \text{ kJ} \quad \text{واکنش (۱)}$$

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 13 - 34 = -21 \text{ kJ} \quad \text{واکنش (۲)}$$

انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش‌های (۱) و (۲) به ترتیب ۴۵ و ۱۳ کیلوژول می‌باشد و این مقدار ارتباطی با آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها ندارد. مقدار آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها از انرژی فعال‌سازی رفت بیشتر است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با توجه به اینکه سطح انرژی (آنتالپی) فراورده‌های واکنش (۲) پایین‌تر از فراورده‌های واکنش (۱) است، به همین دلیل فراورده‌های واکنش (۲) پایدارتر از فراورده‌های واکنش (۱) می‌باشند و همچنین اندازه آنتالپی واکنش (۲) بیشتر از اندازه آنتالپی واکنش (۱) است. گزینه (۳): از آنجا که انرژی فعال‌سازی رفت یا همان تفاوت قله نمودار انرژی با واکنش دهنده‌ها در واکنش (۲) کمتر از واکنش (۱) است، پس در شرایط یکسان سرعت واکنش (۲) نیز می‌بایست بیشتر از واکنش (۱) باشد. گزینه (۴): اختلاف مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها برابر آنتالپی واکنش است. با توجه به آنتالپی واکنش (۱) که برابر  $+18$  کیلوژول است می‌توان نتیجه گرفت که مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش دهنده‌ها به اندازه  $18$  کیلوژول بیشتر از مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها می‌باشد.

B ۲۶۱۳ ۲ عبارت‌های سوم و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش، همان انرژی فعال‌سازی است. تفاوت انرژی فعال‌سازی دو واکنش برابر  $65 \text{ kJ} (183 - 248)$  است. عبارت دوم: واکنش (I) گرماگیر است و به ازای مصرف واکنش دهنده، سامانه از محیط گرما دریافت می‌کند. (نه اینکه انرژی آزاد شود!) پس برای تعیین درستی یا نادرستی این عبارت، نیازی به انجام محاسبات نیست. عبارت سوم: انرژی فعال‌سازی واکنش (I) بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش (II) است؛ بنابراین در شرایط یکسان، سرعت واکنش (I) در جهت رفت (سرعت تشکیل گاز  $D_p$ ) کمتر از سرعت واکنش (II) در جهت رفت (سرعت مصرف گاز  $D_p$ ) است. عبارت چهارم: هر دو واکنش گرماگیر  $\Delta H > 0$  هستند، بنابراین:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده}]$$

$$\Rightarrow [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] > [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده}]$$

B ۲۶۱۴ ۴ هر دو نمودار مربوط به واکنش‌های گرماده هستند؛ لذا بدون انجام محاسبات می‌توان فهمید که گزینه (۴) نادرست است؛ زیرا در واکنش‌های گرماده انرژی آزاد می‌شود نه مصرف! بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، در شرایط یکسان آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} E_a(\text{رفت}) = 388 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - 569 = E_a(\text{رفت}) - 181 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 181 \text{ kJ} \quad \text{واکنش (۱)} \\ E_a(\text{رفت}) = 344 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{رفت}) - 90 = E_a(\text{رفت}) - 556 = E_a(\text{رفت}) \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 556 \text{ kJ} \quad \text{واکنش (۲)} \end{array} \right.$$

پس در شرایط یکسان، واکنش (۲) نسبت به واکنش (۱)، سریع‌تر انجام می‌شود. گزینه (۲): در واکنش (۱) داریم:

$$? \text{ kJ} = 40 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{181 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } O_2} = 226/25 \text{ kJ}$$

گزینه (۳): هر دو واکنش گرماده هستند و علامت جبری  $\Delta H$  واکنش‌های گرماده منفی است.

B ۲۶۱۵ ۴ همه عبارت‌ها درست‌اند. با توجه به رابطه داده شده می‌توان نوشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H \\ E_a(\text{رفت}) - 2E_a(\text{برگشت}) = 3\Delta H \end{array} \right. \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = -2\Delta H, E_a(\text{رفت}) = -\Delta H$$

می‌دانیم انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت اعدادی مثبت هستند، پس برای آن که مقدار عبارت‌های انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت عددی مثبت شود، باید آنتالپی واکنش، مقداری منفی داشته باشد و کوچک‌تر از صفر باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: از آنجا که اندازه انرژی فعال‌سازی رفت کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است، پس سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت است. عبارت دوم: آنتالپی واکنش برابر اختلاف مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها می‌باشد. از آنجا که آنتالپی واکنش مقداری منفی است، پس مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها می‌بایست بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها باشد. عبارت سوم: تفاوت سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش با واکنش دهنده‌ها معادل انرژی فعال‌سازی رفت و با فراورده‌ها معادل انرژی فعال‌سازی برگشت است. انرژی فعال‌سازی رفت در این واکنش فرضی کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است، پس تفاوت سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش نیز با واکنش دهنده‌ها کمتر از فراورده‌ها باشد. عبارت چهارم: با افزایش دما سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد.

C ۲۶۱۶ ۲ برای اینکه پرسش را حل کنیم می‌توانیم از روش دو معادله - دو مجهول استفاده کنیم. معادله اول در صورت پرسش داده شده و معادله دوم هم  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$  است.

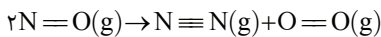
$$\left\{ \begin{array}{l} E_a(\text{رفت}) + 2E_a(\text{برگشت}) = 3\Delta H \\ E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H \end{array} \right. \xrightarrow{\text{معادله (۲) را قرینه می‌کنیم}} \left\{ \begin{array}{l} E_a(\text{رفت}) + 2E_a(\text{برگشت}) = 3\Delta H \\ -E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = -\Delta H \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\text{دو معادله را جمع می‌کنیم}} 3E_a(\text{برگشت}) = 2\Delta H \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = \frac{2}{3}\Delta H$$

$$E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = \Delta H \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = E_a(\text{برگشت}) + \Delta H = \frac{2}{3}\Delta H + \Delta H = \frac{5}{3}\Delta H$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با توجه به رابطه  $E_a(\text{رفت}) = \frac{5}{3}\Delta H$  و دانستن این نکته که  $E_a(\text{رفت})$  همواره یک عدد مثبت است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که

در این واکنش  $\Delta H > 0$  است، یعنی واکنش گرماگیر بوده و در نتیجه واکنش دهنده‌ها از فراورده‌ها پایدارترند. گزینه‌های (۳) و (۴): از آنجا که در این واکنش انرژی فعال‌سازی واکنش رفت  $2/5$  برابر انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت است، نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که سرعت واکنش رفت  $2/5$  برابر سرعت واکنش برگشت است یا برعکس بلکه فقط می‌توانیم بیان کنیم که سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت کمتر می‌باشد.



۱ ۲۶۱۷ B ساختار ترکیب‌های شرکت‌کننده در این واکنش به صورت مقابل است:

ابتدا  $\Delta H$  واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H = [\text{مجموع انرژی پیوند مواد فراورده}] - [\text{مجموع انرژی پیوند مواد واکنش دهنده}] \\ = [2(607)] - [944 + 496] = -226 \text{ kJ}$$

$$\Delta H + E_a (\text{رفت}) = (-226) + (381) = +155 \text{ kJ}$$

سپس مجموع جبری  $\Delta H$  و  $E_a$  واکنش را به دست می‌آوریم:

۳ ۲۶۱۸ A همه عبارت‌ها به جز عبارت چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده در آن‌ها صرفه اقتصادی ندارد. با استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی واکنش کاهش یافته و سرعت انجام آن افزایش می‌یابد. کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این رو می‌توان از کاتالیزگرها بارها و بارها استفاده کرد و همچنین استفاده از آن‌ها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. همان‌طور که گفته شد، کاتالیزگر سبب کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود، پس نمودارهای (الف) و (ب) را به ترتیب می‌توان به عدم حضور و حضور کاتالیزگر در واکنش فرضی  $A \rightarrow B$  نسبت داد.

۳ ۲۶۱۹ A کاتالیزگر تنها روی کمیت‌های سینتیکی واکنش تأثیرگذار است و مقدار اولیه واکنش دهنده‌ها و نهایی فراورده‌ها به مقداری از مواد که برای انجام واکنش استفاده شده، بستگی دارد و کاتالیزگر روی آن‌ها بی‌اثر است. پس نمودارهای داده شده در گزینه‌های (۲) و (۴) نادرست هستند، چرا که غلظت اولیه محلول هیدروژن پراکسید در آن‌ها متفاوت است. همچنین از آنجا که کاتالیزگر موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود، پس سرعت (شیب نمودار) واکنش در آزمایش (۱) که در غیاب کاتالیزگر صورت گرفته، باید کمتر از آزمایش (۲) باشد، پس نمودار گزینه (۳) به درستی تغییرات غلظت محلول هیدروژن پراکسید را در طی پیشرفت واکنش نمایش می‌دهد.

۲ ۲۶۲۰ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کاتالیزگرها با پایین آوردن قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش، سبب کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها می‌شوند. عبارت (ب): کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش، سرعت آن را افزایش می‌دهد. عبارت (پ): کاتالیزگر اغلب با تغییر مسیر انجام واکنش، باعث کاهش انرژی فعال‌سازی و افزایش سرعت می‌شود. عبارت (ت): کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. عبارت (ث): کاتالیزگرها تنها روی کمیت‌های سینتیکی واکنش مانند سرعت، انرژی فعال‌سازی و ... مؤثر هستند و روی سطح انرژی مواد یا میزان پیشرفت واکنش تأثیری ندارند.

۲ ۲۶۲۱ A بازدارنده، ترکیبی شیمیایی است که اضافه کردن آن به ظرف واکنش، موجب کاهش سرعت واکنش یا توقف کامل آن می‌شود. انرژی فعال‌سازی واکنش فسفر سفید با اکسیژن هوا کم است و در دمای اتاق به سادگی تأمین می‌شود. برای جلوگیری از انجام این واکنش، فسفر سفید را زیر آب نگهداری می‌کنند و آب مانع از رسیدن  $O_2$  هوا به فسفر سفید می‌شود؛ به عبارت دیگر آب در نقش بازدارنده، مانع از انجام واکنش میان فسفر سفید و گاز اکسیژن می‌شود.

۱ ۲۶۲۲ B فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در شرایط یکسان، هر چه انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، آن واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود؛ بنابراین بخش اول عبارت درست است، اما آنتالپی دو واکنش با یکدیگر متفاوت است؛ زیرا یکی از آن‌ها گرماده و دیگری گرماده است.

$$\Delta H = E_a (\text{رفت}) - E_a (\text{برگشت}) \Rightarrow \text{واکنش (I)}: \Delta H = 165 - 200 = -35 \text{ kJ}, \quad \text{واکنش (II)}: \Delta H = 65 - 35 = 30 \text{ kJ}$$

عبارت (ب): واکنش (I) در جهت رفت گرماده است. در این واکنش انرژی فعال‌سازی برگشت از رفت بیشتر است؛ پس در شرایط یکسان، سرعت آن در جهت برگشت کمتر از واکنش رفت است.

\* توجه به طور کلی در واکنش‌های گرماده سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است، در حالی که در واکنش‌های گرماگیر برعکس آن برقرار است.

عبارت (پ): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه (نه به یک نسبت) کاهش می‌دهد اما بر آنتالپی واکنش تأثیری ندارد. عبارت (ت): در واکنش‌های گرماگیر (واکنش (II)) برخلاف واکنش‌های گرماده (واکنش (I))، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها بیشتر است.

۲ ۲۶۲۳ B عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و چهارم: واکنش (II) نسبت به واکنش (I) انرژی فعال‌سازی کمتری دارد؛ بنابراین تشکیل فراورده در واکنش (II) آسان‌تر از واکنش (I) است و در شرایط مناسب دو واکنش، یک مول  $O_2$  (فراورده واکنش (II)) سریع‌تر از یک مول  $Cl_2$  (فراورده واکنش (I)) تولید می‌شود. عبارت دوم: اگر در واکنش (I) از کاتالیزگر استفاده شود، مقدار  $a$  کاهش پیدا می‌کند؛ در نتیجه مقدار  $(a-b)$  کوچک‌تر می‌شود.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a (\text{رفت}) - E_a (\text{برگشت}) = d - c$$

عبارت سوم: آنتالپی واکنش (II) برابر  $(d-c)$  است.

عبارت پنجم: چون  $E_a$  واکنش (I) بیشتر از  $E_a$  واکنش (II) است، انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش (I) به طور حتم برای انجام واکنش (II) نیز کافی است.

۳ ۲۶۲۴ B عبارت‌های سوم و پنجم، جمله را به دستی کامل نمی‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: استفاده از کاتالیزگر روی آنتالپی واکنش تأثیری ندارد و نمی‌تواند آن را تغییر دهد. عبارت دوم: کاتالیزگر با کاهش سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش پایداری آن را افزایش می‌دهد. عبارت سوم: استفاده از کاتالیزگر، تأثیری بر میزان انرژی ذرات واکنش دهنده و فراورده ندارد، بلکه کاتالیزگر با کاهش مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش باعث عبور تعداد بیشتری از ذره‌های واکنش دهنده از سد انرژی شده و به همین دلیل سرعت واکنش را افزایش می‌دهد. عبارت چهارم: کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش و سرعت واکنش رفت و برگشت را به یک نسبت افزایش می‌دهد. عبارت پنجم: کاتالیزگر سرعت رسیدن به مقدار مشخصی فراورده را افزایش می‌دهد ولی به میزان فراورده نهایی تأثیری ندارد.

۱ ۲۶۲۵ B کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت باعث افزایش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و کاهش زمان انجام واکنش می‌گردد، اما تأثیری روی مقدار فراورده‌های واکنش ندارد. همچنین از آنجا که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد، اختلاف انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت تغییری نمی‌کند. نسبت انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت نیز با استفاده از کاتالیزگر می‌تواند کاهش یا افزایش یابد، برای مثال اگر در غیاب کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت به ترتیب ۱۰۰ و ۶۰ کیلوژول باشند و پس از حضور کاتالیزگر هر کدام از آن‌ها ۲۰ کیلوژول کاهش یابند، نسبت انرژی فعال‌سازی واکنش رفت به واکنش برگشت افزایش می‌یابد.

از  $\frac{100}{60}$  به  $\frac{100}{40}$ ، اما اگر این اعداد را جابه‌جا کنیم و انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به ترتیب ۶۰ و ۱۰۰ کیلوژول در نظر بگیریم و پس از حضور کاتالیزگر هر کدام از آن‌ها ۲۰ کیلوژول کاهش یابند، نسبت انرژی فعال‌سازی واکنش رفت به واکنش برگشت کاهش می‌یابد (از  $\frac{60}{100}$  به  $\frac{40}{80}$ ). با این توضیحات دو مورد از کمیت‌های داده شده افزایش و یک مورد کاهش می‌یابد.

۳ ۲۶۲۶ B عبارت‌های دوم، سوم و چهارم همانند عبارت داده شده نادرست هستند. بررسی عبارت داده شده: کاتالیزگرها عامل سینتیکی هستند و فقط می‌توانند واکنش‌های انجام‌پذیر را با سرعت بالاتری به انجام برسانند بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: کاتالیزگر می‌تواند، شکل نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش را تغییر دهد. عبارت دوم: استفاده از کاتالیزگر مسیر انجام واکنش را الزاماً کوتاه نمی‌کند، در واقع می‌توان گفت کاتالیزگر ممکن است مسیر انجام واکنش را کوتاه یا بلند کند، ولی همواره واکنش در حضور کاتالیزگر از مسیری پیشرفت می‌کند که نیاز به انرژی فعال‌سازی کمتری داشته باشد تا با سرعت بیشتری انجام شود. عبارت سوم: کاتالیزگر (رفت)  $E_a$  و (برگشت)  $E_a$  را به یک اندازه کاهش می‌دهد، اما نمی‌توان گفت که (رفت)  $\bar{R}$  و (برگشت)  $\bar{R}$  را به یک اندازه افزایش می‌دهد. عبارت چهارم: کاتالیزگر شیب نمودار «غلظت - زمان» و پایداری ذره موجود در قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش را افزایش می‌دهد، اما تأثیری بر مقدار محتوای انرژی مواد ندارد.

**نکته ترکیبی** تأثیر کاتالیزگرها بر متغیرهای مختلف واکنش:

- **کاهش:** کاتالیزگرها انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت، سطح انرژی قله نمودار، زمان انجام واکنش و اتلاف منابع انرژی را کاهش می‌دهند.
- **بدون تغییر:** کاتالیزگرها نوع و مقدار فراورده‌ها، سطح انرژی فراورده‌ها و واکنش دهنده‌ها آنتالپی واکنش، انجام‌پذیری یا انجام ناپذیری واکنش، میزان پیشرفت نهایی واکنش و ثابت تعادل آن (در واکنش‌های تعادلی) را نمی‌توانند تغییر دهند.
- **افزایش:** کاتالیزگرها سرعت واکنش، پایداری قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و شیب نمودار «مول - زمان» را افزایش می‌دهند.

موارد (ب) و (پ) عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی موارد:** **مورد (الف):** کاتالیزگر بر پایداری واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها و مقدار نهایی فراورده‌ها بی‌تأثیر هستند. **موارد (ب) و (پ):** کاتالیزگر بر کمیت‌های سینتیکی همچون سرعت و انرژی فعال‌سازی اثر دارد اما نمی‌تواند  $\Delta H$  واکنش که کمیتی ترمودینامیکی است یا مقادیر استوکیومتری را دستخوش تغییر کند. **مورد (ت):** استفاده از کاتالیزگر در یک واکنش، انرژی فعال‌سازی آن را کاهش داده و در نتیجه سرعت انجام واکنش کاهش می‌یابد؛ بنابراین واکنش در زمان کوتاه‌تری به مقدار معینی فراورده می‌رسد. همان‌طور که می‌دانید کاتالیزگرها تأثیری بر آنتالپی واکنش دهنده‌ها یا فراورده‌ها ندارند.

**۲ ۲۶۲۸ B** معادله واکنش بین گازهای  $H_2$  و  $O_2$  که همان واکنش سوختن گاز هیدروژن است، به صورت  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$  می‌باشد.  $\Delta H$  این

واکنش بسیار منفی بوده و در اثر انجام آن، گرمای زیادی آزاد می‌شود. اما توجه داشته باشید که رابطه خاصی بین  $\Delta H$  یک واکنش با  $E_a$  آن وجود ندارد. عامل مهم در میزان سرعت نسبی یک واکنش انرژی فعال‌سازی آن است. از آنجا که انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است، با آن که واکنش بسیار گرماده می‌باشد، سرعت انجام آن در دمای اتاق بسیار کم است. اما اگر با زدن یک جرقه و دادن یک انرژی اولیه به آن، انرژی فعال‌سازی آن را تأمین کنیم، واکنش سوختن کاملاً انفجاری انجام می‌شود.

**۳ ۲۶۲۹ B** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** این واکنش در دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود (سرعت ناچیز).

**عبارت (ب):** ایجاد جرقه در مخلوط گازها باعث انجام شدن واکنش به صورت انفجاری می‌شود، که این اتفاق به دلیل نقش کاتالیزگری آن نمی‌باشد. **عبارت (پ):** آنتالپی واکنش در هر شرایطی چه با حضور کاتالیزگر چه بدون حضور کاتالیزگر یکسان است. **عبارت (ت):** واکنش در اثر ایجاد جرقه در مخلوط گازها و در اثر حضور توری پلاتینی به صورت انفجاری انجام می‌شود، اما در حضور پودر روی واکنش به صورت سریع انجام شده و سرعت کمتری از واکنش قبلی دارد.

**نکته ترکیبی** کاتالیزگرهای کنکور در یک نگاه!

ردیف	واکنش	کاتالیزگر	آدرس
۱	واکنش سوختن هیدروژن: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$	فلزهای روی و پلاتین	فصل ۲ دهم و فصل ۴ دوازدهم
۲	فرایند هابر: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$	ورقه آهن	فصل ۲ دهم و فصل ۴ دهم
۳	واکنش اتن با آب و تولید اتانول: $C_2H_4(g) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH(aq)$	سولفوریک اسید	فصل ۱ یازدهم
۴	سیر شدن ۱- هگزن با هیدروژن و تولید هگزان: $C_6H_{12}(l) + H_2(g) \rightarrow C_6H_{14}(l)$	نیکل	فصل ۱ یازدهم
۵	تجزیه هیدروژن پراکسید به آب و اکسیژن: $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$	یون یدید ( $I^-$ )	فصل ۲ یازدهم
۶	هضم کلم و حبوبات	برخی آنزیم‌های گوارشی	فصل ۲ یازدهم
۷	واکنش‌های تولید یا آبکافت استرها: $RCOOH + R'OH \xrightleftharpoons[\text{آبکافت استر}]{\text{تولید استر}} RCOOR' + H_2O$	سولفوریک اسید	فصل ۳ یازدهم
۸	تبدیل نشاسته به گلوکز: گلوکز + آب → نشاسته	آنزیم‌های گوارشی	فصل ۳ یازدهم
۹	واکنش تولید ۱ و ۲- دی‌کلروانان از اتن و گاز کلر: $C_2H_4(g) + Cl_2(g) \rightarrow C_2H_4Cl_2(g)$	آهن (III) کلرید	فصل ۳ یازدهم
۱۰	سوختن قند: $C_6H_{12}O_6(g) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g)$	خاک باغچه	فصل ۲ یازدهم
۱۱	واکنش تولید پلی‌اتن با جرم‌های مولی متفاوت: $C_2H_4(g) \rightarrow -(C_2H_4)_n-$	تیتانیوم و آلومینیم و تغییر نسبت‌های مولی آن‌ها	فصل ۳ یازدهم
۱۲	انجام نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن	آند و کاتد به همراه کاتالیزگر	فصل ۲ دوازدهم
۱۳	حذف آلاینده‌ها در مبدل‌های کاتالیستی: $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ $C_xH_y(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$	پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rh)	فصل ۴ دوازدهم

**۳ ۲۶۳۰ A** سرعت واکنش (۱) ناچیز است، پس بیشترین انرژی فعال‌سازی را دارد. واکنش (۳) به صورت انفجاری بوده و در نتیجه کمترین انرژی فعال‌سازی را دارد.

واکنش (۲) به صورت سریع انجام می‌شود و انرژی فعال‌سازی آن بین این دو حالت قرار دارد.



**۴ ۲۶۳۱ B** همه عبارتها درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مقدار آنتالپی واکنش به حضور یا عدم حضور کاتالیزگر بستگی ندارد و در هر دو حالت یکسان است. عبارت دوم: کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فرآورده‌ها تبدیل شوند. عبارت سوم: در حضور توری پلاتینی واکنش به‌صورت انفجاری و در حضور پودر روی واکنش سریع پیشرفت می‌کند. این امر نشان‌دهنده این است که توری پلاتینی نسبت به پودر روی انرژی فعال‌سازی واکنش را بیشتر کاهش می‌دهد و سبب می‌شود که واکنش آسان‌تر و با سرعت بالاتر به انجام برسد. اختلاف سطح انرژی قله نمودار و واکنش‌دهنده‌ها نشان‌دهنده انرژی فعال‌سازی است. عبارت چهارم: محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده در واکنش در اثر ایجاد جرقه، در حضور کاتالیزگر یا بدون حضور کاتالیزگر یکسان می‌باشد. عبارت پنجم: روی (Zn) و پلاتین (Pt) کاتالیزگرهای این واکنش هستند.  $E^\circ$  پلاتین بزرگ‌تر از  $E^\circ$  روی است. پس در سلول گالوانی حاصل از نیم‌سلول استاندارد آن‌ها، پلاتین کاتد و روی آنود است و الکترون از آنود (تیغه روی) که جرم مولی کمتری دارد به کاتد (تیغه پلاتینی) که جرم مولی بیشتری دارد، جریان می‌یابد.

**۳ ۲۶۳۲ B** در نمودار داده شده، انرژی فعال‌سازی رفت برابر  $102 \text{ kJ}$  و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت برابر  $48 \text{ kJ}$  است. می‌دانیم که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد. در گزینه (۳)،  $E_a$  (رفت) و  $E_a$  (برگشت) هر دو در حضور کاتالیزگر به میزان  $13 \text{ kJ}$  کاهش یافته‌اند.

**۲ ۲۶۳۳ B** ابتدا (برگشت)  $E_a$  را در غیاب کاتالیزگر به دست می‌آوریم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -45 = 30 - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 30 + 45 = 75 \text{ kJ}$$

در حضور کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت هر دو به یک‌اندازه کاهش می‌یابند. با توجه به اینکه در حضور کاتالیزگر (رفت)  $E_a$  به اندازه  $14$  کیلوژول کاهش یافته، پس (برگشت)  $E_a$  هم به همین میزان کاهش می‌یابد.  $E_a(\text{برگشت}) = 75 - 14 = 61 \text{ kJ}$  (در حضور کاتالیزگر) می‌توانیم در مسیر بدون کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت ( $E_a$ ) را در غیاب کاتالیزگر حساب کنیم:

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow +92 = E_a(\text{رفت}) - 44 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = 136 \text{ kJ}$$

انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت در حضور و در غیاب کاتالیزگر، به ترتیب  $44$  و  $31$  کیلوژول است، یعنی کاتالیزگر (برگشت)  $E_a$  را به اندازه  $13$  کیلوژول بر مول ( $44 - 31$ ) کاهش داده است. با توجه به اینکه کاتالیزگر (رفت)  $E_a$  و (برگشت)  $E_a$  را به یک‌میزان کاهش می‌دهد، پس (رفت)  $E_a$  در حضور کاتالیزگر برابر  $123$  کیلوژول ( $136 - 13$ ) است. در ضمن، کاتالیزگر  $\Delta H$  واکنش را تغییر نمی‌دهد.

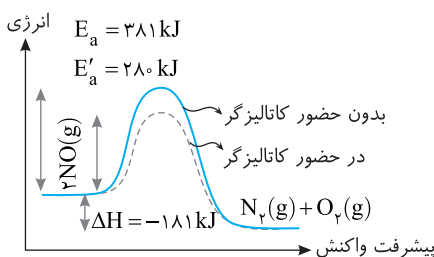
**۲ ۲۶۳۵ B** ابتدا میزان کاهش (رفت)  $E_a$  را حساب می‌کنیم:

$$\frac{4}{100} \times 75 = 3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

در حضور کاتالیزگر

کاتالیزگر، (رفت)  $E_a$  و (برگشت)  $E_a$  را به یک‌میزان کاهش می‌دهد، پس در حضور کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت هم به میزان  $3 \text{ kJ}$  کاهش یافته و به  $72 \text{ kJ}$  ( $75 - 3$ ) می‌رسد.

**۲ ۲۶۳۶ B** استفاده از کاتالیزگر در واکنش‌های شیمیایی باعث کم شدن انرژی فعال‌سازی واکنش و در نتیجه افزایش سرعت واکنش می‌شود اما تغییری در محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها و همچنین آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند. با توجه به گرماده بودن واکنش، می‌توان نتیجه گرفت که در این واکنش محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها از فرآورده‌ها بالاتر است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): استفاده از کاتالیزگر تغییری در محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها و آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند. گزینه (۳): با توجه به کمتر بودن سطح انرژی فرآورده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایدارترند، اما استفاده از کاتالیزگر تغییری در  $\Delta H$  واکنش و گرمای آزاد شده ایجاد نمی‌کند. گزینه (۴): استفاده از کاتالیزگر باعث افزایش سرعت واکنش و در نتیجه افزایش سرعت تولید گاز  $\text{O}_2$  می‌شود اما همان‌طور که گفته شده کاتالیزگر تاثیری در محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده در واکنش و در نتیجه پایداری آن‌ها ندارد.



**★ نکته** با استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت، انرژی فعال‌سازی برگشت، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها، سرعت تولید فرآورده‌ها و مدت زمان پایان یافتن واکنش تغییر می‌کند اما استفاده از کاتالیزگر تغییری در نوع و مقدار فرآورده‌های تولید شده، پایداری و محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها، مقدار گرمای آزاد یا جذب شده و آنتالپی واکنش ایجاد نمی‌کند.

**۱ ۲۶۳۷ B** با استفاده از  $\Delta H$  واکنش و مجموع (رفت)  $E_a$  و (برگشت)  $E_a$  که در صورت پرسش داده شده، (رفت)  $E_a$  و (برگشت)  $E_a$  در غیاب کاتالیزگر قابل محاسبه هستند.

$$\left. \begin{aligned} \Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 42 \\ E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 102 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2E_a(\text{رفت}) = 144 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) = \frac{144}{2} = 72 \text{ kJ} \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 102 - 72 = 30 \text{ kJ}$$

$$\frac{E_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{برگشت})} = \frac{30}{9} \Rightarrow \frac{E_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{برگشت})} = \frac{27}{9} \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 27 \text{ kJ}$$

با استفاده از کاتالیزگر (برگشت)  $E_a$  از  $30 \text{ kJ}$  به  $27 \text{ kJ}$  کاهش یافته، یعنی کاتالیزگر (برگشت)  $E_a$  را به میزان  $3 \text{ kJ}$  کاهش داده، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که (رفت)  $E_a$  در حضور کاتالیزگر به اندازه  $3 \text{ kJ}$  کاهش یافته و از  $72 \text{ kJ}$  به  $69 \text{ kJ}$  می‌رسد.  $E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 69 + 27 = 96 \text{ kJ}$  در حضور کاتالیزگر



۲ ۲۶۳۸ B با توجه به سؤال، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت قبل استفاده از کاتالیزگر ۳ برابر و بعد از آن ۴ برابر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت می‌باشد، از طرفی استفاده از کاتالیزگر اثری بر مقدار  $\Delta H$  ندارد؛ بنابراین آنتالپی واکنش قبل و بعد از استفاده از کاتالیزگر یکسان است:

$$\begin{cases} \text{برگشت) } E'_a - E_a(\text{رفت) } = E'_a - E_a(\text{رفت) } \\ \text{برگشت) } E'_a - E_a(\text{رفت) } = E'_a - E_a(\text{رفت) } \end{cases} \quad \Delta H_1 = \Delta H_2 \rightarrow E_a(\text{رفت) } - E_a(\text{برگشت) } = E'_a(\text{رفت) } - E'_a(\text{برگشت) } \\ \text{حالت (۱): } \Delta H_1 = E_a(\text{رفت) } - E_a(\text{برگشت) } \\ \text{حالت (۲): } \Delta H_2 = E'_a(\text{رفت) } - E'_a(\text{برگشت) } \\ \frac{E_a(\text{برگشت) } = 3E_a(\text{رفت) }}{E'_a(\text{برگشت) } = 4E'_a(\text{رفت) }} \rightarrow E_a(\text{رفت) } - 3E_a(\text{رفت) } = E'_a(\text{رفت) } - 4E'_a(\text{رفت) } \Rightarrow 2E_a(\text{رفت) } = 3E'_a(\text{رفت) } \Rightarrow E'_a(\text{رفت) } = \frac{2}{3}E_a(\text{رفت) } \\ \frac{E'_a(\text{رفت) } - E_a(\text{رفت) }}{E_a(\text{رفت) }} \times 100 = \frac{\frac{2}{3}E_a(\text{رفت) } - E_a(\text{رفت) }}{E_a(\text{رفت) }} \times 100 = 33\% \end{cases}$$

$$\text{علامت منفی نشان دهنده کاهش است؛ پس در صورت استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت به میزان } 33\% \text{ کاهش می‌یابد.}$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن برابر یک است، سرعت تولید آن با سرعت واکنش برابر است.

۲ ۲۶۳۹ B

$$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) \quad \bar{R}(O_2) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \quad ? \text{ mol } O_2 = 3.0 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{0.4 \text{ mol } O_2}{1 \text{ min}} = 0.2 \text{ mol } O_2$$

در حضور کاتالیزگر، سرعت واکنش افزایش یافته و زمان انجام واکنش کمتر از ۳۰ ثانیه خواهد بود. از طرف دیگر، با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد. بنابراین تعداد مول  $O_2$  تولید شده در ۱۰ ثانیه اول بیشتر از ۱۰ ثانیه دوم می‌باشد.

۲ ۲۶۴۰ B عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. با توجه به اطلاعات سؤال می‌توان دریافت که  $E_a = 38.0 \text{ kJ}$  و  $\Delta H = -18.0 \text{ kJ}$  است. بررسی عبارت‌ها:

$$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g) + 18.0 \text{ kJ} \quad \text{عبارت (الف): معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:}$$

$$? \text{ mol } N_2 = 0.25 \text{ mol } NO \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } NO} = 0.125 \text{ mol } N_2, \quad ? \text{ kJ} = 0.25 \text{ mol } NO \times \frac{18.0 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } NO} = 2.25 \text{ kJ} \quad \text{روش اول (کسر تبدیل):}$$

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{مول } N_2 \text{ تولیدی}}{\text{مول } NO} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x \text{ mol } N_2}{0.25} = \frac{Q}{18.0} \Rightarrow x = 0.125 \text{ mol } N_2, Q = 2.25 \text{ kJ}$$

عبارت (ب): در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است. عبارت (ت): تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها همان  $\Delta H$  واکنش است که کاتالیزگر تأثیری روی مقدار آن ندارد.

۲ ۲۶۴۱ C قسمت اول: استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک‌میزان کاهش می‌دهد؛ بنابراین ۵۰ درصد  $E_a$  (رفت) برابر است با ۶/۲۵ درصد

$$\frac{50}{100} E_a(\text{رفت) } = \frac{6}{25} E_a(\text{برگشت) } \Rightarrow 8E_a(\text{رفت) } = E_a(\text{برگشت) } \quad \text{برگشت) } E_a$$

از طرفی  $E_a$  (رفت) در حضور کاتالیزگر به اندازه ۱۰۰ کیلوژول از  $E_a$  (رفت) در غیاب آن کمتر است؛ پس خواهیم داشت:

$$\begin{cases} E'_a(\text{رفت) } = \frac{100-50}{100} E_a(\text{رفت) } \\ E'_a(\text{رفت) } = E_a(\text{رفت) } - 100 \Rightarrow E_a(\text{رفت) } = 200 \text{ kJ} \end{cases} \Rightarrow E_a(\text{برگشت) } = 8E_a(\text{رفت) } = 8(200 \text{ kJ}) = 1600 \text{ kJ}$$

اکنون داریم:



$$? \text{ g } CH_4 = 1400 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{896 \text{ kJ}} \times \frac{16 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 250 \text{ g } CH_4 \quad \text{روش اول (کسر تبدیل):}$$

$$\frac{\text{جرم مولی } CH_4 \times \text{ضریب}}{\Delta H} = \frac{Q}{1 \times 16} \Rightarrow \frac{x}{896} = \frac{1400}{16} \Rightarrow x = 250 \text{ g } CH_4 \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

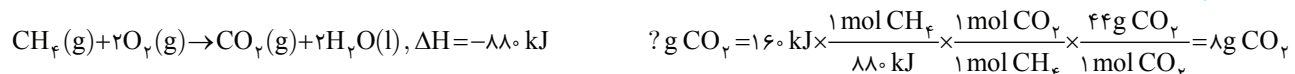
۱ ۲۶۴۲ C ابتدا باید محاسبه کنیم که با کاربرد کاتالیزگر در این فرایند به ازای تبدیل یک کیلوگرم گازوئیل به فرآورده‌های مورد نظر چند کیلوژول گرما صرفه‌جویی می‌شود:

$$Q = m.c.\Delta\theta = 1000 \times 0.8 \times (700 - 500) = 160000 \text{ J} = 160 \text{ kJ}$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: حال باید محاسبه کنیم که این مقدار گرما از سوختن چند لیتر گاز متان حاصل می‌شود:

$$? \text{ L } CH_4 = 160 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{880 \text{ kJ}} \times \frac{22.4 \text{ L } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} \approx 40.7 \text{ L } CH_4$$

قسمت دوم: معادله موازنه شده واکنش سوختن متان به صورت زیر است:



$$\frac{Q}{|\Delta H|} = \frac{x \text{ L } CH_4}{22.4} = \frac{y \text{ g } CO_2}{44} \Rightarrow \frac{160}{880} = \frac{x \text{ L } CH_4}{22.4} = \frac{y \text{ g } CO_2}{44} \Rightarrow x = 40.7 \text{ L } CH_4, y = 8 \text{ g } CO_2 \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$



عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **۲ ۲۶۴۳** C

$$E_a(\text{برگشت}) = 1/5 E_a(\text{رفت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 1/3 E_a(\text{رفت}) \Rightarrow 1/2 E_a(\text{برگشت}) = 1/8 E_a(\text{رفت})$$

$$E_a(\text{رفت}) + E_a(\text{برگشت}) = 2/5 E_a(\text{برگشت}) = 1250 \Rightarrow E_a(\text{برگشت}) = 500 \text{ kJ}, E_a(\text{رفت}) = 750 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) = 750 - 500 = 250 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{رفت}) = E_a(\text{برگشت}) - 2 E_a(\text{رفت}) = 750 - 2(750) = 600 \text{ kJ}$$

$$E_a(\text{برگشت}) = E_a(\text{رفت}) - 3 E_a(\text{برگشت}) = 500 - 3(500) = 350 \text{ kJ}$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $E_a(\text{رفت}) = 750 \text{ kJ}$  و  $E_a(\text{برگشت}) = 500 \text{ kJ}$  و نسبت آن‌ها برابر  $1/5$  و واکنش گرماگیر است، زیرا  $\Delta H = +250 \text{ kJ}$ .

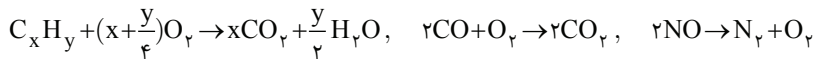
عبارت (ب):  $\Delta H = 250 \text{ kJ}$  و  $E_a(\text{برگشت}) = 500 \text{ kJ}$  و نسبت آن‌ها برابر  $1/5$  است. عبارت (ب):  $E_a = 750 \text{ kJ}$  و  $E_a(\text{رفت}) = 600 \text{ kJ}$  و  $E_a(\text{رفت})$  و

تفاوت آن‌ها برابر  $150 \text{ kJ}$  است. عبارت (ت):  $E_a(\text{رفت}) = 600 \text{ kJ}$  و  $E_a(\text{برگشت}) = 500 \text{ kJ}$  و نسبت آن‌ها برابر  $1/2$  است.

عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):  $\text{SO}_p$  در میان گازهای خروجی از آگزوز خودروها وجود ندارد. **۲ ۲۶۴۴** B

پس از خروج از آگزوز خودروها در هوا کره، طی واکنش با اکسیژن، گاز  $\text{SO}_p$  را تولید می‌کند. عبارت (ب): استفاده از سوخت‌های فسیلی با کیفیت، میزان آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها را تا حدودی کاهش می‌دهد، اما نمی‌تواند باعث کاهش میزان آلاینده‌های  $\text{CO}$ ،  $\text{NO}$  و  $\text{C}_x\text{H}_y$  شود.

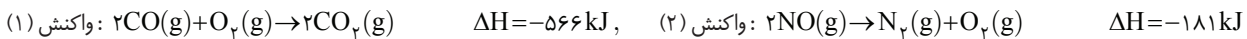
شکل داده شده، مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. در این مبدل کاتالیستی واکنش‌های زیر انجام می‌شود: **۳ ۲۶۴۵** A



طبق واکنش‌های بالا مشخص است که در این مبدل‌ها هیدروکربن‌ها و گاز کربن مونوکسید می‌سوزند و گاز نیتروژن مونوکسید به گازهای نیتروژن و اکسیژن تجزیه می‌شود.

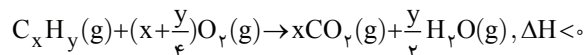
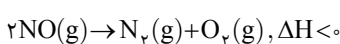
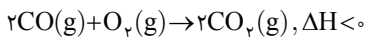
همه عبارت‌ها به‌جز عبارت (پ) درست است. واکنش (۱) به حذف کربن مونوکسید و واکنش (۲) به حذف نیتروژن مونوکسید مربوط هستند. این **۳ ۲۶۴۶** B

واکنش‌ها به دلیل انرژی فعال‌سازی زیاد، در دمای پایین انجام نمی‌شوند و یا بسیار کند هستند. معادله واکنش‌های انجام شده به‌صورت زیر است:



در اثر تولید ۲ مول فراورده در واکنش (۱) مقدار ۵۶۶ کیلوژول و در اثر تولید ۲ مول فراورده در واکنش (۲) مقدار ۱۸۱ کیلوژول گرما آزاد می‌شود که اختلاف آن‌ها ۳۸۵ کیلوژول است. بررسی عبارت (ت): انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (۲) برابر ۳۸۱ کیلوژول و انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (۱) برابر ۳۳۴ کیلوژول است، پس سرعت رفت واکنش (۱) کمتر است، اما انرژی فعال‌سازی واکنش‌های برگشت (۱) و (۲) به‌ترتیب ۹۰۰ و ۵۶۲ کیلوژول است، پس سرعت برگشت واکنش (۲) بیشتر است.

واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌ها درون یک مبدل کاتالیستی به‌صورت زیر است: **۳ ۲۶۴۷** B

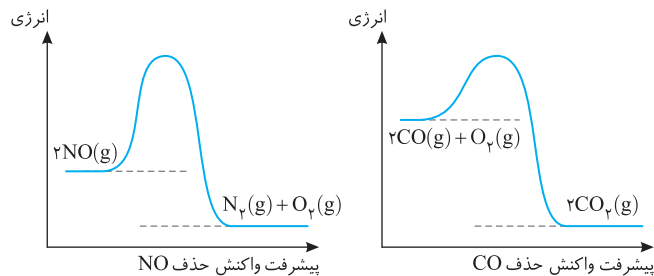


کاتالیزورها اغلب به‌صورت اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند و سرعت هر کدام از این سه واکنش توسط یک کاتالیزگر خاص افزایش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): هر سه واکنش  $\Delta H < 0$  دارند و گرماده هستند. گزینه (۲): واکنش‌های مربوط به حذف گازهای  $\text{CO}$  و  $\text{NO}$  انرژی فعال‌سازی زیاد دارند و در دمای پایین یا انجام نمی‌شوند و یا بسیار کند انجام می‌شوند. گزینه (۴): در هر سه واکنش، رابطه مقابل برقرار است:

واکنش دهنده‌ها > فراورده‌ها: مقایسه پایداری  $\Rightarrow$  واکنش دهنده‌ها < فراورده‌ها: مقایسه سطح انرژی

موارد اول، سوم و چهارم برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیستند. نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش مربوط به واکنش‌های حذف گازهای  $\text{CO}$  و **۳ ۲۶۴۸** B

$\text{NO}$  به‌صورت زیر است:



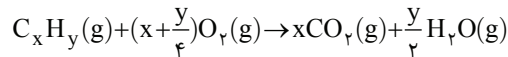
بررسی موارد: مورد اول: در واکنش مربوط به حذف گاز  $\text{NO}$ ، سرعت واکنش رفت (تجزیه  $\text{NO}(\text{g})$ ) بیشتر از سرعت واکنش برگشت (تولید  $\text{NO}(\text{g})$ ) است، زیرا (رفت)  $E_a$

کمتر از (برگشت)  $E_a$  است. مورد دوم: اختلاف سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و فراورده‌ها برابر با  $E_a$  (برگشت) و اختلاف سطح انرژی قله نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش و واکنش دهنده‌ها برابر با  $E_a$  (رفت) است. در واکنش حذف گاز  $\text{CO}$ ، (برگشت)  $E_a$  بزرگ‌تر از (رفت)  $E_a$  است. مورد سوم: هر دو واکنش

انرژی فعال‌سازی زیادی دارند و برای انجام شدن آن‌ها باید از کاتالیزگر استفاده کرد. مورد چهارم: واکنش حذف هیدروکربن‌های نسوخته گرماده است. در نتیجه (برگشت)  $E_a$

بزرگ‌تر از (رفت)  $E_a$  است. مورد پنجم: برای حذف  $\text{CO}$  و  $\text{C}_x\text{H}_y$  گاز اکسیژن مصرف می‌شود. این در حالی است که در واکنش حذف  $\text{NO}$ ، گاز اکسیژن تولید می‌شود.

**B ۲۶۴۹ ۲** شکل یک مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. گازهای NO، CO و هیدروکربن‌های نسوخته مولکول‌های ورودی به قطعه و گازهای  $N_p$ ،  $O_p$  و  $CO_p$  خروجی‌های این قطعه هستند. عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (الف): در میان مولکول‌های وارد شده به قطعه، CO و در میان مولکول‌های خارج شده از قطعه،  $N_p$  دارای پیوند سه‌گانه است. عبارت (ب): NO در واکنش تولید اوزون ترپروفسفری به همراه اوزون تولید می‌شود. عبارت (پ):  $CO_p$  در واکنش حذف انواع هیدروکربن‌ها و در واکنش حذف گاز کربن مونواکسید تولید می‌شود.



عبارت (ت): هیدروکربن‌های وارد شده به قطعه، مخلوطی از چند مولکول مختلف هستند، نه فقط مولکول  $C_8H_{18}$  که فرمول مولکولی میانگین ترکیب‌های موجود در بنزین است.

**B ۲۶۵۰ ۴** فقط عبارت چهارم نادرست است. با توجه به جدول نشان داده شده می‌توان دریافت که در حضور قطعه A، مقدار زیادی از آلاینده‌ها نمی‌توانند وارد هواگره شوند و این امر نشان می‌دهد که این قطعه کار خود را با بازدهی بالایی انجام می‌دهد. عملکرد این قطعه وابسته به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن است. در این قطعه ۳ نوع کاتالیزگر وجود دارد که هر کدام یک واکنش خاصی را سرعت می‌بخشند و به صورت اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند. این قطعه را در مسیر گازهای خروجی از خودروها قرار می‌دهند تا با واکنش‌های شیمیایی که توسط آن کاتالیز می‌شود، مقدار آلاینده‌های خروجی از خودرو کاهش یابد. در ادامه درصد کاهش مقدار آلاینده‌ها را محاسبه می‌کنیم:

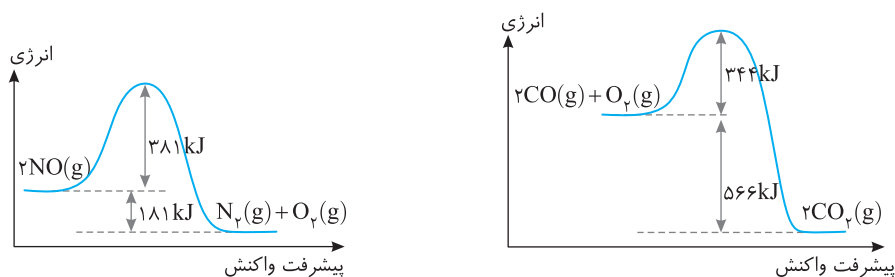
$$\Delta m(CO) = \frac{0.61 - 0.99}{0.99} \times 100 \approx -38.9\% , \Delta m(C_xH_y) = \frac{0.7 - 1.67}{1.67} \times 100 \approx -58.1\% , \Delta m(NO) = \frac{0.4 - 1.04}{1.04} \times 100 \approx -61.5\%$$

$$\Rightarrow \text{مقایسه درصد کاهش: } NO > C_xH_y > CO$$

**B ۲۶۵۱ ۴** شکل یک مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد. می‌دانیم توری‌های با جنس سرامیک موجود در آن با فلزهای Pt، Pd و Rh پوشیده شده است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مبدل کاتالیستی باعث کاهش یا حذف آلاینده‌ها می‌شود. گزینه (۲): بر روی سطح این قطعه سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم، پالادیم و پلاتین نشانده شده است. گزینه (۳): این امر به تأثیر افزایش سطح تماس بر افزایش سرعت واکنش اشاره دارد.

**B ۲۶۵۲ ۳** همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مبدل کاتالیستی حاوی ۳ نوع کاتالیزگر (فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt)) است. عبارت دوم: کاتالیزگرها نمی‌توانند سرعت هر واکنشی را زیاد کنند و فقط به تعداد معدودی واکنش سرعت می‌بخشند. عبارت سوم: در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارد. عبارت چهارم: با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند، اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

**B ۲۶۵۳ ۲** عبارت‌های اول و دوم درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: میزان CO و NO خروجی از آگروز خودروها به ازای طی یک کیلومتر به ترتیب برابر ۵/۹۹ و ۱/۰۴ گرم است. همان‌طور که مشخص است، میزان CO به تقریب ۵/۷۶ برابر مقدار NO است. عبارت دوم: نمودار «انرژی - پیشرفت» این دو واکنش به صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، واکنش تبدیل NO به  $N_p$  گرماده ( $\Delta H < 0$ ) بوده و  $E_a$  این تبدیل از  $E_a$  تبدیل CO به  $CO_p$  بزرگ‌تر است.

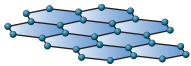


عبارت سوم: در مبدل‌های کاتالیستی از فلزات رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) استفاده می‌شود. همچنین در سطح سرامیک‌های مبدل‌های کاتالیستی، این توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند. عبارت چهارم: مبدل کاتالیستی می‌تواند منجر به کاهش ورود آلاینده‌هایی مانند CO،  $C_xH_y$  و NO به هواگره شود اما آن‌ها را به طور کامل نمی‌تواند حذف کند. جدول زیر میزان آلاینده‌ها در حضور و غیاب مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد:

NO	$C_xH_y$	CO	فرمول شیمیایی آلاینده	
			در غیاب مبدل کاتالیستی	مقدار آلاینده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	در غیاب مبدل کاتالیستی	مقدار آلاینده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱	در حضور مبدل کاتالیستی	مقدار آلاینده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر

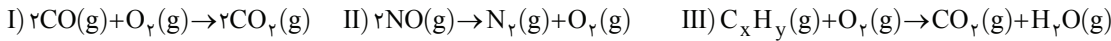
**B ۲۶۵۴ ۲** بررسی پاسخ پرسش‌ها: پرسش (الف): در روزهای سرد نسبت به روزهای گرم در هنگام روشن و گرم شدن موتور خودرو، مقدار بیشتری از آلاینده‌ها وارد هواگره می‌شود. پرسش (ب): در هنگام روشن و گرم شدن خودرو از آنجا که مبدل کاتالیستی هنوز دمای پایینی دارد، کارایی لازم را نداشته و در نتیجه مقدار زیادی از آلاینده‌های CO، NO و  $C_xH_y$  از آگروز خودرو خارج می‌شوند. پرسش (پ): یک راه مناسب برای غلبه بر این مشکل استفاده از مبدل‌هایی است که دارای مواد شیمیایی و سیستم عایق‌بندی مخصوصی هستند که می‌توانند دمای بالا را برای مدت نسبتاً طولانی در خود نگه دارند.

**B ۲۶۵۵ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش مربوط به حذف گاز CO در مبدل‌های کاتالیستی، گاز CO به گاز  $CO_p$  تبدیل می‌شود که عدد اکسایش کربن در این دو ترکیب به ترتیب برابر (+۲) و (+۴) است؛ در نتیجه کربن اکسایش یافته و CO نقش کاهنده را دارد. عبارت (ب): کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند، اما مصرف نمی‌شود و باقی می‌ماند، پس باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد. عبارت (پ): در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود. عبارت (ت): مبدل‌های کاتالیستی در دماهای پایین کارایی خود را از دست می‌دهند و برای کارکرد مناسب باید دمای آن‌ها به مقدار مشخصی رسیده باشد.



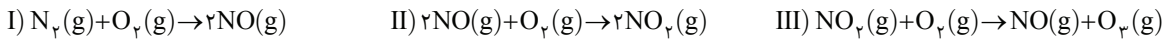
۳ ۲۶۵۶ C به‌جز عبارت (ت) سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کاتالیزگرهای مورد استفاده در مبدل‌های کاتالیستی، فلزهای پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rh) هستند که در دسته d قرار دارند از طرفی نیتینول (آلیاژ هوشمند) از

فلزهای نیکل و تیتانیم ساخته شده که آن‌ها نیز از عناصر دسته d جدول تناوبی هستند. عبارت (ب): ساختار گرافن به صورت روبه‌رو است. با توجه به آن، هر اتم کربن میان سه حلقه شش‌ضلعی مشترک است. عبارت (پ): زمانی یک یون فقط خاصیت اکسندگی دارد که در حداکثر عدد اکسایش خود قرار داشته باشد. در وانادیم بیشترین عدد اکسایش +۵ است که رنگ محلول‌های حاوی آن زرد است. از طرفی رنگ شعله سدیم (جزء کاتیونی صابون‌های جامد) و ترکیبات آن نیز زرد است. عبارت (ت): از تیتانیم در ساخت پروانه کشتی‌های اقیانوس‌پیما استفاده می‌شود. یکی از اکسیدهای تیتانیم،  $TiO_2$  است که رنگ‌دانه‌ای معدنی است که رنگ سفید را ایجاد می‌کند. عبارت (ث): واکنش‌های زیر در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی انجام می‌شود:

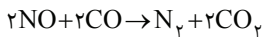


در خودروهای دیزلی، علاوه بر واکنش‌های (I) و (III)، واکنش زیر نیز انجام می‌شود:  
 $NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O$   
 همان‌طور که ملاحظه می‌کنید همه واکنش‌ها از نوع اکسایش - کاهش هستند؛ زیرا در همه آن‌ها عدد اکسایش حداقل یک گونه تغییر می‌کند.

۱ ۲۶۵۷ C به‌جز عبارت (ب) سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هلیوم (He) نخستین عنصر با نماد دوحرفی است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای هلیوم، استفاده از آن در خنک‌سازی قطعات تصویربرداری مثل MRI است. این دستگاه نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است. عبارت (ب): در واکنش تولید اتانول در مقیاس صنعتی، از  $H_2SO_4(aq)$  به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌کنند که در آب نقش واکنش‌دهنده را دارد و محلول (مخلوط) همگن است. عبارت (پ): معادله واکنش‌های تولید اوزون تروپوسفری به صورت زیر است:

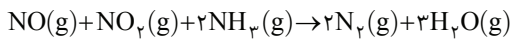


در هوای شهرهای بزرگ، با افزایش غلظت  $O_3$ ، غلظت  $NO$  کاهش می‌یابد. عبارت (ت): در گاز خروجی از آگزوز خودروها، آلاینده‌های  $CO$ ،  $NO$  و  $C_xH_y$  به‌طور شایع دیده می‌شوند. پس از قرار دادن مبدل کاتالیستی در مسیر آگزوز این خودروها، جرم هر کدام از این آلایندها به‌طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد که مقایسه درصد کاهش جرم این آلاینده به صورت  $NO > C_xH_y > CO$  می‌باشد. با توجه به این مقایسه، X معادل  $NO$  و Z معادل  $CO$  است که معادله موازنه شده واکنش آن‌ها به صورت زیر است:



بدون دانستن تمام موارد بالا می‌توانستید حدس بزنید که X و Z هیچ کدام  $C_xH_y$  نیستند؛ زیرا تاکنون هیچ واکنشی میان  $CO$  یا  $NO$  با یک هیدروکربن معرفی نشده است! عبارت (ث): اتن، سنگ‌بنای صنایع پتروشیمی است که در واکنش آن با آب در حضور اسید، اتانول ( $C_2H_5OH$ ) تولید می‌شود از طرفی ترکیبی که نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی آن نمایش داده شده است، دی‌متیل اتر با فرمول  $CH_3OCH_3$  است که با اتانول ( $CH_3CH_2OH$ ) ایزومر می‌باشد.

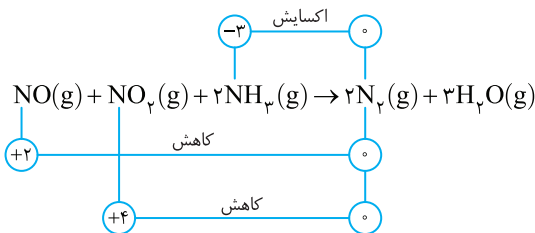
۱ ۲۶۵۸ A واکنش مربوط به تجزیه  $NO(g)$  به  $N_2(g)$  و  $O_2(g)$  در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی انجام نمی‌شود. در این مبدل‌ها،  $NO(g)$  و  $NO_2$  براساس واکنش روبه‌رو تجزیه می‌شوند:



۴ ۲۶۵۹ A فقط عبارت (ت) نادرست است. واکنش تبدیل گازهای  $NO$  و  $NO_2$  به  $N_2$  به‌صورت  $NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$  است که مجموع ضرایب مولی فراورده ۵ و مجموع ضرایب مولی واکنش‌دهنده‌ها برابر ۴ و تفاوت آن‌ها برابر ۱ است.

۳ ۲۶۶۰ A واکنش انجام شده در مبدل دیزلی  $NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$  است. مولکولی که در این واکنش اتم مرکزی آن دارای ۲ جفت الکترون ناپیوندی است،  $H_2O(g)$  است که ضریب استوکیومتری آن برابر ۳ می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):  $N_2$  و  $H_2O$  در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی هم تولید می‌شوند (به ترتیب در واکنش‌های حذف  $NO$  و حذف هیدروکربن‌ها). گزینه (۲): این واکنش از مقدار گاز  $NO_2$  که عامل ایجاد رنگ قهوه‌ای در هواکره است، می‌کاهد. گزینه (۴):  $NH_3$  به‌عنوان فراورده فرایند هابر یکی از واکنش‌دهنده‌های این واکنش است.

۳ ۲۶۶۱ B همه عبارت‌ها به‌جز عبارت اول درست هستند. عبارت اول: فراورده‌های واکنش سوختن ناقص هیدروکربن‌ها،  $CO(g)$  و  $H_2O(g)$  هستند.  $CO(g)$  جزء مولکول‌های خارج شده از این قطعه نیست. این مولکول از قسمت A وارد مبدل می‌شود. عبارت دوم: در قسمت‌های مختلف این مبدل کاتالیستی در مجموع ۳



نوع ترکیب نیتروژن‌دار یعنی  $NO_2$ ،  $NO$  و  $NH_3$  مشاهده می‌شود. توجه داشته باشید که  $N_2$  یک عنصر است نه ترکیب. عبارت سوم: در قسمت A، گازهای  $NO$ ،  $CO$ ،  $NO_2$  و هیدروکربن‌ها مشاهده می‌شود. عبارت چهارم: این دو ویژگی به علاوه پایداری شیمیایی و گرمایی مناسب، برای هر کاتالیزگری الزامی است. عبارت پنجم: معادله واکنش حذف  $NO$  و  $NO_2$  در مبدل کاتالیستی خودروها دیزلی به صورت مقابل است:

۲ ۲۶۶۲ B

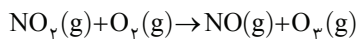
گازهای وارد شده به خودروهای		گازهای خارج شده از خودروهای	
دیزلی	بنزینی	دیزلی	بنزینی
$CO$ و $NO$ ، $C_xH_y$ ، $NO_2$ ، $NH_3$	$CO$ و $NO$ ، $C_xH_y$	$CO_2$ و $H_2O$ ، $N_2$	$CO_2$ و $H_2O$ ، $N_2$ ، $O_2$

تنوع گازهای واردشده به مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی و تنوع گازهای خارج شده از مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی بیشتر است.

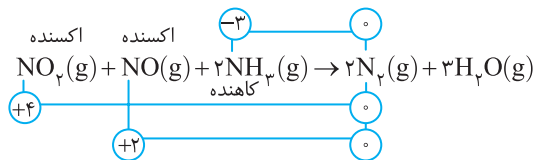
**B ۲۶۶۳ ۴** تنها عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به نمودار صفحه ۹۲ کتاب درسی، حداقل مقدار گاز  $\text{NO}_p$  موجود در هوا در

طول یک شبانه‌روز بیشتر از حداقل مقدار گاز اوزون است. عبارت (ب):  $\text{C}_x\text{H}_y$  متشکل از چند نوع مولکول مختلف است در حالی که کمترین مقدار برحسب گرم

مربوط به  $\text{NO}$  است. عبارت (پ): گاز اکسیژن آلتروپ پایدارتر اکسیژن و اوزون آلتروپ فعال‌تر اکسیژن است. معادله این واکنش به صورت زیر می‌باشد:



عبارت (ت): واکنش میان گازهای  $\text{NO}_p$  و  $\text{O}_p$  منجر به تولید  $\text{NO}$  و  $\text{O}_p$  می‌شود.  $\text{NO}$  آلاینده‌ای است که کمترین جرم را در میان آلاینده‌های خروجی از آگروز خودرو دارد.



**B ۲۶۶۴ ۳** عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. ابتدا تغییر عدد اکسایش

عنصرها را در واکنش داده شده بررسی می‌کنیم. در این واکنش، فقط عدد اکسایش اتم‌های

نیتروژن تغییر می‌کند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: طی این واکنش، عدد اکسایش

اتم‌های نیتروژن در اکسیدهای آن ( $\text{NO}$  و  $\text{NO}_p$ ) کاهش یافته است؛ بنابراین اکسیدهای

نیتروژن اکسنده هستند؛ در حالی که عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن آمونیاک افزایش یافته و در نتیجه آمونیاک کاهنده است. عبارت دوم: در این واکنش هر  $\text{NO}$  و

هر  $\text{NO}_p$  به ترتیب ۲ و ۴ الکترون گرفته‌اند، در حالی که هر  $\text{NH}_p$  ۳ الکترون از دست می‌دهد. عبارت‌های سوم و چهارم: پس از موازنه، مجموع ضرایب مواد

شرکت کننده در واکنش برابر ۹ است. این واکنش در مبدل خودروهای دیزلی، برای حذف آلاینده‌های نیتروژن دار  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_p$  و تبدیل آن‌ها به  $\text{N}_p$  انجام می‌شود.

برای سرعت بیشتر در موازنه این واکنش، بهتر است به خاطر بسپارید که ضریب استوکیومتری گونه‌های  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_p$  برابر ۱ است.

**B ۲۶۶۵ ۳** ابتدا مقداری از آلاینده‌ها را که به ازای طی مسافت یک کیلومتر به ازای یک خودرو از ورود آن‌ها به هوا جلوگیری می‌شود به دست می‌آوریم:

$$\text{CO}: 5/99 - 0/61 = 5/38 \text{g}$$

$$\text{C}_x\text{H}_y: 1/67 - 0/07 = 1/6 \text{g}$$

$$\text{NO}: 1/04 - 0/04 = 1 \text{g}$$

جرمی از آلاینده‌ها که به ازای طی مسافت یک کیلومتر به ازای یک خودرو توسط مبدل‌ها جذب می‌شود و از ورود آن به هوا کره جلوگیری می‌شود:

$$5/38 + 1/6 + 1 = 7/98 \text{g}$$

حال جرمی از آلاینده‌ها را که به ازای  $10^6$  خودرو و طی مسافت روزانه  $50$  کیلومتر برای هر خودرو توسط مبدل‌ها جذب می‌شود به دست می‌آوریم:

$$\text{آلاینده } 1 \text{ ton} \times \frac{1 \text{ km}}{10^6 \text{ g آلاینده}} \times \frac{7/98 \text{ g آلاینده}}{1 \text{ km}} \times \frac{50 \text{ km}}{10^6} \times \frac{10^6 \text{ خودرو}}{1} = 399 \text{ ton آلاینده}$$

**+ توضیح محاسبات**

$$\frac{10^6 \times 50 \times 7/98}{10^6} = ? \quad \text{تخمین زدن و ساده کردن} \quad 10^6 \times 50 \times 8 = 50 \times 8 = 400$$

به جای  $7/98$  عدد  $8$  قرار گیرد.

پاسخ نزدیک به عدد  $400$  است. (پاسخ:  $399$ )

**B ۲۶۶۶ ۲** در غیاب کاتالیزگر هر خودرو به ازای طی  $1$  کیلومتر،  $1/04$  گرم  $\text{NO}$  و در حضور کاتالیزگر،  $0/04$  گرم  $\text{NO}$  وارد هوای می‌کند. بنابراین از ورود  $1$  گرم  $\text{NO}$

به هوا جلوگیری می‌شود. حال به محاسبه مقدار مولی از  $\text{NO}$  که طی یک ماه از ورود آن به هوا جلوگیری شده است، می‌پردازیم:

$$? \text{ mol NO} = 30 \text{ روز} \times \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ g NO}}{30 \text{ g NO}} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} = 7 \text{ mol NO}$$

**B ۲۶۶۷ ۴** ابتدا مقدار آلاینده‌ها در حضور و غیاب مبدل به ازای طی مسافت  $1 \text{ km}$  را محاسبه می‌کنیم: مجموع مقدار آلاینده‌ها در حضور مبدل به ازای طی مسافت  $1 \text{ km}$

$$0/6 + 0/06 + 0/04 = 0/7 \text{g}$$

برابر است با:

$$6 + 1/66 + 1/03 = 8/69 \text{g} \Rightarrow \text{تفاوت} = 8/69 - 0/7 = 7/99 \text{g}$$

مجموع مقدار آلاینده‌ها در غیاب مبدل به ازای طی مسافت  $1 \text{ km}$  برابر است با:

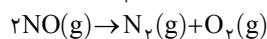
میزان آلاینده‌ای که در یک روز، در صورت حضور مبدل کاتالیستی به هوا کره وارد نمی‌شود برابر است با:

$$? \text{ ton آلاینده} = 319/6 \text{ ton آلاینده} \times \frac{1 \text{ km}}{10^6 \text{ g آلاینده}} \times \frac{7/99 \text{ g آلاینده}}{1 \text{ km}} \times \frac{50 \text{ km}}{10^6} \times \frac{10^6 \text{ خودرو}}{1} = 8 \times 10^5 \text{ ton آلاینده}$$

درصد جرمی  $\text{CO}$  در گازهای آلاینده خروجی از آگروز خودروهایی که مبدل کاتالیستی دارند برابر است با:

$$\% \text{CO} = \frac{\text{جرم CO}}{\text{مجموع جرم گازها}} \times 100 = \frac{0/6}{0/6 + 0/04 + 0/06} \times 100 = 78.5/71$$

**B ۲۶۶۸ ۳** با توجه به نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش داده شده، آنتالپی واکنش برابر  $-180 \text{ kJ}$  است. بنابراین معادله گرما شیمیایی انجام شده در مبدل



$$\Delta H = -180 \text{ kJ}$$

کاتالیستی برای حذف آلاینده  $\text{NO}$  به صورت مقابل است:

با توجه به جدول داده شده، در صورت استفاده از مبدل کاتالیستی، در هر کیلومتر پیمایش، یک گرم آلاینده  $\text{NO}$  به  $\text{N}_p$  و  $\text{O}_p$  تبدیل می‌شود:

$$\text{NO} = 1/04 - 0/04 = 1 \text{ g NO}$$

در هر کیلومتر پیمایش

اکنون می‌توانیم گرمای تولید شده در مبدل کاتالیستی به ازای پیمایش  $10^6 \text{ km}$  مسافت را محاسبه کنیم:

$$? \text{ kJ} = 10^6 \text{ km مسافت} \times \frac{1 \text{ g NO}}{1 \text{ km مسافت}} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} \times \frac{180 \text{ kJ}}{2 \text{ mol NO}} = 3000 \text{ kJ}$$





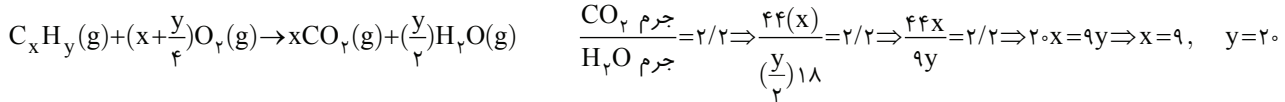
۳ ۲۶۶۹ B ابتدا جرم CO تولید شده به ازای طی مسافت یک کیلومتر را پس از نصب مبدل کاتالیستی محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO} = 1 \text{ km} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ km}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{0.25 \text{ L CO}}{1 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{30 \text{ L CO}} \times \frac{28 \text{ g CO}}{1 \text{ mol CO}} = 1/4 \text{ g CO}$$

پس از نصب مبدل کاتالیستی، جرم CO تولید شده به ازای یک کیلومتر به ۱/۴ گرم رسیده است. بدین معنا که ۵/۶g (۷-۱/۴) آن توسط مبدل حذف شده است:

$$\text{پس بازده مبدل برابر است با: } \frac{\text{جرم CO حذف شده}}{\text{جرم CO اولیه}} \times 100 = \frac{5/6}{7} \times 100 = 7.8\%$$

۴ ۲۶۷۰ C معادله واکنش سوختن کامل  $C_xH_y$  به صورت زیر است:



فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر به صورت  $C_9H_{20}$  است. نیمی از این هیدروکربن به صورت کامل می‌سوزد:

$$? \text{ L هوا} = \frac{14 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol C}_9\text{H}_{20}} \times \frac{22/4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{5 \text{ L هوا}}{1 \text{ L O}_2} = 784 \text{ L هوا}$$

نیم دیگر از این هیدروکربن به صورت ناقص می‌سوزد:

$$? \text{ L هوا} = \frac{19 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_9\text{H}_{20}} \times \frac{22/4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{5 \text{ L هوا}}{1 \text{ L O}_2} = 532 \text{ L هوا}$$

دقت کنید که حدود ۲۰ درصد حجم هوا را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد.

۱ ۲۶۷۱ C گاز کربن دی‌اکسید در اثر فعالیت‌های کاتالیستی در دو واکنش زیر تولید می‌شود:



تفاوت مقدار کربن دی‌اکسید در حضور و غیاب مبدل به ازای طی یک کیلومتر مسافت را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CO}_2 = \frac{5/6 \text{ g CO}}{28 \text{ g CO}} \times \frac{1 \text{ mol CO}}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 8/8 \text{ g CO}_2$$

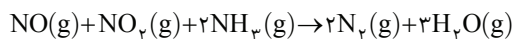
$$? \text{ g CO}_2 = \frac{1/44 \text{ g C}_5\text{H}_{12}}{72 \text{ g C}_5\text{H}_{12}} \times \frac{5 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 4/4 \text{ g CO}_2$$

پس تفاوت مقدار کل کربن دی‌اکسید تولید شده در حضور و غیاب مبدل، طی مسافت یک کیلومتر برابر  $8/8 \text{ g} + 4/4 \text{ g} = 13/2 \text{ g}$  است و برای طی کردن مسافت

$$? \text{ kg CO}_2 = 20000 \text{ km} \times \frac{13/2 \text{ g CO}_2}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 264 \text{ kg CO}_2$$

۲۰۰۰۰ کیلومتر به دست می‌آوریم:

۱ ۲۶۷۲ C واکنش انجام شده درون مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی به صورت زیر است:



$$? \text{ g NH}_3 = 140 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{2 \text{ mol N}_2} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 85 \text{ g NH}_3$$

ابتدا مقدار آمونیاک مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

آلاینده‌های نیتروژن دار خروجی از موتور خودرو، گازهای NO و NO<sub>۲</sub> هستند. مقدار کاهش این آلاینده‌ها برابر است با:

$$? \text{ g NO} = 140 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{2 \text{ mol N}_2} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 75 \text{ g NO}$$

$$? \text{ g NO}_2 = 140 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{2 \text{ mol N}_2} \times \frac{46 \text{ g NO}_2}{1 \text{ mol NO}_2} = 115 \text{ g NO}_2$$

مجموع جرم یافته آلاینده‌ها  $75 + 115 = 190 \text{ g}$

\* توجه می‌توان گازهای NO و NO<sub>۲</sub> را یک ترکیب واحد با جرم مولی  $(30 + 46 = 76 \text{ g.mol}^{-1})$  در نظر گرفت و محاسبه را کوتاه‌تر کرد:

$$? \text{ g (NO, NO}_2) = 140 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{1 \text{ mol (NO, NO}_2)}{2 \text{ mol N}_2} \times \frac{76 \text{ g (NO, NO}_2)}{1 \text{ mol (NO, NO}_2)} = 190 \text{ g (NO, NO}_2)$$

۲ ۲۶۷۳ A همه عبارت‌ها به جز عبارت (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ت): در برخی کشورها برای افزایش بازده فرآورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع (نه گاز)

را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

۳ ۲۶۷۴ A عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت (ب): شرایط بهینه برای انجام این واکنش دمای  $450^\circ \text{C}$  و فشار  $20 \text{ atm}$  در حضور

کاتالیزگر آهن است.

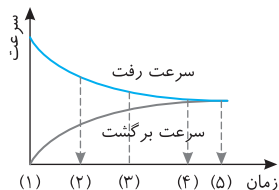
**۱ ۲۶۷۵ (A)** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): به دسته‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیر که در آن‌ها واکنش‌های رفت و برگشت همزمان و با سرعت‌های برابر انجام می‌شوند به‌طوری‌که مقدار فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها ثابت بماند واکنش‌های تعادلی می‌گویند؛ بنابراین واکنش‌های تعادلی زیرمجموعه‌ای از واکنش‌های برگشت‌پذیرند. عبارت (پ): در واکنش‌های تعادلی غلظت مواد ثابت می‌ماند ولی غلظت همهٔ مواد لزوماً با هم برابر نیست و غلظت هر ماده به ضریب آن و ثابت تعادل وابسته است. عبارت (ت): در واکنش‌های تعادلی، سرعت تولید با سرعت مصرف یک ماده برابر است و در نتیجه غلظت مواد ثابت است. عبارت (ث): نمودار «سرعت - زمان» برای یک واکنش تعادلی که در ابتدای واکنش فقط مواد واکنش‌دهنده وجود دارد به گونه‌ای است که سرعت واکنش رفت به تدریج کاهش و سرعت واکنش برگشت به تدریج افزایش می‌یابد و در لحظهٔ تعادل سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر می‌شود.

**۱ ۲۶۷۶ (B)** در ظرف واکنش وجود ندارد، پس در ابتدا فقط واکنش برگشت انجام می‌شود و سرعت واکنش رفت صفر است. با گذشت زمان به تدریج غلظت  $SO_3(g)$  کاهش یافته و غلظت  $O_2(g)$  و  $SO_2(g)$  افزایش می‌یابد. از این‌رو، سرعت واکنش برگشت به تدریج کاهش یافته و سرعت واکنش رفت به تدریج افزایش می‌یابد تا در لحظهٔ برقراری تعادل، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر شوند. بنابراین با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها که همان سرعت واکنش رفت است، افزایش پیدا می‌کند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): در ابتدا، سرعت واکنش رفت برابر صفر است. گزینه (۳): با گذشت زمان، سرعت واکنش برگشت که همان سرعت تولید  $SO_3(g)$  است، کاهش می‌یابد. گزینه (۴): در آغاز واکنش، سرعت واکنش برگشت در بیشترین مقدار خود قرار دارد. با گذشت زمان و تا قبل از رسیدن به حالت تعادل، غلظت  $SO_3(g)$  به تدریج کاهش یافته و غلظت  $SO_2(g)$  به تدریج افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه در ابتدا، ۲ مول از هر یک از گازهای  $SO_3(g)$  و  $SO_2(g)$  را وارد ظرف واکنش کرده‌ایم، بنابراین در لحظهٔ تعادل، غلظت  $SO_2(g)$  از غلظت  $SO_3(g)$  بیشتر خواهد بود.

**۳ ۲۶۷۷ (B)** عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با مصرف هر ۴ مول از مواد واکنش‌دهنده، ۲ مول از فراورده تولید می‌شود. تعداد مولکول‌های گازی در لحظهٔ تعادل کمتر از این تعداد در لحظهٔ شروع واکنش است. عبارت (ب): به دنبال افزایش مقدار  $NH_3$ ، سرعت واکنش برگشت افزایش و سرعت واکنش رفت کاهش می‌یابد. عبارت (پ): اگر این واکنش برگشت‌ناپذیر باشد، با مصرف ۳ مول  $H_2$ ، ۲ مول  $NH_3$  تولید خواهد شد؛ اما این واکنش برگشت‌پذیر بوده و در ظرف واکنش، پس از تعادل، کمتر از ۲ مول  $NH_3$  وجود دارد. عبارت (ت): در لحظهٔ تعادل، سرعت متوسط واکنش رفت با سرعت متوسط واکنش برگشت برابر می‌شود ولی سرعت متوسط تولید  $NH_3$ ،  $\frac{2}{3}$  برابر سرعت متوسط مصرف  $H_2$  است.

**۲ ۲۶۷۸ (B)** با توجه به نمودار داده شده، با گذشت زمان، سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و سرعت واکنش رفت، در ابتدا صفر بوده و به مرور افزایش یافته است. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که در ابتدا فقط گاز قهوه‌ای رنگ  $NO_2$  وجود داشته و به مرور زمان با مصرف  $NO_2$  در واکنش برگشت و تولید  $N_2O_4$ ، از شدت رنگ قهوه‌ای محلول کاسته می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): سرعت واکنش برگشت در ابتدا بیشترین مقدار خود را دارد، پس در ابتدای واکنش، فقط مولکول‌های  $NO_2$  در ظرف واکنش وجود دارد. گزینه (۳): با مصرف هر ۲ مول  $NO_2$ ، یک مول  $N_2O_4$  تولید می‌شود، پس تعداد مولکول‌های گازی موجود در ظرف به مرور کاهش می‌یابد. گزینه (۴): در لحظهٔ تعادل غلظت گاز  $NO_2$  ثابت می‌ماند، پس شدت رنگ قهوه‌ای نیز ثابت می‌شود.

**۱ ۲۶۷۹ (B)** در شکل (۱) فقط A را در ظرف داریم، بنابراین تنها واکنش رفت انجام می‌شود. در شکل‌های (۲) و (۳)، به تدریج غلظت A کم و غلظت B زیاد می‌شود. از این‌رو از شکل (۱) تا شکل (۳)، سرعت واکنش رفت به تدریج کاهش و سرعت واکنش برگشت به تدریج افزایش می‌یابد. اگر به شکل‌های (۴) و (۵) به دقت نگاه کنید، متوجه می‌شوید که در این دو شکل تعداد ذره‌های A و B تغییر نکرده است. از این‌رو می‌توانید نتیجه بگیرید که شکل (۴)، نخستین لحظهٔ برقراری تعادل را نشان می‌دهد. در شکل‌های (۴) و (۵)، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر بوده و غلظت A و B ثابت می‌ماند. همچنین در این دو شکل تعداد ذره‌های A از تعداد ذره‌های B بیشتر است. پس غلظت A از غلظت B بیشتر می‌باشد.



شکل (۵) = شکل (۴) < شکل (۳) < شکل (۲) > شکل (۱) : مقایسهٔ سرعت واکنش رفت

شکل (۵) = شکل (۴) < شکل (۳) < شکل (۲) < شکل (۱) : مقایسهٔ سرعت واکنش برگشت

می‌توانیم از نمودار روبه‌رو هم برای نشان دادن مقایسهٔ سرعت واکنش‌های رفت و برگشت استفاده کنیم. (دقت کنید که بازه‌های زمانی به‌طور تقریبی رسم شده‌اند.)

**۲ ۲۶۸۰ (A)** نمودار دوم مربوط به «غلظت - زمان» واکنش داده شده است. ضریب استوکیومتری A، دو برابر ضریب استوکیومتری B است، بنابراین میزان کاهش غلظت A تا لحظهٔ تعادل، دو برابر میزان تولید B تا لحظهٔ تعادل است. با این توضیح، دلیل نادرستی نمودار موجود در گزینه‌های (۱) و (۳) مشخص شد. در لحظهٔ برقراری تعادل، غلظت هیچ ماده‌ای نباید صفر شود، زیرا لازمهٔ برقراری تعادل، انجام همزمان واکنش‌های رفت و برگشت است و اگر غلظت ماده‌ای صفر شود، واکنش، دیگر در جهت مصرف آن ماده نمی‌تواند انجام شود و از این‌رو، دیگر تعادل برقرار نمی‌شود (دلیل نادرست بودن گزینه (۴)). در نمودار گزینه (۴)، مادهٔ A به‌طور کامل مصرف شده، بنابراین این نمودار می‌تواند مربوط به یک واکنش کامل باشد.

**۳ ۲۶۸۱ (A)** با توجه به اینکه غلظت مواد جامد و مایع خالص ثابت است، نمودار تغییر غلظت آن‌ها به‌صورت یک خط راست می‌باشد. بنابراین نمودار مربوط به واکنش تعادلی ذکر شده باید دو منحنی و یک خط راست داشته باشد. البته دقت داشته باشید از آنجا که ضریب استوکیومتری C دو برابر B است، باید تغییرات غلظت یکی از منحنی‌ها، دو برابر دیگری باشد.

**۱ ۲۶۸۲ (B)** در نمودار داده شده، غلظت یک ماده در حال کاهش و غلظت دو ماده در حال افزایش است. از این‌رو یک واکنش‌دهنده و دو فراورده داریم و معادلهٔ واکنش مورد نظر می‌تواند به‌صورت  $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$  باشد. تغییر غلظت A از آغاز واکنش تا زمان برقراری تعادل برابر  $1 \text{ mol.L}^{-1} - 0.32 = 0.68$  و تغییر غلظت C، برابر  $0.9 \text{ mol.L}^{-1}$  است. در نتیجه، ضریب استوکیومتری A، دو برابر ضریب استوکیومتری C است. با توجه به معادلهٔ واکنش  $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$ ، مادهٔ A،  $NH_3(g)$  و ماده‌های B و C به‌ترتیب  $H_2(g)$  و  $N_2(g)$  هستند. ضریب استوکیومتری A،  $\frac{2}{3}$  برابر ضریب استوکیومتری B است. در نتیجه سرعت متوسط مصرف A،  $\frac{2}{3}$  برابر سرعت متوسط تولید B، در یک بازهٔ زمانی یکسان می‌باشد.

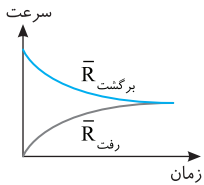


۲۶۸۳ B فرایند هابر به صورت  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  است. با توجه به نمودارها و توجه به این نکته که حجم ظرف برابر با یک لیتر است، در ابتدا

۰/۸ مول  $H_2$  و  $N_2$  را وارد ظرف کرده‌ایم. هر مقدار که از  $N_2$  مصرف شود، ۳ برابر از  $H_2$  مصرف شده و ۲ برابر  $NH_3$  تولید می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها:

	$N_2$	$H_2$	$NH_3$
غلظت اولیه	۰/۸	۰/۸	۰
تغییرات غلظت	۰/۸-۰/۲	۰/۸-۳×۰/۲	+۲×۰/۲
غلظت تعادلی	۰/۶	۰/۲	۰/۴

گزینه (۱): در این نمودار مقدار مساوی از  $H_2$  و  $N_2$  در ابتدا وارد واکنش نشده است. گزینه (۲): در این نمودار، از یک واکنش دهنده ۰/۴ مول و از دیگری ۰/۶ مول کم شده است، در حالی که باید تغییرات غلظت یکی از واکنش دهنده‌ها سه برابر دیگری باشد. (ضریب استوکیومتری  $H_2$ ، ۳ برابر  $N_2$  است). گزینه (۴): در این نمودار نیز، میزان تغییرات مول‌ها، با ضریب استوکیومتری مواد شرکت کننده در واکنش هم خوانی ندارد.



۲۶۸۴ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به ضرایب استوکیومتری A و C، تغییرات غلظت

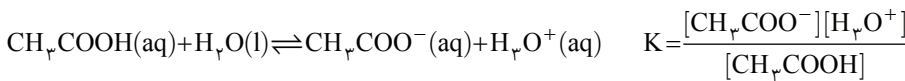
A،  $1/5$  برابر تغییرات غلظت C است. عبارت (ب): با توجه به اینکه در ابتدا فقط C در ظرف واکنش بوده است، سرعت واکنش برگشت در ابتدا بیشترین مقدار بوده و با مصرف C، از سرعت واکنش برگشت کاسته می‌شود و با تولید A و B سرعت واکنش رفت به مرور افزایش می‌یابد. عبارت (پ): ضریب استوکیومتری C، دو برابر ضریب استوکیومتری B بوده و در لحظه تعادل، سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر است. پس سرعت تولید یا مصرف C، دو برابر سرعت تولید یا مصرف B است.  $\bar{R}_C = 2\bar{R}_B$  ،  $\bar{R}_{\text{برگشت}} = \bar{R}_{\text{رفت}}$  ،  $\bar{R}_{\text{برگشت}} = \frac{\bar{R}_C}{2}$  ،  $\bar{R}_{\text{رفت}} = \bar{R}_B$  ، عبارت (ت): ثابت شدن غلظت‌های A، B و C، نشان دهنده برقراری تعادل است و غلظت‌ها لزوماً با هم برابر نمی‌شوند.

۲۶۸۵ C همه عبارت‌ها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت سوم: اگر فشار تعادلی کمتر از فشار اولیه باشد، به این معناست که تعداد مول‌های گازی کاهش یافته، پس واکنش در جهت برگشت پیشرفت کرده است، با گذشت زمان غلظت  $NO_2$  و سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و غلظت  $N_2O_4$  و سرعت

واکنش رفت افزایش می‌یابد، اما به دلیل وجود  $N_2O_4$  در ابتدای واکنش، سرعت واکنش رفت در ابتدا صفر نیست. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: واکنش، در ابتدا در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و  $N_2O_4$  تولید می‌شود. عبارت دوم: با پیشرفت واکنش در جهت برگشت از میزان گاز  $NO_2$  قهوه‌ای رنگ کاسته شده و شدت رنگ محلول کمتر می‌شود. عبارت چهارم: از ابتدای واکنش تا لحظه تعادل، شیب نمودار «غلظت - زمان» برای  $NO_2$ ، دو برابر  $N_2O_4$  است.  $(\bar{R}_{NO_2} = 2\bar{R}_{N_2O_4})$

۲۶۸۶ B به جز عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت سوم: در رابطه ثابت تعادل فقط غلظت موادی نوشته می‌شود که محلول یا گازی باشند؛ زیرا غلظت این مواد به جرم آن‌ها وابسته است، در حالی که غلظت مواد مایع و جامد خالص، فقط به دما وابسته است و در دمای معین ثابت مانده و با تغییر مقدار آن‌ها تغییر نمی‌کند.

۲۶۸۷ A  $H_2O(l)$  یک مایع خالص بوده و غلظت آن ثابت است. بنابراین غلظت آن نباید در عبارت ثابت تعادل نوشته شود.



۲۶۸۸ B

**نکته ترکیبی** ثابت تعادل کمیتهی است که میان اجزای محلول یا گازی در یک سامانه تعادلی برقرار است. این کمیت در واکنش‌های مختلف متناسب با ضریب

فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌های واکنش تعادلی، یکاهای متفاوتی دارد. واکنش گازی مقابل را در نظر بگیرید:

برای به دست آوردن یکای ثابت تعادل این واکنش، ابتدا مقدار  $\Delta n$  را به دست می‌آوریم که برابر است با مجموع ضرایب فرآورده‌ها منهای مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها:

$$\Delta n = (c+d) - (a+b)$$

پس با کمک رابطه مقابل، یکای ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow \text{یکای } K = \frac{(\text{mol.L}^{-1})^2}{\text{mol.L}^{-1}} = \text{mol.L}^{-1}$$

یکای ثابت تعادل واکنش‌های (الف) و (ت) یکسان هستند: واکنش (الف):

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2S]} \Rightarrow \text{یکای } K = \frac{(\text{mol.L}^{-1})^2}{\text{mol.L}^{-1}} = \text{mol.L}^{-1}$$

واکنش (ت):

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \Rightarrow \text{یکای } K = \frac{(\text{mol.L}^{-1})^2}{(\text{mol.L}^{-1})^2(\text{mol.L}^{-1})} = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

بررسی سایر واکنش‌ها: واکنش (ب):

$$K = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow \text{یکای } K = \frac{(\text{mol.L}^{-1})^2}{(\text{mol.L}^{-1})^2} = \text{یکای ندارد}$$

واکنش (پ):

۲۶۸۹ B اگر تعادلی را معکوس کنیم، مقدار عددی ثابت تعادل جدید، معکوس مقدار عددی ثابت تعادل اولیه است، برای مثال:

$$1) \quad cC(g) \rightleftharpoons aA(g) + bB(g), K_1 = \frac{[A]^a[B]^b}{[C]^c} \quad 2) \quad aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g), K_2 = \frac{[C]^c}{[A]^a[B]^b} \Rightarrow K_2 = \frac{1}{K_1}$$

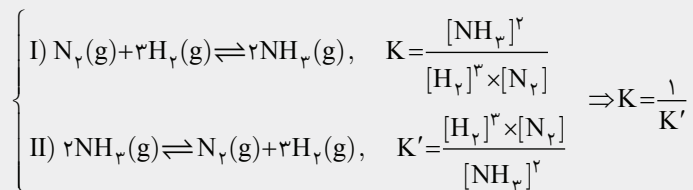
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): اگر ضرایب استوکیومتری را در عدد n ضرب کنیم، مقدار ثابت تعادل این واکنش به توان n می‌رسد:

$$1) \quad aA(g) \rightleftharpoons bB(g), K_1 = \frac{[B]^b}{[A]^a} \quad 2) \quad naA(g) \rightleftharpoons nbB(g), K_2 = \frac{[B]^{nb}}{[A]^{na}} = \left(\frac{[B]^b}{[A]^a}\right)^n \Rightarrow K_2 = K_1^n$$

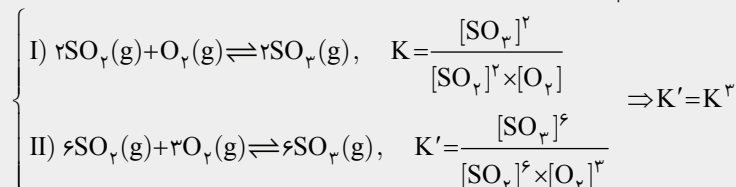
گزینه (۳): اگر یک واکنش تعادلی برابر مجموع چند واکنش تعادلی دیگر باشد، ثابت تعادل واکنش نهایی با حاصل ضرب ثابت تعادل‌های واکنش‌های اولیه برابر است.

گزینه (۴): اگر رابطه ثابت تعادل برای یک واکنش به صورت  $K = [A] \times [B]^{-2}$  باشد، در این صورت A یک فرآورده و B یک واکنش دهنده خواهد بود. با توجه به اینکه ضریب B دو برابر ضریب A است، به همین دلیل سرعت مصرف B دو برابر سرعت تولید A می‌باشد.

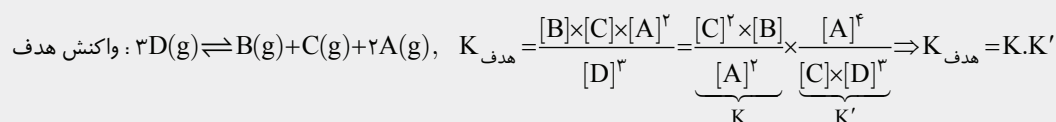
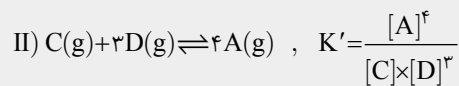
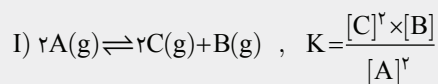
**نکته ترکیبی** تغییرات ثابت تعادل ضمن تغییرات واکنش: ۱- معکوس کردن واکنش: اگر معادله یک واکنش تعادلی را معکوس کنیم به علت تعویض جای فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، مقدار ثابت تعادل نیز معکوس خواهد شد. **مثال** ✓



۲- n برابر کردن ضرایب اجزای واکنش: اگر ضرایب اجزای یک واکنش را n برابر کنیم ثابت تعادل به توان n می‌رسد. **مثال** ✓



۳- جمع اجزای دو واکنش: اگر اجزای دو واکنش را با هم جمع کنیم، ثابت تعادل واکنش حاصل برابر با حاصل ضرب ثابت تعادل دو واکنش است. **مثال** ✓



بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): معادله این واکنش عکس معادله واکنش تعادل (۱) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن معکوس ثابت تعادل (۱) است:

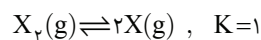
$$K' = \frac{1}{K} = \frac{1}{4/2 \times 10^{-3}} = 238$$

پرسش (ب): ضرایب این معادله  $\frac{1}{2}$  برابر ضرایب اجزای تعادل (۲) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن برابر ثابت تعادل واکنش (۲) به توان  $\frac{1}{2}$  است:

$$K' = (K)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{K} = \sqrt{1/6 \times 10^{-3}} = \sqrt{1/6 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-2}$$

پرسش (پ): معادله این واکنش از جمع معادله واکنش‌های تعادلی (۱) و (۲) به دست آمده و لذا ثابت تعادل آن برابر با حاصل ضرب ثابت تعادل دو واکنش تعادلی است:

$$K' = K_1 \cdot K_2 = (4/2 \times 10^{-3}) \times (1/6 \times 10^{-3}) = 6/72 \times 10^{-6}$$



معادله موازنه شده واکنش تعادلی به صورت مقابل است: **۳ ۲۶۹۱ B**

مقدار a برابر با اختلاف غلظت‌های تعادلی دو ماده است؛ بنابراین ابتدا مقادیر غلظت تعادلی دو ماده را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[\text{X}]^2}{[\text{X}_2]} = 1 \xrightarrow{\frac{[\text{X}]}{[\text{X}_2]} = 1} \frac{[\text{X}] \cdot [\text{X}]}{[\text{X}_2]} = 1 \Rightarrow [\text{X}] = 2, [\text{X}_2] = 4$$

با توجه به اینکه  $\text{X}_2$  واکنش‌دهنده و X فراورده است، پس در نمودار «غلظت-زمان» داده شده، نمودار بالایی مربوط به  $\text{X}_2$  و نمودار پایینی مربوط به X بوده و a برابر است با:

$$a = [\text{X}_2] - [\text{X}] = 4 - 2 = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): با توجه به ثابت شدن غلظت و رنگ سامانه یعنی واکنش به تعادل رسیده است. پرسش (ب): عبارت ثابت تعادل واکنش **۱ ۲۶۹۲ B**

به صورت  $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$  و واکنش انجام شده به صورت  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  است. در حالت تعادل ۵ ذره  $\text{NO}_2$  و ۹ ذره  $\text{N}_2\text{O}_4$  در ظرف واکنش وجود دارد.

$$[\text{NO}_2] = \frac{5 \times 0.01 \text{ mol}}{2\text{L}} = \frac{1}{40} \text{ mol.L}^{-1}, \quad [\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{9 \times 0.01 \text{ mol}}{2\text{L}} = \frac{9}{200} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow K = \frac{(\frac{1}{40})^2}{(\frac{9}{200})} = 0.014 \text{ mol.L}^{-1}$$



۱ ۲۶۹۳ B ابتدا جرم هر یک از مواد را با استفاده از جرم مولی آن‌ها، به مول تبدیل می‌کنیم.

$$? \text{ mol PCl}_5 = ۱۶/۶۸ \text{ g PCl}_5 \times \frac{۱ \text{ mol PCl}_5}{۲۰۸/۵ \text{ g PCl}_5} = ۰/۰۸ \text{ mol PCl}_5, \quad ? \text{ mol PCl}_3 = ۵۵ \text{ g PCl}_3 \times \frac{۱ \text{ mol PCl}_3}{۱۳۷/۵ \text{ g PCl}_3} = ۰/۴ \text{ mol PCl}_3$$

$$? \text{ mol Cl}_2 = ۵۶/۸ \text{ g Cl}_2 \times \frac{۱ \text{ mol Cl}_2}{۷۱ \text{ g Cl}_2} = ۰/۸ \text{ mol Cl}_2$$

اکنون برای به دست آوردن غلظت مولی مواد، مول آن‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس این غلظت‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$[\text{PCl}_5(\text{g})] = \frac{۰/۰۸ \text{ mol}}{۴ \text{ L}} = ۰/۰۲ \text{ mol.L}^{-1}, \quad [\text{PCl}_3(\text{g})] = \frac{۰/۴ \text{ mol}}{۴ \text{ L}} = ۰/۱ \text{ mol.L}^{-1}, \quad [\text{Cl}_2(\text{g})] = \frac{۰/۸ \text{ mol}}{۴ \text{ L}} = ۰/۲ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{(۰/۱)(۰/۲)}{(۰/۰۲)} = ۱ \text{ mol.L}^{-1}$$

۴ ۲۶۹۴ B با توجه به واکنش،  $۲\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons ۳\text{C}(\text{g})$ ، عبارت ثابت تعادل به صورت  $K = \frac{[\text{C}]^3}{[\text{A}]^2}$  است و غلظت‌های تعادلی A و C با توجه به نمودار برابر ۳/۶ و ۶ است.

$$K = \frac{۶^3}{(۳/۶)^2} = ۵۰$$

۳ ۲۶۹۵ B ابتدا تعداد مول  $\text{KNO}_3$  تولید شده را به دست می‌آوریم. چون در ابتدا فقط واکنش دهنده در ظرف ریخته شده، تعداد مول  $\text{KNO}_3$  در لحظه تعادل،

$$? \text{ mol KNO}_3 = ۱۱۹ \text{ g KNO}_3 \times \frac{۱ \text{ mol KNO}_3}{۱۸۵ \text{ g KNO}_3} = ۱/۴ \text{ mol KNO}_3$$

دو برابر تعداد مول  $\text{O}_2$  بوده و با داشتن غلظت  $\text{O}_2$  می‌توان ثابت تعادل را محاسبه کرد.

$$? \text{ mol O}_2 = ۱/۴ \text{ mol KNO}_3 \times \frac{۱ \text{ mol O}_2}{۲ \text{ mol KNO}_3} = ۰/۱۲ \text{ mol O}_2 \Rightarrow [\text{O}_2] = \frac{۰/۱۲ \text{ mol O}_2}{۲/۸ \text{ L}} = ۰/۲۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = [\text{O}_2] = ۰/۲۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

۳ ۲۶۹۶ B ابتدا با توجه به غلظت تعادلی  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  و حجم ظرف، مقدار  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  را محاسبه می‌کنیم.

$$? \text{ g N}_2\text{O}_4 = ۲ \text{ L} \times \frac{۰/۱۵ \text{ mol N}_2\text{O}_4}{۱ \text{ L}} \times \frac{۹۲ \text{ g N}_2\text{O}_4}{۱ \text{ mol N}_2\text{O}_4} = ۲۷/۶ \text{ g N}_2\text{O}_4$$

$$\text{NO}_2 \text{ جرم} + \text{N}_2\text{O}_4 \text{ جرم} = ۳۶/۸ \Rightarrow \text{NO}_2 \text{ جرم} = ۳۶/۸ - ۲۷/۶ = ۹/۲ \text{ g}$$

$$? \text{ mol NO}_2 = ۹/۲ \text{ g NO}_2 \times \frac{۱ \text{ mol NO}_2}{۴۶ \text{ g NO}_2} = ۰/۲ \text{ mol NO}_2 \Rightarrow [\text{NO}_2(\text{g})] = \frac{۰/۲ \text{ mol}}{۲ \text{ L}} = ۰/۱ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{(۰/۱۵)}{(۰/۱)^2} = ۱۵ \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

با قرار دادن غلظت‌های تعادلی در عبارت ثابت تعادل، مقدار K را پیدا می‌کنیم.

۱ ۲۶۹۷ B ابتدا به کمک معادله موازنه شده واکنش و شکل (الف)، ثابت این تعادل را به دست می‌آوریم. (با توجه به برابری مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی

در دو طرف معادله واکنش، می‌توان حجم ظرف را در محاسبات در نظر نگرفت.)

$$K = \frac{[\text{Z}]^2}{[\text{X}_2][\text{Y}_2]} = \frac{(۰/۴)^2}{(۰/۲)(۰/۲)} = ۴$$

با توجه به شکل (ب)، داریم:

	$\text{X}_2$	$+$	$\text{Y}_2$	$\rightleftharpoons$	$۲\text{Z}$
مول اولیه	۰/۳		۰/۶		۰
تغییرات مول	-x		-x		+2x
مول تعادلی	۰/۳-x		۰/۶-x		2x

$$K = \frac{[\text{Z}]^2}{[\text{X}_2][\text{Y}_2]} = \frac{4x^2}{(۰/۶-x)(۰/۳-x)} = ۴$$

$$\Rightarrow 4x^2 = 4(۰/۶-x)(۰/۳-x) \Rightarrow x^2 = x^2 - ۰/۹x + ۰/۱۸$$

$$\Rightarrow ۰/۹x = ۰/۱۸ \Rightarrow x = ۰/۲$$

بنابراین مقدار مول گونه‌ها در سامانه (ب) در حالت تعادل برابر است با:

$$\text{Y}_2 \text{ مول تعادلی} = ۰/۶ - ۰/۲ = ۰/۴, \quad \text{X}_2 \text{ مول تعادلی} = ۰/۳ - ۰/۲ = ۰/۱, \quad \text{Z مول تعادلی} = ۲(۰/۲) = ۰/۴$$

\* توجه این تست را با جایگذاری اعداد گزینه‌ها در رابطه تعادل دوم نیز می‌توانید حل کنید.

۴ ۲۶۹۸ B قسمت اول: با توجه به معادله واکنش:  $\text{A}_2(\text{g}) + \text{D}_2(\text{g}) \rightleftharpoons ۲\text{AD}(\text{g})$ ، سرعت واکنش با سرعت متوسط مصرف  $\text{A}_2$  و  $\text{D}_2$  برابر است، پس

برای حل این قسمت، کافی است سرعت متوسط مصرف  $\text{A}_2$  یا  $\text{D}_2$  را محاسبه کنیم. به این منظور ابتدا تغییرات تعداد ذرات  $\text{A}_2$  و همچنین تغییرات مول و غلظت

را در بازه زمانی  $t = ۰ \text{ min}$  و  $t = ۲۵ \text{ min}$  به دست می‌آوریم. در  $t = ۰ \text{ min}$  و  $t = ۲۵ \text{ min}$  به ترتیب ۱۰ و ۴ ذره  $\text{A}_2$  وجود دارد، پس در این بازه زمانی، ۶ ذره

$\text{A}_2$  که هر کدام معادل ۰/۱ مول است، یعنی ۰/۶ مول  $\text{A}_2$  مصرف می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta n(\text{A}_2) = -۰/۶ \text{ mol}, \quad \Delta[\text{A}_2] = \frac{\Delta n(\text{A}_2)}{V} = \frac{-۰/۶ \text{ mol}}{۲ \text{ L}} = -۰/۳ \text{ mol.L}^{-1}, \quad \bar{R} = \bar{R}(\text{A}_2) = \frac{|\Delta[\text{A}_2]|}{\Delta t} = \frac{۰/۳ \text{ mol.L}^{-1}}{(۲۵ \times ۶۰) \text{ s}} = ۲ \times ۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$



قسمت دوم: در لحظه تعادل ( $t=45 \text{ min}$ )، ۲ ذره  $A_p$ ، ۲ ذره  $D_p$  و ۱۶ ذره  $AD$  وجود دارد و هر ذره معادل ۱/۱۰ مول است. پس مول تعادلی  $A_p$ ،  $D_p$  و  $AD$  به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲ و ۱/۶ مول است؛ بنابراین ثابت تعادل برابر است با:

$$[A_p] = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1, [D_p] = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1, [AD] = \frac{n}{V} = \frac{1.6}{2} = 0.8 \Rightarrow K = \frac{[AD]^2}{[A_p][D_p]} = \frac{(0.8)^2}{(0.1)(0.1)} = 64$$

با توجه به غلظت‌های تعادلی  $O_p$  و  $SO_p$  و ثابت تعادل می‌توان غلظت تعادلی  $SO_p$  را یافت:

$$K = \frac{[SO_p]^2}{[SO_p][O_p]} \Rightarrow 4/5 = \frac{[SO_p]^2}{(1/6)^2(0.5)} \Rightarrow [SO_p] = 2/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

حجم ظرف و مول‌های تعادلی  $Cl_p$  و  $NO$  و در نتیجه غلظت تعادلی آن‌ها را داریم. پس با استفاده از ثابت تعادل، به غلظت تعادلی و سپس به جرم  $NOCl$  در لحظه تعادل می‌رسیم:

$$[Cl_p] = 6 \text{ mol.L}^{-1} \quad [NO] = 6 \text{ mol.L}^{-1} \quad K = \frac{[NOCl]^2}{[Cl_p][NO]^2} \Rightarrow 1/5 \times 10^{-2} = \frac{[NOCl]^2}{6 \times 6^2} \Rightarrow [NOCl] = 1/8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g NOCl} = 1/8 \frac{\text{mol NOCl}}{\text{L محلول}} \times 1 \text{ L محلول} \times \frac{65.5 \text{ g NOCl}}{1 \text{ mol NOCl}} = 1.17/9 \text{ g NOCl}$$

با توجه به نمودار، مول‌های تعادلی  $PCl_5$ ،  $PCl_3$  و  $Cl_2$  به ترتیب ۲، ۱/۸ و ۰/۲ مول است. با توجه به اینکه غلظت هر ماده نسبت مول آن ماده به حجم ظرف است، در ثابت تعادل، غلظت‌های تعادلی را جایگذاری می‌کنیم:

$$K = \frac{[Cl_2][PCl_3]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0.24 = \frac{(0.2/V) \times (1/8/V)}{(2/V)} \Rightarrow V = 0.75 \text{ L}$$

ابتدا جرم گازهای  $NO_p$  و  $O_p$  را به مول تبدیل می‌کنیم و سپس این مول‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم تا غلظت تعادلی هر گاز مشخص شود.

$$? \text{ mol NO}_p = 64/4 \text{ g NO}_p \times \frac{1 \text{ mol NO}_p}{46 \text{ g NO}_p} = 1/4 \text{ mol NO}_p \Rightarrow [NO_p] = \frac{1/4 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.014 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol O}_p = 22/4 \text{ g O}_p \times \frac{1 \text{ mol O}_p}{32 \text{ g O}_p} = 0.17 \text{ mol O}_p \Rightarrow [O_p] = \frac{0.17 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.017 \text{ mol.L}^{-1}$$

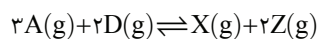
$$[Cl_p] = \frac{1}{2} [NO_p] = \frac{1}{2} \times 0.014 = 0.007 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[NO_p]^2 [Cl_p]}{[NOCl]^2 [O_p]} \Rightarrow 1600 = \frac{(0.014)^2 (0.007)}{[NOCl]^2 (0.017)} \Rightarrow [NOCl]^2 = \frac{(0.014)^2}{1600} \Rightarrow [NOCl] = \sqrt{\frac{(0.014)^2}{(4 \times 10)^2}} = \frac{0.014}{40} = 3/5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون باید غلظت مولی  $NOCl$  را در حجم ظرف ضرب کنیم تا تعداد مول تعادلی این گاز را به دست آوریم.

$$? \text{ mol NOCl} = 3/5 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 10 \text{ L} = 3/5 \times 10^{-2} \text{ mol NOCl}$$

این مسئله جزء مسائل تعادلی از نوع مقدار اولیه است. برای سادگی در حل این مسئله بهتر است از جدول تغییر مول استفاده نمود:



مول اولیه	۸/۵	۵	۰	۰
تغییرات مول	-۳y	-۲y	+y	+۲y
مول تعادلی	۸/۵-۳y	۵-۲y	y	۲y

با توجه به اینکه در مسئله گفته شده که تعداد مول تعادلی  $X$  برابر ۲ است، پس مقدار  $y$  برابر ۲ است. در ادامه غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

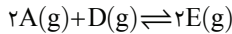
$$[A] = \frac{8/5 - 3y}{5} = \frac{8/5 - 3(2)}{5} = \frac{2/5}{5} = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[D] = \frac{5 - 2y}{5} = \frac{5 - 2(2)}{5} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[X] = \frac{y}{5} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1} \quad [Z] = \frac{2y}{5} = \frac{2(2)}{5} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[X][Z]^2}{[A]^3 [D]^2} = \frac{(0.4) \times (0.8)^2}{(0.08)^3 \times (0.2)^2} = 51/2$$

در ادامه ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:



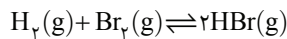
مقدار مول اولیه	۱	۰/۴۱	۰
تغییرات مول	-۲x	-x	+۲x
مقدار مول تعادلی	۱-۲x	۰/۴۱-x	۲x

$$[D] = \frac{n(D)}{V} = \frac{0/41-x}{V} = \frac{0/41-0/4}{0/5} = \frac{0/1}{0/5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[E]^2}{[A]^2[D]} = \frac{(0/8)^2}{(0/2)^2 \times (0/5)} = 800$$

$$? \text{ mol } H_2 = 0/56 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} = 0/28 \text{ mol } H_2$$

$$? \text{ mol } H_2 = 0/2 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} = 0/1 \text{ mol } H_2 \text{ (تعداد مول تعادلی } H_2 \text{)}$$



مول اولیه	۰/۲۸	۰/۵۸	۰
تغییر مول	-x	-x	+۲x
مول تعادلی	۰/۲۸-x	۰/۵۸-x	۲x

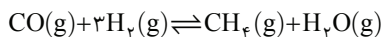
$$H_2(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 0/28 - x = 0/1 \Rightarrow x = 0/18 \text{ mol}$$

$$Br_2(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 0/58 - x = 0/58 - 0/18 = 0/4 \text{ mol}$$

$$HBr(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 2x = 2(0/18) = 0/36 \text{ mol}$$

تعداد مول گازهای واکنش‌دهنده و فرآورده با هم برابر است، بنابراین به جای غلظت مولی هر گاز،

$$K = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{(0/36)^2}{(0/1)(0/4)} = 3/24 \text{ می‌دهیم. تعداد مول آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.}$$



مول اولیه	۱/۹	۲/۳	۰	۰
تغییر مول	-x	-۳x	+x	+x
مول تعادلی	۱/۹-x	۲/۳-۳x	x	x

$$n_{\text{کل}} = n_{CO} + n_{H_2} + n_{CH_4} + n_{H_2O} \text{ (در هنگام تعادل)}$$

$$= (1/9 - x) + (2/3 - 3x) + x + x = 4/2 - 2x$$

$$\frac{n_{H_2}}{n_{\text{کل}}} \times 100 = 50 \Rightarrow \frac{2/3 - 3x}{4/2 - 2x} \times 100 = 50 \Rightarrow x = 0/1 \text{ mol}$$

اکنون می‌توانیم، تعداد مول هر گاز را در هنگام تعادل پیدا کنیم.

$$n_{CO} = 1/9 - x = 1/9 - 0/1 = 1/18 \text{ mol}, n_{H_2} = 2/3 - 3x = 2/3 - 3(0/1) = 2 \text{ mol}, n_{CH_4} = x = 0/1 \text{ mol}, n_{H_2O} = x = 0/1 \text{ mol}$$

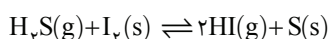
حجم ظرف واکنش برابر با ۱۰ لیتر است، پس ابتدا باید تعداد مول تعادلی هر ماده را به حجم ظرف تقسیم کنیم تا غلظت تعادلی آن به دست آید.

$$K = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0/1)(0/1)}{(1/18)(2)^3} = 5 \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$$

ابتدا جرم مواد اولیه را به مول تبدیل می‌کنیم.

$$? \text{ mol } I_2 = 50/18 \text{ g } I_2 \times \frac{1 \text{ mol } I_2}{254 \text{ g } I_2} = 0/2 \text{ mol } I_2$$

$$? \text{ mol } H_2S = 6/18 \text{ g } H_2S \times \frac{1 \text{ mol } H_2S}{34 \text{ g } H_2S} = 0/2 \text{ mol } H_2S$$



مول اولیه	۰/۲	۰/۲	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+۲x	+x
مول تعادلی	۰/۲-x	۰/۲-x	۲x	x

در تعادل داده شده، دو ماده جامد  $I_2$  و  $S$  را داریم، پس جدول را با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد مول مواد تشکیل می‌دهیم. در حالت تعادل، مواد جامد، شامل ید باقی‌مانده و گوگرد تولید شده است. جرم گوگرد تعادلی + جرم  $I_2$  تعادلی = جرم مواد جامد

$$28/6 = ((0/2 - x) \text{ mol } I_2 \times \frac{254 \text{ g } I_2}{1 \text{ mol } I_2}) + (x \text{ mol } S \times \frac{32 \text{ g } S}{1 \text{ mol } S})$$

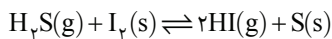
$$\Rightarrow 222x = 22/2 \Rightarrow x = 0/1 \text{ mol}$$

$$H_2S(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 0/2 - x = 0/2 - 0/1 = 0/1 \text{ mol}$$

$$HI(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 2x = 2(0/1) = 0/2 \text{ mol}$$

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2S]} = \frac{(0/2)^2}{(0/1)} = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

حجم ظرف برابر با یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر است.



مول اولیه	۰/۷۵	۰/۷۵	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x	+x
مول تعادلی	۰/۷۵-x	۰/۷۵-x	2x	x

$$I_2 \text{ تعادلی } = ۰/۷۵ - x = ۰/۵ \Rightarrow x = ۰/۲۵ \text{ mol}$$

$$n_{H_2S} = ۰/۷۵ - x = ۰/۷۵ - ۰/۲۵ = ۰/۵ \text{ mol} \text{ در حالت تعادل} , n_{HI} = 2x = 2(۰/۲۵) = ۰/۵ \text{ mol} \text{ در حالت تعادل} , n_S = x = ۰/۲۵ \text{ mol}$$

$I_2$  و  $S$  در حالت جامد قرار دارند، بنابراین غلظت آن‌ها در عبارت ثابت تعادل نوشته نمی‌شود. پس از اینکه مول‌های تعادلی  $H_2S$  و  $HI$  را به حجم ظرف تقسیم کرده و غلظت مولی تعادلی این دو گاز را تعیین کردیم، آن‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2S]} = \frac{(۰/۵)^2}{۰/۵} = ۰/۱ \text{ mol.L}^{-1}$$

ابتدا باید با استفاده از داده‌های جدول، معادله واکنش تعادلی را بنویسیم. تغییرات غلظت  $C$  و  $D$  منفی نشان داده شده، بنابراین این دو ماده، واکنش‌دهنده بوده و دو ماده  $A$  و  $B$  هم که دارای تغییرات غلظت مثبت هستند، فراورده واکنش می‌باشند. اگر تغییر غلظت هر یک از گازها را به تغییر غلظت کوچک‌تر یعنی  $۰/۴$

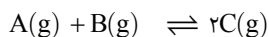
تقسیم کنیم، می‌توانیم ضرایب استوکیومتری را هم به دست آوریم.  $C(g) + 2D(g) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$  معادله واکنش  $D: \frac{۰/۸}{۰/۴} = 2$  ،  $A, B, C: \frac{۰/۴}{۰/۴} = 1$

اگر غلظت اولیه هر گاز را با تغییر غلظت آن جمع کنیم، غلظت تعادلی گاز مورد نظر به دست خواهد آمد.

$$[A]_{\text{تعادلی}} = ۰ + ۰/۴ = ۰/۴ \text{ mol.L}^{-1}, [B]_{\text{تعادلی}} = ۰ + ۰/۴ = ۰/۴ \text{ mol.L}^{-1}, [C]_{\text{تعادلی}} = ۰/۸ - ۰/۴ = ۰/۴ \text{ mol.L}^{-1}, [D]_{\text{تعادلی}} = ۱ - ۰/۸ = ۰/۲ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[A][B]}{[C][D]^2} = \frac{(۰/۴)(۰/۴)}{(۰/۴)(۰/۲)^2} = ۱ \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

حجم ظرف برابر یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. غلظت اولیه گاز  $A$  را  $a \text{ mol.L}^{-1}$  فرض می‌کنیم.



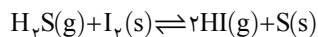
غلظت اولیه	a	۰/۵	۰
تغییر غلظت	-x	-x	+2x
غلظت تعادلی	a-x	۰/۵-x	2x

$$[B]_{\text{تعادلی}} = ۰/۵ - x = ۰/۵ \Rightarrow x = ۰/۴۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C]_{\text{تعادلی}} = 2x = 2(۰/۴۵) = ۰/۹ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} \Rightarrow ۱۸۰ = \frac{(۰/۹)^2}{[A](۰/۰۵)} \Rightarrow [A]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۹ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[A]_{\text{تعادلی}} = a - x = ۰/۰۹ \Rightarrow a - ۰/۴۵ = ۰/۰۹ \Rightarrow a = ۰/۵۴ \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{V=1L} A \text{ تعداد مول اولیه } = ۰/۵۴ \text{ mol}$$



مول اولیه	n	۰/۱	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x	+x
مول تعادلی	n-x	۰/۱-x	2x	x

با توجه به حضور دو جامد  $I_2$  و  $S$  در واکنش تعادلی داده شده، بهتر است جدول تغییرات را با

استفاده از داده‌های مربوط به تعداد مول مواد کامل کنیم. تعداد مول اولیه گاز  $H_2S$  را برابر  $n$  در نظر می‌گیریم.

$$(\text{تعداد مول گوگرد در حالت تعادل}) \text{ mol S} = 1/6 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} = ۰/۰۵ \text{ mol S}$$

$$\text{تعداد مول گوگرد در حالت تعادل} = x = ۰/۰۵ \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول HI در حالت تعادل} = 2x = 2(۰/۰۵) = ۰/۱ \text{ mol}$$

تعداد مول تعادلی گاز  $HI$  را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم تا غلظت تعادلی گاز  $H_2S$  به دست آید:

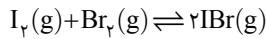
$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2S]} \Rightarrow 1/6 \times ۰^{-2} = \frac{(۰/۱)^2}{[H_2S]} \Rightarrow [H_2S]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۲۵ \text{ mol.L}^{-1} \quad ? \text{ g } H_2S = ۰/۱۷۵ \text{ mol } H_2S \times \frac{34 \text{ g } H_2S}{1 \text{ mol } H_2S} = ۵/۹۵ \text{ g } H_2S$$

$$[H_2S]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۲۵ = \frac{(n-x)}{۵} = \frac{n-۰/۰۵}{۵} \Rightarrow n = ۰/۱۷۵ \text{ mol } (H_2S \text{ تعداد مول اولیه گاز } H_2S)$$

جرم مولی  $IBr$  برابر  $۲۰۷$  گرم بر مول است، با استفاده از جرم مولی، جرم  $IBr$  اولیه را به مول تبدیل می‌کنیم.

$$? \text{ mol } IBr = ۱۰۳/۵ \text{ g } IBr \times \frac{1 \text{ mol } IBr}{207 \text{ g } IBr} = ۰/۵ \text{ mol } IBr$$

در آغاز واکنش، فقط فراورده واکنش یعنی  $IBr$  در ظرف وجود دارد، پس فقط امکان انجام واکنش برگشت وجود دارد و به همین دلیل تغییر غلظت فراورده تا رسیدن به تعادل، منفی بوده و تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها مثبت می‌باشد. از طرف دیگر، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش با هم برابر است، پس حجم ظرف از صورت و مخرج کسر عبارت ثابت تعادل ساده شده و می‌توانیم به جای غلظت مولی، تعداد مول هر گاز را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم.



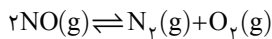
مول اولیه	۰	۰	۰/۵
تغییر مول	+x	+x	-2x
مول تعادلی	x	x	۰/۵-2x

$$K = \frac{[IBr]^2}{[I_2][Br_2]} \Rightarrow 256 = \frac{(0.5-2x)^2}{(x)(x)} \xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}} 16 = \frac{0.5-2x}{x} \Rightarrow x = 0.28 \text{ mol}$$

$$\text{در حالت تعادل: } n_{I_2} = n_{Br_2} = x = 0.28 \text{ mol}, n_{IBr} = 0.5 - 2x = 0.5 - 2(0.28) = 0.44 \text{ mol}$$

۲۷۱۳ C **روش اول:** برای حل این تست اصلاً نیازی به انجام محاسبات نیست. دقت کنید که با توجه به یکسان بودن ضریب  $N_2$  و  $O_2$  در فرآورده، نمودارهای «غلظت-زمان» این دو ماده روی یکدیگر می‌افتد؛ بنابراین نمودار موجود در گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست هستند. همچنین طبق معادله واکنش، تغییر غلظت  $NO$  باید دو برابر تغییر غلظت  $N_2$  و  $O_2$  باشد. در گزینه (۴) تغییر غلظت  $N_2$  و  $O_2$  برابر  $2/3$  و تغییر غلظت  $NO$  برابر  $4/6$  (۵-۰/۴) می‌باشد. پس نمودار گزینه (۴) پاسخ تست است. پیشنهاد ما این است که این تست را به همین روشی که شرح داده شده حل نمائید. ولی اگر می‌خواهید از مقدار مول  $NO$  به غلظت تعادلی گونه‌ها برسید، می‌توانید به روش زیر عمل کنید.

**روش دوم:** ابتدا جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده در تعادل را رسم می‌کنیم: از آنجا که تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فرآورده‌ها برابر است، در رابطه ثابت تعادل می‌توانیم به جای غلظت مولی گونه‌ها، مول تعادلی آن‌ها را قرار دهیم:



مول اولیه	۱۰	۰	۰
تغییر مول	-2x	+x	+x
مول تعادلی	۱۰-2x	x	x

$$K = \frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2} = \frac{n(N_2) \times n(O_2)}{n(NO)^2} = 49 \Rightarrow \frac{x^2}{(10-2x)^2} = 49$$

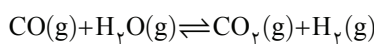
$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{x}{10-2x} = 7 \Rightarrow x = 4/6$$

اکنون غلظت مولی تعادلی هر گونه را محاسبه می‌کنیم:  $NO$  غلظت تعادلی  $= \frac{0.8}{4} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow 10 - 2(4/6) = 0.8$  مول تعادلی  $NO$

$$O_2 \text{ و } N_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{4/6}{4} = 2/3 = 0.67 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow 4/6 = 0.67$$

با توجه به اعداد به دست آمده، نمودار گزینه (۴) صحیح است.

۲۷۱۴ B **تعداد مول اولیه** واکنش‌دهنده‌ها را برابر  $n$  مول فرض می‌کنیم. تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین حجم ظرف از صورت و مخرج کسر عبارت ثابت تعادل ساده شده و می‌توانیم به جای غلظت تعادلی، تعداد مول تعادلی هر گاز را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم.



مول اولیه	n	n	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+x	+x
مول تعادلی	n-x	n-x	x	x

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 49 = \frac{(x)(x)}{(n-x)(n-x)} \xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}} 7 = \frac{x}{n-x}$$

$$\frac{\text{مجموع غلظت مولی فرآورده‌ها}}{\text{مجموع غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها}} = \frac{\left(\frac{x}{4}\right) + \left(\frac{x}{4}\right)}{\left(\frac{n-x}{4}\right) + \left(\frac{n-x}{4}\right)} = \frac{2x}{2(n-x)} = \frac{x}{n-x} = 7$$

۲۷۱۵ C رابطه ثابت تعادل برای واکنش  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$  به صورت زیر است:

$$K = [CO_2] = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = [CO_2] = \frac{n(CO_2)}{V} \Rightarrow 0.5 = \frac{n(CO_2)}{0.5} \Rightarrow n(CO_2) = 0.25 \text{ mol}$$
 ابتدا مقدار مول و جرم  $CO_2$  موجود در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } CO_2 = 0.25 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 11 \text{ g } CO_2$$
 سپس جرم  $CO_2$  تولید شده را از مقدار مول  $CO_2$  تولیدی به دست می‌آوریم:

در ادامه جرم جامد موجود در سامانه تعادلی را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

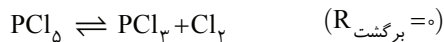
$$\text{ماده جامد} = 171 \text{ g} - 11 \text{ g} = 160 \text{ g} = \text{جرم } CO_2 \text{ تولید شده} - \text{جرم اولیه } CaCO_3 = \text{جرم توده برجای مانده}$$

$$? \text{ g } CaO = 0.25 \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CaO}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{56 \text{ g } CaO}{1 \text{ mol } CaO} = 14 \text{ g } CaO$$
 در ادامه جرم  $CaO$  موجود در توده جامد را محاسبه می‌کنیم:

$$\%CaO = \frac{\text{جرم } CaO}{\text{جرم توده جامد برجای مانده}} \times 100 = \frac{14}{160} \times 100 = 8.75\%$$
 اکنون درصد جرمی  $CaO$  را در سامانه تعادلی به دست می‌آوریم:

۲۷۱۶ C پس از باز کردن شیر رابط بین دو ظرف، چند نکته وجود دارد: ۱- باید تعداد مول  $PCl_5$  موجود در دو ظرف را با هم جمع کنیم تا تعداد مول اولیه این گاز را به دست آوریم.  $(0.2 + 0.8 = 1 \text{ mol})$  ۲- حجم نهایی مخلوط گازی برابر مجموع حجم هر یک از طرف‌ها است.  $(1 + 1 = 2 \text{ L})$  ۳- از آنجا که در آغاز واکنش، فقط

$PCl_5$  را در دو ظرف داریم، پس تنها امکان انجام واکنش رفت وجود دارد.



غلظت اولیه	۰/۵	۰	۰
تغییر غلظت	-x	+x	+x
غلظت تعادلی	۰/۵-x	x	x

$$[PCl_5]_{\text{اولیه}} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0.25 = \frac{(x)(x)}{(0.5-x)} \Rightarrow x^2 + 0.25x - 0.125 = 0 \quad \text{حل معادله درجه ۲}$$

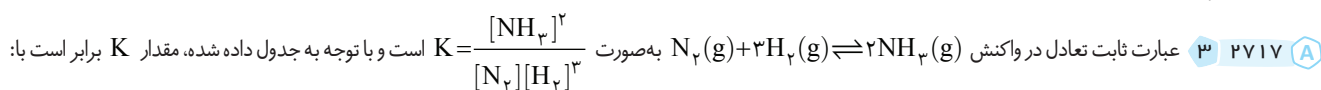
$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-0.25 \pm \sqrt{(0.25)^2 - 4(1)(-0.125)}}{2} = \frac{-0.25 \pm \sqrt{0.9}}{2}$$

$$x_1 = \frac{-0.25 - 0.75}{2} = -0.5 \text{ (غ ق)}, \quad x_2 = \frac{-0.25 + 0.75}{2} = 0.25 \text{ mol.L}^{-1} \text{ (ق ق)}, \quad [PCl_5]_{\text{تعادلی}} = 0.5 - x = 0.5 - 0.25 = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

برای محاسبه تعداد مول  $PCl_5$  در حالت تعادل، باید تعداد مول تعادلی این گاز را در حجم ظرف ضرب کنیم.  $? \text{ mol } PCl_5 = 0.25 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 2 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$

**\* توجه** حال یکی از پرسش‌های کنکور ریاضی سال ۹۷ و همچنین یکی از پرسش‌های کنکور تجربی سال ۹۶ احتیاج به حل معادله درجه دوم داشت، پس بهتر است که شما هم به خوبی با نحوه حل این دسته از پرسش‌ها آشنا باشید.



$$K = \frac{(0.2)^2}{(0.4)(0.5)^3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$$

با توجه به مقدار کم ثابت تعادل مشخص است که واکنش در این شرایط پیشرفت زیادی نداشته است.

دقت شود که یکای  $K$  در واکنش  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$  به صورت  $(\frac{\text{mol}}{\text{L}})^{(c+d)-(a+b)}$  و در واکنش تولید آمونیاک به صورت  $(\frac{\text{mol}}{\text{L}})^{2-(1+3)}$  یا  $\text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$  است.

۲ ۲۷۱۸ **A** اگر ثابت تعادل واکنش  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  بزرگ باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی دارد و غلظت فرآورده‌ها در لحظه تعادل بیشتر از غلظت واکنش‌دهنده‌ها در لحظه تعادل است. یعنی غلظت  $SO_3(g)$  در لحظه تعادل، بیشتر از غلظت  $O_2(g)$  و  $SO_2(g)$  در لحظه تعادل است. شیب منحنی «غلظت - زمان» برای  $SO_3$  دو برابر  $O_2$  است، زیرا ضریب استوکیومتری  $SO_3$  دو برابر ضریب استوکیومتری  $O_2$  است. باید دقت کرد که غلظت  $O_2$  در لحظه تعادل به صفر نمی‌رسد، زیرا واکنش تعادلی است و همواره مقداری  $O_2$  در جهت برگشت تولید می‌شود.

۲ ۲۷۱۹ **B**

**نکته ترکیبی** ثابت‌های تعادل بزرگ: مفهوم ثابت تعادل برای یک واکنش تعادلی بیان می‌دارد که آن واکنش تا چه میزان پیشرفت می‌کند. به عبارتی نسبت فرآورده‌های تولید شده به واکنش‌دهنده‌های باقی‌مانده، چقدر است. اگر این نسبت برای یک واکنش بسیار بالا باشد، می‌توان آن واکنش را کامل در نظر گرفت که مقدار غلظت واکنش‌دهنده‌ها (که در مخرج قرار دارند) ی باقی‌مانده ناچیز و به تقریب برابر صفر است. با توجه به آن می‌توان به این نتیجه رسید که بازده چنین واکنشی به تقریب برابر ۱۰۰٪ بوده و می‌توان مقادیر فرآورده‌ها را به روش استوکیومتری و به‌طور مستقیم از مقادیر واکنش‌دهنده‌های مصرف شده به دست آورد.

به کمک مقدار عددی ثابت تعادل می‌توان به پیشرفت واکنش تعادلی پی‌برد؛ به‌طوری‌که اگر ثابت تعادل یک واکنش عدد به بزرگی مثلاً  $10^{28}$  باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بازده یا پیشرفت واکنش، حدوداً ۱۰۰٪ است و در نتیجه همه واکنش‌دهنده‌های آن به فرآورده تبدیل می‌شوند و برای محاسبه جرم فرآورده (ها) از استوکیومتری واکنش استفاده نمود:

$$? \text{ mol } Na_2O = 9/2 \text{ g } Na \times \frac{1 \text{ mol } Na}{23 \text{ g } Na} \times \frac{2 \text{ mol } Na_2O}{4 \text{ mol } Na} = 0.2 \text{ mol } Na_2O$$

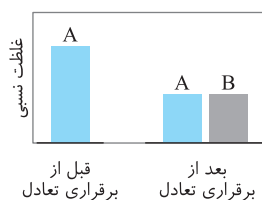
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{Na گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول } Na_2O}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{9/2}{4 \times 23} = \frac{X}{2} \Rightarrow X = 0.2 \text{ mol } Na_2O$$

روش دوم (تناسب):

**+** توضیح محاسبات

$$\frac{9/2 \times 2}{23 \times 4} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{9/2 \times 2}{23 \times 4} = \frac{2}{5 \times 2} = \frac{1}{5} = 0.2$$



۱ ۲۷۲۰ **B** تنها عبارت (پ) نادرست است. با توجه به نمودار داده شده، A واکنش‌دهنده و B فرآورده است و در ظرف واکنش،

در ابتدا فقط A وجود داشته و بعد از رسیدن به تعادل غلظت A و B به تقریب با هم برابر شده است؛ ولی با توجه به یکسان بودن ضرایب استوکیومتری، غلظت تعادلی A و B باید نصف غلظت اولیه A باشد که اینگونه نیست. بررسی سایر عبارات: عبارت (الف): با توجه به نمودار داده شده، اندازه تغییر غلظت فرآورده و واکنش‌دهنده در لحظه تعادل با هم برابر بوده و با توجه به صورت سؤال، ضرایب استوکیومتری آن‌ها نیز برابر است، پس ثابت تعادل واکنش برابر با یک است. عبارت (ب): غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها و ضریب استوکیومتری آن‌ها با هم برابر  $\Leftarrow K$  برابر یک  $\Leftarrow$  درصد پیشرفت واکنش برابر با ۵۰٪ عبارت (ت): نمودار داده شده، نشان‌دهنده غلظت برابر از واکنش‌دهنده و فرآورده در لحظه تعادل است.





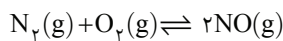
**B ۲۷۲۱ ۲** اگر مقدار عددی ثابت تعادل یک واکنش برابر با  $10^{17} \times 1/9$  باشد، درباره این واکنش می‌توان گفت که پیشرفت بسیار زیادی در جهت رفت و رسیدن به تعادل دارد، زیرا  $K$  بسیار بزرگ است، اما نمی‌توان سرعت آن را پیش‌بینی کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱)**: اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر  $2/4 \times 10^3$  باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت زیادی داشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده(ها) به فرآورده(ها) تبدیل می‌شود. **گزینه (۳)**: اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر  $1/21$  باشد، چون  $K$  به یک نزدیک است، می‌توان گفت در لحظه تعادل غلظت واکنش‌دهنده(ها) و فرآورده(ها) به تقریب با هم برابرند. **گزینه (۴)**: اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر  $10^{-5} \times 1/66$  باشد، چون  $K$  بسیار کوچک است، می‌توان گفت واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی نداشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده‌ها در ظرف واکنش باقی می‌مانند و به فرآورده تبدیل نمی‌شوند.

**B ۲۷۲۲ ۲** در شکل داده شده، مقدار اولیه  $SO_2$  برابر ۲ مول و مقدار تعادلی این واکنش‌دهنده برابر با  $1/2$  مول است، از این‌رو واکنش پس از مصرف شدن  $1/8$  مول از  $SO_2$  اولیه به تعادل رسیده است.

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{1/8 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \times 100 = 6.25\%$$

از آنجا که در ابتدای واکنش،  $SO_2$  و  $O_2$  به نسبت استوکیومتری وارد ظرف شده‌اند، تفاوتی ندارد که از کدام یک از آن‌ها برای محاسبه درصد پیشرفت واکنش استفاده کنیم.

**B ۲۷۲۳ ۱** ابتدا تعداد مول تعادلی  $NO$  را به دست آورده و جدول مقابل را رسم می‌کنیم:

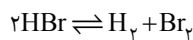


مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x
مول تعادلی	1-x	1-x	2x

$$NO \text{ تعادلی} = 1/2 \text{ g NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} = 0.0167 \text{ mol NO} = 2x \Rightarrow x = 0.00835 \text{ mol}$$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مقدار مصرف شده } N_2}{\text{مقدار اولیه } N_2} \times 100 = \frac{0.00835}{1} \times 100 = 0.835\%$$

**B ۲۷۲۴ ۳** تعداد مول گازی مواد در دو طرف معادله واکنش با هم برابر است، پس حجم ظرف در محاسبات ما اهمیتی ندارد، زیرا حجم ظرف از صورت و مخرج کسر  $K$  ساده می‌شود.

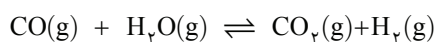


مول اولیه	1/8	۰	۰
تغییر مول	-2x	+x	+x
مول تعادلی	1/8 - 2x	x	x

$$K = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} \Rightarrow 1 = \frac{(x)(x)}{(1/8 - 2x)^2} \xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}} 1 = \frac{x}{1/8 - 2x}$$

$$\Rightarrow x = 0.036 \text{ mol}$$

$$\text{درصد تجزیه شده HBr} = \frac{\text{تعداد مول HBr که تجزیه شده است}}{\text{تعداد مول اولیه HBr}} \times 100 = \frac{2x}{1/8} \times 100 = \frac{2(0.036)}{1/8} \times 100 = 57.6\%$$



مول آغازی	x	x	۰	۰
تغییرات مول	-0.8x	-0.8x	+0.8x	+0.8x
مول تعادلی	0.2x	0.2x	0.8x	0.8x

**B ۲۷۲۵ ۴ قسمت اول:** با توجه به معادله تعادلی داده شده، اگر  $x$  مول از  $CO$  و  $H_2O$

را وارد ظرف کنیم و بازده واکنش  $80\%$  باشد،  $0.8x$  مول از  $CO$  و  $H_2O$  مصرف شده و

$0.8x$  مول از  $CO_2$  و  $H_2$  تولید می‌شود؛ بنابراین در جدول تغییر مول داریم:

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{(0.8x/4) \times (0.8x/4)}{(0.2x/4) \times (0.2x/4)} = 16$$

**قسمت دوم:** اگر غلظت تعادلی  $CO_2$  برابر  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$  باشد، داریم:

$$CO_2 \text{ تعادلی} = Y = \frac{0.8x}{4} = 0.4 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

پس با توجه به اینکه مقدار مول آغازی  $CO$  را برابر  $x$  در نظر گرفتیم، پس مقدار آن برابر ۲ مول است.

**B ۲۷۲۶ ۳** به‌جز عبارت سوم، سایر عبارات درست هستند. **بررسی عبارت سوم:** به‌طور کلی تغییر در پارامترهای غلظت، فشار و دما، تعادل را به هم می‌زند؛ اما تنها عاملی که می‌تواند ثابت تعادل را تغییر دهد، دما است.

**A ۲۷۲۷ ۴** کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را کاهش می‌دهد و موجب افزایش سرعت رسیدن مواد به تعادل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):**

کاتالیزگر بر غلظت مولی فرآورده‌ها تأثیری ندارد. **گزینه (۲):** کاتالیزگر بر مقدار ثابت تعادل و میزان پیشرفت واکنش اثری ندارد. **گزینه (۳):** کاتالیزگر سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل زودتر برقرار شود.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جمله داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت مربوط به تعادل هابر را به یک اندازه کاهش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل با سرعت بیشتری برقرار شود. **عبارت (ب):** کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد. **عبارت (پ):** استفاده از کاتالیزگر تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد. **عبارت (ت):** کاتالیزگر بر میزان آنتالپی واکنش، میزان پیشرفت واکنش و مقدار عبارت ثابت تعادل بی‌تأثیر است.

طبق اصل لوشاتلیه، با اعمال یک تغییر به سامانه تعادلی، واکنش در جهت رفت یا برگشت پیشرفت می‌کند تا از این طریق، تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند و دوباره به تعادل برسد.

فقط مورد (پ) درست است. **بررسی عبارت (پ):** اگر تغییری سبب به هم خوردن تعادل در یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن را جبران کند نه به طور کامل. فقط در یک سری از شرایط خاص تعادل به طور کامل اثر تغییر اعمال شده را رفع می‌کند. **بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (الف):** با افزایش غلظت یک ماده، تعادل در جهت مصرف آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند به طور کامل اثر آن را جبران کند. **عبارت (ب):** تغییر دما، سبب به هم خوردن تعادل شده و ثابت تعادل را هم تغییر می‌دهد. **عبارت (ت):** با کاهش غلظت یک ماده، تعادل در جهت تولید آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند اثر آن را به طور کامل جبران کند.

عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اگر غلظت یک واکنش دهنده را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. **عبارت (ب):** به طور معمول جابه‌جایی تعادل اثر تغییر وارد شده را به طور کامل از بین نمی‌برد. **عبارت (پ):** با خارج کردن یک ماده و کاهش غلظت آن، تعادل در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود. **عبارت (ت):** هنگامی که غلظت یک ماده را تغییر می‌دهیم، تعادل سعی می‌کند، با جابه‌جایی به سمت چپ و یا سمت راست، با این تغییر مقابله کند و دوباره به تعادل برسد. ولی به طور معمول نمی‌تواند به طور کامل اثر تغییر تحمیل شده را از بین ببرد. بنابراین هنگامی که مقدار یک فراورده را به اندازه ۱ مول کاهش می‌دهیم، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، اما تعداد مول فراورده تولید شده بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کمتر از ۱ مول خواهد بود.

با افزایش غلظت گاز  $O_2$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. با کاهش غلظت گاز  $SO_2$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. پس از تغییر غلظت و جابه‌جایی تعادل، اثر تغییر وارد شده به طور کامل از بین نمی‌رود، بنابراین مقداری از گاز  $O_2$  اضافه شده مصرف می‌شود و مقداری از کاهش غلظت  $SO_2$  جبران می‌شود.

موارد دوم و سوم درست هستند.  $I_p(g)$  در قسمت فراورده‌ها و در سمت راست معادله واکنش قرار دارد، با افزودن  $I_p$  به سامانه تعادلی، غلظت این ماده افزایش یافته و طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به طور معمول اثر تغییر وارد شده به طور کامل از بین نمی‌رود، غلظت  $I_p$  در تعادل جدید از تعادل اولیه بیشتر است. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت  $H_2$  کاهش و غلظت  $HI$  افزایش می‌یابد.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) جمله را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. **عبارت (ب):** وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک افزایش یافته و غلظت گاز نیتروژن کاهش می‌یابد. دقت کنید که اثر تغییر غلظت روی گاز هیدروژن باقی می‌ماند. برای مثال اگر ۱ مول از آن وارد شود، مقدار  $1/8$  مول آن مصرف می‌شود و غلظت نهایی آن افزایش یافته است. **عبارت (پ):** خارج کردن مقداری گاز نیتروژن از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک کاهش و غلظت هیدروژن افزایش می‌یابد. **عبارت (ت):** وارد کردن مقداری گاز آمونیاک به سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود اما دقت کنید که ثابت تعادل تغییری نمی‌کند زیرا ثابت تعادل فقط با تغییر دما دچار تغییر می‌شود.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** بر اثر کاهش غلظت  $A$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در سمت فراورده‌ها، ۴ مول گاز  $B$  (۱ مول  $B$  و ۳ مول  $C$ ) و در سمت راست واکنش دهنده، ۲ مول گاز  $A$  (۲ مول  $A$ ) وجود دارد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، شمار مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** با کاهش غلظت  $A$  و جابه‌جایی واکنش به سمت چپ، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند، اما به دلیل اینکه تعادل به طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به طور کامل از بین ببرد، با جابه‌جایی تعادل، به اندازه نصف مقدار  $A$  تولید نمی‌شود، بنابراین غلظت  $A$  در تعادل جدید به اندازه تعادل اولیه نیست ولی از نصف غلظت اولیه بیشتر می‌باشد. **عبارت (پ):** با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت  $B$  کاهش می‌یابد، اما بدون اطلاع از مقدار  $K$ ، نمی‌توانیم بگوییم غلظت  $B$  در تعادل جدید، چه نسبتی با تعادل اولیه دارد. **عبارت (ت):** بر اثر کاهش غلظت  $A$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، یعنی در جهت برگشت پیشرفت می‌کند تا به تعادل جدید برسد. **عبارت (ث):** با خروج  $A$  از سامانه تعادلی، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود تا تعادل جدید ایجاد کند. در تعادل جدید، غلظت گونه‌ها کمتر از تعادل اولیه است؛ پس سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است.

با دو برابر شدن غلظت  $NO_2(g)$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به طور معمول اثر تغییر وارد شده به طور کامل از بین نمی‌رود، با جابه‌جایی تعادل، تمام  $NO_2(g)$  اضافه شده، مصرف نمی‌شود، بنابراین غلظت  $NO_2(g)$  در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. از سوی دیگر، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت  $N_2O_4(g)$  هم افزایش می‌یابد، با توجه به اینکه غلظت و مقدار هر دو گاز موجود در تعادل، در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است، فشار سامانه تعادلی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل ( $K$ ) را نداریم، نمی‌توانیم درباره نسبت غلظت  $N_2O_4$  در تعادل جدید به غلظت این ماده در تعادل اولیه اظهار نظر کنیم. فقط می‌توانیم بیان کنیم که غلظت این ماده افزایش می‌یابد. **گزینه‌های (۳) و (۴):** پس از برقراری تعادل جدید، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر شده و بیشتر از تعادل اولیه است، اما نمی‌توانیم بگوییم که سرعت‌ها دو برابر می‌شود.

عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** بر اثر کاهش غلظت  $SO_3(g)$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. با پیشرفت واکنش رفت، غلظت گازهای  $SO_2$  و  $O_2$  به تدریج کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** همان‌طور که در عبارت (الف) گفته شد، غلظت گازهای  $SO_2$  و  $O_2$  کاهش می‌یابد و همچنین با وجود حرکت تعادل برای تولید گاز کربن دی‌اکسید، اما همه مقدار خارج شده تولید نمی‌شود پس غلظت نهایی این ماده نیز کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** با کاهش غلظت  $SO_3$  و جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت هر سه گاز  $SO_2$ ،  $SO_3$  و  $O_2$  در تعادل جدید، کمتر از تعادل اولیه است، از این رو، پس از برقراری تعادل جدید، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. **عبارت (ت):** مقدار عددی ثابت تعادل فقط با تغییر دما عوض می‌شود. **عبارت (ث):** با خروج مقدار  $SO_3$  از سامانه تعادلی، واکنش در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود و طی این فرایند مقدار مول و غلظت  $SO_3$  افزایش می‌یابد.



عبارت‌های اول و دوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: غلظت مولی یک ماده از تقسیم تعداد مول آن به حجم ظرف به دست می‌آید. حجم ظرف ۱۰ لیتر است، پس می‌توانیم غلظت هر یک از گازهای  $SO_3$  و  $SO_2$  را در تعادل جدید و تعادل اولیه به دست آوریم.

$$[SO_3]_1 = \frac{0.68 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.068 \text{ mol.L}^{-1}, [SO_2]_1 = \frac{0.32 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.032 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[SO_3]_1}{[SO_2]_1} = \frac{0.68}{0.32} = 2.125$$

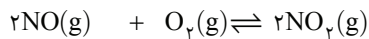
$$[SO_3]_2 = \frac{0.46 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.046 \text{ mol.L}^{-1}, [SO_2]_2 = \frac{0.54 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.054 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[SO_3]_2}{[SO_2]_2} = \frac{0.46}{0.54} = 0.85$$

ملاحظه می‌کنید که نسبت غلظت مولی  $SO_3(g)$  به  $SO_2(g)$  در دو تعادل با یکدیگر برابر نیست. عبارت دوم: طبق اصل لوشاتلیه، بر اثر افزایش غلظت  $SO_3$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. به دلیل اینکه ثابت تعادل (K) فقط تابع دما است، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است. عبارت سوم: غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید برابر است با:

$$[O_2]_2 = \frac{0.27 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.027 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت چهارم: در نخستین لحظه‌ای که ۱ مول  $SO_3$  را به تعادل می‌افزاییم، تعداد مول این ماده از ۰.۶۸ به ۱.۶۸ مول می‌رسد. بعد از این تغییر، تعادل جابه‌جا می‌شود و سعی می‌کند که با این تغییر مقابله کند، اما همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید، تعداد مول  $SO_3$  در تعادل جدید، برابر ۱.۴۶ مول است، یعنی تعادل تمام  $SO_3$  اضافه شده را مصرف نکرده و مقداری از تغییر وارد شده از بین نرفته است.

روش اول: با افزودن ۲ مول گاز NO، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود تا دوباره به تعادل برسد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت گاز  $NO_2$ ، به تدریج افزایش و غلظت گازهای NO و  $O_2$  به تدریج کاهش می‌یابد.



$$4 + 2 - 2x \quad 4 - x \quad 8 + 2x$$

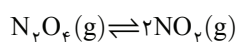
$$[O_2]_{\text{تعداد جدید}} = 4 - x = 3/45 \Rightarrow x = 0.55 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [NO]_{\text{تعداد جدید}} = 4 + 2 - 2x = 6 - 2(0.55) = 4.9 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[NO_2]_{\text{تعداد جدید}} = 8 + 2x = 8 + 2(0.55) = 9.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: هنگامی که ۲ مول NO را به تعادل می‌افزاییم، غلظت این ماده از ۴M به ۶M افزایش می‌یابد، سپس تعادل جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل نمی‌تواند به‌طور کامل اثر تغییر وارد شده را از بین ببرد، غلظت تعادلی NO در تعادل جدید از ۴M بزرگ‌تر خواهد بود. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که گزینه‌ای که در آن غلظت NO بین ۴M و ۶M باشد، می‌تواند جواب پرسش باشد. فقط در گزینه (۲) این شرط رعایت شده است.

روش اول: از شکل (الف) تا (پ)، تعداد مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ  $NO_2$  در حال افزایش است. اما در دو شکل (پ) و (ت) تعداد مولکول‌ها ثابت است. بنابراین

$$\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]} \text{ نسبت} \text{ به همین دلیل تغییر نمی‌کند، به همین دلیل (پ) تعادل برقرار شده است. پس از برقراری تعادل، غلظت مواد موجود در تعادل تغییر نمی‌کند، به همین دلیل (پ) و (ت) یکسان است. و شدت رنگ قهوه‌ای در شکل‌های (پ) و (ت) یکسان است.}$$



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): به دلیل اینکه ضریب استوکیومتری  $NO_2$  دو برابر ضریب استوکیومتری  $N_2O_4$  است، از این رو سرعت تولید  $NO_2(g)$  هم دو برابر سرعت تولید  $N_2O_4(g)$  می‌باشد. گزینه (۳): از شکل (الف) تا شکل (پ)، غلظت  $N_2O_4(g)$  در حال کاهش است، بنابراین سرعت مصرف  $N_2O_4(g)$  در شکل (ب) کمتر از شکل (الف) است (با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد). گزینه (۴): اگر مقداری گاز  $NO_2$  به مخلوط واکنش افزوده شود، واکنش در جهت تولید  $N_2O_4$  یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

روش اول: مقایسه‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): سرعت مصرف  $PCl_5(g)$ ، همان سرعت واکنش برگشت است. به

دلیل کاهش غلظت  $PCl_5(g)$ ، سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر است. عبارت (ب): در تعادل سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر است و بنا بر توضیحات عبارت (الف) چون سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است پس سرعت واکنش رفت هم در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است. عبارت (پ): طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش غلظت  $PCl_5$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بنابراین غلظت  $PCl_5(g)$  به تدریج کاهش می‌یابد. به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است. در صورت کسر ثابت تعادل،  $[PCl_5]$  و در مخرج آن حاصل ضرب  $[PCl_3][Cl_2]$  وجود دارد، پس اگر  $[PCl_5]$  کاهش یابد، باید حاصل ضرب  $[PCl_3][Cl_2]$  هم به همان نسبت کاهش یابد تا نسبت آن‌ها یعنی مقدار K تغییر نکند. عبارت (ت): بر اثر کاهش غلظت  $PCl_5(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این رو، غلظت  $Cl_2(g)$  به تدریج افزایش می‌یابد. بنابراین غلظت  $Cl_2(g)$  در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. عبارت (ث): به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است:

$$K = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]} = [PCl_5] \times [PCl_3]^{-1} \times [Cl_2]^{-1}$$



۳ ۲۷۴۲ B عبارت ثابت تعادل برای این واکنش به صورت روبه‌رو است:

با توجه به عبارت، بر اثر کاهش  $[NH_4]$ ، تعادل در جهت تولید این ماده، یعنی جهت رفت، پیش می‌رود و مقدار  $H_2S(g)$  نیز افزایش می‌یابد. اثر تغییر غلظت روی مقدار ثابت تعادل تغییری ایجاد نمی‌کند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): بر اثر افزایش غلظت  $H_2S(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار  $NH_4HS(g)$  افزایش می‌یابد، اما با توجه به اینکه  $NH_4HS$  یک جامد خالص است، غلظت آن ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.

**نکته ترکیبی** در واکنش‌های تعادلی، تغییر جرم اجزای جامد یا مایع تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد؛ زیرا در دمای معین، غلظت این مواد همواره ثابت باقی می‌ماند؛ بنابراین افزودن این مواد به طرف تعادل یا خارج کردن بخشی از آن‌ها از سامانه تعادلی سبب به هم خوردن تعادل نمی‌شود و تغییری در نمودار «مول - زمان» و غلظت سایر اجزای تعادل ایجاد نمی‌کند.

گزینه (۲): با اضافه یا کم کردن یک ماده جامد خالص، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. گزینه (۴):  $NH_4HS$  یک جامد خالص است، پس با خارج کردن آن تغییری در تعادل ایجاد نشده و سرعت واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند.

۴ ۲۷۴۳ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بر اثر کاهش غلظت  $H_2(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در قسمت فراورده‌ها، ۱۱۲ گرم ماده جامد (۲ مول  $Fe$ ) و در قسمت واکنش‌دهنده‌ها، ۱۶۰ گرم ماده جامد (۱ مول  $Fe_2O_3$ ) داریم، از این‌رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد موجود در تعادل افزایش می‌یابد. عبارت (ب):  $Fe$  یک جامد خالص است، پس با افزایش مقدار آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (پ): با افزایش غلظت  $H_2O(g)$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین سرعت واکنش برگشت افزایش پیدا می‌کند. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقدار (تعداد مول)  $Fe_2O_3(g)$  افزایش می‌یابد. عبارت (ت):  $Fe_2O_3$  یک جامد خالص بوده و غلظت آن ثابت است، پس با خارج کردن مقداری از این ماده، تغییری در تعادل مشاهده نخواهیم کرد.

۳ ۲۷۴۴ B مقداری از  $A$  را از تعادل خارج کرده‌ایم، از این‌رو باید در نخستین لحظه، غلظت  $A$  به‌طور ناگهانی کاهش یابد (نادرستی گزینه (۴))، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقداری از کاهش غلظت  $A$  جبران می‌شود، بنابراین غلظت  $A$  در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه کمتر است (نادرستی گزینه (۲))، بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، باید غلظت  $C$  کاهش یابد (نادرستی گزینه (۱)).

۱ ۲۷۴۵ B فقط مورد دوم درست است. با توجه به نمودار، تغییر وارد شده، افزایش غلظت  $PCl_5$  می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: بر اثر افزایش غلظت  $PCl_5$ ، تعادل به هم خورده و به سمت راست جابه‌جا می‌شود، در تعادل جدید، غلظت هر سه ماده  $PCl_5$ ،  $PCl_3$  و  $Cl_2$  از تعادل اولیه بیشتر است، بنابراین سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. عبارت دوم: بر اثر این تغییر سرعت واکنش رفت افزایش یافته و تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت  $PCl_3$  و  $Cl_2$  به تدریج افزایش می‌یابد تا به تعادل جدید برسیم و غلظت این دو ماده ثابت شود. بنابراین از لحظه اعمال تغییر تا لحظه برقراری تعادل جدید، سرعت مصرف  $PCl_5$  که همان سرعت واکنش برگشت است، به تدریج افزایش می‌یابد. عبارت سوم:  $K$  فقط تابع دما است، از آنجا که حین افزایش غلظت  $PCl_5$ ، دما تغییر نکرده، مقدار  $K$  در تعادل جدید با تعادل اولیه برابر است. عبارت چهارم: مقدار افزایش غلظت  $PCl_3$  و  $Cl_2$  به یک‌میزان است، اما با توجه به افزودن مقداری  $PCl_5$  به ظرف، نمی‌توان درباره رابطه مقدار تغییر غلظت آن با مواد دیگر بحث کرد.

۴ ۲۷۴۶ B بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):  $H_2O$  یک ماده مایع خالص است، بنابراین غلظت آن ثابت می‌باشد. عبارت (ب): بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت یون  $CoCl_4^{2-}(aq)$  افزایش می‌یابد، اما به دلیل ثابت بودن دما، مقدار ثابت تعادل ( $K$ ) تغییر نمی‌کند. عبارت (ت): با افزایش غلظت  $Cl^-(aq)$  در تعادل جدید، سرعت واکنش رفت افزایش یافته و با توجه به برابر بودن سرعت واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش برگشت نیز افزایش یافته است.

۲ ۲۷۴۷ B افزودن چند قطره محلول نقره نیترات سبب ایجاد موارد دوم، سوم و چهارم می‌شود. نقره نیترات ( $AgNO_3$ ) محلول در آب است و بر اثر تفکیک یونی

آن، یون‌های  $Ag^+(aq)$  و  $NO_3^-(aq)$  آزاد می‌شوند. یون‌های  $Ag^+(aq)$  با یون‌های  $Cl^-(aq)$  موجود در تعادل واکنش داده و رسوب سفیدرنگ  $AgCl(s)$  را تولید می‌کنند.

بر اثر واکنش یون‌های  $Ag^+(aq)$  و  $Cl^-(aq)$ ، غلظت یون  $Cl^-(aq)$  در محلول کاهش می‌یابد، بنابراین طبق اصل لوشاتلیه، تعادل انحلال  $KCl$  به سمت راست جابه‌جا می‌شود در نتیجه مقداری از ذره‌های  $KCl$  جامد حل می‌شوند و انحلال‌پذیری  $KCl$  افزایش می‌یابد. همچنین یون‌های  $K^+(aq)$  تولید شده موجب افزایش غلظت این یون در محلول می‌شوند. اما از آنجا که به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، پس از برقراری تعادل جدید، غلظت یون  $Cl^-$  نسبت به تعادل اولیه کمتر است.

۱ ۲۷۴۸ B عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با افزودن آب، غلظت مواد محلول کاهش می‌یابد و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، غلظت مواد در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه، واکنش در جهت تولید واکنش‌دهنده‌ها (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. عبارت (ب): با افزودن نمک طعام، مقداری از یون‌های  $Ag^+(aq)$  در ترکیب با یون  $Cl^-(aq)$  نمک، تشکیل رسوب  $AgCl$  را می‌دهند و از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین تعادل در جهت تولید یون  $Ag^+$  (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): با افزودن نقره نیترات، غلظت یون  $Ag^+(aq)$  افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که همان جهت رفت است. بنابراین سرعت مصرف  $Cu(s)$  افزایش می‌یابد. عبارت (ت): با افزودن مس (II) سولفات، غلظت یون  $Cu^{2+}$  افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که در نتیجه این جابه‌جایی غلظت یون  $Ag^+(aq)$  افزایش می‌یابد که در نتیجه آن سرعت مصرف این یون هم افزایش می‌یابد.



**B ۲۷۴۹ ۲** عبارت‌های سوم و ششم نادرست هستند. اگر به این سامانه مقداری HCl اضافه کنیم، یون  $H^+(aq)$  با یون  $OH^-(aq)$  واکنش می‌دهد و از غلظت یون  $OH^-$  کاسته می‌شود. تعادل برای مقابله با این تغییر در جهت تولید  $OH^-(aq)$  که همان جهت رفت است، حرکت می‌کند و غلظت یون آمونیوم افزایش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن دما، ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

کاهش  $\Rightarrow [OH^-]$  افزایش  $\Rightarrow [NH_4^+]$  کاهش  $\Rightarrow [NH_3]$   
 دقت کنید که تعادل نمی‌تواند غلظت  $OH^-(aq)$  را دوباره به حالت اول برگرداند و غلظت نهایی آن کمتر از غلظت اولیه آن می‌باشد. در نتیجه pH محلول تعادلی کاهش می‌یابد. همان‌طور که می‌دانید حاصل ضرب  $[OH^-]$  در  $[H^+]$  در دمای معین، ثابت است، پس طی این فرایند حاصل آن تغییر نمی‌کند.

**C ۲۷۵۰ ۳** همهٔ موارد به‌جز مورد سوم نادرست هستند. بررسی موارد: **مورد اول:** اگر به این تعادل مقداری گاز  $CO_2$  اضافه کنیم، تعادل در جهت مصرف آن یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و سرعت مصرف  $H_2(g)$  که همان سرعت واکنش برگشت است، افزایش می‌یابد. **مورد دوم:** کلسیم کربنات ماده‌ای جامد است و با افزایش مقدار آن، غلظتش ثابت می‌ماند. در نتیجه تعادل جابه‌جا نمی‌شود. **مورد سوم:** با افزودن آب و دو برابر کردن حجم محلول، غلظت هر مادهٔ محلول نصف می‌شود و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در آب در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر دچار کاهش می‌شود و طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید واکنش‌دهنده‌ها، یعنی جهت برگشت حرکت می‌کند. **مورد چهارم:** در صورت خارج کردن مقداری از گاز اکسیژن از تعادل مورد نظر، طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید گاز  $O_2$  حرکت می‌کند، اما نمی‌تواند مقدار  $O_2(g)$  خارج شده را به‌طور کامل جبران کند. در نتیجه  $[O_2(g)]$  و  $[SO_3(g)]$  نسبت به غلظت اولیهٔ آن‌ها کاهش و  $[SO_3(g)]$  نسبت به غلظت اولیهٔ آن افزایش می‌یابد. **مورد پنجم:** هنگامی که گاز Ar را به تعادل می‌افزاییم، این گاز نجیب با هیچ‌یک از مواد موجود در تعادل واکنش نمی‌دهد. از این‌رو، تعداد مول مواد تغییر نمی‌کند. به گازهایی مانند Ar گاز بی‌اثر می‌گوییم، یعنی گازی که تمایلی به انجام واکنش با مواد موجود در تعادل ندارد. حجم ظرف هم ثابت است، بنابراین به دلیل تغییر نکردن تعداد مول مواد، بر اثر افزودن گاز Ar، غلظت هیچ‌یک از گازهای مخلوط تعادلی تغییر نکرده و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. تنها اثر افزودن Ar افزایش فشار کل است، یعنی به دلیل افزایش تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف، تعداد برخوردها با دیوارهٔ ظرف افزایش یافته و در نتیجه، فشار مخلوط گازی زیادتر می‌شود.

**B ۲۷۵۱ ۱** پس از افزایش غلظت  $O_2(g)$ ، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف  $O_2$ ،

یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در نخستین لحظه تغییر وارد شده، غلظت گاز اکسیژن از  $0.2$  به  $0.3$  مول بر لیتر افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر ۱ لیتر است، بنابراین غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$[NO]_{\text{جدید}} = 1 - 2x = 1 - 2(0.125) = 0.75 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[NO_2]_{\text{جدید}} = 0.4 + 2x = 0.65 \Rightarrow x = 0.125 \text{ mol.L}^{-1}$$

**B ۲۷۵۲ ۱** با توجه به جدول تغییر مول برای سامانهٔ تعادلی، می‌توان مقادیر A و B را محاسبه کرد.

با توجه به تعادل (۲) مقدار مول نهایی هیدروژن برابر  $0.47$  مول است؛ پس  $x$  برابر است با:

$$0.5 - 0.3x = 0.47 \Rightarrow x = 0.1$$

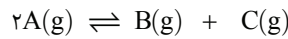
در نتیجه برای مقادیر A و B در تعادل جدید داریم:

$$A = 0.14 + 2x = 0.14 + 2(0.1) = 0.34 \text{ mol}, B = 0.12 - x = 0.12 - 0.1 = 0.02 \text{ mol}$$

همین‌جا گزینهٔ درست به‌دست آمد! اما برای تکمیل شدن پاسخ تشریحی، به کمک مول‌های تعادلی در تعادل (۱)، ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = \frac{(0.14)^2}{(0.5)^3 \times (0.07)} = \frac{(0.14)^2}{(0.5)^3 \times 0.07} = 2.24 \text{ mol}^{-2}$$

**B ۲۷۵۳ ۳** ابتدا باید با استفاده از غلظت‌های تعادلی داده شده، مقدار ثابت تعادل (K) را در تعادل اولیه به‌دست آوریم.



غلظت در نخستین لحظهٔ تغییر	۲-۱	۴	۴
تغییر غلظت	+۲x	-x	-x
غلظت در تعادل جدید	۱+۲x	۴-x	۴-x

$$K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{(4)(4)}{(2)^2} = 4 \quad [B]_{\text{جدید}} = 4 - x = 4 - 0.4 = 3.6 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{(4-x)(4-x)}{(1+2x)^2} = 4 \Rightarrow \frac{4-x}{1+2x} = 2 \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

با کاهش غلظت A از  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  به  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل برای تولید A به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، به تدریج غلظت گازهای B و C کاهش و غلظت A به تدریج افزایش می‌یابد تا اینکه دوباره به تعادل برسیم و غلظت‌ها ثابت شوند. چون حین جابه‌جایی تعادل، دما تغییر نکرده، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است.



مول در نخستین لحظهٔ تغییر	۱+۳	۴	۴
تغییر مول	-x	-x	+۲x
مول در تعادل جدید	۴-x	۴-x	۴+۲x

**B ۲۷۵۴ ۲** ابتدا ثابت تعادل اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(4)^2}{(1)(3)} = 4$$

با افزودن ۳ مول A، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. می‌دانیم با تغییر غلظت مواد، در

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(4+2x)^2}{(4-x)(4-x)} = 4 \Rightarrow \frac{4+2x}{4-x} = 2 \Rightarrow 4+2x = 8-2x \Rightarrow x = 1$$

دمای ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد.

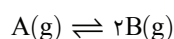
با توجه به اینکه مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های گازی برابر است، حجم سامانه را می‌توان در نظر نگرفت و به جای غلظت از مقدار مول مواد استفاده کرد.

پس مول C در تعادل جدید برابر ۶ و در نتیجه غلظت آن برابر است با:

$$[C] = \frac{6 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$



۲۷۵۵ C بازده درصدی ۵۰٪ به این معنی است که در تعادل، نیمی از مول‌های واکنش‌دهنده (A) تجزیه شده است.



مول اولیه	۴	۰
تغییر مول	-x	+2x
مول تعادل جدید	4-x	2x

\* توجه چون حجم ظرف برابر با یک لیتر است، تعداد مول‌های هر گونه با غلظت آن برابر است.

$$x = \frac{50}{100} \times 4 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

$$K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{(2x)^2}{(4-x)} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ mol.L}^{-1}$$

اگر نیمی از مول‌های B، یعنی ۲ مول از این ماده را از سامانه واکنش خارج کنیم، تعادل برای جبران آن در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، یعنی مقداری A مصرف و مقداری B تولید خواهد شد و دوباره واکنش به تعادل می‌رسد.

$$\begin{cases} \text{در تعادل جدید} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{تعداد مول A: } 2-x \\ \text{تعداد مول B: } 2+2x \end{array} \right. \Rightarrow K = \frac{(2+2x)^2}{2-x} = 8 \Rightarrow \frac{2^2(1+x)^2}{2-x} = 8 \Rightarrow \frac{(1+x)^2}{2-x} = 2 \Rightarrow x^2 + 4x - 3 = 0 \Rightarrow x = \frac{-4 \pm \sqrt{28}}{2} = \frac{-4 \pm 2\sqrt{7}}{2} \\ = \frac{-4 \pm 2(\sqrt{7})}{2} \Rightarrow x_1 = 0/65 \text{ (ق ق)}, x_2 = -4/65 \text{ (ق غ)} \Rightarrow [B] = \frac{(2+2x) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{2+2(0/65)}{1} = 3/3 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

$$K = \frac{[B] \times [C]}{[A]^2} = \frac{4[A] \times 4[A]}{[A]^2} = 16$$

۲۷۵۶ C ابتدا ثابت تعادل واکنش تعادلی را محاسبه می‌کنیم:  $([B]=[C]=4[A])$

با توجه به حجم ظرف، افزودن یک مول از هر ماده، به غلظت آن یک مولار اضافه می‌کند. اگر مقادیر ابتدایی [A]، [B] و [C] را به ترتیب M، 4M و 4M در نظر بگیریم، پس از افزودن یک مول از هر کدام از اجزای واکنش، غلظت A، B و C به ترتیب به M+1، 4M+1 و 4M+1 می‌رسند. اکنون با توجه به پیچیدگی تعادل، نیازی نیست که تشخیص دهیم واکنش به کدام سمت جابه‌جا می‌شود. فرض می‌کنیم در همان جهت رفت حرکت کرده است. اگر مقدار x عددی مثبت به دست آید، یعنی فرضمان درست بوده و واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده و در غیر این صورت فرضمان اشتباه بوده و علامت x منفی به دست می‌آید که این بدین معناست که واکنش در جهت برگشت انجام شده است: اکنون از رابطه ثابت تعادل داریم:

غلظت اولیه	M+1	4M+1	4M+1
تغییر غلظت	-2x	+x	+x
غلظت نهایی	M-2x+1	4M+x+1	4M+x+1

$$K = \frac{[B] \times [C]}{[A]^2} = \frac{(4M+x+1)^2}{(M-2x+1)^2} = 16 \Rightarrow \frac{4M+x+1}{M-2x+1} = 4 \Rightarrow 4M+x+1 = 4M-8x+4 \Rightarrow x = \frac{1}{3}$$

بنابراین فرضمان درست بوده و تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده است. در نهایت می‌توان تغییر جرم A را در سامانه به دست آورد:

$$[A]_{\text{جدید}} = [A] - 2x + 1 = [A] - 2\left(\frac{1}{3}\right) + 1 = [A] + \frac{1}{3}$$

بنابر مقدار  $\Delta[A]$  برابر  $\frac{1}{3}$  مولار است که با توجه به اینکه حجم سامانه برابر یک لیتر است، تغییرات مول A برابر  $\frac{1}{3}$  مول می‌باشد: پس تغییرات جرم A برابر است با:

$$\Delta m_A = \frac{1}{3} \text{ mol A} \times \frac{45 \text{ g A}}{1 \text{ mol A}} = 15 \text{ g A}$$

۲۷۵۷ B به جز عبارت چهارم، سایر عبارتها درست هستند. بررسی عبارتها: عبارت اول: با افزایش فشار بر یک سامانه تعادلی گازی، تعادل در جهت جبران این افزایش فشار جابه‌جا می‌شود و این کار را با کاهش شمار مول‌های گازی انجام می‌دهد؛ زیرا بر اساس قانون گازها، در دمای ثابت فشار با شمار مول‌ها رابطه مستقیم دارد. عبارت‌های دوم و سوم: تغییر فشار بر سامانه‌های فاقد ماده گازی بی‌تأثیر است. همچنین در واکنش‌هایی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان است، تغییر حجم و فشار سامانه نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود. عبارت چهارم: در تعادل‌های گازی تغییرات حجم و فشار با یکدیگر رابطه عکس دارند، اما هیچ کدام نمی‌توانند ثابت تعادل را تغییر دهند. تنها عاملی که می‌تواند سبب تغییر ثابت تعادل شود، دما است.

۲۷۵۸ B فقط مورد (پ) نادرست است. تغییر نشان داده شده در شکل، افزایش فشار است. طبق اصل لوشاتلیه در اثر افزایش فشار، تعادل در جهت تولید تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود تا با اثر افزایش فشار مقابله کند. بررسی عبارتها: عبارت (الف): شکل، اثر افزایش غلظت مواد شرکت‌کننده در اثر کاهش حجم را در

دمای ثابت نشان می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به رابطه  $P_1 V_1 = P_2 V_2$  می‌توان گفت:  $P_2 > P_1 \Rightarrow V_2 < V_1$  دما ثابت است

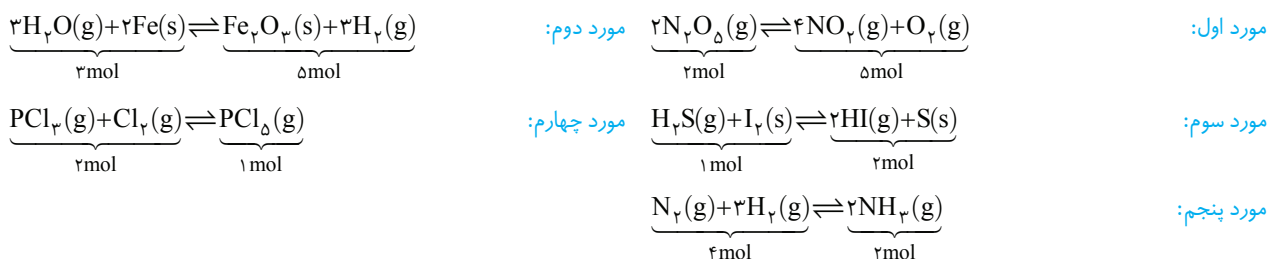
عبارت (ب): با توجه به معادله واکنش تولید آمونیاک،  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  تعادل در جهت تولید گاز آمونیاک پیش می‌رود. عبارت (ت): با توجه به ثابت بودن دما، مقدار عددی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند، اما به علت کاهش حجم، غلظت همه گونه‌ها افزایش می‌یابد.

۲۷۵۹ B طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم، مقدار فرآورده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت فرآورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها باشد. بررسی واکنش‌ها: واکنش (الف): در این تعادل، ماده گازی نداریم، پس تغییر حجم ظرف، تأثیری بر جابه‌جایی این تعادل ندارد. واکنش (ب): در تعادل موجود در این گزینه، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش با هم برابر است، بنابراین با افزایش حجم ظرف، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. واکنش (پ): در سمت چپ، گاز  $CO_2$  را داریم، اما در سمت راست، ماده گازی نداریم، به همین دلیل، افزایش حجم، موجب جابه‌جایی این تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، می‌شود. واکنش (ت): تعداد مول گازی فرآورده‌ها از تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، در نتیجه این تعادل با افزایش حجم به سمت راست جابه‌جا شده و از این رو مقدار فرآورده‌ها افزایش می‌یابد.

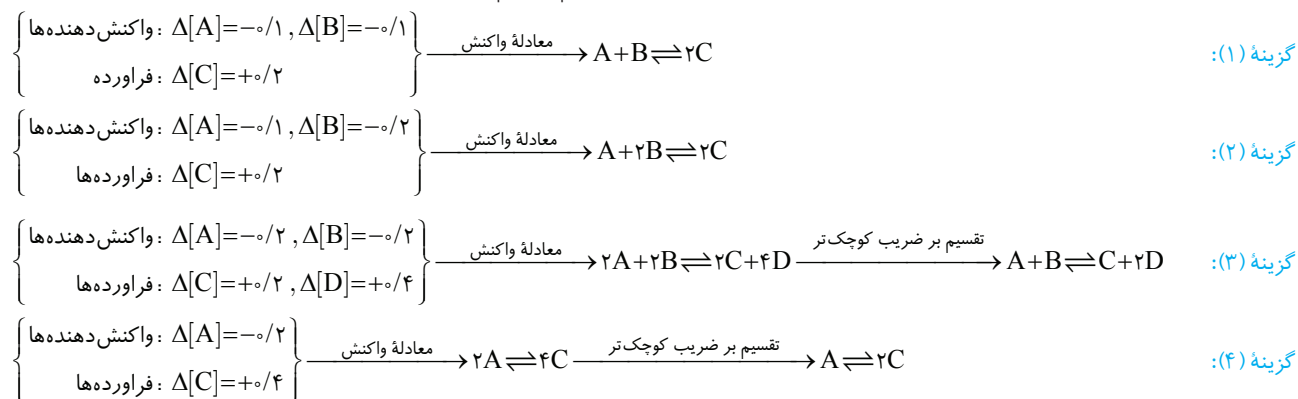


۱ ۲۷۶۰ B طی این فرایند، درصد مولی واکنش دهنده‌ها در واکنش‌های (ب) و (ث) افزایش می‌یابد. طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم بر اثر کاهش فشار، درصد واکنش دهنده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت واکنش دهنده‌ها، بیشتر از فرآورده‌ها باشد. بررسی واکنش‌ها: واکنش‌های (الف) و (پ): در این تعادل‌ها، با کاهش فشار، تعادل به سمت فرآورده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، جابه‌جا می‌شود. واکنش (ب): در سمت واکنش دهنده‌ها، ۲ مول HI(g)، و در سمت فرآورده‌ها، ۱ مول H<sub>2</sub>S(g) وجود دارد. بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش دهنده‌ها افزایش می‌یابد. واکنش (ت): در این تعادل، تعداد مول گازی در دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین با کاهش فشار، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. واکنش (ث): در سمت واکنش دهنده‌ها، ۳ مول و در سمت فرآورده‌ها ۲ مول ماده گازی وجود دارد؛ بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش دهنده‌ها افزایش می‌یابد.

۲ ۲۷۶۱ B تعادل‌های چهارم و پنجم با شرایط ذکر شده مطابقت دارند. برای آن که بازده یک واکنش (درصد تبدیل شده واکنش دهنده به فرآورده) بیشتر باشد، باید پیشرفت واکنش در حالتی که حجم ظرف واکنش کمتر است (فقط حباب ۱) از حالتی که حجم آن بیشتر است (باز بودن مسیر بین دو حباب و مجموع حجم حباب‌ها) بیشتر باشد، به عبارت دیگر تعادل‌هایی مد نظر سؤال است که با افزایش حجم ظرف، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و بازده آن‌ها کاهش می‌یابد. این شرایط در تعادل‌هایی گازی برقرار است که مجموع ضرایب اجزای گازی در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر از فرآورده‌ها باشد. بررسی موارد:



۲ ۲۷۶۲ B در قدم اول، باید با استفاده از نمودارهای «غلظت - زمان» داده شده، معادله واکنش هر یک از گزینه‌ها را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از گازها را از آغاز واکنش تا لحظه برقراری تعادل محاسبه کرده و سپس آن‌ها را به کوچک‌ترین تغییر غلظت تقسیم می‌کنیم تا ضریب‌های استوکیومتری مشخص شوند. بررسی گزینه‌ها:



طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. بنابراین در تعادل گزینه (۲) که در سمت چپ، ۳ مول گاز و در سمت راست، ۲ مول گاز وجود دارد، با افزایش فشار، تعادل به سمت راست، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

۳ ۲۷۶۳ B عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت هر سه گاز NO<sub>2</sub>(g)، NO(g) و O<sub>2</sub>(g) در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ب): اگر فشار را کاهش دهیم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که تعداد مول‌های گازی بیشتر می‌شود. عبارت (پ): با کاهش فشار (افزایش حجم)، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. دلیل این نکته، کاهش غلظت همه مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه است. عبارت (ت): با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، مقدار (تعداد مول) NO<sub>2</sub>(g)، کاهش و مقدار (تعداد مول) NO(g) و O<sub>2</sub>(g) افزایش می‌یابد.

۲ ۲۷۶۴ B عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مقدار ثابت تعادل (K) عددی بسیار بزرگ است، پس تعادل در صورت مهیا بودن شرایط، پیشرفت خوبی خواهد داشت. عبارت دوم: بر اثر کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. عبارت سوم: با کاهش حجم، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعداد مول گازی در سمت راست معادله واکنش بیشتر است، در هنگام جابه‌جایی تعادل میزان افزایش سرعت واکنش برگشت بیشتر می‌باشد. از این رو، در نخستین لحظه کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش بیشتر می‌شود. به گونه دیگری هم می‌توان به این نتیجه رسید که با کاهش حجم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید در نخستین لحظه کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیشتر شده باشد تا تعادل به سمت چپ جابه‌جا شود. عبارت چهارم: طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود، از این رو، بر اثر کاهش حجم، تعادل 2A(g) ⇌ B(g) + 2C(g) در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و از ۱ مول B و ۲ مول C که در سمت راست معادله واکنش قرار دارند، ۲ مول A تولید می‌شود، بنابراین شمار مول‌های گازی در سامانه تعادلی کاهش می‌یابد. عبارت پنجم: با نصف شدن حجم ظرف، در لحظه اعمال تغییر، غلظت گونه‌ها دو برابر می‌شود؛ ولی به تدریج با جابه‌جایی تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر (در جهت برگشت)، غلظت واکنش دهنده‌ها بیش از دو برابر ولی غلظت فرآورده‌ها کمتر از دو برابر می‌شود.

۱ ۲۷۶۵ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. با تغییر فشار در تعادل‌هایی که مول‌های گازی طرفین برابر هستند، تعادل در جهتی جابه‌جا نمی‌شود و تغییر فشار بر جابه‌جایی تعادل بی‌اثر است. پس تعداد مول‌های مواد شرکت کننده ثابت است، اما در اثر افزایش فشار، حجم ظرف کاهش یافته و غلظت تمام مواد شرکت کننده افزایش می‌یابد و با کاهش فشار، حجم ظرف افزایش یافته و غلظت تمام مواد شرکت کننده کاهش می‌یابد.

**B ۲۷۶۶ ۴** با کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول  $H_2S(g)$  و  $I_2(s)$  کاهش و تعداد مول  $HI(g)$  و  $S(s)$  افزایش می‌یابد. اما در مورد غلظت باید به دو نکته اشاره کنیم. اولاً، دو ماده  $I_2$  و  $S$ ، جامد خالص هستند، از این رو، غلظت آن‌ها ثابت است و دوماً، بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت همهٔ مواد گازی شکل موجود در تعادل کاهش می‌یابد، پس غلظت دو گاز  $HI$  و  $H_2S$  در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. همچنین به دلیل افزایش حجم، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید با یکدیگر برابر و کمتر از تعادل اولیه می‌باشد. در مورد ثابت تعادل ( $K$ ) هم باید گفت که به دلیل ثابت بودن دما، مقدار  $K$  تغییر نمی‌کند.

**B ۲۷۶۷ ۳** موارد (الف)، (ب) و (ت) در تعادل مشاهده نمی‌شوند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به دلیل مول‌های برابر گازی در طرفین، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ب): نسبت توان دوم غلظت مولی فرآورده به حاصل ضرب غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها، همان ثابت تعادل ( $K$ ) است. می‌دانیم که  $K$  فقط تابع دما بوده و با تغییر حجم ظرف، تغییر نمی‌کند:

$$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$$

عبارت (پ): در تعادل  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ ، تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فرآورده برابر است، از این رو، با افزایش حجم (کاهش فشار)، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت به یک‌میزان کاهش می‌یابد و به همین دلیل، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ت): در سامانه‌های گازی بر اثر افزایش حجم، فشار سامانه کاهش می‌یابد.

**B ۲۷۶۸ ۴** در جدول مقابل غلظت مولی گازها در تعادل (۱)، لحظهٔ کاهش حجم و تعادل (۲) آورده شده است. مشاهده می‌کنید که غلظت مولی گازها در لحظهٔ کاهش حجم به غلظت مولی گازها در تعادل (۲) نزدیک‌تر است.

	$[SO_2]$	$[O_2]$	$[SO_3]$
تعادل (۱)	$\frac{0.32}{1.0} = 0.32$	$\frac{0.16}{1.0} = 0.16$	$\frac{0.68}{1.0} = 0.68$
لحظهٔ کاهش حجم	$\frac{0.32}{0.75} = 0.41$	$\frac{0.16}{0.75} = 0.21$	$\frac{0.68}{0.75} = 0.88$
تعادل (۲)	$\frac{0.30}{0.75} = 0.39$	$\frac{0.15}{0.75} = 0.19$	$\frac{0.70}{0.75} = 0.90$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): پس از برقراری تعادل‌های (۱) و (۲)، مقدار گاز  $SO_3$  از مقدار دو گاز دیگر بیشتر است. به بیان دیگر، مقدار قابل توجهی از واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده تبدیل شده‌اند، در صورتی که ثابت تعادل واکنش را در این دما محاسبه کنید، تقریباً به عدد  $282 \text{ mol}^{-1} \cdot L$  می‌رسید که عدد نسبتاً بزرگی است و نشان می‌دهد که واکنش در این دما پیشرفت خوبی دارد. گزینه (۲): ثابت تعادل فقط تابع دما است و با تغییر حجم مقادیرش تغییر نمی‌کند. گزینه (۳): با توجه به برابر بودن ضرایب مولی گازهای  $SO_2$  و  $SO_3$  و نیز با توجه به اینکه با کاهش حجم، واکنش در جهت تعداد مول گازی کمتر (جهت رفت) پیشروی می‌کند، این عبارت درست است.

**B ۲۷۶۹ ۴** در نخستین لحظه‌ای که حجم را افزایش می‌دهیم، غلظت همهٔ گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد، با توجه به این نکته، نمودارهای گزینه‌های (۱) و (۳) که کاهش ناگهانی غلظت را نشان ندادند، نادرست هستند. از طرفی، طبق اصل لوشائلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید غلظت  $PCl_5(g)$  به تدریج کاهش و غلظت گازهای  $PCl_3$  و  $Cl_2$  به تدریج افزایش یابد. این روند تا جایی ادامه می‌یابد که به تعادل جدید برسیم و غلظت مواد دوباره ثابت شود. از آنجا که در تعادل جدید، حجم ظرف افزایش یافته است، غلظت همهٔ گازها در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر می‌باشد.

**B ۲۷۷۰ ۳** همهٔ موارد به‌جز مورد اول درست هستند. اگر حجم ظرف واکنش را افزایش دهیم، فشار کاهش می‌یابد. به علت کاهش فشار، تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند، اما با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل تغییری نمی‌کند و مقدار آن برابر با  $K = [CO_2]$  است، غلظت  $CO_2$  هم ثابت می‌ماند، ولی تعداد مول آن بیشتر می‌شود. همچنین به علت جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم  $CaCO_3$  کاهش و جرم  $CaO$  افزایش می‌یابد. نمودار داده شده در صورت سؤال، کاملاً درست است.

**B ۲۷۷۱ ۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): اگر حجم ظرف را نصف کنیم، تعادل به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه  $K = [CO_2]$  است و به علت یکسان بودن دما، مقدار  $K$  ثابت می‌ماند،  $[CO_2]$  هم ثابت است و با نصف شدن حجم ظرف، تعداد مول  $CO_2$  هم نصف می‌شود. عبارت (پ): با توجه به برابر بودن دما در هر دو ظرف، مقدار  $K$  ثابت می‌ماند و از آنجا که فشار تعادلی گاز  $CO_2$  تنها به مقدار  $K$  بستگی دارد، فشار تعادلی  $CO_2$  هم یکسان خواهد بود. عبارت (ت): حضور  $CaO(s)$  و  $CaCO_3(s)$  برای برقراری تعادل الزامی است، اگرچه غلظت آن‌ها در محاسبهٔ مقدار  $K$  تأثیری ندارد.

**B ۲۷۷۲ ۳** عبارت دوم نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در سامانه (II) تعداد مول مواد گازی واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها برابر است؛ در نتیجه تغییر فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند، اما وارد یا خارج کردن یکی از مواد می‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. عبارت دوم: در هر دو سامانه (I) و (III) گاز قهوه‌ای‌رنگ، گاز  $NO_2$  است. افزایش فشار در سامانه (III) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید  $N_2O_4(g)$  و در سامانه (I) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید گاز  $NO_2$  می‌شود. عبارت سوم: با افزایش فشار، واکنش (I) به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر حرکت می‌کند که همان جهت رفت واکنش است. عبارت چهارم: در صورت افزایش حجم، غلظت  $NO_2$  در سامانه (III) کاهش می‌یابد که این امر منجر به کم‌رنگ شدن مخلوط تعادلی سامانه (III) می‌شود.

**B ۲۷۷۳ ۲** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بر اثر افزودن مقداری نمک پتاسیم سولفات به تعادل، رسوب باریم سولفات تشکیل شده و از غلظت یون باریم کاسته می‌شود. در نتیجه تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در اثر جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم  $Cu(s)$  افزایش و جرم  $Ba(s)$  کاهش می‌یابد. با توجه به کمتر بودن جرم مولی مس نسبت به باریم، مجموع جرم مواد جامد موجود در تعادل کاهش می‌یابد. عبارت (ب): رسوب باریم سولفات تشکیل می‌شود. عبارت (پ): در اثر افزودن آب، تعادل مورد نظر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود که جهت آن مخالف جهت حرکت تعادل ذکر شده در صورت سؤال است. عبارت (ت): به علت حرکت تعادل در جهت رفت، غلظت  $Cu^{2+}(aq)$  کاهش یافته و تعادل در جهت کاسته شدن از رنگ آبی پیشرفت بیشتری خواهد داشت.



**نکته ترکیبی** حجم سامانه در تعادل‌های گازی و محلول در آب:

در سامانه‌های دارای تعادل گازی با تغییر حجم ظرف واکنش، غلظت اجزای گازی تغییر می‌کند و در نتیجه تعادل جابه‌جا می‌شود. به طریق مشابه در تعادل‌هایی که به حالت محلول انجام می‌شوند، افزودن آب مقطر به منزله افزایش حجم سامانه است و در نتیجه تعادل در جهت مول‌های محلول بیشتر پیش می‌رود. برای نمونه به معادله یونش اسید ضعیف HF در آب که معادله آن به صورت:  $\text{HF(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$  است، توجه کنید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، با افزودن آب مقطر به محلولی که این تعادل در آن برقرار است، موجب می‌شود تا تعادل در جهت افزایش غلظت یون‌های محلول پیش برود که البته تعادل نمی‌تواند تمام این تأثیر اعمال شده را جبران کند؛ در نتیجه با وجود افزایش درجه یونش اسید، غلظت نهایی یون‌ها کمتر از حالت اول می‌شود.

**۴ ۲۷۷۴ C** همه موارد نادرست‌اند. **بررسی موارد: مورد اول:** در تعادل اول، افزایش حجم باعث جابه‌جایی تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (جهت رفت) می‌شود. در تعادل دوم افزودن  $\text{NH}_4\text{HS(s)}$  تعادل را جابه‌جا نمی‌کند، زیرا این ماده جامد بوده و غلظت آن ثابت است. **مورد دوم:** در تعادل اول، با توجه به برابر بودن مجموع مول گازها در دو طرف واکنش، افزایش فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. در تعادل دوم، افزودن سدیم هیدروکسید باعث کاهش غلظت یون  $\text{H}^+$  می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.  $\text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$

**مورد سوم:** در تعادل اول، افزودن  $\text{HBr}$  باعث کاهش غلظت یون  $\text{OH}^-$  می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند. در تعادل دوم پس از افزودن گاز هلیوم در دما و حجم ثابت، غلظت هیچ کدام از گازها تغییر نمی‌کند و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. **مورد چهارم:** افزودن آب منجر به کاهش غلظت مواد محلول در آب می‌شود. چون تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. افزایش فشار باعث می‌شود تعادل در جهت مول گازی کمتر (جهت برگشت) حرکت کند. **مورد پنجم:** سومین گاز فراوان در هوا کربن دی‌اکسید است. آرگون گازی بی‌اثر بوده و تأثیری بر تعادل ندارد. انحلال‌پذیری گازهایی مثل  $\text{O}_2$  در آب خالص بیشتر از آب شور (دارای نمک) است؛ پس اضافه کردن  $\text{NaCl}$  به آبی که با  $\text{O}_2$  سیر شده، سبب کاهش انحلال  $\text{O}_2$  در آب شده و تعادل  $\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{aq})$  را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.

**۲ ۲۷۷۵ B** با توجه به نمودار، معادله واکنش به صورت زیر است:

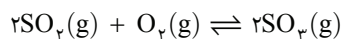
$$\begin{cases} \Delta[A] = 0/4 - 2 = -1/6 \text{ mol} \\ \Delta[B] = 0/8 - 0 = +0/8 \text{ mol} \\ \Delta[C] = 1/6 - 0 = +1/6 \text{ mol} \end{cases} \xrightarrow{\div 1/8} \begin{cases} A \text{ ضریب} = 2 \text{ (واکنش دهنده)} \\ B \text{ ضریب} = 1 \text{ (فراورده)} \\ C \text{ ضریب} = 2 \text{ (فراورده)} \end{cases}$$

پس معادله واکنش به صورت:  $2A(\text{g}) \rightleftharpoons B(\text{g}) + 2C(\text{g})$  است. برای محاسبه حجم سامانه داریم:  $K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} \Rightarrow 8 = \frac{(0/8) \times (1/6)^2}{(0/4)^2} \Rightarrow V = 1/6 \text{ L}$

اگر حجم سامانه را به یک لیتر کاهش دهیم، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید شمار مول‌های گازی واکنش دهنده‌ها کمتر است؛ بنابراین تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

**۲ ۲۷۷۶ B** نشان‌دهنده تعداد مول  $\text{O}_2$  در تعادل اولیه است، می‌توانیم با استفاده از مقدار  $K$ ، این عدد را به دست آوریم.

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} \Rightarrow 100 = \frac{(0/6 \text{ mol})^2}{(0/3 \text{ mol})^2 (a \text{ mol})} \Rightarrow a = 0/2 \text{ mol}$$



تعداد مول در تعادل اولیه	۰/۳	۰/۲	۰/۶
تغییر مول	-۲x	-x	+۲x
تعداد مول در تعادل جدید	۰/۳-۲x	۰/۲-x	۰/۶+۲x

$$[\text{SO}_2]_{\text{جدید}} = 0/115 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow \text{تعداد مول SO}_2 \text{ در تعادل جدید} = 0/115 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 2 \text{ L} = 0/23 \text{ mol} \Rightarrow 0/3 - 2x = 0/23 \Rightarrow x = 0/35 \text{ mol}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{جدید}} = b = \frac{(0/6 + 2x) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0/335 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow a + b = 0/2 + 0/335 = 0/535$$

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول گازهای  $\text{SO}_2$  و  $\text{O}_2$  کاهش و تعداد مول  $\text{SO}_3$  افزایش می‌یابد. البته این تغییرات مول با توجه به نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها انجام می‌شود. با استفاده از غلظت مولی  $\text{SO}_3$  در تعادل جدید و حجم ظرف می‌توانیم تعداد مول این ماده را در تعادل جدید به دست آورده و سپس با توجه به آن، مقدار  $x$  را پیدا کنیم.

**۱ ۲۷۷۷ C** فرض می‌کنیم ۱ مول  $\text{NH}_3$  در سامانه ۰/۷۵ لیتری قرار داده شده و پس از مدتی تعادل برقرار می‌شود. پیشرفت ۵۰ درصدی به این معنی است که نیمی از آمونیاک (۰/۵ مول آمونیاک) تجزیه می‌شود و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. مطابق داده‌های سؤال داریم:

$$2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$$

تعداد مول در تعادل اولیه	۱	۰	۰
تغییر مول	-۲x	+x	+۳x
تعداد مول در تعادل جدید	۱-۲x	x	۳x

$$2x = 0/5 \Rightarrow x = 0/25 \text{ mol}$$

اکنون مقدار  $K$  را به دست می‌آوریم.

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{(x/0/75)(3x/0/75)^3}{(1-2x/0/75)^2} = \frac{(0/25)(3(0/25))^3}{(1-2(0/25))^2} = \frac{1 \times 1}{3} = 0/75$$



تعداد مول در تعادل اولیه	۱	۰	۰
تغییر مول	-۲y	+y	+۳y
تعداد مول در تعادل جدید	۱-۲y	y	۳y

پیشرفت ۸۰ درصدی به این معنی است که ۸۰ درصد از آمونیاک تجزیه شده و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. با فرض اینکه مقدار اولیه آمونیاک برابر ۱ مول است، داریم:

$$2y = \frac{80}{100} (1) \Rightarrow y = 0.4 \text{ mol}$$

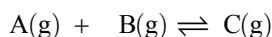
اکنون از روی مقدار K، حجم سامانه را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{\left(\frac{y}{V}\right)\left(\frac{3y}{V}\right)^3}{\left(\frac{1-2y}{V}\right)^2} \Rightarrow 0.75 = \frac{\left(\frac{0.4}{V}\right)\left(\frac{1.2}{V}\right)^3}{\left(\frac{0.2}{V}\right)^2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{0.4 \times 1.2^3}{0.2 \times V^2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{2 \times 0.4 \times 1.2^3}{V^2} \Rightarrow V^2 = 4 \times 0.4 \times 1.2^3 / 3 \Rightarrow V = 4 \times 1.2^3 / 3 = 4 \text{ L}$$

$$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.1}{(0.1)(0.1)} = 100 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

با توجه به غلظت‌های اولیه مقدار ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

مول‌های اولیه A، B و C با توجه به حجم ۱۰ لیتری اولیه برابر ۰/۱ مول است. با کاهش حجم، تعادل به سمت مول‌گازی کمتر، یعنی سمت راست، جابه‌جا می‌شود ولی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.



تعداد مول در تعادل اولیه	۰/۱	۰/۱	۰/۱
تغییر مول	-x	-x	+x
مول در تعادل جدید	۰/۱-x	۰/۱-x	۰/۱+x

$$K = \frac{\left(\frac{0.1+x}{1}\right)}{\left(\frac{0.1-x}{1}\right)\left(\frac{0.1-x}{1}\right)} = 100 \Rightarrow \frac{0.1+x}{(0.1-x)^2} = 100 \Rightarrow 0.1+x = 100(x^2 - 0.2x + 0.01)$$

$$\Rightarrow 0.1+x = 100x^2 - 20x + 1 \Rightarrow 100x^2 - 21x + 0.9 = 0$$

پاسخ معادله درجه ۲ به صورت  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  است و در این سؤال  $a=100$ ,  $b=-21$ ,  $c=0.9$ . پس:

$$x = \frac{21 \pm \sqrt{(21)^2 - 4(100)(0.9)}}{200} \Rightarrow x_1 = 0.15 \text{ (غ ق)}, x_2 = 0.06 \text{ (ق ق)}$$

چون ۰/۱۵ مول‌های A و B را منفی می‌کند، غیر قابل قبول است.

$$[A]_{\text{جدید}} = \frac{(0.1-0.06) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[C]_{\text{جدید}} = \frac{(0.1+0.06) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

ابتدا ثابت تعادل را می‌یابیم (چون با تغییر حجم ظرف، ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد).

$$? \text{ mol N}_2\text{O}_4 = 1.84 \text{ g N}_2\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{ g N}_2\text{O}_4} = 2 \text{ mol N}_2\text{O}_4$$

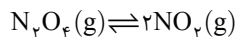
$$\text{N}_2\text{O}_4 \text{ غلظت} = \frac{2}{0.5} = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$? \text{ mol NO}_2 = 46 \text{ g NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{46 \text{ g NO}_2} = 1 \text{ mol NO}_2$$

$$\text{NO}_2 \text{ غلظت} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(2)^2}{4} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

با افزایش حجم ظرف به ۹ لیتر، تعادل به سمت مول‌گازی بیشتر (در جهت رفت) جابه‌جا خواهد شد:



مول اولیه	۲	۱
تغییرات	-x	+۲x
مول در حین تعادل	۲-x	۱+۲x
غلظت تعادلی	$\frac{2-x}{9}$	$\frac{1+2x}{9}$

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 1 \Rightarrow \frac{\left(\frac{1+2x}{9}\right)^2}{\left(\frac{2-x}{9}\right)} = 1 \Rightarrow 4x^2 + 13x - 17 = 0 \Rightarrow x = 1 \text{ ق.ق}, x = -\frac{17}{4} \text{ غ.ق}$$

$$? \text{ mol N}_2\text{O}_4 = 2-x \xrightarrow{x=1} \text{ mol N}_2\text{O}_4 = 1$$

$$? \text{ g N}_2\text{O}_4 = 1 \text{ mol N}_2\text{O}_4 \times \frac{92 \text{ g N}_2\text{O}_4}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4} = 92 \text{ g N}_2\text{O}_4$$

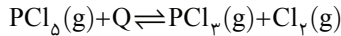
با سرد کردن یک واکنش گرماگیر، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): برای یک واکنش معین (چه گرماگیر و چه گرماده)، ثابت تعادل فقط تابع دما است، پس با تغییر دما، مقدار ثابت تعادل (K) هم تغییر می‌کند. گزینه‌های (۲) و (۴): طبق اصل لوشاتلیه، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد با تغییر وارد شده مقابله کند، بنابراین هرگاه دما افزایش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را جذب (مصرف) کند و هرگاه دما کاهش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را آزاد (تولید) کند.

در تعادل داده شده  $\Delta H < 0$  بوده و گرماده است، پس Q در سمت راست معادله واکنش قرار دارد. با افزایش دما، مانند این است که گرما (Q) وارد سامانه تعادلی شده است، پس تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، از این‌رو، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد. با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، از این‌رو زمان رسیدن به تعادل، کاهش یافته و در مدت زمان کمتری تعادل برقرار می‌شود.



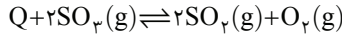


۲ ۲۷۸۲ A عبارات‌های (الف) و (پ) درست هستند. در صورت سؤال، گرماگیر یا گرماده بودن واکنش مشخص نشده است، اما می‌دانیم که در واکنش‌های تعادلی،  $Q$  سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد. با توجه به این نکته، واکنش مورد نظر گرماگیر است.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. **عبارت (ب):** از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، بر اثر افزایش دما، مقدار  $K$  افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین غلظت فراورده‌ها افزایش و غلظت واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، در نتیجه، مقدار  $K$  بزرگ‌تر می‌شود. **عبارت (پ):** با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. **عبارت (ت):** بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت  $PCl_5$  کاهش و غلظت گازهای  $PCl_3$  و  $Cl_2$  افزایش می‌یابد.

۳ ۲۷۸۳ B تغییرات بیان شده در عبارات‌های (الف)، (ب) و (ت)، رخ می‌دهند. در واکنش‌های تعادلی،  $Q$  سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، بنابراین واکنش داده شده، گرماگیر است.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** بر اثر کاهش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول گازها از ۳ مول در فراورده‌ها به ۲ مول واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، با کاهش تعداد مول گاز موجود در تعادل، فشار گازهای داخل ظرف هم کم می‌شود. **عبارت (پ):** با کاهش دما، واکنش در جهت تولید گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود، پس غلظت گازهای  $SO_2$  و  $O_2$  کاهش یافته و غلظت  $SO_3$  افزایش می‌یابد، از این رو نسبت غلظت مولی فراورده‌ها به غلظت مولی واکنش‌دهنده ثابت نیست و کاهش می‌یابد. **عبارت (ت):** واکنش در جهت برگشت (چپ) جابه‌جا می‌شود.

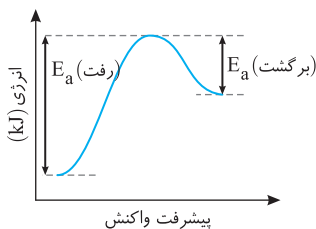
۳ ۲۷۸۴ B عبارات‌های اول، دوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با افزایش دما، تعادل اولیه به هم می‌خورد، از این رو طبق اصل لوشاتلیه تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، بنابراین تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول، تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، دما در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه، اندکی بیشتر خواهد بود. **عبارت دوم:**

(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها) =  $\Delta H_{\text{واکنش}}$

$\Delta H_{\text{واکنش}} < 0 \Rightarrow$  (مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)  $< 0$

(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها)  $<$  (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

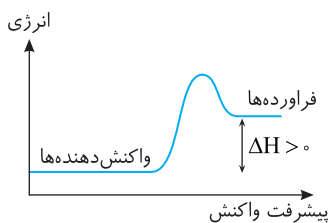
**عبارت سوم:** تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد مول  $H_2$  و  $Br_2$  و افزایش تعداد مول  $HBr$  می‌باشد. **عبارت چهارم:** با افزایش دما، انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند، بلکه شدت برخوردها و تعداد برخوردهای دارای انرژی کافی افزایش می‌یابد. تنها عاملی که موجب تغییر انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود، کاتالیزگر است.



۴ ۲۷۸۵ B همه عبارات‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** این واکنش در جهت برگشت گرماده است، بنابراین با افزایش دما، ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با کاهش دما واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. **عبارت (پ):** در یک واکنش گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت (برگشت)  $E_a$  از انرژی فعال‌سازی واکنش رفت (رفت)  $E_a$  کوچک‌تر است، پس سطح انرژی قله نمودار به سطح انرژی فراورده‌ها نزدیک‌تر می‌باشد. **عبارت (ت):** در تعادل‌های گرماگیر، ثابت تعادل ( $K$ ) با دما، رابطه مستقیم دارد، از این رو با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

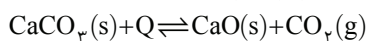
**عبارت (ث):** در واکنش‌های گرماگیر ( $\Delta H < 0$ )، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌هاست.

۴ ۲۷۸۶ A **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** عبارت ثابت تعادل به صورت  $\frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$  می‌باشد. **پرسش (ب):** با توجه به جدول در دمای  $435^\circ C$ ، مقدار ثابت تعادل بزرگ‌تر و پیشرفت واکنش بیشتر است. **پرسش (پ):** با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش یافته، پس واکنش، گرماگیر است.



۲ ۲۷۸۷ B عبارات‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. با توجه به اصل لوشاتلیه، در واکنش‌های گرماگیر با افزایش دما، واکنش در جهت رفت (مصرف گرما) پیش رفته در نتیجه ثابت تعادل واکنش افزایش می‌یابد؛ بنابراین واکنش مورد نظر گرماگیر است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و دوم:** همان‌طور که گفته شد، این واکنش گرماگیر بوده و در نتیجه  $\Delta H > 0$  است. **عبارت سوم:** از آنجایی که با افزایش دما، ثابت تعادل بزرگ‌تر شده است؛ بنابراین واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده است. **عبارت‌های چهارم و پنجم:** نمودار انرژی - پیشرفت این واکنش به صورت مقابل است: همان‌طور که مشاهده می‌کنید، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر بوده و به سد انرژی (قله نمودار) واکنش نزدیک‌تر است.

۲ ۲۷۸۸ B عبارات‌های (ب) و (ت) درست هستند. از آنجا که در واکنش‌های تعادلی، باید  $Q$  در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار گیرد، در این واکنش  $Q$  در سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر است.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اگر محفظه تعادل را در مخلوط آب و یخ قرار دهیم، دما کاهش می‌یابد. پس تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار  $K$  کاهش می‌یابد. عبارت ثابت تعادل به صورت  $K = [CO_2]$  بوده و فقط شامل غلظت گاز  $CO_2$  است، پس با کاهش مقدار  $K$ ، غلظت گاز  $CO_2$  در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** با کاهش مقدار  $K$  و در نتیجه کاهش غلظت گاز  $CO_2$ ، فشار گاز داخل ظرف هم در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):**  $CaCO_3$  یک جامد خالص است، در نتیجه غلظت آن ثابت می‌ماند. **عبارت (ت):** در سمت چپ معادله واکنش، جامد خالص  $CaCO_3$  و در سمت راست معادله واکنش، جامد خالص  $CaO$  داریم، جرم این دو ماده با یکدیگر تفاوت دارد، بنابراین با کاهش دما و جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد تغییر می‌کند.

**B ۲۷۸۹ ۳** از آنجا که با افزایش دما، مقدار بیشتری A تولید شده و از مقدار B کاسته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده است. در واکنش‌های تعادلی گرماده، با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

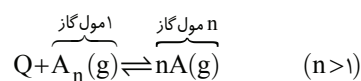
\* **توجه** در این واکنش تعداد مول‌های گاز سمت چپ و راست برابر است، بنابراین در رابطه ثابت تعادل به جای غلظت می‌توان از مول استفاده کرد (حجم ظرف را در نظر نمی‌گیریم).

$$K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{100-40}{40} = \frac{60}{40} = 1.5$$

$300^\circ\text{C} : K = \frac{100-40}{40} = \frac{60}{40} = 1.5$

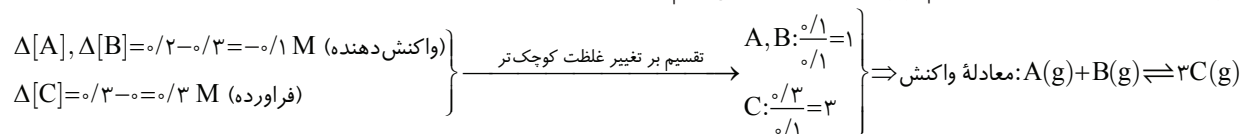
**B ۲۷۹۰ ۴** تعادل داده شده گرماده است، پس با افزایش دما، در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، تعداد مول  $\text{SO}_3$  کاهش و تعداد مول  $\text{SO}_2$  و  $\text{O}_2$  افزایش می‌یابد. البته تغییر تعداد مول‌ها باید به نسبت ضرایب استوکیومتری مواد انجام شود. در گزینه (۴)، تعداد مول  $\text{SO}_3$ ، از ۲ مول به ۱ مول کاهش یافته است، یعنی تعداد مول  $\text{SO}_3$  به اندازه ۱ مول کاهش پیدا کرده است. ضریب استوکیومتری  $\text{SO}_2$  و  $\text{SO}_3$  یکسان می‌باشد، از این رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، تعداد مول  $\text{SO}_2$  هم به اندازه ۱ مول افزایش یافته و از ۳ مول به ۴ مول می‌رسد. همچنین ضریب استوکیومتری  $\text{O}_2$ ، نصف ضریب استوکیومتری  $\text{SO}_2$  است، پس تعداد مول  $\text{O}_2$  به اندازه ۰.۵ مول افزایش یافته و از ۲ مول به ۲.۵ مول می‌رسد.

**B ۲۷۹۱ ۲** عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست‌اند. می‌دانیم در واکنش‌های برگشت‌پذیر Q سمت تعداد مول‌های کمتر قرار دارد، پس باید Q در سمت چپ قرار دهیم و واکنش داده شده، گرماگیر می‌باشد.

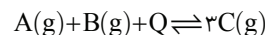


اگر محفظه واکنش را به یک منبع حرارتی نزدیک کنیم، دمای محفظه افزایش می‌یابد، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعدادی از مولکول‌های  $A_n$  به مولکول‌های A تبدیل می‌شوند. به دلیل افزایش تعداد مول‌های گاز، فشار مخلوط‌گازی داخل ظرف افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعدادی از مولکول‌های  $A_n$  به مولکول‌های A تبدیل شده‌اند، ماهیت (نوع) گاز درون ظرف تغییر می‌کند.

**B ۲۷۹۲ ۱** عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. در قدم اول باید با استفاده از نمودار «غلظت - زمان» داده شده، معادله واکنش را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا هنگام برقراری تعادل به دست می‌آوریم.



در واکنش‌های تعادلی، Q سمت مول‌های کمتر قرار دارد، پس در این واکنش، Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت C افزایش و غلظت A و B کاهش می‌یابد:



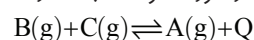
**بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** چگالی مخلوط‌گازی از تقسیم جرم مخلوط‌گازی به حجم آن به دست می‌آید. حجم ظرف ثابت است، از طرفی، طبق قانون بقای جرم، مجموع جرم مخلوط‌گازی حین انجام واکنش ثابت است. **عبارت (ب):** با افزایش دما تعادل در جهت مصرف گرما یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شود و تعداد مول‌های گاز افزایش می‌یابد. **عبارت (پ):** با کاهش دما تعادل در جهت تولید گرما یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. **عبارت (ت):** در واکنش‌های گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت ( $E_a$  (رفت))، بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت ( $E_a$  (برگشت)) است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) > 0 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) > E_a(\text{برگشت})$$

**A ۲۷۹۳ ۱** با توجه به رابطه  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$ ، اگر در واکنشی،  $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}) > 0$  بزرگ‌تر باشد،  $\Delta H > 0$  بوده و واکنش گرماگیر می‌باشد. در واکنش‌های گرماگیر، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و مقدار K افزایش می‌یابد، بنابراین در این دسته از واکنش‌ها، دما و K، رابطه مستقیم دارند. شیب نمودار K بر حسب دما، تابع نوع واکنش است و برای واکنش‌های گرماگیر مختلف متفاوت می‌باشد.

**B ۲۷۹۴ ۴** عبارت‌های (ب) و (ت) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** کمینه انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش همان انرژی فعال‌سازی ( $E_a$ ) است که مقدار آن با تغییر دما تغییر نمی‌کند. **عبارت (ب):** تفاوت سرعت واکنش در دمای  $T_1$  و  $T_2$  به دلیل تفاوت در انرژی جنبشی ذرات است. تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها نشان‌دهنده مقدار  $\Delta H$  واکنش است که ارتباطی به سرعت واکنش ندارد. در واقع سرعت واکنش، عاملی سینتیکی ولی  $\Delta H$  عامل ترمودینامیکی است. **عبارت (پ):** افزایش دما، سرعت همه واکنش‌های شیمیایی (چه گرماده - چه گرماگیر) را افزایش می‌دهد. **عبارت (ت):** اگر انرژی ذرات در دماهای  $T_1$  و  $T_2$  کمتر از  $E_a$  باشد، اصلاً واکنش انجام نمی‌شود و درصد تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده‌ها در این دو دما یکسان و برابر صفر خواهد بود.

**B ۲۷۹۵ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. در نمودار داده شده، با افزایش دما، مقدار K کاهش یافته، بنابراین رابطه دما و K به صورت وارونه بوده و می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش گرماده است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با افزایش دما، مقدار K کاهش می‌یابد، از این رو در دماهای بالا، واکنش از نظر پیشرفت نامساعدتر است. **عبارت (ب):** اگر Q سمت تعداد مول‌های کمتر قرار دهیم، واکنش داده شده در این گزینه، گرماده است. پس با نمودار صورت سؤال مطابقت دارد.



**عبارت (پ):** در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول‌های کمتر قرار دارد، پس با توجه به گرماده بودن واکنش، می‌توانیم یک معادله فرضی برای واکنش به صورت  $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + Q$  در نظر بگیریم. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف افزایش می‌یابد. **عبارت (ت):** در اثر افزایش دما در تولید آمونیاک طبق معادله  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، زیرا یک واکنش گرماده است.



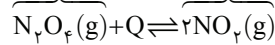
**۲۷۹۶** **B** ۱ اگر به عددهای جدول توجه کنید، متوجه می‌شوید که با افزایش دما، غلظت A افزایش و غلظت B کاهش یافته است. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش مورد نظر گرماده بوده و بر اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده است. به همین ترتیب می‌توانیم بیان کنیم که با توجه به گرماده بودن واکنش، با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۲)**: در دمای  $300^{\circ}\text{C}$ ، غلظت تعادلی A از غلظت تعادلی B کوچک‌تر است، پس نمی‌توانیم بیان کنیم که تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. در حالی که غلظت واکنش دهنده به مقدار قابل توجهی از غلظت فرآورده بیشتر باشد، تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. **گزینه (۳)**: نیازی به محاسبه عدد K نیست. یکای K برای تعادل  $2\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g})$  برابر  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$  است.

$$K = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]^2} = \frac{0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = 1.1 \times 10^2 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

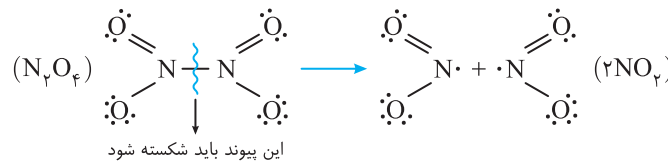
**گزینه (۴)**: با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، میزان کاهش سرعت واکنش رفت از میزان کاهش سرعت واکنش برگشت کمتر می‌باشد.

**۲۷۹۷** **B** ۱ در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q در سمت راست معادله واکنش قرار داشته و گرماده است. با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این رو باید غلظت  $\text{SO}_3$  افزایش و غلظت  $\text{SO}_2$  و  $\text{O}_2$  کاهش یابد. توجه داشته باشید که تغییر غلظت مواد باید با توجه به ضرایب استوکیومتری آن‌ها انجام شود، به این ترتیب که به همان میزان که به غلظت  $\text{SO}_3$  اضافه می‌شود، باید از غلظت  $\text{SO}_2$  کم شود. همچنین میزان کاهش غلظت  $\text{O}_2$ ، نصف میزان کاهش غلظت  $\text{SO}_3$  است.

**۲۷۹۸** **B** ۱ عبارت اول درست و سایر عبارات نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: ابتدا باید گرماگیر و یا گرماده بودن واکنش را تعیین کنیم. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد.



از راه دیگری هم می‌توانیم به گرماگیر بودن واکنش برسیم. برای اینکه از یک مولکول  $\text{N}_2\text{O}_4$  به دو مولکول  $\text{NO}_2$  برسیم، باید پیوند بین اتم‌های نیتروژن در مولکول  $\text{N}_2\text{O}_4$  شکسته شود. از آنجا که شکستن یک پیوند با صرف انرژی صورت می‌گیرد، واکنش داده شده گرماگیر است.



**بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** دما در حالت (الف) کمتر است، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت  $\text{NO}_2(\text{g})$  کاهش و غلظت  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  افزایش می‌یابد، از این رو شمار مولکول‌های  $\text{NO}_2$  در حالت (الف)، کمتر از حالت (ب) است. **عبارت دوم:** در حالت (ب)، دما بیشتر است، پس سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در این حالت بیشتر از حالت (الف) است. **عبارت سوم:** مولکول‌های  $\text{N}_2\text{O}_4$  بی‌رنگ هستند، دلیل افزایش شدت رنگ در حالت (ب)، افزایش غلظت مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ  $\text{NO}_2$  می‌باشد. **عبارت چهارم:** واکنش رفت گرماگیر است و  $\Delta H$  آن باید مثبت باشد.

**۲۷۹۹** **C** ۱ عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند. در واکنش تعادلی داده شده، Q را سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌دهیم  $(\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{Q} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}))$ ، پس واکنش گرماگیر می‌باشد. اگر به شکل‌ها دقت کنید، در شکل (۱)، مخلوط تعادلی درون مخلوط آب و یخ و در شکل (۲)، درون آب گرم قرار گرفته است. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های  $\text{NO}_2$  افزایش و تعداد مولکول‌های  $\text{N}_2\text{O}_4$  کاهش می‌یابد، از این رو در دمای بالاتر، نسبت تعداد مولکول‌های  $\text{NO}_2$  به تعداد مولکول‌های  $\text{N}_2\text{O}_4$  بیشتر می‌باشد. بنابراین شکل (۳)، مربوط به دمای بالاتر و شکل (۴)، مربوط به دمای پایین‌تر است. به عبارت دیگر، شکل (۳) نشان‌دهنده مخلوط تعادلی در دمای شکل (۲) بوده و شکل (۴) هم نشان‌دهنده مخلوط تعادلی در دمای شکل (۱) است. **بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (پ):** با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های گازی موجود در ظرف افزایش می‌یابد، بنابراین فشار گاز درون محفظه شکل (۲) که دمای بالاتری دارد، بیشتر می‌باشد. **عبارت (ت):** به دلیل یکسان نبودن دما و جابه‌جایی تعادل، شمار مولکول‌های  $\text{NO}_2$  و  $\text{N}_2\text{O}_4$  در دو ظرف یکسان نیست، پس ماهیت مخلوط گازی موجود در دو ظرف متفاوت می‌باشد. **عبارت (ث):** اگر حجم ظرف را V لیتر در نظر بگیریم و هر ذره را معادل x mol در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \Rightarrow \begin{cases} K_p = \frac{(\lambda x)^2}{3x} \times \frac{1}{V} \Rightarrow K_p = \frac{(\lambda x)^2}{3x} \times \frac{1}{V} = \frac{6x \times (\lambda x)^2}{3x \times (2x)^2} = 3\lambda^2 \\ K_f = \frac{(2x)^2}{6x} \times \frac{1}{V} \Rightarrow K_f = \frac{(2x)^2}{6x} \times \frac{1}{V} = \frac{3x \times (2x)^2}{6x \times (2x)^2} = 3\lambda^2 \end{cases}$$

$$K = \frac{[\text{O}_2] \times [\text{SO}_2]^2}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{0.2 \times (0.4)^2}{(0.6)^2} = 0.2 \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{8}{9} \times 10^{-2}$$

**۲۸۰۰** **B** ۱ **قسمت اول:** رابطه ثابت تعادل به صورت مقابل است:

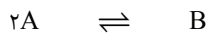
**+ توضیح محاسبات**

$$\frac{0.2 \times (0.4)^2}{(0.6)^2} = ? \xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده کردن}} \frac{2 \times 4 \times 4 \times 10^{-1} \times 10^{-2}}{6 \times 6} = \frac{8}{9} \times 10^{-2} = \frac{8}{9} \times 10^{-2}$$

**قسمت دوم:** به طور کلی در واکنش‌های تعادلی، علامت Q (گرما) در سمتی از معادله واکنش قرار دارد که شمار مول‌های گازی (g) کمتری وجود دارد؛ بنابراین علامت Q (گرما) در این معادله در سمت واکنش دهنده قرار گرفته و در نتیجه این تعادل در جهت رفت گرماگیر است؛ بنابراین ضمن انتقال مجموعه تعادل به آب جوش، واکنش در جهت مصرف گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

۳ ۲۸۰۱ ابتدا به کمک ثابت تعادل و مول‌های تعادلی ضریب A را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[B]}{[A]^a} \Rightarrow 25 = \frac{0.5}{\left(\frac{0.2}{2}\right)^a} \Rightarrow 25 = \frac{0.25}{(0.1)^a} \Rightarrow 100 = \frac{1}{10^{-a}} \Rightarrow a = 2$$



غلظت اولیه	$\frac{0.2}{2} = 0.1$	$\frac{0.5}{2} = 0.25$
تغییر غلظت	$-2x$	$+x$
غلظت نهایی	$0.1 - 2x$	$0.25 + x$

با توجه به اینکه واکنش گرماده است، علامت Q در سمت فرآورده قرار دارد. در این واکنش اگر دما را کاهش دهیم، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت رفتن جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین داریم: با توجه به متن تست، در تعادل جدید تفاوت غلظت A و B برابر ۰/۲۴ مولار است؛ پس X برابر است با:

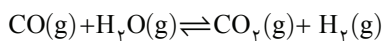
$$|[B] - [A]| = |(0.25 + x) - (0.1 - 2x)| = |0.15 + x + 2x| = |0.15 + 3x| = 0.24$$

از آن جا که X عددی مثبت است، مقدار X برابر است با:  $0.15 + 3x = 0.24 \Rightarrow x = 0.03$

اکنون ثابت تعادل جدید را محاسبه می‌کنیم:

$$K' = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.25 + 0.03)}{(0.1 - 2(0.03))^2} = \frac{0.28}{0.04 \times 0.04} = 175$$

۳ ۲۸۰۲ با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. بنابراین غلظت گازهای CO و H<sub>2</sub>O کاهش و غلظت گازهای H<sub>2</sub> و CO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد. از آنجا که حجم ظرف ۱ لیتر است، پس غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. در تعادل جدید، مقدار K برابر با ۱۶ است.



غلظت در تعادل اولیه	۱	۱	۳	۳
تغییر غلظت	-x	-x	+x	+x
غلظت در تعادل جدید	1-x	1-x	3+x	3+x

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 16 = \frac{(3+x)(3+x)}{(1-x)(1-x)} = \frac{(3+x)^2}{(1-x)^2}$$

از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم  $\rightarrow 4 = \frac{3+x}{1-x} \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$

$$[H_2]_{\text{جدید}} = 3 + x = 3 + 0.2 = 3.2 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{V=1L} n_{H_2} = 3.2 \text{ mol}$$

۴ ۲۸۰۳ ابتدا ثابت تعادل اولیه را که در دمای ۱۰۰°C برقرار است (K<sub>۱</sub>) محاسبه می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{[B] \times [C]}{[A]} = \frac{\left(\frac{1}{1}\right) \times \left(\frac{1}{1}\right)}{\left(\frac{1}{1}\right)} = 1$$

سپس برای محاسبه ثابت تعادل دوم که در دمای ۴۰۰°C برقرار است (K<sub>۲</sub>)، از رابطه داده شده استفاده می‌کنیم. دقت کنید آنتالپی واکنش را باید برحسب ژول در رابطه قرار دهید:

$$-\log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = \frac{-38/3 \times 10^3}{19/15} \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{400}\right) = -2000 \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{400}\right) = 2000 \left(\frac{1}{400} - \frac{1}{500}\right) = 5 - 4 = 1$$

$$-\log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = 1 \Rightarrow \log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = -1 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 10^{-1} \Rightarrow K_2 = 1$$



غلظت اولیه	۱۰	۱۰	۱۰
تغییر غلظت	+x	-x	-x
غلظت نهایی	۱۰+x	۱۰-x	۱۰-x

با توجه به منفی بودن ΔH واکنش در جهت رفتن می‌توان نتیجه گرفت که واکنش مورد نظر گرماده است؛ بنابراین افزایش دما موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود. اکنون با توجه به ثابت تعادل جدید (K<sub>۲</sub>)، مقدار X را محاسبه می‌کنیم:

$$K_2 = \frac{[B] \times [C]}{[A]} \Rightarrow 1 = \frac{(10-x)(10-x)}{(10+x)} \Rightarrow x^2 - 20x + 100 = x + 10$$

$$\Rightarrow x^2 - 21x + 90 = 0 \Rightarrow (x-6)(x-15) = 0 \Rightarrow x = 6, x = 15$$

توضیح: مقدار X نمی‌تواند برابر ۱۵ باشد زیرا در این صورت غلظت اجزای B و C عددی منفی به دست می‌آید که ممکن نیست!



غلظت اولیه	$\frac{10+6}{10} = 1.6$	$\frac{10-6}{10} = 0.4$	$\frac{10-6}{10} = 0.4$
تغییر غلظت	-x	+x	+x
غلظت نهایی	$1.6 - x$	$0.4 + x$	$0.4 + x$

اکنون اگر حجم محفظه واکنش را به ۱۰ لیتر برسانیم (حجم را ۱۰ برابر کنیم) غلظت اجزا یک دهم برابر می‌شود سپس واکنش در جهت مول‌های گازی بیشتر (جهت رفتن) جابه‌جا می‌شود. اکنون از ثابت تعادل جدید (K<sub>۲</sub>) داریم:

$$K_2 = \frac{[B] \times [C]}{[A]} \Rightarrow 1 = \frac{(0.4+x)(0.4+x)}{(1.6-x)} \Rightarrow 1.6 - x = x^2 + 0.8x + 0.16$$

$$\Rightarrow x^2 + 1.8x - 1.44 = 0 \Rightarrow (x+2/4)(x-0.6) = 0 \Rightarrow x = 0.6, x = -2/4$$

با توجه به اینکه می‌دانیم که واکنش در جهت پیش رفته و این مسئله برایمان مجهول نیست؛ پس X فقط می‌تواند برابر ۰/۶ مولار باشد. در نهایت داریم:

$$([A] + [B] + [C]) \times V = ((0.4 + 0.6) + (0.4 + 0.6)) \times 10 \text{ L} = 30 \text{ mol}$$



**۲۸۰۴** **A** **۲** با کاهش حجم، تعادل  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ، به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. بنابراین تعداد مول  $SO_2$  و  $O_2$  کاهش و تعداد مول  $SO_3$  افزایش می‌یابد، اما توجه داشته باشید که با کاهش حجم، غلظت همه گازهای موجود در تعادل افزایش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** افزودن مقداری KI به تعادل  $PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$  موجب افزایش غلظت یون یدید شده و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. **گزینه (۳):** افزایش دما، موجب افزایش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت شده و کاهش دما هم موجب کاهش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت می‌شود. **گزینه (۴):** با افزایش غلظت  $Cl_2(g)$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود.

**۲۸۰۵** **B** **۲** عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای (الف):** با افزایش فشار (کاهش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست (در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. بنابراین در اثر افزایش فشار، سرعت واکنش رفت، بیشتر از سرعت واکنش برگشت می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش فشار، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما میزان افزایش سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است. **عبارت (ب):** در اثر افزایش غلظت  $N_2$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد و مقداری از تغییر وارد شده در تعادل باقی می‌ماند، پس از جابه‌جایی تعادل، تمام  $5/10$  مول  $N_2$  اضافه شده مصرف نمی‌شود. ضریب استوکیومتری  $N_2$  و  $O_2$  یکسان است، از این رو تعداد مول  $O_2$  هم به مقدار  $5/10$  مول کاهش نمی‌یابد. **عبارت (پ):** با کاهش دما واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود و با توجه به اینکه واکنش به سمت تولید فرآورده پیش رفته، پس واکنش گرماده است. **عبارت (ت):** در این تعادل، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است. بنابراین با کاهش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود.

**۲۸۰۶** **A** **۳** با افزایش حجم از ۲ لیتر به ۴ لیتر، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد. از این رو تعادل داده شده، گرماده است. **گزینه (۲):** در اثر کاهش غلظت  $NH_3(g)$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. **گزینه (۴):** با افزایش غلظت  $N_2(g)$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

**۲۸۰۷** **B** **۲** با کاهش حجم ظرف، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس این واکنش گرماگیر است.

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، ملاحظه می‌کنید که دو تغییر کاهش حجم ظرف و افزایش دما، موجب جابه‌جایی تعادل در دو جهت مخالف می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):**  $I_2$  یک جامد خالص است، بنابراین با اضافه یا کم کردن آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. از طرفی با افزایش غلظت  $HI(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. **گزینه (۳):** در اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. استفاده از کاتالیزگر باعث جابه‌جایی تعادل نمی‌شود و فقط سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد. **گزینه (۴):** افزودن مقداری از یک گاز بی‌اثر مانند  $Ar(g)$  در دمای ثابت، موجب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود. اگر غلظت  $H_2S(g)$  را افزایش دهیم، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

**۲۸۰۸** **B** **۳** همه عبارتهای (ب) جز مورد سوم درست هستند. **بررسی عبارتهای (الف) و (پ):** در سامانه‌های تعادلی، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما جابه‌جا می‌شود و با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش  $2A(g) + D(g) \rightleftharpoons 2X(g)$ ،  $\Delta H < 0$ ، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد. **عبارتهای سوم و چهارم:** در سامانه‌های تعادلی، با افزایش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر و با کاهش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش  $2A(g) + D(g) \rightleftharpoons 2X(g)$  با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت و با کاهش فشار تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. حواستان باشد که تغییر فشار در سامانه تعادلی باعث جابه‌جایی تعادل می‌شود، ولی مقدار عددی ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهد؛ زیرا ثابت تعادل فقط وابسته به دما است.

**۲۸۰۹** **B** **۳** عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای (الف) و (ب):** با توجه به هر کدام از نمودارها، با افزایش دما، غلظت فرآورده (یعنی AB) کاهش یافته و به این ترتیب مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد و علامت Q در سمت راست واکنش قرار داشته و به این ترتیب واکنش گرماده است. **عبارتهای (پ) و (ت):** در دمای ثابت، غلظت AB در  $P_1$  بیشتر از  $P_2$  است. با توجه به اینکه تعداد مول گازی سمت فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌هاست، پس  $P_1$  بیشتر از  $P_2$  است. همچنین با توجه به اینکه شیب نمودار  $P_1$  از  $P_2$  بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که در فشارهای بالا، تأثیر دما بر میزان درصد AB (فرآورده) در مخلوط تعادلی بیشتر است.

**۲۸۱۰** **B** **۲** در اثر کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه کاهش حجم، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شده است، ضریب استوکیومتری A از ضریب استوکیومتری B کوچک‌تر می‌باشد ( $n > m$ ). با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. از آنجا که در اثر افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده، Q در سمت چپ معادله واکنش قرار داشته و واکنش رفت گرماگیر می‌باشد.

**۲۸۱۱** **B** **۴** طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی سمت راست جابه‌جا می‌شود. افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها، نیز باعث جابه‌جایی تعادل به سمت راست می‌شود و دو برابر کردن غلظت واکنش دهنده‌ای که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری دارد، تأثیر بیشتری بر جابه‌جایی تعادل به سمت راست دارد؛ زیرا تعادل برای جبران آن باید به میزان بیشتری جابه‌جا شود.

**۲۸۱۲** **B** **۲** طبق اصل لوشاتلیه، اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که با عامل مزاحم مقابله کرده و تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند؛ بنابراین در واکنش‌های تعادلی گرماگیر، با افزایش دما تعادل در جهت رفت (در جهت تولید فرآورده‌ها) جابه‌جا می‌شود تا گرمای اضافه شده را مصرف کند؛ بنابراین تعادل مورد نظر سؤال یک تعادل گرماگیر است. همان‌طور که می‌دانید، در سامانه‌های تعادلی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان نیست، علامت Q در سمتی از معادله قرار می‌گیرد که تعداد مول گازی کمتر است، پس از آنجا که علامت Q در سمت چپ معادله قرار گرفته، تعداد مول گازی فرآورده‌ها بیشتر یا برابر واکنش دهنده‌ها است. اگر تعداد مول گازی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش دهنده‌ها باشد، کاهش حجم سبب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود و اگر تعداد مول گازی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها یکسان باشد، تغییر حجم سامانه بی‌تأثیر است. دقت داشته باشید که در دما و حجم ثابت، افزودن گاز بی‌اثر به سامانه تعادلی، بر غلظت مواد موجود در تعادل بی‌تأثیر است و نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود. با توجه به توضیحات ارائه شده پاسخ این تست گزینه (۳) می‌شود ولی سازمان سنجش گزینه (۲) را به‌عنوان پاسخ درست در نظر گرفته است.



**۲۸۱۳** ابتدا باید معادله واکنش را مشخص کنیم. دو ماده A و B که غلظت آن‌ها در حال کاهش است، واکنش‌دهنده هستند و ماده C که غلظت آن در حال افزایش است، فراورده می‌باشد. تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا زمان برقراری تعادل تعیین کرده و سپس آن‌ها را به تغییر غلظت کوچک‌تر تقسیم می‌کنیم:

$$\Delta[A] = (\frac{0}{2} - \frac{0}{6}) \times 10^{-2} = -\frac{0}{4} \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \Delta[B] = (\frac{0}{1} - \frac{0}{3}) \times 10^{-2} = -\frac{0}{2} \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \Delta[C] = (\frac{0}{4} - 0) \times 10^{-2} = \frac{0}{4} \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$A: \frac{\frac{0}{4} \times 10^{-2}}{\frac{0}{2} \times 10^{-2}} = 2, B: \frac{\frac{0}{2} \times 10^{-2}}{\frac{0}{2} \times 10^{-2}} = 1, C: \frac{\frac{0}{4} \times 10^{-2}}{\frac{0}{2} \times 10^{-2}} = 2 \Rightarrow \text{معادله واکنش } 2A + B \rightleftharpoons 2C, K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{[\frac{0}{4} \times 10^{-2}]^2}{[\frac{0}{2} \times 10^{-2}]^2 [\frac{0}{1} \times 10^{-2}]} = 4 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

مقدار عددی ثابت تعادل بزرگ است ( $K > 10^3$ )، از این رو تعادل در سمت رفت پیشرفت بهتری دارد. با افزایش حجم ظرف از ۲ لیتر به ۴ لیتر، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. اگر Q را در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دهیم، واکنش گرماده می‌شود ( $2A + B \rightleftharpoons 2C + Q$ )، بنابراین با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

**۲۸۱۴** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل هم افزایش یافته است. به عبارت دیگر دما با K رابطه مستقیم دارد؛ از این نکته می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش در جهت رفت گرماگیر بوده و  $\Delta H > 0$  است.

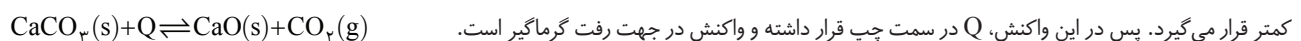
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} > 0 \Rightarrow (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) > 0$$

$$(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) > (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

**عبارت (ب):** در تعادل داده شده، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین با افزایش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود، اما غلظت همه گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت گاز A که زردرنگ می‌باشد، مخلوط گازی کم‌رنگ‌تر می‌شود. **عبارت (پ):** با افزایش فشار (کاهش حجم)، غلظت A(g) افزایش یافته و به همین دلیل شدت رنگ مخلوط گازی زیادتر می‌شود. **عبارت (ت):** با کاهش غلظت C(g) تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت A(g) کاهش می‌یابد، از این رو شدت رنگ مخلوط گازی نیز کاهش می‌یابد.

**۲۸۱۵** تغییرات (ب) و (ث) باعث افزایش مقدار  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  می‌شوند. بررسی تغییرات: **تغییر (الف):** در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی



با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود که در اثر آن، مقدار (تعداد مول)  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  کاهش و مقدار  $\text{CaO}(\text{s})$  و  $\text{CO}_2(\text{g})$  افزایش می‌یابد. **تغییر (ب):** طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، مقدار (تعداد مول)  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  افزایش می‌یابد. اما توجه داشته باشید که  $\text{CaCO}_3$  یک جامد خالص و غلظت آن ثابت می‌باشد. **تغییر (پ):** با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (که همان سمت راست است) جابه‌جا می‌شود، از این رو مقدار  $\text{CaCO}_3$  کاهش می‌یابد. **تغییر (ت):**  $\text{CaO}$  یک جامد خالص است. به همین دلیل اضافه یا کم کردن آن اثری بر جابه‌جایی تعادل و مقدار  $\text{CaCO}_3$  ندارد. **تغییر (ث):** با افزودن مقداری گاز  $\text{CO}_2$ ، تعادل در جهت مصرف آن یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و باعث افزایش مقدار  $\text{CaCO}_3$  خواهد شد.

**۲۸۱۶**

**نکته ترکیبی** برای آن که نوع تغییری که بر سامانه اعمال شده و موجب جابه‌جایی تعادل و تغییر غلظت‌های اجزای آن شده را تشخیص دهید کافیست به لحظه اعمال تغییر در نمودار «غلظت - زمان» توجه کنید. اگر در لحظه اعمال تغییر، غلظت همه گونه‌های گازی یا محلول هم‌زمان تغییر کند، یعنی تغییر حجم رخ داده است. اگر غلظت یکی از گونه‌ها به‌طور ناگهانی تغییر کند، یعنی با اضافه یا کم شدن آن گونه تعادل به هم خورده و اگر غلظت هیچ گونه‌ای در لحظه اعمال تغییر، ناگهانی دچار تغییر نشود، یعنی دمای سامانه تغییر کرده است.



**بررسی نمودارها: نمودار (الف):** این نمودار مربوط به تغییری است که به تدریج موجب تغییر غلظت اجزاء شده است به طوری که غلظت فراورده ( $\text{NO}_2$ ) افزایش و غلظت واکنش‌دهنده ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) کاهش یافته، چنین عاملی فقط می‌تواند مربوط به افزایش دما باشد؛ زیرا سایر عوامل همچون تغییر فشار (حجم محفظه) یا تغییر شمار مول‌های اجزاء، موجب یک تغییر ناگهانی در لحظه اعمال تغییر می‌شود. **نمودار (ب):** این نمودار افزایش لحظه‌ای هر دو جزء واکنش را نشان می‌دهد؛ بنابراین فقط می‌تواند مربوط به کاهش حجم سامانه باشد. حواستان باشد کاتالیزگر تأثیری بر تعادل ندارد و صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک نسبت افزایش می‌دهد. در صورتی که دمای سامانه را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. در نتیجه تعادل مورد نظر، گرماگیر و معادله نمادی واکنش به صورت  $m\text{A}(\text{g}) + \text{Q} \rightleftharpoons n\text{B}(\text{g})$  است. با توجه به اینکه نماد Q در واکنش‌های تعادلی سمت تعداد مول گازی کمتر است،  $m < n$  می‌باشد. در این تعادل در اثر خارج کردن مقداری B از سامانه و در اثر افزایش حجم هم، تعادل به سمت شمار مول گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

**۲۸۱۸** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت پیشرفت می‌کند. بنابراین تعادل مورد نظر در جهت رفت گرماده است

و با افزایش حجم (کاهش فشار) تعادل در جهت تولید مول‌های گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین ضریب A یعنی m از ضریب B یعنی n بزرگ‌تر است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در تعادل گرماده، با کاهش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار K افزایش می‌یابد. **عبارت (ب):** تعادل مورد نظر در جهت رفت گرماده است و  $m > n$  می‌باشد. **عبارت (پ):** با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و تعداد مول‌های ماده B و غلظت آن بیشتر می‌شود. **عبارت (ت):** اگر سامانه گرم شود تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد، اما با توجه به اینکه  $m > n$  است، تعداد کل مول‌های گازی موجود در ظرف بیشتر می‌شود. **عبارت (ث):** با وارد شدن مقداری ماده B، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.



**B ۲۸۱۹ ۲** تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت  $H_2$  و  $I_2$  کاهش و غلظت  $HI$  افزایش می‌یابد. اگر به عددهای جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که دقیقاً عکس این تغییرات اتفاق افتاده است، پس تغییر وارد شده بر تعادل، کاهش دما نیست. می‌توانیم مقدار  $K$  را در

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \quad \text{هر دو تعادل محاسبه کنیم:} \quad (1) \quad K = \frac{(8)^2}{(4)(4)} = 4 \quad (2) \quad K = \frac{(6)^2}{(5)(5)} = 1.44$$

ملاحظه می‌کنید که مقدار  $K$  در دو تعادل یکسان نیست، از این‌رو تغییر وارد شده بر تعادل، افزایش حجم هم نیست. زیرا  $K$  فقط تابع دما است و با افزایش حجم مقدار  $K$  تغییر نمی‌کند. نتیجه نهایی این است که تغییر مورد نظر ما افزایش دما می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار  $K$  کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل افزایش دما، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید، بیشتر از تعادل اولیه است.

**B ۲۸۲۰ ۲** تغییرات (الف) و (ب) موجب جابه‌جایی تعادل شده و با برقراری تعادل جدید، غلظت  $A$  کمتر از تعادل اولیه خواهد شد. بررسی تغییرات: **تغییر (الف):** با افزایش حجم سامانه، غلظت گازهای  $A$  و  $B$  کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش حجم سامانه و کاهش فشار، تعادل در جهت تعداد مول‌گازی بیشتر (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود و مقدار غلظت گاز  $A$  (واکنش‌دهنده) را افزایش می‌دهد، اما چون نمی‌تواند اثر کاهش غلظت این گاز را در اثر افزایش حجم، به‌طور کامل جبران کند، غلظت  $A$  در تعادل جدید، کمتر از تعادل اولیه خواهد بود. **تغییر (ب):** با خارج کردن مقداری گاز  $A$ ، غلظت این گاز کم شده و تعادل برای جبران آن در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، اما چون نمی‌تواند اثر کاهش غلظت این گاز را به‌طور کامل جبران کند، غلظت  $A$  در تعادل جدید، کمتر از تعادل اولیه خواهد بود. **تغییر (پ):** در این واکنش تعادلی در سمت راست (سمت تعداد مول‌گازی کمتر) قرار دارد. یعنی تعادل در جهت رفت، گرماده است. با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت (جهت جذب گرما) جابه‌جا شده و غلظت  $A$  در تعادل جدید، بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود. **تغییر (ت):** ماده  $C$  جامد و غلظت آن ثابت است. با خارج کردن مقداری  $C$ ، تعادل جابه‌جا نمی‌شود.

**B ۲۸۲۱ ۲** موارد (الف) و (ب) عبارت داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. بررسی موارد: **مورد (الف):** واکنش تهیه آمونیاک واکنشی گرماده است. در واکنش‌های گرماده ضمن افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه ثابت تعادل کاهش می‌یابد. **مورد (ب):** در واکنش  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ ، با کاهش حجم سامانه، فشار افزایش یافته و تعادل در جهت تعداد مول‌گازی کمتر، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. در این فرایند به دلیل ثابت ماندن دما، غلظت  $CO_2$  ثابت می‌ماند و چون دیگر مواد شرکت‌کننده در واکنش جامد هستند، غلظت آن‌ها نیز ثابت خواهد بود. **مورد (پ):** در تعادل‌های گازی، افزایش فشار موجب جابه‌جایی تعادل در جهت مول‌های گازی کمتر می‌شود. با توجه به اینکه در تعادل ذکر شده، مجموع ضرایب اجزاء در دو طرف واکنش با هم برابر است، افزایش فشار فقط غلظت اجزاء را افزایش می‌دهد و نمی‌تواند موجب جابه‌جایی تعادل شود. **مورد (ت):** در واکنش‌های تعادلی، افزودن کاتالیزگر صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد و سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود.

**B ۲۸۲۲ ۱** موارد (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله داده شده مناسب هستند.  $Q$  در معادله واکنش در سمتی قرار می‌گیرد که تعداد مول‌گازی کمتری دارد. **بررسی موارد:** **مورد (الف):** در این معادله  $Q$  در سمت راست معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. **مورد (ب):** در این واکنش  $Q$  در سمت چپ معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند. **مورد (پ):** در این واکنش  $Q$  در سمت راست معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. **مورد (ت):** در این واکنش  $Q$  در سمت چپ معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند.

**B ۲۸۲۳ ۴** در شکل داده شده، ۵ مولکول  $SO_2(g)$  وجود دارد که با توجه به آن می‌توانیم غلظت اولیه  $SO_2(g)$  را به‌دست آوریم:

$$[SO_2] = \frac{(5 \times 0.1) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول‌گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مول  $SO_2$  کاهش و تعداد مول  $SO_3$  و  $O_2$  افزایش می‌یابد، اما غلظت هر سه گاز کاهش می‌یابد، به همین دلیل غلظت  $SO_3$  در تعادل جدید باید کوچک‌تر از  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  باشد و غلظت  $0.75 \text{ mol.L}^{-1}$  برای این ماده قابل قبول نیست. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** در شکل داده شده، ۵ مولکول  $SO_3$  وجود دارد. با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول‌گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مولکول‌های  $SO_3$  افزایش می‌یابد و می‌تواند برابر با ۷ مولکول شود. **گزینه (۲):** در اثر افزودن مقداری  $SO_3(g)$  به ظرف، تعادل در جهت مصرف آن و به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ تعداد مول‌های بیشتری قرار دارد، پس در نتیجه تعداد مول‌های گازی افزایش می‌یابد. **گزینه (۳):** در اثر کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ ۳ مول گاز (۲ مول  $SO_2$  و ۱ مول  $O_2$ ) و در سمت راست ۲ مول گاز (۲ مول  $SO_3$ ) داریم. در نتیجه با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، تعداد مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد.

**B ۲۸۲۴ ۱** واکنش گرماده است، پس در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت

گازهای  $C$  و  $D$  کاهش و غلظت گازهای  $A$  و  $B$  افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر با ۱ لیتر است، از این‌رو غلظت هر ماده با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$[D] = 5 - x = 4 \Rightarrow x = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[A] = [B] = 1 + x = 1 + 1 = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C] = 2 - x = 2 - 1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

اگر ۳ مول  $C$  را به تعادل بیفزاییم، تعادل در جهت مصرف  $C$ ، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.

$$[D]_{\text{نهایی}} = 4 - y = 3 \Rightarrow y = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B]_{\text{نهایی}} = 2 + y = 2 + 1 = 3 \text{ mol.L}^{-1}$$

	A	B	C	D
تعادل اولیه	۱	۱	۲	۵
تغییر غلظت	+x	+x	-x	-x
تعادل جدید	۱+x	۱+x	۲-x	۵-x

	A	B	C	D
تعادل اولیه	۲	۲	۱+۳	۴
تغییر غلظت	+y	+y	y	y
تعادل جدید	۲+y	۲+y	۴-y	۴-y

**۴ ۲۸۲۵** معادله این تعادل به صورت  $dD(g) \rightleftharpoons aA(g) + bB(g)$  است. در اثر کاهش دما از غلظت A و B کاسته و بر غلظت D افزوده شده است، به عبارتی واکنش در جهت برگشت حرکت کرده است. در نتیجه تعادل مورد نظر گرماگیر است و  $(d < a + b)$ . حال اگر معادله این واکنش را به طور فرضی به صورت  $dD(g) \rightleftharpoons aA(s) + bB(s) + Q$  در نظر بگیریم، این تعادل باید گرماده باشد، زیرا نماد Q در تعادل باید سمت تعداد مول گازی کمتر باشد. در یک تعادل گرماده با کاهش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با افزایش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. گزینه (۲): در اثر افزایش حجم، غلظت تمام مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. گزینه (۳): تعادل نمی‌تواند اثر افزایش دما را به طور کامل خنثی کند. بنابراین دمای تعادل جدید اندکی بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

**۴ ۲۸۲۶** عبارت K برای تعادل  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$  به صورت  $K = [CO_2]$  می‌باشد. K فقط تابع دما است، پس در این تعادل، غلظت  $CO_2$ ، فقط تابع دما می‌باشد. اگر در دمای ثابت، حجم ظرف دو برابر شود، ابتدا غلظت  $CO_2$  کاهش می‌یابد، اما در اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کاهش غلظت  $CO_2$  به طور کامل جبران شده و دوباره به همان غلظت قبلی می‌رسد. مقدار K و غلظت  $CO_2$  در تعادل جدید با تعادل اولیه یکسان است. به همین ترتیب اگر غلظت  $CO_2$  را در دمای ثابت افزایش دهیم، ابتدا غلظت گاز  $CO_2$  افزایش یافته اما تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تمام  $CO_2$  اضافه شده را مصرف می‌کند و باز هم به همان غلظت اولیه می‌رسد.

**۱ ۲۸۲۷** فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر شیر (۱) را باز کنیم، حجم در اختیار مولکول‌های گاز افزایش می‌یابد. با افزایش حجم، غلظت هر دو گاز  $NO_2$  و  $N_2O_4$  کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت  $NO_2$ ، شدت رنگ سامانه تعادلی کاهش می‌یابد. عبارت (ب): درون محفظه E، گاز  $N_2O_4$  وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظه A بیفزاییم، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت گاز  $NO_2$  که قهوه‌ای رنگ است، افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت  $NO_2$  شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (پ): اگر مخلوط تعادلی را از محفظه A به محفظه C انتقال دهیم، دمای مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، از این رو تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت مولکول‌های  $NO_2$  افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت  $NO_2$  شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (ت): درون محفظه D، گاز  $NO_2$  وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظه A اضافه کنیم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل به طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به طور کامل از بین ببرد، غلظت  $NO_2$  در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه می‌باشد و به همین دلیل، شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد.

**۱ ۲۸۲۸** حجم ظرف یک لیتر است پس غلظت گازهای A، B، C و D به ترتیب برابر ۱، ۲، ۵ و ۱ مول بر لیتر است. مقدار K اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{2 \times 5}{1 \times 1} = 10$$

	A	B	C	D
غلظت اولیه	۱	۱	۲	۵
تغییرات غلظت	+x	+x	-x	-x
غلظت نهایی	۱+x	۱+x	۲-x	۵-x

با افزایش دما مقدار ثابت تعادل به  $\frac{1}{10}$  مقدار اولیه خود یعنی ۱ رسیده است. بنابراین تعادل گرماده است و در اثر افزایش دما به سمت چپ می‌رود.

$$K_2 = \frac{1}{10} K_1 = \frac{1}{10} (10) = 1 \Rightarrow K_2 = \frac{(5-x)(2-x)}{(1+x)^2} = 1$$

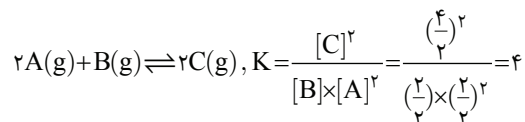
$$\Rightarrow x^2 + 2x + 1 = x^2 - 7x + 10 \Rightarrow 9x = 9 \Rightarrow x = 1$$

پس غلظت‌های گازهای A، B، C و D به ترتیب برابر ۲، ۲، ۱، ۴ مول بر لیتر می‌شود. با افزایش ۳ مول C، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود اما مقدار K تغییر نخواهد کرد.

$$K_2 = K_1 = 1 \Rightarrow K_2 = \frac{(4-x')^2}{(2+x')^2} = 1 \Rightarrow \frac{4-x'}{2+x'} = 1 \Rightarrow 4-x' = 2+x' \Rightarrow x' = 1$$

پس غلظت B در نهایت به ۳ مول بر لیتر می‌رسد.

**۳ ۲۸۲۹** معادله واکنش تعادلی انجام شده با توجه به نمودار «مول - زمان» داده شده به صورت زیر است:



با افزودن گازهای A و C و از طرفی افزایش حجم ظرف واکنش، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود؛ ابتدا مقدار مول A و C اضافه شده به تعادل را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } A = 4 \text{ g } A \times \frac{1 \text{ mol } A}{4 \text{ g } A} = 1 \text{ mol } A$$

$$? \text{ mol } C = 6 \text{ g } C \times \frac{1 \text{ mol } C}{2 \text{ g } C} = 3 \text{ mol } C$$

سپس به کمک جدول تغییر مول، مول تعادلی جدید را بر حسب X محاسبه می‌کنیم. حجم ظرف در تعادل جدید برابر ۱۲L (۶×۲L) لیتر است؛ پس با توجه به ثابت بودن دما، رابطه ثابت تعادل جدید

را برابر ۴ قرار داده و X را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[C]^2}{[B][A]^2} = 4 = \frac{\left(\frac{7-2x}{12}\right)^2}{\left(\frac{2+x}{12}\right) \times \left(\frac{3+2x}{12}\right)^2}$$

	2A	B	2C
مول اولیه	۲+۱=۳	۲	۴+۳=۷
تغییر مول	+۲x	+x	-۲x
مول تعادلی	۳+۲x	۲+x	۷-۲x

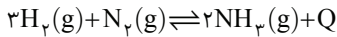
معادله بالا را به روش‌های معمول نمی‌توان حل کرد؛ لذا اعداد مختلف را در آن امتحان می‌کنیم که  $x=1$  برای آن جواب می‌دهد؛ بنابراین غلظت مولار گاز A در تعادل

$$[A] = \frac{3+2x}{V} = \frac{3+2(1)}{12} = 0.417 \text{ mol.L}^{-1}$$

نهایی برابر است با:



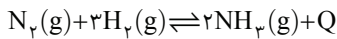
به جز عبارت چهارم سایر عبارتها درست هستند. معادله موازنه شده تشکیل آمونیاک از عناصر سازنده‌اش به صورت زیر است:



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3}$$

معادله ثابت تعادل واکنش تعادلی در فرایند هابر به صورت مقابل است:

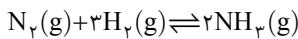
عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده و باعث کاهش درصد مولی آمونیاک می‌شود. عبارت (ب): با افزایش فشار، یعنی کاهش حجم سامانه، تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی سمت راست و تولید آمونیاک جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): واکنش تولید آمونیاک در فرایند هابر گرماده است.



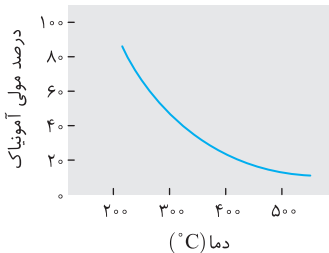
عبارت (ت): با افزایش دما در فرایند هابر، سرعت انجام واکنش بالا بود، اما پیشرفت واکنش کم بود. (به دلیل مقدار کم K)

فقط مورد دوم درست است. از آنجا که واکنش فرایند هابر، گرماده است، کاهش دما واکنش را به سمت راست و در جهت تولید آمونیاک بیشتر جابه‌جا می‌کند. اما از طرف دیگر، کاهش دما منجر به کاهش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود. بنابراین اگرچه تولید آمونیاک در دماهای پایین مطلوب به نظر می‌رسد، اما تعادل آن قدر آهسته برقرار می‌شود که تهیه آمونیاک در عمل امکان‌پذیر نخواهد بود. با وجود استفاده از کاتالیزگر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی مطلوب نیست و تنها ۲۸ درصد مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

فقط عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): واکنش تولید آمونیاک گرماده است، از این رو، در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار آمونیاک تولید شده کاهش می‌یابد. افزودن کاتالیزگر موجب می‌شود که تعادل سریع‌تر برقرار شود. در واقع کاتالیزگر کمک می‌کند تا در دماهای به نسبت کمتری، آمونیاک سریع‌تر تشکیل شود و در نتیجه  $NH_3$  به مقدار بیشتر و ارزان‌تر تولید شود. توجه داشته باشید که هرچه دما را افزایش دهیم، سرعت انجام واکنش‌های رفت و برگشت و مقدار فرآورده زیادتر می‌شود، اما با توجه به گرماده بودن واکنش، در اثر افزایش دما، پیشرفت واکنش رفت و مقدار فرآورده کاهش می‌یابد. به همین دلیل در فرایند هابر سعی می‌کنند که به جای افزایش زیاد دما، با استفاده از کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها را افزایش دهند. توجه داشته باشید که کاتالیزگر تأثیری بر مقدار آمونیاک تولیدی ندارد. عبارت (پ): با افزایش فشار یا کاهش حجم در دمای ثابت، تعادل به سمت مول‌های گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک بیشتر پیش می‌رود.



عبارت (ت): در فرایند تولید آمونیاک به روش هابر، در شرایط بهینه، مقدار ۲۸ درصد مولی (حجمی) مخلوط گازها را آمونیاک و مقدار ۷۲ درصد مولی (حجمی) آن را گازهای هیدروژن و نیتروژن تشکیل می‌دهند.



عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نمودار درصد مولی آمونیاک در دماهای مختلف به صورت روبه‌رو است. با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در مخلوط کمتر می‌شود.

عبارت (ب): واکنش تولید آمونیاک یک واکنش گرماده است، پس انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش تولید آمونیاک کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است. عبارت (پ): در اثر کاهش دما تعادل به سمت راست و تولید آمونیاک پیش می‌رود و در اثر کاهش حجم هم تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک پیش می‌رود. عبارت (ت): با کاهش دما ثابت تعادل افزایش می‌یابد (واکنش گرماده)، پس در دمای  $25^\circ C$  بیشترین مقدار ثابت تعادل از بین عددهای داده شده را دارد.

عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در شرایط بهینه تولید آمونیاک به روش هابر، تنها ۲۸ درصد مولی (نه جرمی!) مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد. عبارت (ب): در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت زیاد در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده می‌شود.

عبارت‌های (پ) و (ت): فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک توسط هابر باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید، اما به دنبال آن، شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فرآورده‌های کشاورزی فراهم شد.

عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. نمودار، نشان‌دهنده تأثیر افزایش فشار بر درصد مولی آمونیاک در مخلوط است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):

در بازه  $0^\circ$  تا  $1000^\circ$  اتمسفر میزان درصد مولی آمونیاک از صفر به حدود  $70^\circ$  و در بازه  $1000^\circ$  تا  $2000^\circ$  اتمسفر از حدود  $70^\circ$  به حدود  $90^\circ$  افزایش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به نمودار این مورد هم درست است. عبارت (پ): بر اثر افزایش دما، فرایند هابر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عبارت ثابت تعادل کاهش می‌یابد. در نتیجه نمودار تأثیر دما بر مقدار ثابت تعادل نزولی است. عبارت (ت): با توجه به داده‌های این عبارت، درصد مولی آمونیاک برابر  $28\%$  است و می‌دانیم در فشار  $200^\circ$  اتمسفر و در دمای  $450^\circ C$ ، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی به  $28\%$  می‌رسد.

فقط مورد سوم درست است. بررسی موارد: مورد اول: قسمت (۱) محل ورود گازهای  $N_2$  و  $H_2$  به مخزن انجام واکنش است. با توجه به اینکه این دو گاز واکنش‌دهنده‌های فرایند هابر هستند، با ورود آن‌ها به مخزن، تعادل در جهت مصرف این دو گاز پیش می‌رود (جهت رفت) که این موضوع به پیشرفت بهتر فرایند هابر کمک می‌کند. مورد دوم: قسمت (۲)، گرم‌کننده است. در این قسمت دمای گازهای وارد شده به مخزن تا  $450^\circ C$  افزایش می‌یابد. قسمت (۳)، کاتالیزگر است که جنس آن از آهن می‌باشد و آهن جزء فلزهای واسطه است. مورد سوم: قسمت (۴)، سردکننده را نشان می‌دهد. در این قسمت دما را تا  $40^\circ C$  کاهش می‌دهند. گاز آمونیاک در این محل به آمونیاک مایع تبدیل می‌شود. بین مولکول‌های آمونیاک پیوند هیدروژنی برقرار است. مورد چهارم: در قسمت (۵)، آمونیاک و گازهای  $H_2$  و  $N_2$  حضور دارند، بنابراین در این قسمت، سه مولکول جمع‌آوری می‌شود. با توجه به اینکه آمونیاک فرآورده فرایند هابر است، خارج کردن آن از مخزن موجب پیشرفت تعادل در جهت رفت می‌شود.

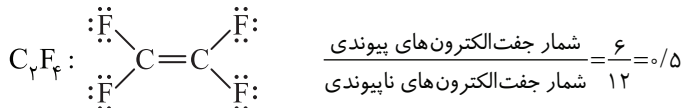
باید شرایطی مهیا باشد که هم ثابت تعادل بزرگ باشد و هم سامانه با سرعت بیشتری به تعادل برسد. اگر فشار را بالا ببریم، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت رفت و تولید متانول بیشتر جابه‌جا می‌شود. از طرف دیگر برای انجام شدن واکنش با سرعت مناسب، باید دما بالا باشد؛ زیرا اگر چه علامت Q در سمت راست معادله قرار دارد و بالا بردن دما تا حدودی باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت و کوچک شدن ثابت تعادل (K) می‌شود؛ اما سامانه با سرعت بسیار بیشتری به تعادل می‌رسد و در کل متانول بیشتری خواهیم داشت؛ بنابراین انتخاب دما و فشار بالا، مناسب‌ترین شرایط را برای تولید متانول در این تعادل مهیا می‌کند.

باید شرایطی مهیا باشد که هم ثابت تعادل بزرگ باشد و هم سامانه با سرعت بیشتری به تعادل برسد. اگر فشار را بالا ببریم، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت رفت و تولید متانول بیشتر جابه‌جا می‌شود. از طرف دیگر برای انجام شدن واکنش با سرعت مناسب، باید دما بالا باشد؛ زیرا اگر چه علامت Q در سمت راست معادله قرار دارد و بالا بردن دما تا حدودی باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت و کوچک شدن ثابت تعادل (K) می‌شود؛ اما سامانه با سرعت بسیار بیشتری به تعادل می‌رسد و در کل متانول بیشتری خواهیم داشت؛ بنابراین انتخاب دما و فشار بالا، مناسب‌ترین شرایط را برای تولید متانول در این تعادل مهیا می‌کند.

**B ۲۸۳۹ ۱** دما در دو حالت  $a_1$  و  $a_2$  یکسان است، اما فشار در حالت  $a_2$  بیشتر از حالت  $a_1$  می‌باشد. با افزایش فشار، تعادل تولید آمونیاک به سمت تعداد مول گازی کمتر یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی تعداد مول و درصد مولی  $NH_3$  در مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، بنابراین اگر  $a_1$  برابر با ۵۱ درصد باشد، مقدار  $a_2$  باید بزرگ‌تر از ۵۱ درصد بوده و نمی‌تواند برابر با ۲۸ درصد باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۲):** دما در حالت  $a_2$  از حالت  $a_1$  بیشتر است. واکنش تولید آمونیاک، گرماده می‌باشد، در نتیجه با افزایش دما، مقدار  $K$  کاهش می‌یابد. پس مقدار  $K$  در حالت  $a_2$  از حالت  $a_1$  کوچک‌تر است. **گزینه (۳):** فشار در دو حالت  $a_1$  و  $a_2$  یکسان است اما دما در حالت  $a_2$  بیشتر از حالت  $a_1$  می‌باشد. با افزایش دما، تعادل تولید آمونیاک به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، تعداد مول و درصد مولی  $NH_3$  در مخلوط تعادلی کاهش می‌یابد. بنابراین اگر  $a_2$  برابر با ۵ درصد باشد، مقدار  $a_1$  بزرگ‌تر از ۵ درصد بوده و نمی‌تواند برابر با ۸۲ درصد باشد. **گزینه (۴):** دما و فشار در حالت  $a_2$  از حالت  $a_1$  بیشتر است. با افزایش دما و همچنین با افزایش فشار، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، از این‌رو، سرعت واکنش در حالت  $a_2$  از حالت  $a_1$  بیشتر می‌باشد.

**B ۲۸۴۰ ۱** با توجه به جدول، با افزایش دما، مقدار  $K$  هم افزایش یافته، بنابراین در واکنش مورد نظر رابطه مقدار  $K$  با دما، مستقیم است. به همین دلیل واکنش گرماگیر بوده و  $\Delta H > 0$  است. اگر به یکی از سطرها جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که در دمای ثابت، با افزایش فشار، درصد مولی  $C$  که فرآورده واکنش است، کاهش یافته است. می‌دانیم که با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، باید مجموع ضریب‌های مولی گازها در فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر باشد و این شرط در واکنش گرماگیر **گزینه (۱)** وجود دارد.

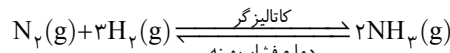
**B ۲۸۴۱ ۲** فقط عبارت (ث) درست است. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش میان گازهای  $N_2$  و  $H_2$  بود (نه فراهم کردن آن شرایط!). **عبارت (ب):** هابر در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $H_2$  و  $N_2$ ، برنده جایزه نوبل شیمی شد. دقت کنید قبل از هابر نیز آمونیاک به روش‌هایی با بازده و سرعت پایین تولید می‌شد و ماده‌ای شناخته شده بود. **عبارت (پ):** در مخزن دستگاهی که برای تولید آمونیاک طراحی شده است سه گاز  $H_2$ ،  $N_2$  و  $NH_3$  یافت می‌شود که مولکول‌های  $NH_3$  می‌توانند بین خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند. دقت کنید آمونیاک همانند سایر اجزاء در این فرایند و برخلاف  $HF$  (با نقطه جوش  $19^\circ C$ ) در شرایط  $STP$  به حالت گاز است. **عبارت (ت):** با افزودن مقداری  $N_2$  به مخلوط تعادلی، تعادل در جهت مصرف آن به سمت رفت جابه‌جا می‌شود اما نمی‌تواند همه  $N_2$  اضافه شده را مصرف کند و در مجموع مقدار  $N_2$  نسبت به قبل افزایش می‌یابد؛ بنابراین مقادیر گازهای  $NH_3$ ،  $N_2$  و  $H_2$  به ترتیب افزایش، افزایش و کاهش می‌یابد. **عبارت (ث):** در قسمتی از دستگاه که با حرف  $C$  مشخص شده، محل سرد کردن مخلوط گازی به منظور خروج آمونیاک از مخلوط گازی است. همان‌طور که می‌دانید تترافلئورو اتن با ساختار زیر نوعی گاز سرد کننده است:



**C ۲۸۴۲ ۱** معادله موازنه شده واکنش:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۱۰	۳۰	۰
تغییر مول	-x	-3x	+2x
مول تعادلی	10-x	30-3x	2x



در فرایند هابر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی ۲۸ درصد است. برای به دست آوردن مقدار آمونیاک تولیدی از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$$2x = 28 \Rightarrow x = 14 \Rightarrow 2x = 28 \Rightarrow 2x = 28 \Rightarrow 2x = 28$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک} = \frac{2x}{2x + (10-x) + (30-3x)} \times 100 = 28 \Rightarrow x = 14 \Rightarrow 2x = 28 \Rightarrow 2x = 28$$

$$\text{مقدار مول آمونیاک} = 2x = 2 \times 14 = 28 \text{ mol} \quad ? g NH_3 = 28 \text{ mol} NH_3 \times \frac{17 g NH_3}{1 \text{ mol} NH_3} = 476 g NH_3$$

متأسفانه با توجه به برداشت اول که برداشت درستی است، جواب این سؤال در گزینه‌ها وجود ندارد! و به احتمال زیاد طراح از متن کتاب درسی این‌گونه برداشت کرده که در شرایط بهینه و در حضور کاتالیزگر، ۲۸ درصد واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده تبدیل می‌شود. اکنون این مسئله را با این برداشت حل می‌کنیم:

$$? g NH_3 = 10 \text{ mol} N_2 \times \frac{2 \text{ mol} NH_3}{1 \text{ mol} N_2} \times \frac{17 g NH_3}{1 \text{ mol} NH_3} \times \frac{28}{100} = 95.2 g NH_3$$

**C ۲۸۴۳ ۱** ابتدا تعداد مول هر سه ترکیب را حساب می‌کنیم:

$$N_2 \text{ تعداد مول اولیه } N_2 = 392 g N_2 \times \frac{1 \text{ mol} N_2}{28 g N_2} = 14 \text{ mol} N_2$$

$$H_2 \text{ تعداد مول اولیه } H_2 = 111 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol} H_2}{2 g H_2} = 55.5 \text{ mol} H_2$$

$$NH_3 \text{ تعداد مول تولیدی } NH_3 = 408 g NH_3 \times \frac{1 \text{ mol} NH_3}{17 g NH_3} = 24 \text{ mol} NH_3$$

با توجه به اینکه در واکنش، ۲۴ مول  $NH_3$  تولید شده است، به کمک ضریب استوکیومتری  $H_2$  و  $N_2$  می‌توان به تعداد مول مصرفی  $H_2$  و  $N_2$  رسید.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۱۴	۵۵/۵	۰
تغییرات مول	-۱۲	-۳۶	+۲۴
مول نهایی	۲	۱۹/۵	۲۴

$$N_2 \text{ تعداد مول مصرفی } N_2 = \frac{24}{2} = 12 \text{ mol}, H_2 \text{ تعداد مول مصرفی } H_2 = \frac{3}{2} \times 24 = 36 \text{ mol}$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک در مخلوط} = \frac{\text{مول آمونیاک}}{\text{مجموع تعداد مول‌ها}} \times 100 = \frac{24}{45/5} \times 100 = 53.3\%$$

با توجه به نمودار در دمایی حدود  $321^\circ C$ ، درصد مولی آمونیاک در مخلوط برابر ۵۳٪ می‌شود.





۳ ۲۸۴۴ C معادله موازنه شده واکنش تعادلی تولید آمونیاک به روش هابر به صورت زیر است:  

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۷	۷	۰
تغییر مول	-x	-۳x	+۲x
مول تعادلی	۷-x	۷-۳x	+۲x

با توجه به آن برای محاسبه غلظت اجزای واکنش در تعادل اول داریم:

با توجه به اینکه ثابت تعادل واکنش مشخص نیست، نمی‌توان مقدار X را به دست آورد و لذا جدول دومی را هم همراه با همین اجزا رسم می‌کنیم. طبق این جدول، با کاهش شمار مول‌های آمونیاک تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود:

بر اساس فرض سؤال، غلظت نهایی آمونیاک برابر ۰/۳ مولار است: در نتیجه داریم:

$$NH_3 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{NH_3 \text{ مول تعادلی}}{\text{حجم ظرف}} = \frac{2x+2y-1}{10} = 0/3 \Rightarrow x+y=2$$

اکنون برای غلظت تک‌تک اجزاء داریم:

$$N_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{\Delta \text{mol}}{V} = \frac{1}{10L} = \frac{1}{10} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$H_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{1 \text{ mol}}{10L} = \frac{1}{10} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0/3)^2}{(\frac{1}{10}) \times (\frac{1}{10})^3} = \frac{9 \times 10^{-2}}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{1000}} = 180 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

در نهایت می‌توانیم ثابت تعادل واکنش را به دست آوریم:

**+ توضیح محاسبات**

$$\frac{(0/3)^2}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{1000}} = ? \xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}} \frac{3^2}{2} = 2 \times 3^2 = 18$$

پاسخ از جنس عدد ۱۸ است. (پاسخ: ۱۸۰)

۱ ۲۸۴۵ B عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. عبارت (ت): فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است. همچنین خام‌فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. راه دیگر برای فروش این منبع، تبدیل آن به فراورده‌های دیگر به کمک فناوری‌های شیمیایی است.

۴ ۲۸۴۶ B همه عبارت‌ها درست هستند.

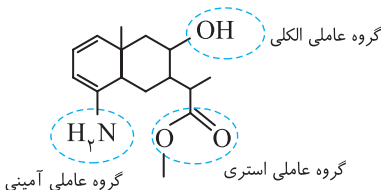
۲ ۲۸۴۷ B عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب): قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به‌طور چشمگیری بیشتر است. عبارت (ت): با کمک فناوری‌های شیمیایی و تبدیل مواد خام و اولیه به فراورده‌های دیگر می‌توان آن‌ها را به قیمت بالاتری به فروش رساند.

۴ ۲۸۴۸ B همه عبارت‌ها درست هستند. فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست (عبارت دوم). فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آن‌ها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسته و مغناطیس، وسایلی مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند (عبارت اول)، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند. آن‌ها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هر یک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (عبارت سوم). مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد (عبارت چهارم).

۱ ۲۸۴۹ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده مواد خام، مواد اولیه مهم و پرکاربرد در صنایع دیگر و فراورده هدف هستند. عبارت (ب): فرایندهای (۱) و (۲)، فراوری مواد را نشان می‌دهند که در طی این فرایند قیمت محصولات فراوری شده تفاوت چشمگیری با مواد خام و اولیه دارد. عبارت (پ): در هر دو فرایند (۱) و (۲)، انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی مداخله دارند. عبارت (ت): مواد خام و اولیه موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

۱ ۲۸۵۰ A فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت چهارم: هیدروکربن‌ها مانند آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلکین‌ها و ... گروه عاملی ندارند.

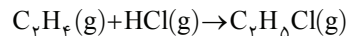
۲ ۲۸۵۱ A در این ساختار گروه‌های عاملی الکیلی، استری و آمینی وجود دارد.



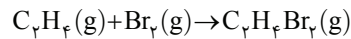
۳ ۲۸۵۲ A عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت نادرست: عبارت (الف): تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

**B ۲۸۵۳ ۲** از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب می‌توان استر را تهیه کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگری تبدیل می‌کنند. گزینه (۳): شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. گزینه (۴): شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص مواد آلی (به‌عنوان مثال ادویه‌ها) به دلیل تفاوت در ساختار این مواد است. در واقع علت تفاوت در خواص مواد، تفاوت در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا تفاوت در پیوند میان آن‌ها در گروه عاملی است.

**B ۲۸۵۴ ۱** فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: گاز اتن یکی از مهم‌ترین خوراکی‌ها در صنایع پتروشیمی است که می‌توان از آن مواد آلی گوناگون، پرمصرف و ارزشمند تهیه کرد. عبارت دوم: در اثر واکنش اتن با آب، اتانول تولید می‌شود. اسید موجود در سرکه، استیک اسید است و در اثر واکنش با اتانول به اتیل استات تبدیل می‌شود که به‌عنوان حلال چسب کاربرد دارد. عبارت سوم: از واکنش اتن با HCl، ماده «کلرو اتان» تولید می‌شود. این ماده، ماده اصلی به کار رفته در افشانه‌های بی‌حس‌کننده است.



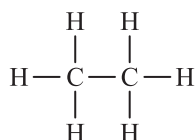
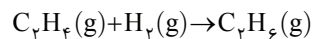
**عبارت چهارم:** معادله واکنش مورد نظر به‌صورت زیر است. نام  $C_2H_4Br_2$ ، ۱، ۲-دی‌برمو اتان است. می‌دانیم آلکن‌ها با محلول برم مایع قرمز رنگ واکنش داده و محلولی بی‌رنگ تولید می‌کنند.



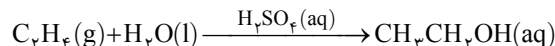
۱، ۲-دی‌برمو اتان قرمز رنگ

**B ۲۸۵۵ ۳** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): پلی‌اتن در دما و فشار مناسب طی یک واکنش پلیمری شدن از گاز اتن تولید می‌شود. عبارت (ب): برای تهیه اتیل استات از واکنش اتانول (الکل دوکربنی) با اتانوئیک اسید (استیک اسید) که همان اسید موجود در سرکه است، استفاده می‌کنیم. عبارت (پ): گاز اتان که به‌عنوان سوخت کاربرد دارد، از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن در حضور کاتالیزگر تولید می‌شود. عبارت (ت): تفاوت جرم کلرو اتان که به‌عنوان افشانه بی‌حس‌کننده موضعی کاربرد دارد، با فرمول  $C_2H_5Cl$  و گاز اتن با فرمول  $C_2H_4$  برابر جرم یک هالوژن (کلر) و یک اتم هیدروژن است. عبارت (ث): واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، قطعاً یک واکنش اکسایش - کاهش است.

**B ۲۸۵۶ ۴** هیچ کدام از موارد، عبارت داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. بررسی موارد: مورد اول: معادله واکنش گاز هیدروژن با اتن به صورت زیر است:



با توجه به معادله بالا، گاز اتان تولید می‌شود که در هر مولکول آن ۷ پیوند اشتراکی وجود دارد. دقت کنید از گاز بوتان برای سوخت فندک استفاده می‌کنند (نه اتان!). مورد دوم: معادله واکنش آب با گاز اتن به صورت زیر است:



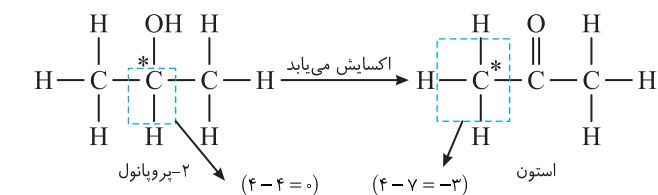
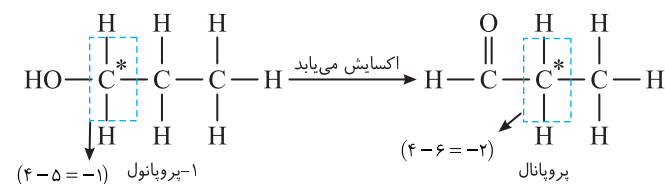
با توجه به آن، اتانول تولید می‌شود که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بوده و به‌عنوان ضدعفونی‌کننده کاربرد دارد. دقت کنید گروه عاملی موجود در بنزآلدئید (ترکیب موجود در بادام



آلدهیدی است (نه هیدروکسیل)! مورد سوم: معادله واکنش گاز کلر با اتن به صورت مقابل است: با توجه به معادله، ۱، ۲-دی‌کلرو اتان تولید می‌شود (نه وینیل کلرید!) مورد چهارم: از واکنش گاز اتن با برم مایع، ماده آلی «۱، ۲-دی‌برمو اتان» تولید می‌شود. هر گاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است:



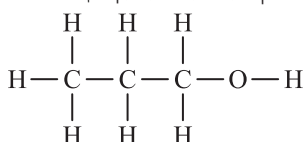
در این واکنش، یک مولکول برم به پیوند دوگانه «کربن-کربن» در مولکول اتن یا هر ترکیب آلی سیرنشده دیگری افزوده می‌شود و فرآورده‌ای سیرشده پدید می‌آید. همه هیدروکربن‌های سیرنشده در این واکنش شرکت می‌کنند، به‌گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده است. دقت کنید که با توجه به توضیحات ارائه شده، برم مایع برای شناسایی هیدروکربن‌های سیرنشده از سیرشده به کار می‌رود: (نه فرآورده واکنش بالا یعنی «۱، ۲-دی‌برمو اتان»!)



**B ۲۸۵۷ ۳** واکنش‌های مطرح شده به‌صورت روبه‌رو هستند. اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در ۱- پروپانول برابر (۱-) و عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در پروپانال برابر (۲-) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (۱-) است (یک واحد کاهش یافته است). اتم‌های کربنی که در واکنش‌های روبه‌رو با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در (۲- پروپانول) برابر صفر و عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در استون برابر (۳-) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (۳-) است. تغییر عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در این دو واکنش (۲) واحد تفاوت دارد.

**B ۲۸۵۸ ۲** عبارت دوم درست و دیگر عبارت‌ها نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با استفاده از الکل‌ها می‌توان آمین‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و کربوکسیلیک اسیدها را تولید کرد.

**عبارت دوم:** کلرو اتان، یکی از فرآورده‌های حاصل از گاز اتن است که در واکنش  $C_2H_4 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl$  تولید می‌شود. این ترکیب، دو اتم کلر کمتر از کلروفرم ( $CHCl_3$ ) دارد.



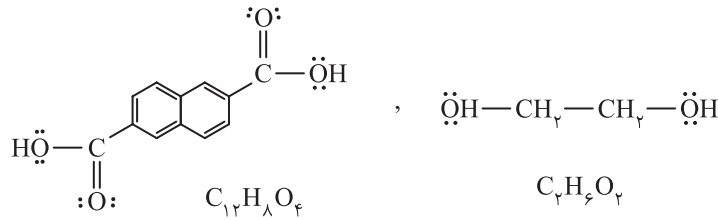
**عبارت سوم:** اتانول، اتانوئیک اسید و اتیل اتانوات در دمای اتاق مایع هستند اما هالو آلکان تولید شده از اتن همان کلرو اتان است که به‌عنوان افشانه کاربرد دارد و در دمای اتاق گاز است. **عبارت چهارم:** آلدهید و کتون‌ها با ۳ اتم کربن را به‌طور مستقیم می‌توان از الکی با ۳ اتم کربن (به‌ترتیب، ۱- پروپانول و ۲- پروپانول) به‌دست آورد. اما در ساختار پروپانول ۱۱ جفت الکترون پیوندی دیده می‌شود.





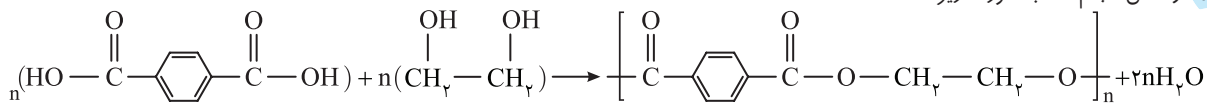


۴ ۲۸۷۱ B همه عبارت‌ها درست‌اند. مونومرهای الکلی و اسیدی سازنده این پلیمر به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** فرمول مولکولی اسید سازنده این پلی‌استر  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{O}_4$  است. **عبارت دوم:** دی‌الکل سازنده این پلی‌استر همان اتیلن گلیکول است که در تهیه پلی‌استر موجود در بطری آب نیز استفاده می‌شود. **عبارت سوم:** در ساختار اسید سازنده آن، ۵ پیوند دوگانه (کربن - کربن) و ۲ پیوند دوگانه (کربن - اکسیژن) وجود دارد. **عبارت چهارم:** در دی‌اسید سازنده این پلی‌استر، ۸ جفت الکترون ناپیوندی و در دی‌الکل سازنده‌اش، ۴ جفت الکترون ناپیوندی مشاهده می‌شود. **عبارت پنجم:** فرمول دی‌اسید PEN و PET به ترتیب  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$  و  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{O}_4$  است. تفاوت جرم مولی این دو اسید برابر ۵۰ گرم بر مول است که نصف جرم مولی هپتان ( $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ، هفتمین عضو خانواده آلکان‌ها) است.

۲ ۲۸۷۲ B واکنش انجام شده به صورت زیر است:



همان‌طور که در واکنش می‌بینید، تعداد مول‌های مصرفی ترفتالیک اسید با اتیلن گلیکول برابر است. پس:

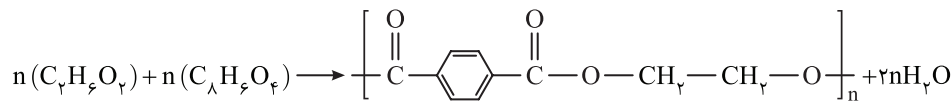
$$? \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 581 \text{ g } \text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{166 \text{ g } \text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{n \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{n \text{ mol } \text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{62 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 217 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$$

**روش اول (ضریب تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی ترفتالیک اسید}} = \frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی اتیلن گلیکول}} \Rightarrow \frac{581}{166} = \frac{x}{62} \Rightarrow x = 217 \text{ g}$$

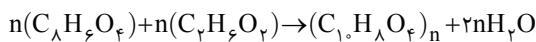
**روش دوم (تناسب):**

۴ ۲۸۷۳ B واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت زیر است. با توجه به این، ۴ مول پیوند دوگانه (C=O) در ترکیب موجود است. پس  $n=2$  می‌باشد.



$$? \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 2 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{62 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{100 \text{ g محلول}}{77/5 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 160 \text{ g محلول}$$

۱ ۲۸۷۴ A واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات را می‌نویسیم:

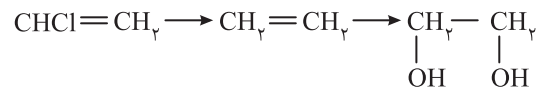


$$n + n = 2n, \quad 2n = 50 \Rightarrow n = 25$$

پس ۲۵ مول اتیلن گلیکول مصرف شده است:

$$? \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 25 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{62 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 1550 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$$

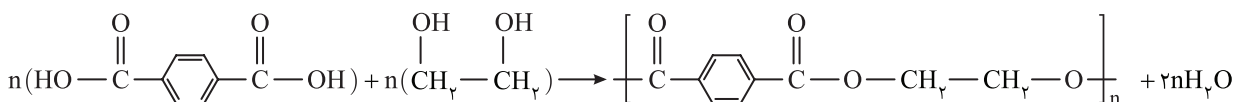
۳ ۲۸۷۵ C کلرواتان ابتدا به آلکن و سپس آلکن حاصل به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



تمام نسبت‌ها نیز یک به یک است. پس می‌توان نوشت:

$$? \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 1775 \text{ g Cl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}}{35/5 \text{ g Cl}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4} = 50 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$$

حال از اتیلن گلیکول طبق واکنش زیر پلی‌اتیلن ترفتالات ساخته می‌شود:



با توجه به واکنش بالا و تعداد مول به دست آمده برای اتیلن گلیکول،  $n$  برابر است با ۵۰.

فرمول مولکولی پلی‌اتیلن ترفتالات  $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$  است، حال جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$50 \times (192) = 9600 \text{ g پلی‌اتیلن ترفتالات}$$

۲ ۲۸۷۶ A پتاسیم پرمنگنات اکسندگی است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، حتی در اثر گرم شدن، با بازده نامطلوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. بررسی

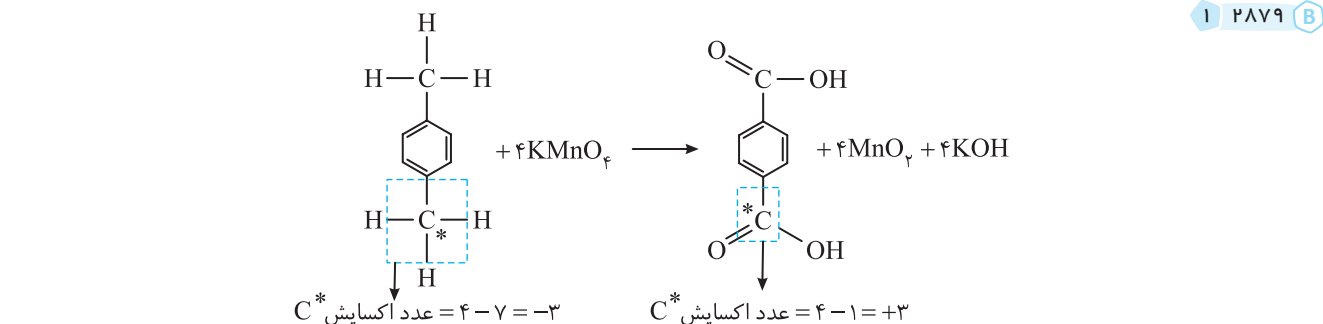
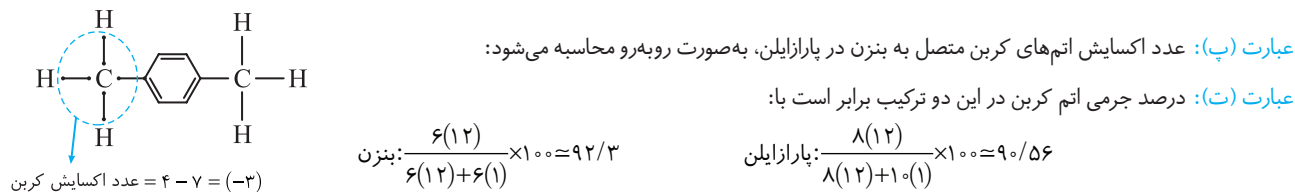
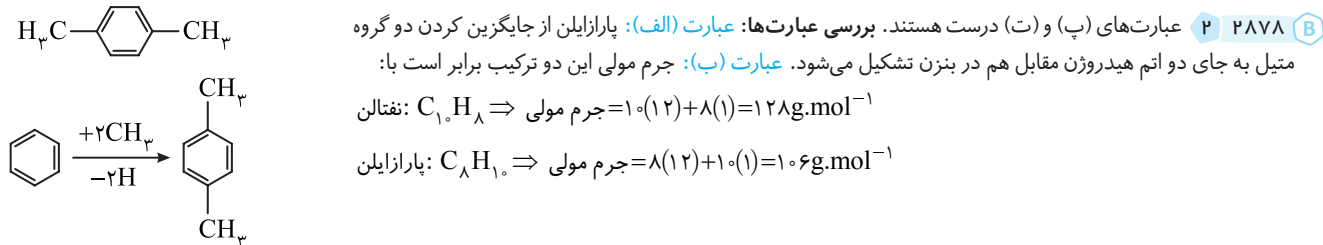
سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازیلین باید از دسته اکسندها مانند  $\text{KMnO}_4$  استفاده کنیم. **گزینه (۳):** فرمول مولکولی ترفتالیک اسید

$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$  و فرمول مولکولی پارازیلین  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  است، در نتیجه جرم مولی آن‌ها  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  با هم تفاوت دارد. **گزینه (۴):** انرژی فعال‌سازی این واکنش بالاست،

زیرا واکنش در اثر گرم کردن مواد اولیه انجام می‌شود.



**۱ ۲۸۷۷ (A)** عبارت‌های (الف) و (پ) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فرمول شیمیایی پارازایلین  $C_8H_{10}$  و فرمول شیمیایی نفتالن  $C_{10}H_8$  است. تعداد اتم‌های هیدروژن در پارازایلین با تعداد اتم‌های کربن در نفتالن برابر است. **عبارت (ب):** پلیمر موجود در ساختار بطری آب، پلی‌اتیلن ترفتالات می‌باشد که همانند پارازایلین یک ترکیب آروماتیک است. اما دی‌الکل سازنده آن اتیلن گلیکول بوده که آروماتیک محسوب نمی‌شود. **عبارت (پ):** در ساختار هر مول پارازایلین، ۳ مول پیوند دوگانه وجود دارد. هر مول پیوند دوگانه با ۲ گرم گاز هیدروژن (یک مول گاز هیدروژن)، سیر می‌شود. **عبارت (ت):** فرمول مولکولی بنزن  $C_6H_6$ ، فرمول مولکولی اتن  $C_2H_4$  و فرمول مولکولی پارازایلین  $C_8H_{10}$  است که مجموع تعداد اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن دو ترکیب اول برابر با ترکیب سوم است.



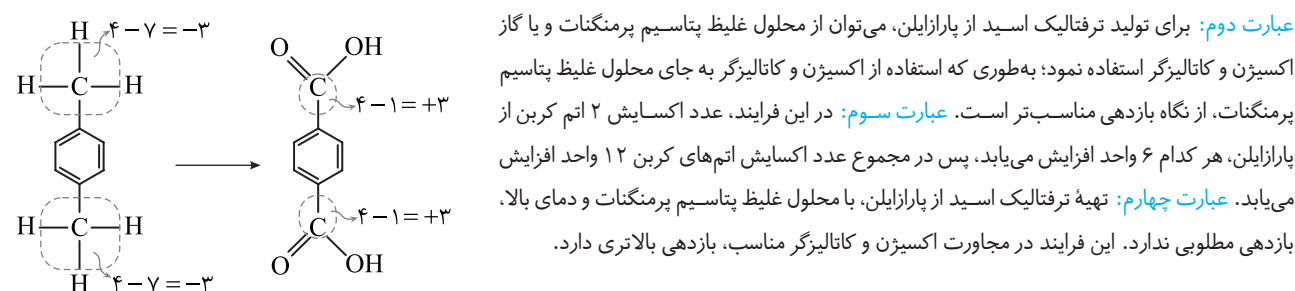
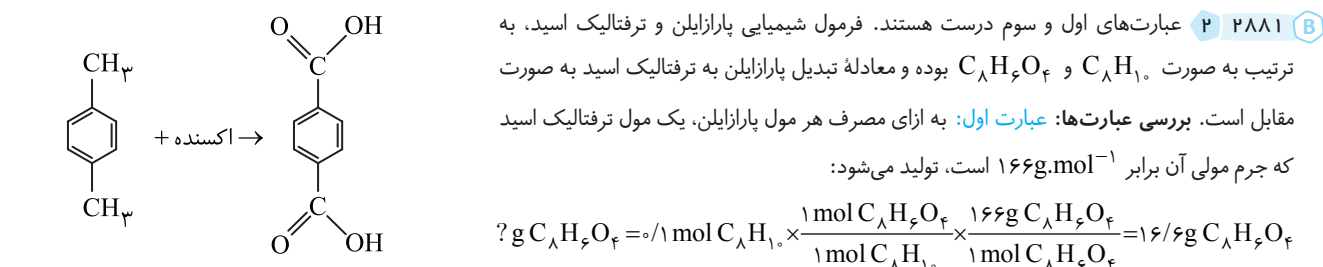
اندازه تغییر عدد اکسایش اتم C مشخص شده، برابر ۶ واحد است.  $\Rightarrow$  تغییر عدد اکسایش Mn  $= +3$

$KMnO_4: (+1) + Mn + 4(-2) = 0 \Rightarrow Mn = +7$

$MnO_2: Mn + 2(-2) = 0 \Rightarrow Mn = +4$

اندازه تغییر عدد اکسایش C از اندازه تغییر عدد اکسایش اتم Mn، سه واحد بزرگ‌تر است و این واکنش در محیطی گرم انجام می‌گیرد.

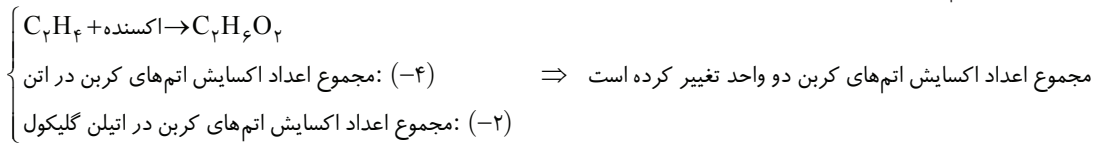
**۳ ۲۸۸۰ (B)** عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در این واکنش عدد اکسایش دو اتم کربن در پارازایلین از (-۳) به (+۳) افزایش می‌یابد؛ پس پارازایلین کاهنده است و عدد اکسایش Mn در پتاسیم پرمنگنات از (+۷) به (+۴) کاهش می‌یابد؛ پس پتاسیم پرمنگنات اکسند است. **عبارت (ب):** با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلین به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود. **عبارت (پ):** با افزایش دما اگر چه شرایط انجام این واکنش تأمین می‌شود، اما بازده همچنان مطلوب نیست. **عبارت (ت):** شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان با بازده بالا برای انجام این واکنش هستند. **عبارت (ث):** شیمی‌دان‌ها متوجه شدند با استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌توانند واکنش مورد نظر را با بازدهی بالا به انجام برسانند.





عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): برای تهیه اتیلن گلیکول، از اکسنده پتاسیم پرمنگنات (KMnO<sub>۴</sub>) استفاده می‌شود. عبارت (ب):

گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. عبارت (پ): واکنش تبدیل گاز اتن به اتیلن گلیکول به صورت زیر است:

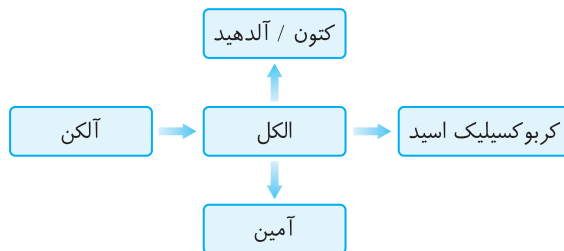


عبارت (ت): جرم مولی دو ترکیب برابر است با:  $C_2H_4O_2 \rightarrow 2(12) + 6(1) + 2(16) = 62 \text{ g.mol}^{-1}$  اتیلن گلیکول

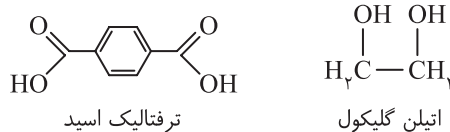
اتن:  $C_2H_4 \rightarrow 2(12) + 4(1) = 28 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow 62 - 28 = 34 \text{ g.mol}^{-1}$

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. شکل، فرایند کلی سنتز PET را نشان می‌دهد. ترکیب (۱) اتن و ترکیب (۲) ترفتالیک اسید است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): اتن را می‌توان از تقطیر نفت خام به دست آورد. عبارت (پ): ترفتالیک اسید در ساختار خود ۵ پیوند دوگانه دارد. عبارت (ت): اتن در اثر واکنش با یک ماده اکسنده، اکسایش یافته و به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.

عبارت (ث) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): الکل و اسید سازنده اتیل استات به ترتیب اتانول (C<sub>۲</sub>H<sub>۵</sub>O) و استیک اسید (C<sub>۲</sub>H<sub>۴</sub>O<sub>۲</sub>) است. عبارت (ب): با توجه به نمودار زیر، به وسیله الکل‌ها می‌توان بسیاری از ترکیبات آلی از جمله آلدهیدها و کتون‌ها را تولید کرد:



عبارت (پ): اسید و الکل سازنده پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت زیر است:



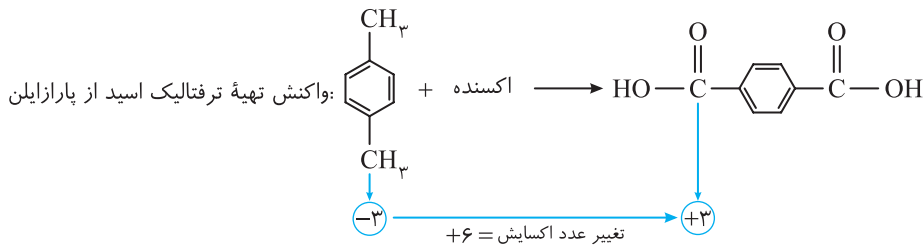
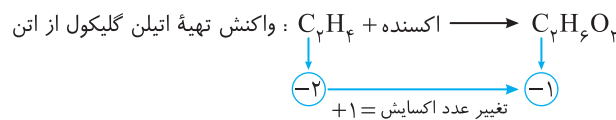
عبارت (ت): عدد اکسایش منگنز از ۷ در پتاسیم پرمنگنات، به ۴ در MnO<sub>۲</sub> می‌رسد. عبارت (ث): مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتن (C<sub>۲</sub>H<sub>۴</sub>) و اتیلن گلیکول (C<sub>۲</sub>H<sub>۶</sub>O<sub>۲</sub>) به صورت زیر است:

$$C_2H_4: 2C + 4(+1) = 0 \Rightarrow 2C = -4$$

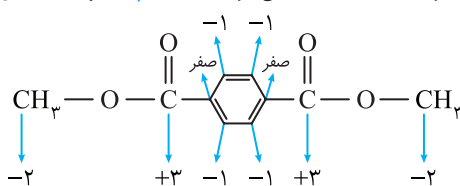
$$C_2H_6O_2: 2C + 6(+1) + 2(-2) = 0 \Rightarrow 2C = -2$$

مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اسید دو عاملی آن، ۲ واحد بیشتر از الکل دو عاملی در آن است.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش‌ها به صورت زیر هستند:



عبارت (ب): در هر دو واکنش از پتاسیم پرمنگنات به عنوان اکسنده استفاده می‌شود. عبارت (پ): ترکیب حاصل به صورت زیر است:



همان‌طور که می‌بینید علاوه بر عدد اکسایش‌های (-۳) و (+۲) عدد اکسایش‌های صفر و (-۱) هم دیده می‌شود. عبارت (ت): به نسبت‌های داده شده توجه کنید:

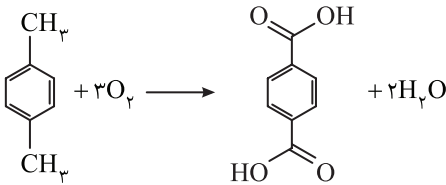
$$\frac{2}{3} = \frac{\text{بار الکتریکی آنیون } CO_3^{2-}}{\text{تعداد اتم‌های اکسیژن}}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{\text{بار الکتریکی آنیون } MnO_4^-}{\text{تعداد اتم اکسیژن}}$$





واکنش موازنه به صورت زیر است: ۱ ۲۸۹۰ B



روش اول (ضریب تبدیل): به کمک حجم گاز  $\text{O}_2$  مصرفی در شرایط STP، جرم اسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = 13/44 \text{ L O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} = 33/2 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$

سیس مقدار عملی این اسید را محاسبه می‌کنیم:  $\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 90 \Rightarrow \frac{x}{33/2} \times 100 \Rightarrow x = 29/88 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$

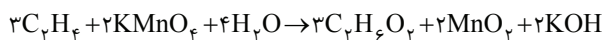
$$\frac{\text{بازده}}{100} \times \text{حجم گاز اکسیژن} = \frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{90}{100} \times 13/44 = \frac{x}{3 \times 22/4} \Rightarrow x = 29/88 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{13/44 \times 90 \times 166}{22/4 \times 3 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{14 \times 90 \times 166}{21 \times 3 \times 100} = \frac{2 \times 90 \times 166}{3 \times 3 \times 100} = \frac{2 \times 10 \times 166}{100} = 33/2$$

پاسخ اندکی کوچک‌تر از  $33/2$  است. (پاسخ:  $29/88$ )



۴ ۲۸۹۱ B معادله موازنه‌شده واکنش مورد نظر به صورت مقابل است:

روش اول (ضریب تبدیل): به کمک جرم  $\text{MnO}_2$  (اکسید فلزی) تولید شده، جرم اتیلن گلیکول تولیدی را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g C}_7\text{H}_6\text{O}_2 = 21/75 \text{ g MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{87 \text{ g MnO}_2} \times \frac{3 \text{ mol C}_7\text{H}_6\text{O}_2}{2 \text{ mol MnO}_2} \times \frac{62 \text{ g C}_7\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_6\text{O}_2} = 23/25 \text{ g C}_7\text{H}_6\text{O}_2$$

$$\frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم MnO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{3 \times 62}{2 \times 87} = \frac{21/75}{100} \Rightarrow x = 23/25 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):



$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \Rightarrow 1/3 = -\log[\text{H}^+] \Rightarrow [\text{H}^+] = 5 \times 10^{-2}$$

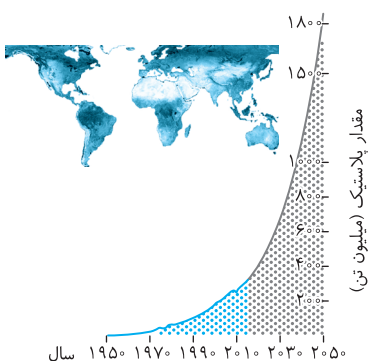
۳ ۲۸۹۲ B

$$\text{mol HCl} = M \times V = 5 \times 10^{-2} \times 6 = 3 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}$$

در این واکنش برای خنثی کردن  $3 \text{ mol KOH}$  از  $3 \text{ mol HCl}$  استفاده می‌شود ( $\text{HCl}$  و  $\text{KOH}$  هر دو اسید و باز تک‌ظرفیتی هستند).

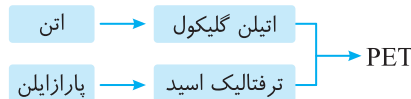
$$? \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = 3 \times 10^{-1} \text{ mol KOH} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{4 \text{ mol KOH}} \times \frac{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} = 12/45 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$

۳ ۲۸۹۳ A موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. پلاستیک‌ها سبک (دارای چگالی کم)، غیرقابل نفوذ به وسیله هوا و آب، ارزان و مقاوم در برابر خوردگی هستند.



۲ ۲۸۹۴ A همه عبارتها به جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارتها: عبارت (الف): روند تولید

پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ به صورت صعودی و به شکل مقابل است. عبارت دوم: فرایند کلی سنتز PET از مونومرهای سازنده آن به صورت زیر است.



ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول برخلاف پارازایلن و اتن از نفت خام به دست نمی‌آیند. عبارت‌های سوم و چهارم: پلی‌اتیلن ترفتالات همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آن‌ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آن‌ها آشنا شویم.

۳ ۲۸۹۵ A عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از پلاستیک‌ها به صورت بی‌رویه استفاده می‌شود. این ترکیب‌ها چگالی کمی دارند.

عبارت (ب): پلاستیک‌ها زیست‌تخریب‌ناپذیرند و از این رو بازیافت آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. عبارت (پ): پلاستیک‌ها در همه‌جای کره زمین یافت می‌شوند و مقاومت بالایی در برابر خوردگی (واکنش دادن با گاز اکسیژن) دارند. عبارت (ت): همه مواد پلاستیکی، قابل بازیافت نیستند. پلی‌اتیلن ترفتالات یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت است.

۱ ۲۸۹۶ B عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی‌اتیلن ترفتالات است. برای این منظور باید

این مواد را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد. عبارت دوم: یکی از راه‌های بازیافت این است که پس از شست‌وشو و تمیز کردن این مواد، آن‌ها را ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. عبارت سوم: می‌توان پس از شست‌وشو این مواد آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. عبارت چهارم: پسماندهای این مواد را به مونومرهای سازنده‌اش تبدیل می‌کنند که کاری بسیار دشوار است. عبارت پنجم: به دلیل حجم انبوه PET تولیدی در جهان، بازیافت شیمیایی آن‌ها امری لازم و ضروری است.

۱ ۲۸۹۷ B عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در فرایند بازیافت، پسماندهای پلاستیکی را به مونومرهای سازنده‌شان تبدیل می‌کنند نه عناصر سازنده. عبارت (ب): واکنش تولید پلی‌استرها برگشت‌پذیر است و امکان بازیافت این ترکیب‌ها وجود دارد. \* توجه واکنش برگشت تولید پلی‌استرها، واکنش آبکافت پلی‌استر است.

عبارت (پ): در یکی از راه‌های بازیافت مواد پلاستیکی در جریان بازیافت، پس از شست‌وشو این مواد را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل می‌کنند. سطح تماس قطعات پرک بیشتر از قطعه پلاستیکی اولیه است. عبارت (ت): سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی تعیین‌کننده نوع بازیافت پلاستیک در آن کشور است. عبارت (ث): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی‌بردند که PET در شرایط مناسب با متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود که می‌توان از آن برای تولید پلیمرهای دیگر استفاده کرد. از این‌رو سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است.

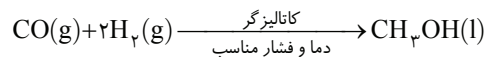
۲ ۲۸۹۸ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی‌بردند که PET در شرایط مناسب با متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. در متانول داریم:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در متانول} = \frac{1 \times 16}{(1 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 16)} \times 100 = 50\%$$

عبارت (ب): مونومرهای PET، ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول هستند که هیچ‌کدام در نفت خام یافت نمی‌شوند و طی فرایند اکسایش از اجزای نفت خام به دست می‌آیند. عبارت (پ): پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازیلن را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. عبارت (ت): بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق (نه غلیظ!) پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. عبارت (ث): PET نوعی پلی‌استر است. این مواد ماندگاری نسبتاً زیادی در طبیعت داشته و به راحتی تجزیه نمی‌شوند؛ از این‌رو باید به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی آن‌ها را بازیافت کرد.

۳ ۲۸۹۹ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌هاست که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد، باید آن را در مقیاس صنعتی به مقدار زیادی تولید کرد. عبارت (پ): در صنعت برای تهیه متانول گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. عبارت (ت): مواد واکنش‌دهنده برای واکنش تولید متانول در دسترس نیستند؛ از این‌رو نخست باید آن‌ها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. عبارت (ث): دمای  $350^\circ\text{C}$ ، حضور کاتالیزگر و فشار  $30-50 \text{ atm}$  شرایط انجام واکنش تولید متانول از گازهای CO و  $\text{H}_2$  در صنعت است.

۳ ۲۹۰۰ B واکنش انجام شده به صورت روبه‌رو است:



روش اول (ضریب تبدیل): گاز ناقطبی،  $\text{H}_2$  می‌باشد که با توجه به حجم مصرفی آن، مقدار نظری الکل را می‌توانیم به دست آوریم:

$$? \text{ g CH}_3\text{OH} = 17/92 \text{ L H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22/4 \text{ L H}_2} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{32 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} = 12/8 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$\text{مقدار عملی الکل را محاسبه می‌کنیم:} \quad \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = 60 \Rightarrow \frac{x \text{ g CH}_3\text{OH}}{12/8 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times 100 = 60 \Rightarrow x = 7/68 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$\frac{\text{بازده درصدی} \times \text{حجم گاز هیدروژن}}{100} = \frac{\text{جرم متانول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{17/92 \times 60}{100} = \frac{x}{2 \times 22/4} \Rightarrow x = 7/68 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

پاسخ نزدیک به  $7/68$  است. (پاسخ:  $7/68$ )

$$\frac{17/92 \times 60 \times 32}{22/4 \times 2 \times 100} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{18 \times 60 \times 32}{22 \times 5 \times 2 \times 100} = \frac{2 \times 60 \times 16}{2 \times 5 \times 100} = 7/68$$

به جای  $17/92$  و  $22/4$  اعداد  $18$  و  $22/5$  قرار گیرد.

۴ ۲۹۰۱ A معادله واکنش مورد نظر به صورت مقابل است که در آن مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده برابر ۴ است.  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

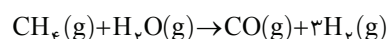
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): یکی دیگر از روش‌های تولید صنعتی متانول، استفاده از گاز متان می‌باشد. گزینه (۲): به منظور تهیه متانول از گازهای CO و  $\text{H}_2$  فشاری بین  $30$  تا  $50$  اتمسفر لازم است. فشار در شرایط STP برابر یک اتمسفر می‌باشد. گزینه (۳): دمای این واکنش برابر  $350^\circ\text{C}$  یا  $623\text{K}$  است.

۱ ۲۹۰۲ B فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن که برای تهیه صنعتی متانول به کار می‌روند، در دسترس نیستند و از واکنش بخار آب و گاز متان تولید می‌شوند.

عبارت دوم: واکنش انجام شده به صورت مقابل است و مجموع ضرایب استوکیومتری در آن برابر ۶ است.  $\text{CH}_4\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} \text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)}$

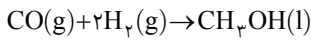
عبارت سوم: گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. عبارت چهارم: گاز متان به دلیل اینکه یک هیدروکربن سیرشده است، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد.

۳ ۲۹۰۳ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تبدیل مستقیم گاز متان به متانول فرایندی دشوار است و در حضور کاتالیزگر و  $\text{O}_2\text{(g)}$



انجام می‌شود.





عبارت (ب): واکنش‌های انجام شده به صورت روبه‌رو هستند:

همان‌طور که مشخص است ضرایب مولی گاز هیدروژن در دو واکنش متفاوت است. عبارت (پ): به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد. عبارت (ت): در این واکنش عدد اکسایش هیدروژن از صفر در  $\text{H}_2$  به (+۱) در متانول  $\text{CH}_3\text{OH}$  رسیده است، پس اکسایش یافته و نقش کاهنده را دارد.

۲ ۲۹۰۴ B قسمت‌های A و C درست بیان شده‌اند. قسمت B، دمای  $45^\circ\text{C}$  تا  $55^\circ\text{C}$  و قسمت D، گاز اکسیژن  $\text{O}_2$  است.

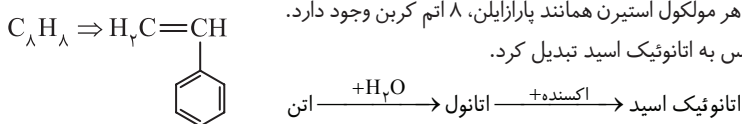
۲ ۲۹۰۵ B بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در واکنش (a) دو پسماند X و Y تولید شده‌اند اما در واکنش (b) همه واکنش‌دهنده‌ها به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند. (A و Z) پرسش (ب): واکنشی که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده را به فرآورده‌های سودمند تبدیل کند، واکنشی به صرفه‌تر از دیدگاه اتمی است که واکنش (b) این شرایط را دارد. پرسش (پ): هرچه بازده درصدی یک واکنش پایین‌تر باشد، اختلاف مقدار نظری و مقدار عملی برای فرآورده تولید شده بیشتر خواهد بود. واکنش (a) بازده درصدی پایین‌تری دارد.

۳ ۲۹۰۶ B موارد دوم، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرمول مولکولی و ساختار پارازیلین به صورت زیر است:

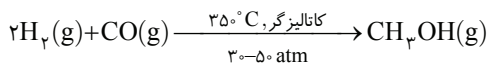


درصد جرمی کربن در پارازیلین برابر است با:  $\frac{12 \times 8}{(12 \times 8) + 10} \times 100 \approx 91\%$  درصد جرمی کربن

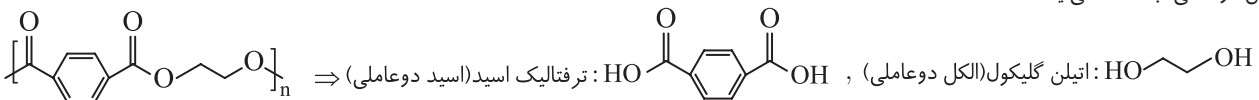
عبارت دوم: ساختار و فرمول مولکولی استیرن به صورت زیر است. در هر مولکول استیرن همانند پارازیلین، ۸ اتم کربن وجود دارد. عبارت سوم: برای تولید اتانواتیک اسید ابتدا اتن را به اتانول و سپس به اتانواتیک اسید تبدیل کرد.



عبارت چهارم: مطابق واکنش زیر، می‌توان متانول را از واکنش گاز هیدروژن و کربن مونوکسید به دست آورد:



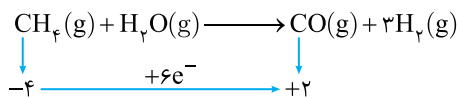
عبارت پنجم: پلیمر داده شده همان پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بوده که یک پلی‌استر است. این پلیمر از واکنش میان ترفتالیک اسید (اسید دو عاملی) و اتیلن گلیکول (الکل دو عاملی) به دست می‌آید:



۳ ۲۹۰۷ C به جز عبارت چهارم سایر عبارت‌ها درست هستند. واکنش‌های داده شده مربوط به مراحل تولید متانول هستند که به صورت زیر است:



بنابراین مواد A، B و D به ترتیب کربن مونوکسید (CO)، هیدروژن ( $\text{H}_2$ ) و متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: میل ترکیبی همگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است! عبارت دوم: شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. عبارت سوم: عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن در واکنش (II) از صفر به +۱ می‌رسد؛ بنابراین هیدروژن در این واکنش کاهنده است. عبارت چهارم: در این واکنش داریم:



تغییر عدد اکسایش اتم کربن در این واکنش برابر ۶ واحد است. عبارت پنجم: ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط واکنش به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{2/8 V_{n_2}}{273+91} \Rightarrow V_{n_2} = \frac{32}{3} \text{ L.mol}^{-1}$$

اگر دقت کنید در این دو واکنش، به ازای تولید هر مول متانول، یک مول گاز هیدروژن ذخیره می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$? \text{ m}^3 \text{ H}_2 = 96 \text{ kg CH}_3\text{OH} \times \frac{1000 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ kg CH}_3\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} \times \frac{32 \text{ L H}_2}{3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 32 \text{ m}^3 \text{ H}_2$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{96 \times 1000 \times \frac{32}{3}}{32 \times 1000} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{96 \times 1000 \times 32}{3 \times 32 \times 1000} = \frac{96}{3} = 32$$