شیمی دهم

یاقوت

از مجموعه رشادت

سید محمد کاظم موسوی

مقدمه

بسیار خرسندیم که کتاب «شیمی دهم یاقوت» را تقدیم دانش‌آموزان می‌کنیم. این کتاب مطالب شیمی پایهٔ اول دورهٔ دوم متوسطه را در سطح پیشرفته ارائه می‌دهد. دانش‌آموز، ابتدا با مباحث هر فصل آشنا می‌شود و با مثال‌ها و تمرین‌های فراوان بر آن مطالب اشراف پیدا می‌کند. سپس برای هر فصل، تعدادی سؤال چهارگزینه‌ای را پاسخ می‌دهد تا بر موضوع تسلط کامل یابد. سؤالات چهارگزینه‌ای برخی تألیفی هستند و برخی مربوط به کنکورهای سراسری دانشگاه‌ها و برخی مربوط به المپیادهای شیمی مرحلهٔ اول و دوم سال‌های گذشته می‌باشند. دانش‌آموزان باید توجه داشته باشند که ترتیب مطالعه و حل آن‌ها باید رعایت شود.

از ویژگی‌های شیمی دهم یاقوت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تحلیل خط به خط کتاب درسی به‌صورت طبقه‌بندی شده
- مثال‌های تألیفی تستی و تشریحی فراوان
- آموزش گام به گام مفاهیم مهم شیمی همانند استوکیومتری، فرمول‌نویسی و رسم ساختار لوویس
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده تألیفی و کنکور سراسری (مرتبط با دهم)
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای مناسب مرحله‌های اول و دوم المپیاد شیمی
- پاسخ‌نامهٔ کاملاً تشریحی همراه با بررسی تمامی گزینه‌ها
- سطح‌بندی پرسش‌ها در پاسخنامهٔ در سه سطح: آسان ، متوسط و دشوار
- پرسش‌های یاقوتی برای دانش‌آموزانی که زمان کافی برای پاسخ به همهٔ پرسش‌ها را ندارند.

انتظار می‌رود کتاب حاضر، همهٔ نیازهای دانش‌آموزان کلاس دهم را که مایل به تحصیل در بهترین دانشگاه‌ها و بهترین رشته‌های کشور هستند، در درس شیمی پاسخگو باشد.

در این‌جا لازم می‌دانیم از مؤلف محترم آقای سید محمد کاظم موسوی و نیز آقایان امیرحسین علیپور، امیرحسین عسگری، عرفان جلال، سید امیرضا موسوی علمداری و خانم سیده فاطمه موسوی که بنا به گزارش مؤلف در ویرایش و بازخوانی بخشی از کتاب با ایشان همکاری داشته‌اند و دبیر محترم مجموعه که کتاب زیر نظر ایشان تألیف شده است، تشکر کنیم. هم‌چنین از خانم‌ها لیلی میرزایی، محبوبه شریفی و فرشته کلاهی (حروف چین و صفحه‌آرا)، سارا و معصومه لطفی مقدم و بهاره خُدامی (گرافیست‌ها) و مدیران و همکاران واحدهای تولید و فروش سپاسگزاریم.

امیدواریم دبیران محترم شیمی و دانش‌آموزان و خانواده‌های عزیز آن‌ها، ما را با اعلام نظرات، پیشنهادها و انتقادهای خود دربارهٔ این کتاب یاری فرمایند.

انتشارت مبتکران

فهرست

فصل ۱: کیهان زادگاه الفبای هستی

درس‌نامه ۷

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۹۱

پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۱۲۱

فصل ۲: رد پای گازها در زندگی

درس‌نامه ۱۶۷

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۷۵

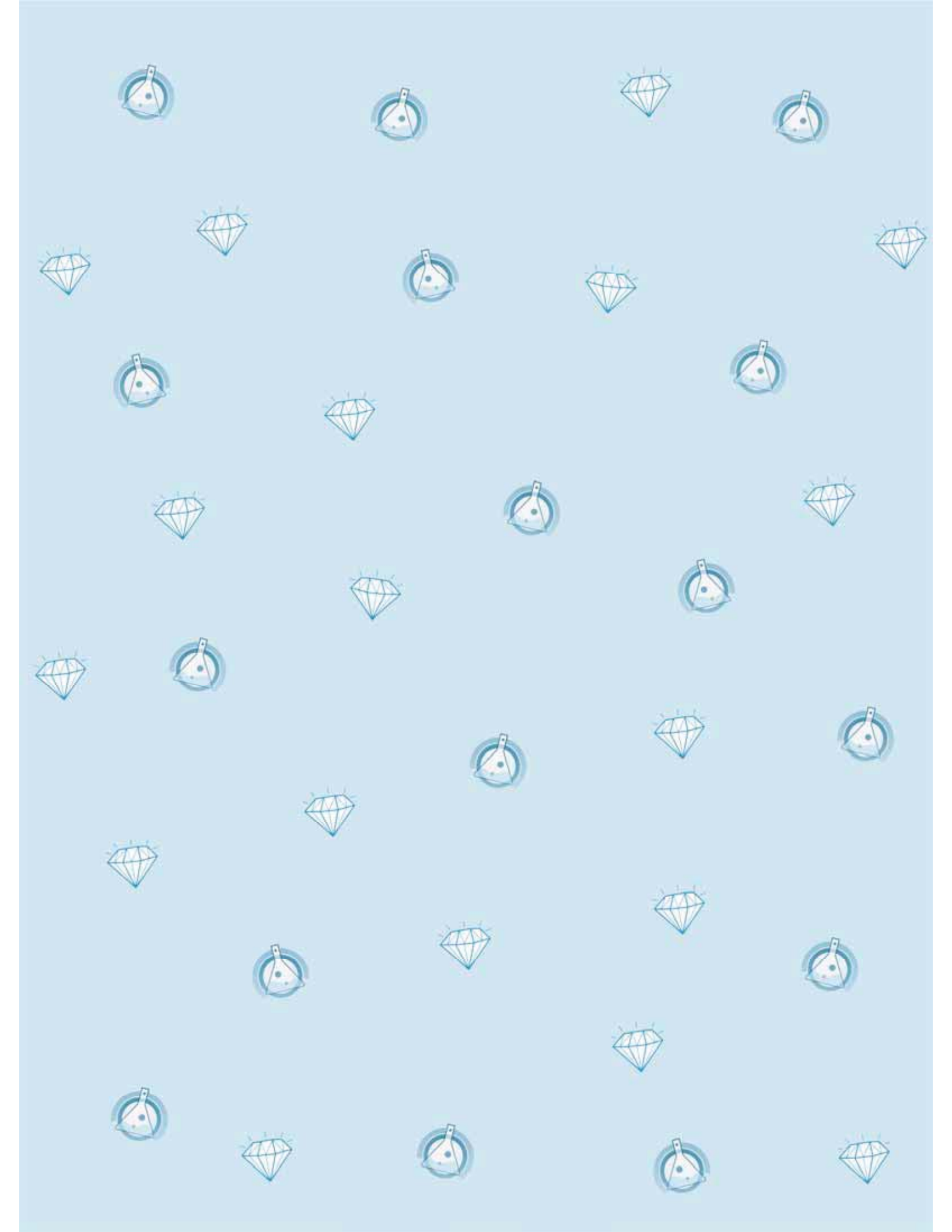
پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۳۱۰

فصل ۳: آب، آهنگ زندگی

درس‌نامه ۳۶۵

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۶۳

پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۵۰۱



فصل اول

کیهان زادگاه الفبای هستی

فهرست عناوین فصل اول (کیهان زادگاه الفبای هستی)

۱- مقدمه

۲- عنصرها چگونه پدید آمدند؟

۳- عدد اتمی و عدد جرمی

۴- هم مکان (ایزوتوپ)

۵ -پایداری ایزوتوپ ها

۶ -تکنسیم

۷ - رادیوایزوتوپ های دیگر

۸ - طبقه بندی عنصرها

۹ - تعیین موقعیت عنصرها در جدول دوره‌ای به‌کمک گازهای نجیب

۱۰ - جرم اتمی عنصرها و یکای آن

۱۱ - ذره های زیراتمی و نمایش آن ها

۱۲- مسائل جرم اتمی

۱۳ - جرم اتمی میانگین

۱۴ - ساختن انواع مولکول ها با ایزوتوپ های مختلف

۱۵ - شمارش ذره ها از روی جرم آن ها

۱۶ - روش عامل(یا کسر یا ضریب) تبدیل

۱۷ - نور ،کلید شناخت جهان

۱۸ - رنگ شعله ها و کشف ساختار اتم

۱۹ - طیف نشری خطی عنصرها

۲۰ - کشف ساختار اتم

۲۱ - طیف های نشری خطی هیدروژن

۲۲ - توزیع الکترون ها در لایه ها و زیرلایه ها (عددهای کوانتومی n و l)

۲۳ - آرایش الکترونی اتم ها

۲۴ - آرایش الکترونی یون ها

۲۵ - تبدیل اتم ها به یون

۲۶ - یون های تک اتمی و نام گذاری و فرمول نویسی آن ها

۲۷ - تبدیل اتم ها به مولکول

۱. مقدمه

شیمی‌دان‌ها با مطالعهٔ خواص و رفتار ماده، هم‌چنین برهم کنش نور با ماده، برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها که «جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ ذره‌های سازندهٔ جهان هستی طی چه فرآیندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟» سهم بسزایی داشته‌اند.

تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان هم‌چنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضا پیما به نام وویجر ۱ و ۲ (Voyager I, II) در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیش‌تر سامانهٔ خورشیدی است.

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را تهیه کنند و بفرستند. این شناسنامه‌ها می‌تواند حاوی اطلاعاتی مانند:

۱. نوع عنصرهای سازنده

۲. ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها

۳. ترکیب درصد مواد (این ترکیب‌های شیمیایی)

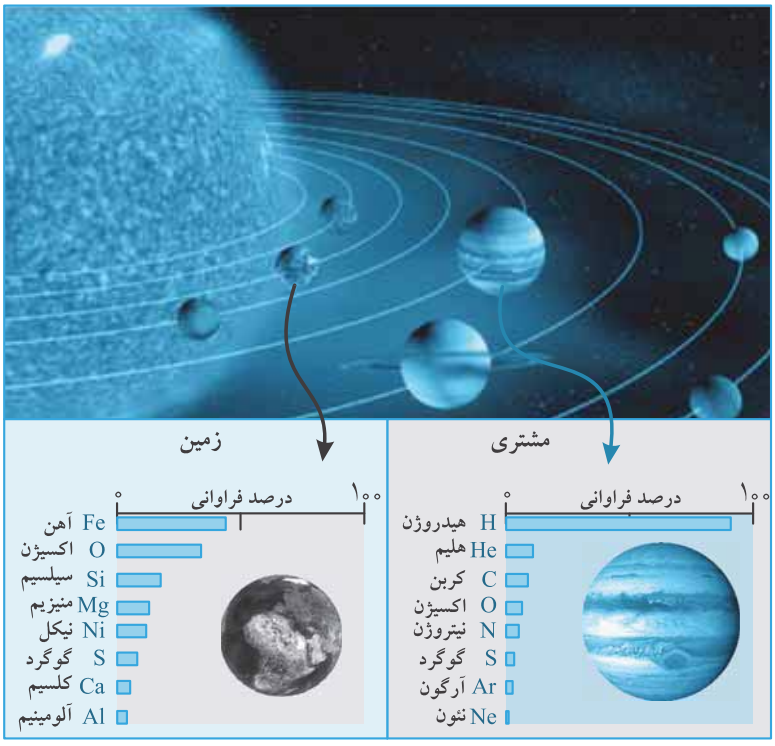
تذکر

شواهد تاریخی که از سنگ نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به‌دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

۲. عنصرها چگونه پدید آمدند؟

با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازندهٔ برخی سامانه‌های خورشیدی و مقایسهٔ آن با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

شکل روبه‌رو عنصرهای سازندهٔ دو سیارهٔ زمین و مشتری را نشان می‌دهد.



حال به چند نکتهٔ زیر در مورد شکل بالا توجه بفرمائید:

۱. زمین از جنس سنگ و مقایسهٔ عنصرهای سازنده آن به ترتیب درصد فراوانی، به صورت زیر است:

مقایسه درصد فراوانی عنصرهای سازنده زمین

آلومینیم (Al) > کلسیم (Ca) > گوگرد (S) > نیکل (Ni) > منیزیم (Mg) > سیلسیم (Si) > اکسیژن (O) > آهن (Fe)

۲. فراوان‌ترین عنصر سازندهٔ زمین آهن **(Fe)** است و پس از آن عنصرهای اکسیژن (O)، سیلسیم (Si) و منیزیم (Mg) بیش‌ترین درصد فراوانی را دارند.

۳. مقایسه درصد فراوانی عنصرهای سازندهٔ سیاره مشتری به صورت زیر است:

مقایسه درصد فراوانی عنصرهای سازنده مشتری

نئون (Ne) > آرگون (Ar) > گوگرد (S) > نیتروژن (N) > اکسیژن (O) > کربن (C) > هلیم (He) > هیدروژن (H)

۴. بر این اساس، می‌توان پیش‌بینی کرد جنس سیاره مشتری بیش‌تر از جنس گاز است، زیرا فراوان‌ترین عنصر سازنده آن هیدروژن (H) و پس از آن گاز هلیم (He) است.

۵. عنصرهای اکسیژن **(O)** و گوگرد **(S)** در هر دو سیاره وجود دارند.

۶. نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیارهٔ زمین و مشتری متفاوت است.

مثال ۱:

کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست هستند؟

الف) فراوان‌ترین عنصر سازندهٔ سیاره مشتری گاز هلیم است.

ب) عنصرهای گوگرد و نیکل در هر دو سیارهٔ زمین و مشتری وجود دارد.

پ) درصد فراوانی عنصر کلسیم از عنصر منیزیم در سیاره زمین کم‌تر است.

ت) هر سه عنصر کربن، نیتروژن و گوگرد در سیاره مشتری وجود دارند.

۱) (الف) و (ب) ۲) (الف) و (پ) و (ت) ۳) (ب) و (پ) و (ت) ۴) (پ) و (ت)

حل: گزینهٔ ۴ درست است.

بررسی عبارت‌ها:

الف) نادرست است، فراوان‌ترین عنصر سازندهٔ سیاره مشتری گاز هیدروژن (H) است و پس از آن فراوان‌ترین عنصر، گاز هلیم (He) است.

ب) نادرست است، عنصرهای گوگرد (S) و اکسیژن (O) در هر دو سیاره زمین و مشتری وجود دارند (نیکل در سیارهٔ مشتری وجود ندارد!).

پ) درست است، درصد فراوانی کلسیم (Ca) از منیزیم (Mg) در سیاره زمین کم‌تر است.

ت) درست است، هر سه عنصر کربن، نیتروژن و گوگرد در سیاره مشتری وجود دارند.

نکته *تفاوت نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیارهٔ زمین و مشتری نشان می‌دهد که عنصرها به‌صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند.*

مهبانگ (Big bang): برخی دانشمندان معتقدند که سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بود که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون، عنصرهای هیدروژن و هلیم پا به عرصهٔ وجود گذاشتند.

مهبانگ ← ذره های زیراتمی ← هیدروژن ← هلیم

سحابی: با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام سحابی ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

نکته *سحابی عقرب یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست.*

ستاره‌ها: درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آن‌ها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید. ستارگان را می‌توان کارخانهٔ تولید عنصرها دانست.

نکته *دما و اندازهٔ هر ستاره تعیین می‌کند که چه عنصرهایی باید در آن ستاره ساخته شود. هرچه دمای ستاره بیش‌تر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر فراهم می‌شود. چنین ستارگانی پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده، در انفجاری مهیب متلاشی شده‌اند و اتم‌های سنگین درون آن‌ها در سرتاسر گیتی پراکنده شده‌اند. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانهٔ تولید عنصرها دانست.*

به عبارت دیگر روند تشکیل عنصرها به صورت زیر است:

عنصرهای سنگین‌تر مانند آهن، طلا و... ← عنصرهای سبک مانند لیتیم، کربن و... ← هلیم ← هیدروژن

نکته *ستاره‌ها متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره با انفجاری بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود.*

مثال ۲:

با گذشت زمان و ..... ، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام ..... ایجاد کرد. باید ..... را کارخانهٔ تولید عنصرها دانست.

۱) کاهش دما، ستاره‌ها، سحابی
۲) افزایش دما، ستاره‌ها، ستاره‌ها
۳) کاهش دما، سحابی، ستاره‌ها
۳) افزایش دما، سحابی، ستاره‌ها

حل: گزینهٔ ۳ درست است.

با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام سحابی را ایجاد کرد. باید ستاره‌ها (ستارگان) را کارخانهٔ تولید عنصرها دانست.

مثال ۳:

کدام‌یک از عنصرهای زیر در یک ستاره کوچک و با دمای متوسط موجود است؟

۱) طلا ۲) آهن ۳) اورانیم ٤) کربن

حل: گزینهٔ ۴ درست است.

دما و اندازهٔ هر ستاره تعیین می‌کند که چه عنصرهایی باید در آن ساخته شود. هرچه دمای ستاره بیش‌تر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر (مثل طلا (Au)، آهن (Fe) و اورانیم (U)) فراهم می‌شود. در ستاره‌های کوچک و با دمای متوسط عنصرهای سبک مانند لیتیم، کربن و ... تولید می‌شود.

رابطهٔ اینشتین

دریافتید که درون ستاره‌ها به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. اینشتین رابطهٔ زیر را برای محاسبهٔ انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد:

$$E = mc^2$$

که در رابطهٔ بالا داریم:

m: جرم ماده بر حسب کیلوگرم (kg)

c: سرعت نور (3×10^8) ($\frac{m}{s}$) برحسب متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$)

E: انرژی آزاد شده بر حسب ژول (J)

نکته

$$1J = 1\frac{kg\,m^2}{s^2} \quad \text{یا} \quad 1J = 1kgm^2s^{-2}$$

مثال ۴:

تجربه نشان داده است که در تبدیل هیدروژن به هلیم، ۰/۰۰۲٤ گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود.

الف) حساب کنید در این واکنش هسته‌ای چندکیلو ژول انرژی تولید می‌شود؟

ب) حساب کنید این مقدار انرژی چند گرم آهن را ذوب خواهد کرد؟ (برای ذوب شدن یک گرم آهن ۲۴۷ ژول انرژی لازم است.)

(پیوند با ریاضی ـ کتاب درسی)

حل: الف) برای محاسبهٔ مقدار انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای از رابطهٔ اینشتین استفاده می‌کنیم:

$$E = mc^2$$

ابتدا یکای جرم ماده را از گرم به کیلوگرم تبدیل می‌کنیم:

$$?kg = 0/0024\,g \times \frac{1kg}{1000\,g} = 2/4\times10^{-6}kg$$

حال در رابطهٔ $E = mc^2$ جای‌گذاری می‌کنیم:

$$E = mc^2 = (2/4\times10^{-6}(kg))\times(3\times10^8(\frac{m}{s}))^2 = 2/16\times10^{11}\frac{kgm^2}{s^2} = 2/16\times10^{11}J = 2/16\times10^8kJ$$

ب) برای محاسبهٔ مقدار آهن ذوب شده از تناسب استفاده می‌کنیم:

۱g ~ ۲۴۷J ⟵ ۲۴۷ژول انرژی، یک گرم آهن را ذوب می‌کند

xg ~ ۲۱۶×۱۰^۱۱ j ⟵ ۲/۱۶×۱۰^۱۱ ژول انرژی، چند گرم آهن را ذوب می‌کند

$$\frac{1g \mid 247J}{xg \mid 2/16\times10^{11}J} \Rightarrow x=\frac{(2/16\times10^{11})\times(1)}{247}=8/7\times10^{8}g$$ آهن

مثال ۵:

در یک واکنش هسته‌ای ۰/۰۲ گرم ماده به انرژی تبدیل شده است. انرژی تولید شده چند ژول است؟ (سرعت انتشار نور در خلأ $3\times10^{5}\frac{km}{s}$ است.)

۱) $1/8\times10^{12}$ ۲) $1/8\times10^{11}$ ۳) $1/8\times10^{6}$ ۴) $1/8\times10^{5}$

حل: گزینهٔ ۱ درست است.

طبق رابطهٔ اینشتین، مقدار انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای را می‌توان به دست آورد:

$$E=mc^{2}$$

ابتدا مقادیر داده شده را برحسب یکاهای قابل استفاده در رابطهٔ بالا، به دست می‌آوریم:

$$?kg=0/02\,g\times\frac{1kg}{1000\,g}=2\times10^{-5}kg$$

سرعت نور: $c=3\times10^{5}\frac{km}{s}\times\frac{1000m}{1km}=3\times10^{8}\frac{m}{s}$

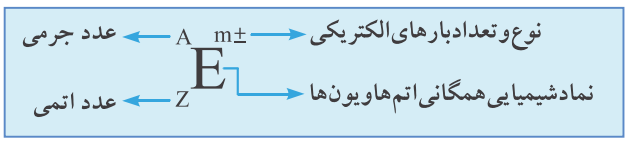
حال، با جای‌گذاری در رابطه، خواهیم داشت:

$$E=mc^{2}=(2\times10^{-5}kg)\times(3\times10^{8}\frac{m}{s})^{2}=18\times10^{11}J=1/8\times10^{12}J$$

اخترشیمی: یکی از شاخه‌های جذاب شیمی است و به مطالعهٔ مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضاهای بین ستاره‌ای یافت می‌شود. اختر شیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در مکان‌هایی بسیار دور ثابت کنند که تاکنون پای هیچ انسانی به آن‌جا نرسیده است.

۳. عدد جرمی و عدد اتمی

نماد شیمیایی عنصر: اتم یا یون هر عنصر را با نماد ویژه‌ای که یک یا دو حرفی است نشان می‌دهند. در این نماد تعداد ذره‌های زیراتمی و بار الکتریکی اتم را نیز می‌توان مشخص کرد:



تذکر

نماد E، حرف نخست واژهٔ Element به معنای عنصر است.

تذکر

برای نشان دادن تعداد الکترون‌های هرگونه (اتم یا یون) نیز از نماد E استفاده می‌کنیم.

عدد اتمی (Z): عدد اتمی (Z) تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ هر اتم را مشخص می‌کند و با نماد Z نشان داده می‌شود.

عدد جرمی (A): به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هستهٔ اتم، عدد جرمی می‌گویند و آن را با نماد A نشان می‌دهند.

عدد جرمی = تعداد پروتون‌ها + تعداد نوترون‌ها

$$A = Z + N$$

مثال ۶: نماد شیمیایی عنصر کربن با ۶ پروتون و ۶ نوترون کدام است؟

حل: عنصر کربن را با حرف C بزرگ نمایش می‌دهند. تعداد پروتون‌های اتم کربن برابر ۶ است یعنی عدد اتمی کربن برابر ۶ است ($Z = ۶$). و از آن‌جا که عدد جرمی برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌هاست، عدد جرمی کربن نیز برابر ۱۲ می‌باشد ($A = Z + N = ۶ + ۶ = ۱۲$). درنتیجه نماد شیمیایی کربن را می‌توان به صورت زیر نوشت:

عدد جرمی: $A = Z + N$ = تعداد پروتون‌ها + تعداد نوترون‌ها $= ۶ + ۶ = ۱۲$

عدد اتمی: Z = تعداد پروتون‌ها $= ۶$

$${}^{A}_{Z}C \Rightarrow {}^{۱۲}_{۶}C$$

نکته *تعداد نوترون‌های هستهٔ یک اتم مساوی یا بیش‌تر از تعداد پروتون‌های آن عنصر است (به جز هیدروژن معمولی $({}^{۱}_{۱}H)$ که نوترون ندارد).*

در هستهٔ اتم‌ها: تعداد نوترون‌ها ≥ تعداد پروتون‌ها $N \geq Z$

مثال ۷:

عدد جرمی عنصر M برابر ۴۵ و تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر ۵ می‌باشد. عدد اتمی این عنصر کدام است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۵

حل: گزینه ۱ درست است.

عدد جرمی این عنصر برابر ۴۵ می‌باشد، یعنی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر ۴۵ است:

$$A = Z + N \Rightarrow ۴۵ = Z + N$$

از طرفی، تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هستهٔ اتم این عنصر برابر ۵ است و طبق نکتهٔ بیان شده می‌دانیم که همواره تعداد نوترون‌ها بیش‌تر یا مساوی تعداد پروتون‌هاست، بنابراین نتیجه می‌گیریم در این عنصر تعداد نوترون‌ها ۵ تا بیش‌تر از تعداد پروتون‌هاست: $N - Z = ۵$

حال با حل دو معادله دو مجهول زیر، Z را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} Z+N=45 \\ N-Z=5 \end{cases} \Rightarrow N=25 \ , \ Z=20$$

بنابراین، عدد اتمی این عنصر برابر ۲۰ $(Z=20)$ می‌باشد.

نکته *اگر اتم عنصر M، n الکترون از دست دهد، بار آن برابر $+n$ (یون M^{n+}) می‌شود و اگر n الکترون بگیرد بار آن برابر $-n$ (یون M^{n-}) می‌شود و اگر اتمی دارای بار نباشد، خنثی است، به‌عبارت دیگر تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابر است. اما اگر گونه‌ای دارای بار منفی باشد به معنای آن است که تعداد الکترون‌های آن بیش‌تر از تعداد پروتون‌هاست و اگر دارای بار مثبت باشد به این معنی است که تعداد الکترون‌های آن کم‌تر از تعداد پروتون‌هاست زیرا بین اتم‌ها فقط الکترون جابه‌جا می‌شود.*

مثال ۸:

تعداد الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌های اتم‌های $^{112}_{48}Cd^{2+}$، $^{24}_{12}Mg$ و $^{32}_{16}S^{2-}$ را بنویسید.

حل:

۱) $^{112}_{48}Cd^{2+} \longrightarrow$ عدد جرمی : $A=Z+N=112$ و عدد اتمی : $Z=48$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$48+N=112 \Rightarrow N=64$$

یعنی این اتم دارای ۴۸ پروتون و ۶۴ نوترون است. و چون بار الکتریکی این اتم (یون) برابر ۲ بار مثبت (+۲) است، نتیجه می‌گیریم تعداد الکترون‌های آن، ۲ تا کم‌تر از تعداد پروتون‌های هستهٔ آن اتم می‌باشد (۲ تا الکترون از دست داده است):

$$\text{بار الکتریکی اتم} = Z-E=+2 \Rightarrow 48-E=+2 \Rightarrow E=46$$

یعنی این اتم دارای ۴۶ الکترون است.

۲) $^{24}_{12}Mg \longrightarrow$ عدد جرمی : $A=Z+N=24$ و عدد اتمی : $Z=12 \Rightarrow$

$$24=12+N \Rightarrow N=12$$

یعنی این اتم دارای ۱۲ پروتون $(Z=12)$ و ۱۲ نوترون $(N=12)$ می‌باشد. و چون اتم خنثی است (بار الکتریکی ندارد)، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابر است:

بنابراین این اتم دارای ۱۲ الکترون است. $E=Z=12 \longrightarrow$ اتم خنثی است

۳) $^{32}_{16}S^{2-} \longrightarrow$ عدد جرمی : $A=Z+N=32$ و عدد اتمی : $Z=16 \Rightarrow$

$$32=16+N \Rightarrow N=16$$

یعنی این اتم دارای ۱۶ پروتون $(Z=16)$ و ۱۶ نوترون $(N=16)$ است. و چون بار الکتریکی آن برابر ۲ بار منفی است (−۲)، نتیجه می‌گیریم که تعداد الکترون‌های آن ۲ تا بیش‌تر از تعداد پروتون‌های آن است:

$$\text{بار الکتریکی}: E-Z=-2 \Rightarrow E-16=-2 \Rightarrow E=18$$

جمع‌بندی: اگر **Z** تعداد پروتون‌ها، **E** تعداد الکترون‌ها و **N** تعداد نوترون‌های اتم **M** باشد، خواهیم داشت:

عدد جرمی : $A = Z + N$

عدد اتمی : Z

در هسته همه اتم‌ها (به جز هیدروژن) : $N \geq Z$

تعداد بار الکتریکی : $m = Z - E \longrightarrow \begin{cases} E > Z \longrightarrow M^{m-} & \text{(گونه دارای بار منفی)} \\ E = Z \longrightarrow M & \text{(گونه خنثی)} \\ E < Z \longrightarrow M^{m+} & \text{(گونه دارای بار مثبت)} \end{cases}$

مثال ۹:

اگر تفاوت تعداد الکترون‌ها با تعداد نوترون‌ها در یون تک اتمی $^{86}A^{4+}$ برابر ۱۴ باشد، عدد اتمی این عنصر کدام است؟

۱) ۳۴ ۲) ۳۸ ۳) ۴۸ ۴) ۵۲

حل: گزینهٔ ۲ درست است.

باتوجه به این‌که عدد جرمی عنصر $^{86}A^{4+}$ برابر ۸۶ است، نتیجه می‌گیریم مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر ۸۶ می‌باشد:

عدد جرمی : $A = Z + N = 86$

و از طرفی چون بار الکتریکی یون $^{86}A^{4+}$ برابر $+4$ است، نتیجه می‌گیریم تعداد الکترون‌های آن ۴ عدد کم‌تر از تعداد پروتون‌هاست:

بار الکتریکی : $Z - E = +4 \Rightarrow E = Z - 4$

هم‌چنین از آن‌جا که تفاوت تعداد الکترون‌ها با نوترون‌ها برابر ۱۴ می‌باشد، می‌توان نوشت:

$$N - E = 14 \Rightarrow N - (Z - 4) = 14 \Rightarrow N - Z = 10$$

(در نظر داشته باشید که همواره تعداد نوترون‌ها بیش‌تر و یا مساوی تعداد پروتون‌ها و الکترون‌هاست)

حال با حل دو معادله دو مجهول زیر Z و N را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} N - Z = 10 \\ N + Z = 86 \end{cases} \Rightarrow N = 48 \, , \, Z = 38$$

بنابراین عدد اتمی این عنصر برابر با ۳۸ می‌باشد.

مثال ۱۰:

تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های کدام یون، دو برابر تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در اتم $^{52}_{24}Cr$ است؟

۱) $^{27}_{13}Al^{3+}$ ۲) $^{112}_{51}Sb^{2-}$ ۳) $^{37}_{17}Cl^{-}$ ۴) $^{16}_{8}O^{2-}$

حل: گزینهٔ ۲ درست است.

ابتدا تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های $^{52}_{24}Cr$ را به‌دست می‌آوریم:

$^{52}_{24}Cr \longrightarrow$ عدد جرمی : $A = Z + N = 52$ و عدد اتمی : $Z = 24 \Rightarrow N = 28$

بنابراین تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر $۲۸-۲۴=۴$ می‌باشد.

حال تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های هرکدام از یون‌های داده شده را به دست می‌آوریم، هرکدام برابر عدد ۸ بود، انتخاب می‌کنیم:

$$^{۲۷}_{۱۳}Al^{۳+} \longrightarrow A=Z+N=۲۷\ ,\ Z=۱۳ \Rightarrow ۱۳+N=۲۷ \Rightarrow N=۱۴$$

بار الکتریکی : $Z-E=+۳ \Rightarrow ۱۳-E=+۳ \Rightarrow E=۱۰$

بنابراین تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های آن برابر $N-E=۱۴-۱۰=۴$ می‌باشد.

$$^{۱۱۲}_{۵۱}Sb^{۲-} \longrightarrow A=Z+N=۱۱۲\ ,\ Z=۵۱ \Rightarrow ۵۱+N=۱۱۲ \Rightarrow N=۶۱$$

بار الکتریکی : $Z-E=-۲ \Rightarrow ۵۱-E=-۲ \Rightarrow E=۵۳$

بنابراین تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های آن برابر $N-E=۶۱-۵۳=۸$ می‌باشد (گزینه ۲ درست است).

$$^{۳۷}_{۱۷}Cl^{-} \longrightarrow A=Z+N=۳۷\ ,\ Z=۱۷ \Rightarrow ۱۷+N=۳۷ \Rightarrow N=۲۰$$

بار الکتریکی: $Z-E=-۱ \Rightarrow ۱۷-E=-۱ \Rightarrow E=۱۸$

بنابراین تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های آن برابر $N-E=۲۰-۱۸=۲$ می‌باشد.

$$^{۱۶}_{۸}O^{۲-} \longrightarrow A=Z+N=۱۶\ ,\ Z=۸ \Rightarrow ۸+N=۱۶ \Rightarrow N=۸$$

بار الکتریکی : $Z-E=-۲ \Rightarrow ۸-E=-۲ \Rightarrow E=۱۰$

بنابراین تفاوت تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های این اتم برابر $|N-E|=|۸-۱۰|=۲$ می‌باشد.

مثال ۱۱:

عدد جرمی عنصر X برابر ۲۰۰ و تعداد نوترون‌های آن ۱/۵ برابر تعداد پروتون‌هاست. تعداد الکترون‌های X کدام است؟

۱) ۷۸ ۲) ۷۹ ۳) ۸۰ ۴) ۸۱

حل: گزینهٔ ۳ درست است.

عدد جرمی عنصر X برابر ۲۰۰ است، یعنی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر ۲۰۰ است:

$$A=Z+N=۲۰۰$$

از طرفی، تعداد نوترون‌های آن ۱/۵ برابر تعداد پروتون‌هاست، بنابراین می‌توان نوشت:

$$N=۱/۵Z \quad \text{یا} \quad N=\frac{۳}{۲}Z$$

حال با جای‌گذاری در معادلهٔ قبلی خواهیم داشت:

$$Z+N=۲۰۰ \Rightarrow Z+\frac{۳}{۲}Z=۲۰۰ \Rightarrow Z=۸۰$$

و چون اتم دارای بار نیست (خنثی است) تعداد الکترون‌های آن با تعداد پروتون‌ها برابر است:

$$E=Z=۸۰$$

تذکر

الکترون‌ها و پروتون‌ها را ذره‌های زیراتمی باردار عنصر و نوترون‌ها را ذره‌های زیراتمی بدون بار عنصر می‌گویند.

نوکلئون: به پروتون یا نوترون موجود در هستهٔ اتم، نوکلئون می‌گویند.

هم‌الکترون (ایزوالکترون): به عنصرها، یون‌ها و ترکیب‌های که دارای تعداد الکترون برابر هستند، گونه‌های هم‌الکترون گفته می‌شود.

مثلاً یون‌های O^{2-} و F^- و Mg^{2+} و Na^+ دارای ۱۰ الکترون هستند، بنابراین آن‌ها را هم‌الکترون می‌نامند.

مثال ۱۲:

کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های $^{2x+2}_{x}M^{2+}$ برابر ۴ است.

ب) نسبت تعداد ذره‌های باردار $^{110}_{51}X^{3-}$ به ذره‌های بدون بار $^{106}_{46}Y^+$ برابر $\frac{7}{5}$ است.

پ) عدد جرمی برابر مجموع تعداد الکترون‌ها و پروتون‌هاست.

ت) یون‌های OH^-، Ne و O^{2-} هم‌الکترون هستند $(_1H\ ،\ _8O\ ،\ _{10}Ne)$.

۱) (الف) و (پ)　　۲) (الف) و (ب) و (پ)

۳) (ب) و (پ) و (ت)　　۴) (ب) و (پ)

حل: گزینهٔ ۴ درست است.

بررسی عبارت‌ها:

الف) درست است.　$A = N + Z = 2x + 2\ ,\ Z = x \Rightarrow N + x = 2x + 2 \Rightarrow N = x + 2$

بار الکتریکی : $Z - E = +2 \Rightarrow x - E = 2 \Rightarrow E = x - 2 \longrightarrow N - E = x + 2 - (x - 2) = 4$

بنابراین اختلاف تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های $^{2x+2}_{x}M^{2+}$ برابر $|N - E| = 4$ می‌باشد.

ب) نادرست است، وقتی می‌گوئیم ذره‌های باردار منظور الکترون‌ها و پروتون‌های عنصر می‌باشند و وقتی می‌گوئیم ذره‌های بدون بار منظور نوترون‌های عنصر هستند:

$$\frac{\text{تعداد ذره‌های باردار } ^{110}_{51}X^{3-}}{\text{تعداد ذره‌های بدون بار } ^{106}_{46}Y^+} = \frac{\text{مجموع تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های } ^{110}_{51}X^{3-}}{\text{تعداد نوترون‌های } ^{106}_{46}Y^+} = \frac{E_1 + Z_1}{N_2}$$

حال تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های $^{110}_{51}X^{3-}$ را به‌دست می‌آوریم:

تعداد پروتون‌ها $= Z_1 = 51$

بار الکتریکی $= Z_1 - E_1 = -3 \Rightarrow 51 - E_1 = -3 \Rightarrow E_1 = 54$

بنابراین مجموع تعداد الکترون‌ها و پرتون‌های این یون برابر $E_1 + Z_1 = 51 + 54 = 105$ می‌باشد.

از طرفی تعداد نوترون‌های $^{106}_{46}Y^+$ برابر $60 = 46 - 106$ است، پس نسبت داده شده برابر $\frac{E_1 + Z_1}{N_2} = \frac{105}{60} = \frac{7}{4}$ است.

پ) نادرست است، عدد جرمی برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌هاست.

ت) درست است، زیرا همهٔ گونه‌های داده شده دارای ۱۰ الکترون هستند بنابراین هم‌الکترون محسوب می‌شوند.

۱) OH^-: عدد اتمی $_8O$ برابر ۸ و عدد اتمی H برابر ۱ می‌باشد، بنابراین چون هر دو اتم خنثی هستند، ترکیب آن‌ها یعنی OH نیز دارای $8+1=9$ الکترون می‌باشد و از طرفی ترکیب OH^- دارای یک بار منفی است پس ترکیب OH^- دارای ۱۰ الکترون می‌باشد.

۲) $_{10}Ne$: عدد اتمی $_{10}Ne$ برابر ۱۰ است و چون اتم خنثی است، تعداد الکترون‌ها برابر تعداد پروتون‌ها و مساوی ۱۰ می‌باشد.

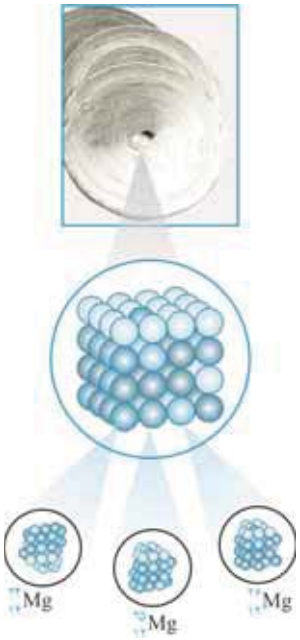
۳) $_8O^{2-}$: $Z=8$ و بار الکتریکی $= Z-E=-2 \Rightarrow 8-E=-2 \Rightarrow E=10$

بنابراین $_8O^{2-}$ دارای ۱۰ الکترون است.

۴. هم‌مکان (ایزوتوپ)

بررسی‌ها نشان می‌دهند که اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند.

ایزوتوپ (هم مکان): ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای **Z** (عدد اتمی) یکسان اما **A** (عدد جرمی) متفاوت هستند. به عبارت دیگر، اتم‌های یک عنصر که تعداد پروتون یکسان ولی تعداد نوترون متفاوتی دارند را ایزوتوپ‌های آن عنصر می‌گویند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که همهٔ اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوپ) $^{24}_{12}Mg$، $^{25}_{12}Mg$ و $^{26}_{12}Mg$ است.



شباهت‌ها و تفاوت‌های ایزوتوپ‌ها

شباهت ایزوتوپ‌ها

۱ـ خواص شیمیایی یکسان

۲ـ در جدول دوره‌ای عنصرها در یک مکان

خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی **(Z)** آن وابسته است؛ از این‌رو ایزوتوپ‌های یک عنصر (مثلاً اتم‌های منیزیم) همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره‌ای تنها یک مکان را اشغال می‌کنند.

تفاوت ایزوتوپ‌ها

۱ـ **عدد جرمی و جرم اتمی متفاوت** ← تعداد نوترون‌ها و در نتیجه عدد جرمی و جرم اتمی متفاوتی دارند.

۲ـ **پایداری و زمان نیم‌عمر (ماندگاری) متفاوت** ← برخی پایدار و برخی ناپایدار (پرتوزا) هستند.

۳ـ **درصد فراوانی طبیعی متفاوت** ← بسته به میزان پایداری درصد فراوانی متفاوتی دارند.

۴ـ **خواص فیزیکی وابسته به جرم متفاوت** ← برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم مثل چگالی نقطهٔ ذوب و جوش متفاوتی دارند.

۵. پایداری ایزوتوپ‌ها

ایزوتوپ‌های یک عنصر را باتوجه به میزان پایداری به دو گروه عمده می‌توان تقسیم کرد
۱ـ ایزوتوپ‌های پایدار
۲ـ ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا (رادیو ایزوتوپ‌ها)

ایزوتوپ‌های ناپایدار: هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کنند. ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیو ایزوتوپ نامیده می‌شود.

نکته *اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش‌تر از ۱/۵ باشد، پرتوزا و ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. هم‌چنین اگر عدد اتمی عنصری بیش از ۸۴ باشد ($Z > 84$) می‌توان آن عنصر را پرتوزا و ناپایدار دانست:*

$\frac{N}{Z} \geq 1/5$ یا $Z \geq 84$ ← ایزوتوپ پرتوزا و ناپایدار است.

تذکر

بدیهی است که اگر ایزوتوپی ناپایدار نباشد، پایدار است!!!

مثال ۱۳:

کدام‌یک از اتم‌های زیر پایدارند؟ ${}_{1}^{1}H, {}_{1}^{2}H, {}_{1}^{3}H, {}_{13}^{27}Al, {}_{89}Ac, {}_{77}^{196}Ir$

حل:

${}_{1}^{1}H \longrightarrow A = N + Z = 1 \,,\, Z = 1 \Rightarrow 1 + N = 1 \Rightarrow N = 0 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{0}{1} = 0 \leq 1/5 \Rightarrow$ پایدار

${}_{1}^{2}H \longrightarrow A = N + Z = 2 \,,\, Z = 1 \Rightarrow 1 + N = 2 \Rightarrow N = 1 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{1}{1} = 1 < 1/5 \Rightarrow$ پایدار

${}_{1}^{3}H \longrightarrow A = N + Z = 3 \,,\, Z = 1 \Rightarrow 1 + N = 3 \Rightarrow N = 2 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{2}{1} > 1/5 \Rightarrow$ ناپایدار و پرتوزا

${}_{13}^{27}Al \longrightarrow A = N + Z = 27 \,,\, Z = 13 \Rightarrow 13 + N = 27 \Rightarrow N = 14 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{14}{13} < 1/5 \Rightarrow$ پایدار

${}_{89}Ac \longrightarrow Z > 84 \Rightarrow$ ناپایدار و پرتوزا

${}_{77}^{196}Ir \longrightarrow A = N + Z = 196 \,,\, Z = 77 \Rightarrow N + 77 = 196 \Rightarrow N = 119 \Rightarrow \frac{N}{Z} = = \frac{119}{77} = 1/6 > 1/5 \Rightarrow$ ناپایدار و پرتوزا