فهرست

پایهٔ دهم

- فصل ۱: کیهان زادگاه الفبای هستی ۷
- فصل ۲: ردّپای گازها در زندگی ۲۹
- فصل ۳: آب، آهنگ زندگی ۶۱

پایهٔ یازدهم

- فصل ۱: قدر هدایای زمینی را بدانیم ۱۱۹
- فصل ۲: در پی غذای سالم ۱۴۱
- فصل ۳: پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر ۱۸۷

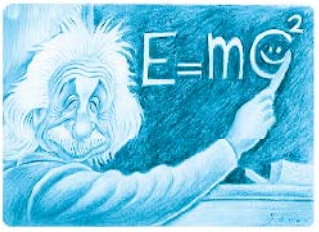
پایهٔ دوازدهم

- فصل ۱: مولکول‌ها در خدمت تندرستی ۲۱۵
- فصل ۲: آسایش و رفاه در سایهٔ شیمی ۲۵۳
- فصل ۳: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری ۲۷۳
- فصل ۴: شیمی، راهی به سوی آیندهٔ روشن‌تر ۲۸۹
- پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۳۱۹
- پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۵۲۷

کیهان زادگاه الفبای هستی

فصل ۱

رابطهٔ اینشتین



یک زمانی می‌گفتند که همیشه قانون بقای جرم برقرار است؛ یعنی در اثر انجام واکنش‌های مختلف هیچ جرمی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود. امّا آلبرت اینشتین زد زیر همهٔ این کاسه‌کوزه‌ها و گفت که در واکنش‌های هسته‌ای جرم می‌تواند به انرژی تبدیل شود و حتی برعکس؛ انرژی هم می‌تواند به جرم تبدیل شود.

خلاصه این آقای اینشتین یک رابطه کشف کرد که دنیا را تکان داد. بعدها با استفاده از همین رابطه بمب هسته‌ای تولید کردند. این رابطه چیزی نیست جز:

$E = m\,c^{2}$ ← انرژی
$E = m\,c^{2}$ → سرعت نور
$E = m\,c^{2}$ ↓ جرمی که به انرژی تبدیل می‌شود

نکته در این رابطه همهٔ پارامترها برحسب واحدهای SI هستند؛ یعنی E برحسب ژول (J)، m برحسب کیلوگرم (kg) و c برحسب متر بر ثانیه $(m.s^{-1})$ است؛ بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$E = mc^{2} \Rightarrow 1\,J = 1\,kg.(m.s^{-1})^{2} = 1\,kg.m^{2}.s^{-2} \Rightarrow 1\,J = 1\,kg.m^{2}.s^{-2}$$

نکته معمولاً در حل سوال‌های این مبحث، سرعت نور را برابر با $3\times10^{8}\ m.s^{-1}$ در نظر می‌گیریم. $c = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$

تبدیل جرم به انرژی ۱.۳

در بعضی سؤال‌ها جرمی که به انرژی تبدیل می‌شود (m) را به ما می‌دهند و انرژی تولیدشده (E) را از ما می‌خواهند و یا برعکس. برای حل این سؤال‌ها باید m را برحسب kg بنویسیم و حواسمان باشد که E برحسب J محاسبه خواهد شد.

تست **هنگامی که اورانیم ـ ۲۳۸ (^{238}U) به توریم ـ ۲۳۴ (^{234}Th) تبدیل می‌شود، ۰/۰۰۵ گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود. در این تبدیل هسته‌ای چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟ $(c = 3\times10^{8}\ m.s^{-1})$**

۱) $4/5\times10^{11}$ ۲) $4/5\times10^{8}$ ۳) $1/5\times10^{11}$ ۴) $1/5\times10^{8}$

پاسخ اول جرم را به kg تبدیل می‌کنیم. هم می‌توانیم از تناسب استفاده کنیم و هم از کسر تبدیل.[1]

راه اول تناسب:

$$\begin{bmatrix} \text{کیلوگرم} & & \text{گرم} \\ ۱ & \rightarrow & ۱۰۰۰ \\ x & \rightarrow & ۰/۰۰۵ \end{bmatrix} \Rightarrow x = \frac{۰/۰۰۵ \times ۱}{۱۰۰۰} = ۵ \times ۱۰^{-۶}\ \text{kg}$$

راه دوم کسر تبدیل:

$$۰/۰۰۵\ \text{g} \times \frac{۱\ \text{kg}}{۱۰۰۰\ \text{g}} = ۵ \times ۱۰^{-۶}\ \text{kg}$$

حالا با استفاده از رابطهٔ اینشتین، انرژی آزادشده برابر است با:

$$E = mc^۲ = ۵ \times ۱۰^{-۶} \times (۳ \times ۱۰^۸)^۲ = ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۹ \times ۱۰^{۱۶} = ۴۵ \times ۱۰^{۱۰}\ \text{J}$$

در نهایت باید انرژی تولیدشده را به kJ تبدیل کنیم:

راه اول تناسب:

$$\begin{bmatrix} \text{کیلوژول} & & \text{ژول} \\ ۱ & \rightarrow & ۱۰۰۰ \\ x & \rightarrow & ۴۵ \times ۱۰^{۱۰} \end{bmatrix} \Rightarrow x = \frac{۴۵ \times ۱۰^{۱۰} \times ۱}{۱۰۰۰} = ۴۵ \times ۱۰^۷\ \text{kJ} = ۴/۵ \times ۱۰^۸\ \text{kJ}$$

راه دوم کسر تبدیل:

$$۴۵ \times ۱۰^{۱۰}\ \text{J} \times \frac{۱\ \text{kJ}}{۱۰۰۰\ \text{J}} = ۴۵ \times ۱۰^۷\ \text{kJ} = ۴/۵ \times ۱۰^۸\ \text{kJ}$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

کسر تبدیل

اگر از ما بپرسند ۵۰۰ گرم چند کیلوگرم است چه کار می‌کنیم؟ خب تابلو است دیگر، از آن‌جا که می‌دانیم هر ۱ کیلوگرم ۱۰۰۰ گرم است، ۵۰۰ را تقسیم بر ۱۰۰۰ می‌کنیم و می‌گوییم ۰/۵ کیلوگرم. ولی خب همین‌جوری که نمی‌شود! هر کاری آداب خودش را دارد. آداب این کار همان کسر تبدیل است.

$$۵۰۰\ \text{g} \times \underbrace{\frac{۱\ \text{kg}}{۱۰۰۰\ \text{g}}}_{\text{کسر تبدیل}} = ۰/۵\ \text{kg}$$

همان‌طور که در محاسبات ریاضی می‌توانیم یک عدد را از صورت و مخرج خط بزنیم و با هم ساده کنیم، سر واحدها هم می‌توانیم همین بلا را بیاوریم!

در این روش، در واقع واحدها را با هم خط می‌زنیم و به واحد موردنظرمان می‌رسیم.

اگر بخواهیم کمیت (یا واحد) A را به کمیت (یا واحد) B تبدیل کنیم، از کسر تبدیلی استفاده می‌کنیم که A در مخرج باشد و خط بخورد و B در صورت باشد. در مثال بالا واحد گرم (g) را نمی‌خواهیم، پس آن را در مخرج کسر تبدیل می‌نویسیم تا خط بخورد. هم‌چنین می‌خواهیم واحد کیلوگرم (kg) به دست بیاید، پس آن را در صورت کسر تبدیل می‌نویسیم تا به دست بیاید؛ بنابراین روش کلی حل مسئله به روش کسر تبدیل به صورت زیر است:

$$\underbrace{\text{کمیتی که می‌خواهیم (B)}}_{\text{خواستهٔ سؤال}} = \cdots \times \underbrace{\left(\frac{\text{کمیتی که می‌خواهیم به دست بیاید (B)}}{\text{کمیتی که می‌خواهیم خط بخورد (A)}}\right)}_{\text{کسر تبدیل}} \times \underbrace{\text{کمیتی که نمی‌خواهیم (A)}}_{\text{دادهٔ سؤال}}$$

کسر تبدیل از دل یک هم‌ارزی بیرون می‌آید. مثلاً می‌دانیم که هر ۱ کیلوگرم ۱۰۰۰ گرم است: $۱\ \text{kg} = ۱۰۰۰\ \text{g}$

۱- کسر تبدیل یک روش کلی حل مسئله است که در صفحهٔ ۱۸ کتاب درسی شیمی دهم آن را می‌خوانیم، ولی از آن‌جا که *فیلی روش خوب و مهمیه* و کتاب درسی همهٔ مسئله‌ها را با این روش حل می‌کند، لازم است که این روش را بلد باشیم.

اگر دو طرف تساوی را بر ۱۰۰۰ g تقسیم کنیم به یک کسر تبدیل می‌رسیم:

$$\frac{1\,kg}{1000\,g}=\frac{1000\,g}{1000\,g}=1$$

کسر تبدیل

یا حتی می‌توانیم دو طرف تساوی را بر ۱ kg تقسیم کنیم و به یک کسر تبدیل دیگر برسیم:

$$1=\frac{1\,kg}{1\,kg}=\frac{1000\,g}{1\,kg}$$

کسر تبدیل دیگر!

نکته اگر خوب دقت کنیم می‌بینیم که کسر تبدیل از نظر ریاضی برابر با عدد ۱ است، پس با ضرب‌کردن آن در یک کمیت، ارزش آن تغییری نمی‌کند.

پس از هر هم‌ارزی می‌توانیم دو کسر تبدیل بکشیم بیرون و بسته به نیازمان از هر کدام که خواستیم استفاده کنیم. حالا این «نیازمان» چیست؟

مثلاً اگر بخواهیم ۱۲۰۰ گرم را به کیلوگرم تبدیل کنیم، از کسر تبدیل $\frac{1\,kg}{1000\,g}$ استفاده می‌کنیم تا واحد g خط بخورد و واحد kg به دست بیاید.

$$1200\,g\times\frac{1\,kg}{1000\,g}=1/2\,kg$$

یا اگر بخواهیم ۴/۵ کیلوگرم را به گرم تبدیل کنیم، از کسر تبدیل $\frac{1000\,g}{1\,kg}$ استفاده می‌کنیم تا واحد kg خط بخورد و واحد g به دست بیاید.

$$4/5\,kg\times\frac{1000\,g}{1\,kg}=4500\,g$$

نکته بعضی وقت‌ها برای حل یک مسئله به چندتا کسر تبدیل نیاز داریم.

تست **فورلانگ یکی از واحدهای اندازه‌گیری طول در سیستم پادشاهی بریتانیای کبیر است و برابر با مسافتی است که یک دسته گاو نر، زمینی را شخم بزنند. قبل از آن‌که به استراحت بپردازند! با توجه به اطلاعات زیر، مسافت ۲ فورلانگ به تقریب برحسب کیلومتر کدام است؟ (۲/۵۴ cm = ۱ اینچ، ۱۲ اینچ = ۱ فوت، ۵۲۸۰ فوت = ۱ مایل، ۱ مایل = ۸ فورلانگ)**

۱) ۱/۲ ۲) ۰/۸ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۲

پاسخ *شاید کل مسیر حل رو ندونیم* ولی این را می‌دانیم که باید از شرّ «فورلانگ» خلاص شویم، پس:

$$2\,\text{فورلانگ}\times\frac{1\,\text{مایل}}{8\,\text{فورلانگ}}$$

تا همین‌جاکلی جلو افتادیم! برای قدم بعدی می‌دانیم که «مایل» هم باید خط بخورد:

$$2\,\text{فورلانگ}\times\frac{1\,\text{مایل}}{8\,\text{فورلانگ}}\times\frac{5280\,\text{فوت}}{1\,\text{مایل}}$$

این کار را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا به یکای موردنظرمان یعنی «km» برسیم:

$$2\,\text{فورلانگ}\times\frac{1\,\text{مایل}}{8\,\text{فورلانگ}}\times\frac{5280\,\text{فوت}}{1\,\text{مایل}}\times\frac{12\,\text{اینچ}}{1\,\text{فوت}}\times\frac{2/54\,cm}{1\,\text{اینچ}}\times\frac{1\,m}{100\,cm}\times\frac{1\,km}{1000\,m}$$

$$=\frac{2\times5280\times12\times2/54}{8\times100\times1000}=\frac{(5280)\times3\times(2/54)}{100\times1000}\simeq\frac{5000\times3\times5}{100\times1000}\simeq0/45$$

$\Rightarrow$ گزینهٔ (۳) صحیح است.

اختلاف گزینه‌ها زیاد است، پس از تقریب استفاده می‌کنیم

تبدیل جرم به انرژی در واکنش هسته‌ای ۲۳

می‌دانیم که در واکنش‌های هسته‌ای قانون بقای جرم برقرار نیست؛ یعنی مقداری از جرم مواد کم شده و به انرژی تبدیل می‌شود. جرمی که در واکنش‌های هسته‌ای از بین می‌رود (Δm) را می‌توانیم از رابطهٔ زیر به دست بیاوریم:

$\Delta m = $ جرم فراورده‌ها − جرم واکنش دهنده‌ها

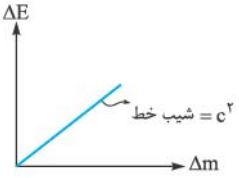
پس انرژی تولیدشده به ازای این تغییر جرم برابر می‌شود با:

$$\Delta E = \Delta m . c^2$$

نکته با توجه به این‌که c، سرعت نور بوده و همیشه آن را برابر $3\times10^8\ m.s^{-1}$ در نظر می‌گیریم، پس می‌توانیم بین انرژی آزادشده (ΔE) و جرم کاهش‌یافته (Δm) نموداری مثل $y = ax$ در نظر بگیریم:

شیب این نمودار برابر با c^2 است.

$$\overset{\Delta E}{\uparrow}\ \overset{c^2}{\uparrow}\ \overset{\Delta m}{\uparrow}$$
$$y = a\,.\,x \Rightarrow \Delta E = c^2 \times \Delta m \Rightarrow$$



تست اگر گرمای آزادشده در اثر تبدیل ۲۱۴/۹۹۹۳ گرم $^{215}_{84}Po$ به ۲۱۰/۹۸۸۷ گرم $^{211}_{82}Pb$ برابر $7/2\times10^8$ کیلوژول باشد، در این واکنش چند گرم $^{4}_{2}He$ تولید می‌شود؟ $(c = 3\times10^8\ m.s^{-1})$

$$^{215}_{84}Po \rightarrow\ ^{211}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He + 7/2\times10^8\ kJ$$

۱) ۴/۰۰۱۶ ۲) ۴/۰۰۰۶ ۳) ۴/۰۰۲۸ ۴) ۴/۰۰۲۶

پاسخ اول انرژی تولیدشده را به ژول تبدیل می‌کنیم:

$$\Delta E = 7/2\times10^8\ kJ \times \frac{1000\ J}{1\ kJ} = 7/2\times10^{11}\ J$$

بعد با استفاده از ΔE، جرمی که از بین رفته است (Δm) را حساب می‌کنیم:

$$\Delta E = \Delta m . c^2 \Rightarrow 7/2\times10^{11} = \Delta m \times (3\times10^8)^2 \Rightarrow 72\times10^{10} = \Delta m \times 9\times10^{16}$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{72\times10^{10}}{9\times10^{16}} = 8\times10^{-6}\ kg \times \frac{1000\ g}{1\ kg} = 8\times10^{-3}\ g = 0/008\ g$$

حال با استفاده از رابطهٔ Δm، جرم $^{4}_{2}He$ تولیدشده به دست می‌آید:

$$\Delta m = \text{جرم واکنش‌دهنده‌ها} - \text{جرم فراورده‌ها} \Rightarrow 0/008 = \text{جرم } ^{215}_{84}Po - [\text{جرم } ^{211}_{82}Pb + \text{جرم } ^{4}_{2}He]$$

$$\Rightarrow 0/008 = 214/9993 - 210/9887 - x \Rightarrow x = 214/9993 - 210/9887 - 0/008 \Rightarrow x = 4/0026\ g$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

عدد اتمی، عدد جرمی و ذره‌های زیراتمی

هر عنصر را با یک نماد شیمیایی نشان می‌دهیم. در سمت چپ و پایین این نماد، عدد اتمی (Z) را نوشته و در سمت چپ و بالای آن عدد جرمی (A) را می‌نویسیم:

$$\overset{\text{عدد جرمی} \leftarrow A}{\underset{\text{عدد اتمی} \leftarrow Z}{E}} \rightarrow \text{نماد همگانی اتم‌ها}$$

عدد اتمی (Z): این عدد تعداد پروتون‌های درون هسته را نشان می‌دهد. مثلاً وقتی می‌گوییم عدد اتمی عنصر آهن ۲۶ است؛ یعنی درون هستهٔ اتم آهن ۲۶ پروتون وجود دارد.

$^{26}_{26}Fe$ ← تعداد پروتون‌های هسته ۲۶ است.

$Z = p$ (تعداد پروتون‌ها)

عدد جرمی (A): این عدد مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته را نشان می‌دهد. مثلاً وقتی عدد جرمی آهن ۵۶ باشد؛ یعنی درون هستهٔ اتم آهن مجموعاً ۵۶ پروتون و نوترون وجود دارد. ^{56}Fe ← ۵۶ مجموع پروتون‌ها و نوترون‌های هسته ۵۶ است.

$$A = p\ (\text{تعداد پروتون‌ها}) + n\ (\text{تعداد نوترون‌ها})$$

۱.۳ تعداد ذره‌های زیراتمی

بعضی وقت‌ها نماد یک اتم را می‌دهند و تعداد ذره‌های زیراتمی (p، n یا e) را از ما می‌خواهند.

تعداد پروتون‌ها برابر عدد اتمی (Z) است: $p = Z$

تعداد نوترون‌ها برابر با تفاضل عدد جرمی (A) و عدد اتمی (Z) است: $n = A - Z$

از آن‌جا که هر اتم از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، پس تعداد الکترون‌ها برابر با تعداد پروتون‌ها است: $e = Z$

مثلاً در اتم $^{56}_{26}Fe$، تعداد ذره‌های زیراتمی برابر است با:

$$p = Z = ۲۶ \quad , \quad n = A - Z = ۵۶ - ۲۶ = ۳۰ \quad , \quad e = Z = ۲۶$$

نکته اتم هیدروژن ($^{1}_{1}H$) تنها ۱ پروتون و ۱ الکترون داشته و نوترون ندارد.

$$^{1}_{1}H \Rightarrow p = Z = ۱ \quad , \quad n = A - Z = ۰ \quad , \quad e = Z = ۱$$

به‌جز این اتم، معمولاً در بقیهٔ ذره‌ها تعداد نوترون‌ها بزرگ‌تر یا مساوی تعداد پروتون‌ها یا الکترون‌ها است: $n \geq p$ یا e

شاید بپرسید چرا این نکته را گفتم؟ راستش دلیلش این است که در بعضی سؤال‌ها، اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها یا حتی در بعضی سؤال‌ها اختلاف نوترون‌ها و الکترون‌ها را به ما می‌دهند. باید توجه داشته باشیم که تعداد نوترون‌ها بیشتر است نه برعکس!

تست **اگر اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها در عنصر ^{۲۰۰}X، ۸ برابر اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها در $^{59}_{27}Co$ باشد، عدد اتمی عنصر X کدام است؟**

۱) ۸۰ ۲) ۷۸ ۳) ۸۶ ۴) ۹۲

پاسخ **راه اول** اول اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها را در $^{59}_{27}Co$ حساب می‌کنیم:

$$^{59}_{27}Co : p = Z = ۲۷ \ , \ n = A - Z = ۵۹ - ۲۷ = ۳۲ \Rightarrow n - p = ۳۲ - ۲۷ = ۵$$

اختلاف نوترون‌ها و الکترون‌ها در ^{۲۰۰}X، ۸ برابر این عدد یعنی برابر ۴۰ است ($۸ \times ۵ = ۴۰$)؛ یعنی:

$$^{۲۰۰}X : n - e = ۴۰$$

از طرفی می‌دانیم چون اتم ^{۲۰۰}X خنثی است، پس تعداد الکترون‌ها با پروتون‌ها برابر است، پس: $n - p = ۴۰$

از آن‌جا که عدد جرمی ^{۲۰۰}X برابر ۲۰۰ است، پس: $A = n + p = ۲۰۰$

پس از راه دو معادله، دو مجهول تعداد پروتون‌ها (که همان عدد اتمی است) به دست می‌آید:

$$\begin{cases} n - p = ۴۰ \\ n + p = ۲۰۰ \end{cases} \xrightarrow{\times(-۱)} \begin{cases} -n + p = -۴۰ \\ n + p = ۲۰۰ \end{cases} \xrightarrow[\text{جمع می‌کنیم}]{\text{دو معادله را با هم}} ۲p = ۱۶۰ \Rightarrow p = ۸۰$$

راه دوم به جای دو معادله، دو مجهول می‌توانیم از فرمول زیر هم تعداد پروتون‌ها را حساب کنیم:

$$p = \frac{A - (\text{اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها})}{۲}$$

$$^{۲۰۰}X \text{ در اتم} : p = \frac{۲۰۰ - ۴۰}{۲} = \frac{۱۶۰}{۲} = ۸۰$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

۲ تعداد ذره های زیراتمی در یک یون

در بعضی سؤال‌ها تعداد ذره‌های زیراتمی برای یک یون، پرسیده می‌شود. برای یک یون، تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها که مثل قبل حساب می‌شود، فقط می‌ماند تعداد الکترون‌ها.

اگر ذره‌ای بار مثبت داشته باشد، تعداد الکترون‌ها کم‌تر از تعداد پروتون‌ها است، بنابراین: $^{A}_{Z}X^{a+} \Rightarrow e = Z - a$

اگر ذره‌ای بار منفی داشته باشد، تعداد الکترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها است، پس: $^{A}_{Z}X^{a-} \Rightarrow e = Z + a$

تست **اگر تفاوت شمار الکترون‌ها با شمار نوترون‌ها در یون تک‌اتمی $^{93}X^{5+}$ برابر ۱۶ باشد، عدد اتمی این عنصر کدام است؟** (سراسری تجربی ۸۸ با تغییر)

۱) ۵۱ ۲) ۵۲ ۳) ۴۱ ۴) ۴۳

پاسخ **اول** از ذرهٔ $^{93}X^{5+}$ می‌فهمیم که:

$$p+n=93 \leftarrow {}^{93}X^{5+} \rightarrow p-e=5$$

هم‌چنین *طراح محترم گفته که* تفاوت الکترون‌ها و نوترون‌ها ۱۶ است؛ یعنی:

$$n-e=16$$

$$\begin{cases} 1)\ p+n=93 \\ 2)\ p-e=5 \\ 3)\ n-e=16 \end{cases} \xrightarrow[\text{معادلهٔ (۳) را در منفی ضرب می‌کنیم}]{\text{p را می‌خواهیم پس}} \begin{cases} p+n=93 \\ p-e=5 \\ -n+e=-16 \end{cases} \xrightarrow[\text{جمع می‌کنیم}]{\text{۳ معادله را با هم}} 2p=82$$

$$\Rightarrow p=41$$

دوم اختلاف نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۶ است:

$$n-e=16$$

این یون ۵ بار مثبت دارد؛ یعنی:

$$e=p-5$$

$$n-e=16 \xrightarrow{e=p-5} n-(p-5)=16 \Rightarrow n-p=11$$

پس تعداد پروتون‌ها برابر است با:

$$p=\frac{A-(\text{اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها})}{2}=\frac{93-11}{2}=\frac{82}{2}=41$$

گزینهٔ (۳) صحیح است.

۳ تعداد ذره های زیراتمی در یک مولکول

تعداد ذره‌های زیراتمی در یک مولکول برابر با مجموع ذره‌های زیراتمی تک‌تک اتم‌های آن است. مثلاً تعداد ذره‌های زیراتمی در مولکول H_2O به شکل زیر محاسبه می‌شود: $(^{16}_{8}O\ ,\ ^{1}_{1}H)$

۲ اتم $^{1}_{1}H$ (دارای ۱ پروتون، صفر نوترون و ۱ الکترون) و ۱ اتم $^{16}_{8}O$ (دارای ۸ پروتون، ۸ نوترون و ۸ الکترون) داریم، پس:

$$H_2O: p=2(1)+8=10\ ,\ n=2(0)+8=8\ ,\ e=2(1)+8=10$$

نکته اگر یک یون چنداتمی داشته باشیم (یونی که بیشتر از یک اتم دارد)، به تعداد بار مثبت از الکترون‌ها کم می‌کنیم و به تعداد بار منفی به الکترون‌ها اضافه می‌کنیم. مثلاً تعداد الکترون‌ها در NH_4^+ و CO_3^{2-} برابر است با:

$$(^{16}_{8}O\ ,\ ^{12}_{6}C\ ,\ ^{14}_{7}N\ ,\ ^{1}_{1}H)$$

$$NH_4^+: e=7+4(1)\underbrace{-1}_{\text{یک بار مثبت}}=10 \quad , \quad CO_3^{2-}: e=6+3(8)\underbrace{+2}_{\text{دو بار منفی}}=32$$

تست تعداد الکترون‌های کدام گونه با بقیه متفاوت است؟ $(_{6}C, _{7}N, _{8}O, _{9}F)$ (المپیاد شیمی ۹۰)

۱) NO_2^+ ۲) CNO^- ۳) OF_2 ۴) CO_2

پاسخ برای هر گونه تعداد الکترون‌ها را حساب می‌کنیم:

$CNO^-: e = 6+7+8+\underbrace{1}_{\text{یک بار منفی}} = 22$ ، $NO_2^+: e = 7+2(8)-\underbrace{1}_{\text{یک بار مثبت}} = 22$

$CO_2: e = 6+2(8) = 22$ ، $OF_2: e = 8+2(9) = 26$

بنابراین تعداد الکترون‌ها در گونهٔ OF_2 با بقیه متفاوت است.

گزینهٔ (۳) صحیح است.

ایزوتوپ‌ها

ایزوتوپ‌های یک عنصر، ذره‌هایی هستند که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت دارند:

A متفاوت ، Z یکسان :ایزوتوپ‌های یک عنصر

در واقع تفاوت بین ایزوتوپ‌های یک عنصر، تفاوت در تعداد نوترون‌های آن‌ها است. مثلاً عنصر کلر در طبیعت دارای ۲ ایزوتوپ پایدار کلر ـ ۳۵ $(^{35}_{17}Cl)$ و کلر ـ ۳۷ $(^{37}_{17}Cl)$ است.

$^{35}_{17}Cl: p = Z = \boxed{17}$ ، $n = A - Z = 35 - 17 = 18$

$^{37}_{17}Cl: p = Z = \boxed{17}$ ، $n = A - Z = 37 - 17 = 20$

نکته از آن‌جا که تعداد پروتون‌ها (Z) خواص شیمیایی یک عنصر را تعیین می‌کند، خواص شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است و به دلیل تفاوت در تعداد نوترون‌ها، خواص فیزیکی وابسته به جرم، مثل چگالی برای آن‌ها متفاوت است.

تشخیص ایزوتوپ‌های یک عنصر

تست چه تعداد از داده‌های زیر، عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «اگر شمار ..... در ..... برابر ..... باشد، این ذره یکی از ایزوتوپ‌های عنصر $_{12}Mg$ محسوب می‌شود.»

آ) الکترون ـ A^{26} ـ ۱۲ ب) نوترون ـ $_{26}D$ ـ ۳۰ پ) پروتون ـ G^{26} ـ ۱۲ ت) الکترون ـ $_{26}E^{3+}$ ـ ۱۰

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ در صورتی یک ذره می‌تواند ایزوتوپ عنصر $_{12}Mg$ باشد که تعداد پروتون‌هایش ۱۲ باشد، پس تک‌تک ماده‌ها را بررسی می‌کنیم:

(آ): درست. A^{26} ذره‌ای خنثی است؛ یعنی $e = Z = 12$. بنابراین ۱۲ پروتون دارد.

(ب): نادرست. تعداد پروتون‌ها در $_{26}D$ برابر است با: $p = Z = 26$

(پ): درست. تعداد پروتون G^{26}، برابر ۱۲ است.

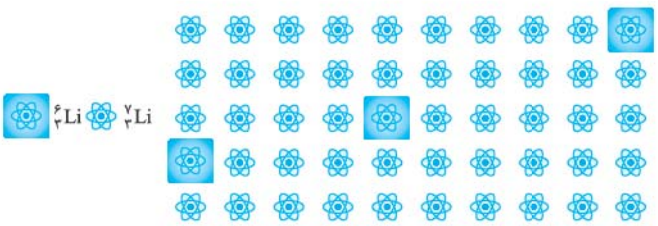
(ت): نادرست. با توجه به تعداد الکترون‌های $_{26}E^{3+}$ می‌توانیم تعداد پروتون را حساب کنیم.

$e = Z - 3 \Rightarrow 10 = Z - 3 \Rightarrow Z = p = 13$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

فراوانی ایزوتوپ‌ها

ایزوتوپ‌های پایدار یک عنصر در طبیعت فراوانی‌های متفاوتی دارند، مثلاً شکل مقابل بخشی از یک نمونهٔ طبیعی از عنصر لیتیم است:



برای محاسبهٔ درصد فراوانی هر ایزوتوپ، می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$\text{درصد فراوانی هر ایزوتوپ} = \frac{\text{تعداد اتم‌های آن ایزوتوپ}}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times ۱۰۰$$

اگر شکل بالا را خوب ببینید، به ازای ۵۰ اتم لیتیم، ۳ اتم $^{6}_{3}Li$ و ۴۷ اتم $^{7}_{3}Li$ وجود دارد؛ بنابراین:

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ } ^{6}_{3}Li = \frac{\text{تعداد اتم‌های } ^{6}_{3}Li}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times ۱۰۰ = \frac{۳}{۵۰} \times ۱۰۰ = ٪۶$$

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ } ^{7}_{3}Li = \frac{\text{تعداد اتم‌های } ^{7}_{3}Li}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times ۱۰۰ = \frac{۴۷}{۵۰} \times ۱۰۰ = ٪۹۴$$

تست **با توجه به شکل‌های زیر که بخشی از یک نمونهٔ طبیعی از عنصرهای بور و منیزیم را نشان می‌دهند، کدام گزینه نادرست است؟**

۱) در ایزوتوپ‌های طبیعی عنصر بور، فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر، کم‌تر است.

۲) در ٪۸۰ ایزوتوپ‌های عنصر بور، تعداد نوترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها است.

۳) در یون $^{24}_{12}Mg^{2+}$ بار مثبت سنگین‌ترین ایزوتوپ عنصر منیزیم، اختلاف نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۴ است.

۴) اگر در یک نمونهٔ طبیعی عنصر منیزیم ۳۹ اتم $^{24}_{12}Mg$، ۵ اتم $^{25}_{12}Mg$ و ۶ اتم $^{26}_{12}Mg$ وجود داشته باشد، درصد فراوانی ایزوتوپ منیزیم ـ ۲۶، برابر ٪۱۰ است.

پاسخ درصد فراوانی $^{26}_{12}Mg$ برابر می‌شود با:

$$\text{درصد فراوانی } ^{26}_{12}Mg = \frac{\text{تعداد اتم‌های } ^{26}_{12}Mg}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times ۱۰۰ = \frac{۶}{۳۹+۵+۶} \times ۱۰۰ = \frac{۶}{۵۰} \times ۱۰۰ = ٪۱۲$$

سایر گزینه‌ها

۱) در ۳۰ اتم عنصر بور، ۶ ایزوتوپ $^{10}_{5}B$ وجود داشته و ۲۴ ایزوتوپ $^{11}_{5}B$ وجود دارد.

۲) در ایزوتوپ $^{11}_{5}B$ تعداد نوترون‌ها بیشتر از پروتون‌ها است (۵ پروتون و ۶ نوترون) که درصد فراوانی آن ۸۰٪ است:

$$\text{درصد فراوانی } {}^{11}_{5}B = \frac{\text{تعداد اتم‌های } {}^{11}_{5}B}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times 100 = \frac{\cancel{24}^{4}}{\cancel{30}_{5}} \times 100 = 80\%$$

۳) سنگین‌ترین ایزوتوپ عنصر منیزیم، $^{26}_{12}Mg$ است که تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها در یون ۲ بار مثبت آن برابر است با:

$$^{26}_{12}Mg^{2+} : n = A - Z = 26 - 12 = 14 \ , \ e = Z - 2 = 12 - 2 = 10$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

۳ ارتباط بین فراوانی ایزوتوپ‌ها

در بعضی از سؤال‌ها ارتباط بین تعداد ایزوتوپ‌های یک عنصر را به ما می‌دهند و فراوانی ایزوتوپ‌ها را می‌خواهند. تست پایین را خوب ببینید.

نکته مجموع درصد فراوانی در ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر برابر با ۱۰۰ است.

تست اگر بین ایزوتوپ‌های طبیعی عنصر X، به ازای هر اتم ^{a}X، ۲ اتم ^{a+2}X و به ازای هر اتم ^{a+2}X، ۳ اتم ^{a+4}X وجود داشته باشد، درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر کدام است؟

۱) ۱۱/۱ ۲) ۲۲/۲ ۳) ۶۶/۶ ۴) ۱۶/۶

پاسخ **اول** به ازای هر اتم ^{a}X، ۲ اتم ^{a+2}X داریم؛ یعنی فراوانی ^{a+2}X (F_2)، ۲ برابر فراوانی ^{a}X (F_1) است:

$$F_2 = 2 \times F_1 \quad (I)$$

به ازای هر اتم ^{a+2}X، ۳ اتم ^{a+4}X داریم؛ یعنی فراوانی ^{a+4}X (F_3)، ۳ برابر فراوانی ^{a+2}X (F_2) است:

$$F_3 = 3 \times F_2 \xrightarrow{F_2 = 2 \times F_1} F_3 = 3 \times 2 \times F_1 = 6 \times F_1 \quad (II)$$

مجموع درصد فراوانی در ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر برابر با ۱۰۰ است:

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100$$

$$\xrightarrow{(I),(II)} F_1 + 2 \times F_1 + 6 \times F_1 = 100 \Rightarrow 9 \times F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = \frac{100}{9} = \frac{1}{9} \times 100 = 11/1\%$$

دوم

به ازای هر اتم ^{a}X، ۲ اتم ^{a+2}X و به ازای هر ^{a+2}X، ۳ اتم ^{a+4}X داریم، پس: $^{a+4}X \simeq 6 \ ^{a+2}X \simeq 2 \ ^{a}X$

بنابراین درصد فراوانی ^{a}X برابر است با: $\text{درصد فراوانی } {}^{a}X = \frac{\text{تعداد اتم‌های } {}^{a}X}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times 100 = \frac{1}{9} \times 100 = 11/1\%$

اگر مخرج کسری ۹ باشد، جواب آن برابر است با: $\frac{a}{9} = 0/\overline{a} \Rightarrow \frac{1}{9} = 0/\overline{1}, \frac{5}{9} = 0/\overline{5}$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

متلاشی شدن ایزوتوپ‌های ناپایدار

هستهٔ بعضی از ایزوتوپ‌های یک عنصر ناپایدار هستند؛ یعنی با گذشت زمان متلاشی می‌شوند و علاوه بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی تولید می‌کنند.

نکته اغلب هسته‌هایی که نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها، بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۵ باشد، ناپایدارند.

هستهٔ ناپایدار $\Rightarrow \frac{n}{p} \geq 1/5$ اغلب

به ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ می‌گوییم. میزان پایداری رادیوایزوتوپ‌ها را با کمیتی به نام **نیم‌عمر** نشان می‌دهیم؛ هر چه نیم‌عمر ایزوتوپی کم‌تر باشد، ناپایدارتر است. نیم‌عمر تعریف ساده‌ای دارد:

«نیم‌عمر، مدت‌زمانی است که نصف رادیوایزوتوپ متلاشی می‌شود.» مثلاً اگر نیم‌عمر یک ایزوتوپ ۲۰ دقیقه باشد، بعد از ۲۰ دقیقه جرم آن به $\frac{1}{2}$ جرم اولیه و بعد از ۲۰ دقیقهٔ دیگر جرم آن به $\frac{1}{4}$ جرم اولیه می‌رسد.

اگر نیم‌عمر ایزوتوپی را به ما بدهند و بعد از گذشت چند نیم‌عمر، جرم باقی‌مانده را از ما بخواهند، می‌توانیم با رسم جدولی مثل جدول زیر، جرم باقی‌مانده را حساب کنیم (T: نیم‌عمر، m_0: جرم اولیهٔ ایزوتوپ):

زمان (t)	۰	T	$2T$	$3T$	$4T$	$5T$	...
جرم باقی‌مانده (m)	m_0	$\frac{1}{2}m_0$	$\frac{1}{4}m_0$	$\frac{1}{8}m_0$	$\frac{1}{16}m_0$	$\frac{1}{32}m_0$	...

اگه حال و حوصله نداری برای هر سؤال جدول بکشی می‌تونی از روابط زیر هم استفاده کنی:

- اگر تعداد نیم‌عمرها (n) را داشته باشیم، جرم باقی‌مانده (m) برابر است با: $m = (\frac{1}{2})^n . m_0$
- بعضی وقت‌ها کل زمان سپری‌شده (t) و نیم‌عمر ایزوتوپ (T) را به ما می‌دهند، در این صورت تعداد نیم‌عمرها برابر است با: $n = \frac{t}{T}$
- جرم تجزیه‌شده از ایزوتوپ پرتوزا برابر است با: جرم تجزیه‌شده = جرم اولیه − جرم باقی‌مانده $= m_0 - (\frac{1}{2})^n m_0$

تست **نیم‌عمر ایزوتوپی ۱ ساعت است. اگر جرم ایزوتوپ اولیه ۱ گرم باشد. برای تجزیهٔ ۹۳/۷۵٪ آن چند ساعت زمان لازم است؟** **(برگرفته از سراسری ریاضی ۹۳)**

۱) ۴
۲) ۵
۳) ۸
۴) ۱۰

پاسخ **راول** درصد جرم باقی‌مانده و همین‌طور جرم باقی‌مانده برابر است با:

درصد جرم باقی‌مانده $= ۱۰۰ - ۹۳/۷۵ = ٪۶/۲۵ \Rightarrow$ جرم باقی‌مانده $(m) = \frac{6/25}{100} \times 1 = \frac{1}{16}\,g$

بنابراین با توجه به جدول زیر:

زمان (برحسب ساعت) (t)	۰	T	$2T$	$3T$	$4T$
جرم باقی‌مانده (برحسب گرم) (m)	۱	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$

$\Rightarrow$ تعداد نیم‌عمر $= 4$

بنابراین ۴ ساعت $(4 \times 1\,h)$ زمان لازم است.

دوم جرم باقی‌مانده (m) برابر است با:

$$\%m = 100 - 93/75 = \%6/25 \Rightarrow m = \frac{6/25}{100} \times 1\,g$$

با استفاده از رابطه، n محاسبه می‌شود: $m = (\frac{1}{2})^n \times m_0 \Rightarrow \frac{6/25}{100} \times 1 = (\frac{1}{2})^n \times 1 \Rightarrow \frac{1}{16} = (\frac{1}{2})^n \Rightarrow n = 4$

بنابراین کل زمان لازم برابر است با:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow t = nT = 4 \times 1\,h = 4\,h$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

تست **از هسته‌های اولیهٔ یک مادهٔ رادیواکتیو پس از ۹ سال ۱۲/۵ درصد آن باقی مانده است. نیم‌عمر این ماده چند سال است؟** (سراسری تجربی ۸۸ - درس فیزیک)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

پاسخ با توجه به رابطهٔ جرم باقی‌مانده، تعداد نیم‌عمر (n) را حساب می‌کنیم:

$$m = (\frac{1}{2})^n \times m_0 \Rightarrow \frac{12/5}{100} m_0 = (\frac{1}{2})^n \times m_0 \Rightarrow \frac{1}{8} = (\frac{1}{2})^n \Rightarrow n = 3$$

با توجه به زمان کل (سال $t = 9$)، نیم‌عمر (T) برابر است با: سال $3 = \frac{9 \text{ سال}}{3} = \frac{t}{n} = T \Rightarrow n = \frac{t}{T}$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

تست **در حفاری باستان‌شناسی شهر سوخته، یک اجاق پخت‌وپز با زغال کشف شد. اگر میزان جرم کربن ـ ۱۴ موجود در زغال آن ۳/۱۲۵ درصد جرم عادی کربن ـ ۱۴ باشد، این اجاق چند سال قدمت دارد؟ (نیم‌عمر کربن ـ ۱۴ برابر ۵۰۰۰ سال است.)**

۱) ۲۰۰۰۰ ۲) ۲۵۰۰۰ ۳) ۳۰۰۰۰ ۴) ۳۵۰۰۰

پاسخ با توجه به رابطهٔ جرم باقی‌مانده، تعداد نیم‌عمرها محاسبه می‌شود:

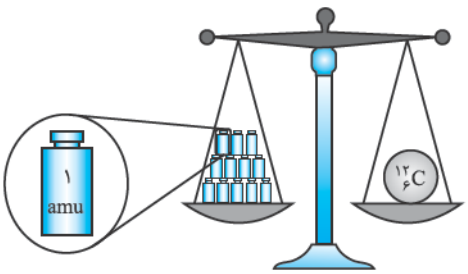
$$m = (\frac{1}{2})^n \times m_0 \Rightarrow \frac{3/125}{100} \times m_0 = (\frac{1}{2})^n \times m_0 \Rightarrow \frac{1}{32} = (\frac{1}{2})^n \Rightarrow n = 5$$

بنابراین کل زمان لازم (t) یا قدمت این اجاق برابر است با:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow t = nT = 5 \times 5000 \text{ سال} = 25000 \text{ سال}$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

amu و جرم ذره‌های زیراتمی



اتم ذرهٔ بسیار کوچکی است که جرم خیلی‌خیلی کمی دارد و با ترازوهای معمولی نمی‌توانیم جرم آن را اندازه بگیریم. برای همین دانشمندان *اومدن یه کلکی زدن* و جرم اتم‌ها را به صورت نسبی در نظر گرفتند و یکایی معرفی کردند به اسم amu[1]! «به $\frac{1}{12}$ جرم یک اتم کربن ـ ۱۲ $(^{12}_{6}C)$ یک amu می‌گوییم.»

۱- atomic mass unit

بنابراین جرم هر اتم ${}^{12}_{6}C$ برابر با ۱۲ amu شده و جرم اتمی منیزیم ـ ۲۴ (${}^{24}_{12}Mg$) که ۲ برابر جرم ${}^{12}_{6}C$ است، برابر با ۲۴ amu می‌شود. به همین ترتیب جرم بقیهٔ اتم‌ها هم محاسبه می‌شود.

نکته جرم پروتون و نوترون تقریباً با هم برابر و حدود ۱ amu است، ولی جرم الکترون خیلی ناچیز و حدود $\frac{1}{2000}$ amu است.

نام ذره	نماد[1]	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	${}^{0}_{-1}e$	-1	۰/۰۰۰۵
پروتون	${}^{1}_{+1}p$	$+1$	۱/۰۰۷۳
نوترون	${}^{1}_{0}n$	۰	۱/۰۰۸۷

به همین دلیل جرم اتمی هر ذره را می‌توانیم با استفاده از عدد جرمی $(p+n)$ آن تخمین بزنیم. مثلاً جرم اتمی ${}^{23}_{11}Na$ تقریباً برابر با ۲۳ amu است.

${}^{23}_{11}Na : A = p + n = 23 \Rightarrow$ جرم اتمی ${}^{23}_{11}Na \simeq 23$ amu

نکته هر amu تقریباً معادل $1/66 \times 10^{-24}$ گرم است.

تست **کلر در طبیعت دارای ۲ ایزوتوپ با جرم اتمی ۳۵ amu و ۳۷ amu و کربن دارای ۲ ایزوتوپ با جرم اتمی ۱۲ amu و ۱۳ amu است. تفاوت جرم مولکولی سبک‌ترین و سنگین‌ترین مولکول کربن تتراکلرید (CCl_4)، چند amu است؟** (سراسری ریاضی ۹۴ با تغییر)

۱) ۶ ۲) ۷ ۳) ۸ ۴) ۹

پاسخ سبک‌ترین مولکول CCl_4 از سبک‌ترین ایزوتوپ‌ها یعنی ${}^{12}_{6}C$ و ${}^{35}_{17}Cl$ تشکیل شده است:

جرم مولکولی سبک‌ترین $CCl_4 = 12 + 4(35)$ amu

سنگین‌ترین مولکول CCl_4 از سنگین‌ترین ایزوتوپ‌ها یعنی ${}^{13}_{6}C$ و ${}^{37}_{17}Cl$ تشکیل شده است:

جرم مولکولی سنگین‌ترین $CCl_4 = 13 + 4(37)$ amu

بنابراین تفاوت آن‌ها برابر است با:

$$\underbrace{[13 + 4(37)]}_{=1} - [12 + \underbrace{4(35)}_{=4\times2}] = 9 \text{ amu}$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

تست **اگر جرم الکترون با تقریب برابر $\frac{1}{2000}$ جرم هر یک از ذره‌های پروتون و نوترون فرض شود، نسبت جرم الکترون‌ها در اتم ${}^{2Z}_{Z}A$، به جرم این اتم، به کدام کسر نزدیک‌تر است؟** (سراسری تجربی ۸۹)

۱) $\frac{1}{1000}$ ۲) $\frac{1}{2000}$ ۳) $\frac{1}{4000}$ ۴) $\frac{1}{5000}$

پاسخ اگر جرم پروتون و نوترون را با هم یکسان و برابر m_p در نظر بگیریم:

جرم الکترون $= \frac{1}{2000} m_p$

بنابراین جرم الکترون‌ها برابر است با:

جرم الکترون‌های ${}^{2Z}_{Z}A = Z \times \frac{1}{2000} m_p$

از آن‌جا که جرم الکترون در مقابل پروتون و نوترون ناچیز است، جرم اتم را می‌توانیم به تقریب برابر جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها در نظر بگیریم، پس:

جرم اتم ${}^{2Z}_{Z}A = 2Z \times m_p$

۱- در این نماد، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کند.

بنابراین نسبت جرم الکترون‌ها به جرم اتم در ${}^{۲Z}_{Z}A$ برابر می‌شود با:

$$\frac{\text{جرم الکترون‌ها}}{\text{جرم اتم}} = \frac{Z \times \frac{۱}{۲۰۰۰} m_p}{۲Z \times m_p} = \frac{۱}{۴۰۰۰}$$

گزینهٔ (۳) صحیح است.

جرم اتمی میانگین

می‌دانیم که ایزوتوپ‌های یک عنصر در طبیعت فراوانی‌های متفاوتی دارند، پس برای محاسبهٔ جرم اتمی یک عنصر باید از جرم ایزوتوپ‌های مختلف آن میانگین بگیریم ولی نه میانگین‌گیری ساده! باید میانگین‌گیری با در نظر گرفتن فراوانی هر ایزوتوپ باشد.

میانگین‌گیری با در نظر گرفتن فراوانی مثل معدل‌گیری از درس‌های مختلف می‌ماند. مثلاً اگر نمرهٔ درس شیمی شما ۲۰ باشد (با ضریب ۳) و نمرهٔ درس ورزش شما ۱۰ باشد (با ضریب ۱)، معدل این دو درس شما برابر است با:

$$\text{معدل شیمی و ورزش} = \frac{(\text{ضریب ورزش} \times \text{نمرهٔ ورزش}) + (\text{ضریب شیمی} \times \text{نمرهٔ شیمی})}{\text{مجموع ضریب‌ها}} = \frac{(۲۰ \times ۳) + (۱۰ \times ۱)}{۴}$$

$$= \frac{۷۰}{۴} = ۱۷/۵$$

جرم اتمی میانگین ایزوتوپ‌های یک عنصر از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود:

$$\bar{M} = \frac{M_۱F_۱ + M_۲F_۲ + \cdots}{F_۱ + F_۲ + \cdots}$$

$\bar{M}$: جرم اتمی میانگین ، M_i: جرم اتمی هر ایزوتوپ ، F_i: فراوانی هر ایزوتوپ

نکته اگر فراوانی‌ها برحسب درصد باشد، مجموع درصد فراوانی‌ها برابر با ۱۰۰ می‌شود: $F_۱ + F_۲ + \cdots = ۱۰۰$

حالا می‌خواهیم یک فرمولی برایتان بگوییم که مثل باقلوا محاسباتتان را شیرین کند!

$$\bar{M} = M_۱ + [\text{تفاوت جرم ایزوتوپ (۲) با ایزوتوپ (۱)}] \times \frac{F_۲}{۱۰۰} + [\text{تفاوت جرم ایزوتوپ (۳) با ایزوتوپ (۱)}] \times \frac{F_۳}{۱۰۰} + \cdots$$

$$\bar{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱) \times \frac{F_۲}{۱۰۰} + (M_۳ - M_۱) \times \frac{F_۳}{۱۰۰} + \cdots$$

تست بعد را خوب ببینید تا درک کنید چرا به این فرمول می‌گوییم باقلوا!

تست **نقره دارای ۲ ایزوتوپ با جرم اتمی ۱۰۶/۹ و ۱۰۸/۹ است. اگر فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر آن برابر با ۵۲ درصد باشد، جرم اتمی متوسط نقره کدام است؟** (سراسری ریاضی ۸۴)

۱) ۱۰۷/۸۴ ۲) ۱۰۷/۸۶ ۳) ۱۰۷/۸۸ ۴) ۱۰۷/۸۹

پاسخ اول فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر ($F_۲$) را حساب می‌کنیم: $F_۱ + F_۲ = ۱۰۰ \Rightarrow F_۲ = ۱۰۰ - F_۱ = ۱۰۰ - ۵۲ = ۴۸$

راول با توجه به اطلاعات سؤال جرمی اتمی میانگین برابر است با:

$$\bar{M} = \frac{M_۱F_۱ + M_۲F_۲}{F_۱ + F_۲} = \frac{(۱۰۶/۹ \times ۵۲) + (۱۰۸/۹ \times ۴۸)}{۱۰۰}$$

حالا بشین حساب کتاب کن! بیایید ببینیم با این راه چه محاسباتی باید انجام بدهیم:

(۱) $\begin{array}{r} ۱۰۶/۹ \\ \times \quad ۵۲ \\ \hline ۲۱۳/۸ \\ ۵۳۴۵/۰ \\ \hline ۵۵۵۸/۸ \end{array}$ (۲) $\begin{array}{r} ۱۰۸/۹ \\ \times \quad ۴۸ \\ \hline ۸۷۱/۲ \\ ۴۳۵۶/۰ \\ \hline ۵۲۲۷/۲ \end{array}$ (۳) $\begin{array}{r} {\scriptstyle ۱۱} \\ ۵۵۵۸/۸ \\ +۵۲۲۷/۲ \\ \hline ۱۰۷۸۶/۰ \end{array}$

وع در نهایت:

$$\bar{M}=\frac{۱۰۷۸۶/۰}{۱۰۰}=۱۰۷/۸۶$$

راه دوم با توجه به اطلاعات سؤال:

$$\bar{M}=M_۱+(M_۲-M_۱)\times\frac{F_۲}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow \bar{M}=۱۰۶/۹+\overbrace{(۱۰۸/۹-۱۰۶/۹)}^{۲}\times\frac{۴۸}{۱۰۰}=۱۰۶/۹+\frac{۲\times۴۸}{۱۰۰}=۱۰۶/۹+۰/۹۶=۱۰۷/۸۶$$

تو راه دوم دو محاسبهٔ مردافکن! ($\frac{۲\times۴۸}{۱۰۰}$ و $۰/۹۶+۱۰۶/۹$) *داشتیم!*

گزینهٔ (۲) صحیح است.

تست **عنصر A دارای ۳ ایزوتوپ $A^{۸۴}$، $A^{۸۶}$ و $A^{۸۸}$ است. اگر درصد فراوانی سبک‌ترین ایزوتوپ آن ۲۰٪ و جرم اتمی میانگین A برابر ۸۶/۴ باشد، درصد فراوانی دو ایزوتوپ دیگر به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ (عدد جرمی را به تقریب معادل جرمی اتمی هر ایزوتوپ در نظر بگیرید.)** (سراسری تجربی خارج ۹۵)

۱) ۲۰، ۶۰ ۲) ۴۰، ۴۰ ۳) ۵۰، ۳۰ ۴) ۶۰، ۲۰

پاسخ مجموع درصد فراوانی‌ها برابر ۱۰۰ است؛ بنابراین:

$$F_۱+F_۲+F_۳=۱۰۰ \Rightarrow ۲۰+F_۲+F_۳=۱۰۰ \Rightarrow F_۲=۸۰-F_۳$$

راه اول با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}$$

$$۸۶/۴=\frac{(۸۴\times۲۰)+(۸۶\times(۸۰-F_۳))+۸۸\times F_۳}{۱۰۰} \Rightarrow ۸۶۴۰=۱۶۸۰+۶۸۸۰\overbrace{-۸۶F_۳+۸۸F_۳}^{۲F_۳}$$

$$\Rightarrow ۸۶۴۰-۱۶۸۰-۶۸۸۰=۲F_۳ \Rightarrow ۸۰=۲F_۳ \Rightarrow F_۳=۴۰ \ , \ F_۲=۸۰-F_۳=۴۰$$

راه دوم (محاسبات ساده‌تر):

$$\bar{M}=M_۱+(M_۲-M_۱)\times\frac{F_۲}{۱۰۰}+(M_۳-M_۱)\times\frac{F_۳}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow ۸۶/۴=۸۴+\overbrace{(۸۶-۸۴)}^{۲}\times\frac{۸۰-F_۳}{۱۰۰}+\overbrace{(۸۸-۸۴)}^{۴}\times\frac{F_۳}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow ۲/۴=\frac{۱۶۰-۲F_۳+۴F_۳}{۱۰۰} \Rightarrow ۲۴۰=۱۶۰+۲F_۳ \Rightarrow ۸۰=۲F_۳ \Rightarrow F_۳=۴۰ \quad , \quad F_۲=۸۰-F_۳=۴۰$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

مول

از آن‌جا که اتم‌ها خیلی ریز تشریف دارند، برای این‌که تعداد اتم‌های یک توده ماده (حتی ۰/۰۱ گرم) را بشماریم تا صبح طول می‌کشد. (*البته رفیق‌ترش اینه که تا آخر عمر هم نمی‌شه شمردش!*)

برای همین دانشمندان زرنگ آمدند و یک واحد شمارش اختراع کردند به نام مول!

«یک مول از هر ماده‌ای تعداد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ تا از آن ماده است.»، مثلاً ۱ مول اسکناس هزارتومانی برابر با $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ تا اسکناس هزارتومانی است. شیمی‌دان‌ها هم وقتی می‌گویند ۱ مول اتم کربن؛ یعنی تعداد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ تا اتم کربن.

نکته به عدد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$، عدد آووگادرو می‌گوییم و آن را با N_A نشان می‌دهیم.

شاید بپرسید چرا عدد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$؟ مثلاً چرا نگفتند ۱ میلیارد؟

دلیلش همان زرنگی دانشمندان است. آن‌ها عدد آووگادرو را جوری تعریف کردند که اگر جرم یک اتم x amu باشد، جرم ۱ مول از آن هم x گرم بشود. مثلاً:

$$^{۲۳}_{۱۱}Na: \text{جرم اتمی} = \boxed{۲۳}\ \text{amu}$$

$$^{۲۳}_{۱۱}Na: \text{جرم مولی} = \boxed{۲۳}\ g.mol^{-۱}$$

مول ـ ذره

در بعضی سؤال‌ها تعداد ذره‌های یک ماده را به ما می‌دهند و تعداد مول آن را از ما می‌خواهند و یا برعکس.

برای حل این سؤال‌ها از راه کسر تبدیل، باید به هم‌ارزی روبه‌رو توجه داشته باشیم: $۱\,mol = ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$

مثلاً ۱ مول از اتم‌های Cu برابر $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ اتم Cu است: $۱\,mol\,Cu = ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ اتم Cu

و ۱ مول از مولکول‌های $H_۲O$ برابر $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ مولکول $H_۲O$ است: $۱\,mol\,H_۲O = ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ مولکول $H_۲O$

نکته تعداد مول‌های یک ماده را می‌توانیم از رابطهٔ روبه‌رو محاسبه کنیم.

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{N_A}$$

تست **چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟**

آ) $۹/۰۳\times۱۰^{۲۰}$ اتم مس برابر ۰/۰۰۱۵ مول مس است.

ب) تعداد الکترون‌های ۰/۰۱ مول $^{+}_{۱۱}Na$ برابر با $۶/۰۲\times۱۰^{۲۲}$ است.

پ) تعداد پروتون‌های ۰/۰۱ مول $^{۳+}_{۱۳}Al$ برابر با $۶/۰۲\times۱۰^{۲۲}$ است.

ت) ۰/۰۳ مول آهن برابر با $۱/۸۰۶\times۱۰^{۲۱}$ اتم آهن است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ همهٔ عبارت‌ها را باید تک‌تک بررسی کنیم:

(آ): درست. **راه اول** تعداد اتم‌های مس را با کسر تبدیل $\frac{۱\,mol\,Cu}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم}\,Cu}$ به مول تبدیل می‌کنیم:

$$\overset{۳}{\cancel{۹/۰۳}}\times۱۰^{۲۰}\ \text{اتم}\,Cu\times\frac{۱\,mol\,Cu}{\underset{۲}{\cancel{۶/۰۲}}\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم}\,Cu} = ۱/۵\times۱۰^{-۳}\ mol\,Cu = ۰/۰۰۱۵\ mol\,Cu$$

راه دوم

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{N_A} = \frac{\overset{۳}{\cancel{۹/۰۳}}\times۱۰^{۲۰}}{\underset{۲}{\cancel{۶/۰۲}}\times۱۰^{۲۳}} = ۱/۵\times۱۰^{-۳} = ۰/۰۰۱۵\ mol$$

(ب): درست. اول تعداد الکترون‌ها را در یک ذره $_{11}Na^+$ حساب می‌کنیم: $_{11}Na^+ : e = Z - 1 = 11 - 1 = 10$

بعد تعداد مول $_{11}Na^+$ را با کسر تبدیل $\frac{\text{۶/۰۲}\times10^{23}\ \text{ذره}\ _{11}Na^+}{1\ mol\ _{11}Na^+}$ به تعداد ذرهٔ $_{11}Na^+$ تبدیل می‌کنیم:

$$0/01\ mol\ _{11}Na^+ \times \frac{\text{۶/۰۲}\times10^{23}\ \text{ذره}\ _{11}Na^+}{1\ mol\ _{11}Na^+} \times \frac{10\ \text{الکترون}}{1\ \text{ذره}\ _{11}Na^+} = \text{۶/۰۲}\times10^{22}\ \text{الکترون}$$

(پ): نادرست. تعداد پروتون‌ها در یک ذره $_{13}Al^{3+}$ برابر ۱۳ است؛ بنابراین:

$$0/01\ mol\ _{13}Al^{3+} \times \frac{\text{۶/۰۲}\times10^{23}\ \text{ذره}\ _{13}Al^{3+}}{1\ mol\ _{13}Al^{3+}} \times \frac{13\ \text{پروتون}}{1\ \text{ذره}\ _{13}Al^{3+}} = 13\times\text{۶/۰۲}\times10^{21}$$

(ت): نادرست.

$$0/03\ mol\ Fe \times \frac{\text{۶/۰۲}\times10^{23}\ \text{اتم}\ Fe}{1\ mol\ Fe} = 3\times\text{۶/۰۲}\times10^{21} = \text{۱۸/۰۶}\times10^{21} = \text{۱/۸۰۶}\times10^{22}$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

مول ـ جرم

جرم مولی هر اتم را با واحد گرم بر مول $(g.mol^{-1})$ بیان می‌کنیم. از جرم مولی هر ماده‌ای می‌توانیم یک هم‌ارزی استخراج کنیم. مثلاً جرم مولی Fe برابر با $56\ g.mol^{-1}$ است؛ بنابراین: $1\ mol\ Fe = 56\ g\ Fe$

تعداد مول آهن در ۷ گرم از آن برابر است با: $7\ g\ Fe \times \frac{1\ mol\ Fe}{56\ g\ Fe} = \frac{7}{56} = \frac{1}{8} = 0/125\ mol\ Fe$

نکته تعداد مول‌های یک ماده را می‌توانیم از رابطهٔ زیر محاسبه کنیم:

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} \xrightarrow{\text{در مثال بالا}} \text{تعداد مول Fe} = \frac{7}{56} = \frac{1}{8} = 0/125\ mol\ Fe$$

نکته جرم مولی یک مولکول برابر با مجموع جرم مولی تک‌تک اتم‌های آن است. مثلاً جرم مولی H_2O برابر است با:

$(O = 16, H = 1 : g.mol^{-1})$

$$\text{جرم مولی } H_2O = (\text{جرم مولی O} \times 1) + (\text{جرم مولی H} \times 2) = (1\times16) + (2\times1) = 18\ g.mol^{-1}$$

تست **تعداد مول‌های آب در ۴ گرم از آن و جرم ۰/۵ مول از NaCl برحسب گرم به ترتیب از راست به چپ در کدام گزینه آمده است؟** $(Cl = 35/5, Na = 23, O = 16, H = 1 : g.mol^{-1})$

۱) ۰/۲۵، ۳۰/۲۵ ۲) ۰/۲۲، ۳۰/۲۵ ۳) ۰/۲۵، ۲۹/۲۵ ۴) ۰/۲۲، ۲۹/۲۵

پاسخ جرم مولی H_2O برابر است با: $\text{جرم مولی } H_2O = (2\times1) + 16 = 18\ g.mol^{-1}$

بنابراین تعداد مول H_2O برابر می‌شود با: $4\ g\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18\ g\ H_2O} = \frac{4}{18} = \frac{2}{9} = 0/22\ mol\ H_2O$

جرم مولی NaCl برابر است با: $\text{جرم مولی } NaCl = 23 + 35/5 = 58/5\ g.mol^{-1}$

حالا جرم NaCl محاسبه می‌شود: $\overset{\frac{1}{2}}{(0/5)}\ mol\ NaCl \times \frac{58/5\ g\ NaCl}{1\ mol\ NaCl} = \frac{58/5}{2} = 29/25\ g\ NaCl$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

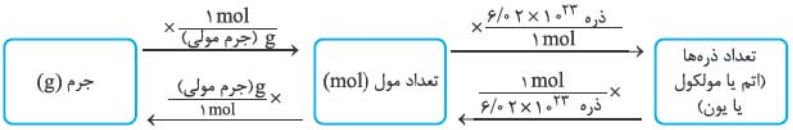
جرم ـ ذره ۳

در بعضی سؤال‌ها تعداد ذره‌های یک ماده را به ما می‌دهند و جرم ماده را از ما می‌خواهند. برای حل این سؤال‌ها:

۱) اول تعداد ذره‌ها را با کسر تبدیل $\frac{1\,mol}{6/02\times10^{23}\ ذره}$ به مول تبدیل می‌کنیم.

۲) بعد با استفاده از کسر تبدیل $\frac{g\ (جرم\ مولی)}{1\,mol}$ جرم ماده را به دست می‌آوریم.

نکته همهٔ تبدیل‌هایی که *تو این قسمت یادگرفتیم* را می‌توانیم به شکل زیر نمایش بدهیم:



تست اگر چگالی فلز مس $9\ g.cm^{-3}$ باشد. تعداد اتم‌های مس در یک مکعب‌مربع از فلز مس با ضلع ۲ cm کدام است؟ $(Cu = 64\ g.mol^{-1})$

۱) $6/7725\times10^{22}$ ۲) $5/825\times10^{22}$ ۳) $6/7725\times10^{23}$ ۴) $5/825\times10^{23}$

پاسخ اول حجم مس را حساب می‌کنیم:

$$\text{حجم مس} = 2\,cm\times2\,cm\times2\,cm = 8\,cm^3$$

بعد با استفاده از چگالی، جرم مس را به دست می‌آوریم:

$$8\,cm^3\times\frac{9\,g}{1\,cm^3} = 72\,g$$

حالا جرم مس را به مول آن و مول آن را به تعداد اتم‌هایش تبدیل می‌کنیم:

$$72\ g\,Cu\times\frac{1\,mol\,Cu}{64\ g\,Cu}\times\frac{6/02\times10^{23}\ اتم\,Cu}{1\,mol\,Cu} = \frac{9}{8}\times6/02\times10^{23}$$

($\frac{9}{8}$: کمی بزرگ‌تر از ۱)

کمی بزرگ‌تر از $6/02\times10^{23} \simeq 6/02\times10^{23}$

با توجه به گزینه‌ها تقریباً می‌نویسیم

گزینهٔ (۳) صحیح است.

$= 6/7725\times10^{23}$ = ۳

سؤالات ۴ گزینه‌ای

رابطهٔ اینشتین

۱- طی تبدیل چند میلی‌گرم ماده به انرژی، گرمای لازم جهت تبخیر ۰/۲ تن متانول به دست می‌آید؟ (انرژی مورد نیاز برای تبخیر هر گرم متانول، برابر ۱/۱۷ ژول است و $c = 3\times10^8\ m.s^{-1}$)

۱) $5/2\times10^{-9}$ ۲) $2/6\times10^{-9}$ ۳) $2/6\times10^{-6}$ ۴) $5/2\times10^{-6}$

۲- بر اثر تبدیل هلیم به لیتیم، ۰/۰۲ درصد از جرم واکنش‌دهنده‌ها به انرژی تبدیل می‌شود. اگر انرژی لازم برای تبخیر هر گرم آب، برابر ۲۲۵۰ J باشد، با انرژی حاصل از تبدیل ۷/۵ گرم هلیم به لیتیم، چند کیلوگرم آب را می‌توان تبخیر کرد؟ $(c = 3\times10^8\ m.s^{-1})$

۱) 6×10^4 ۲) ۶۰ ۳) 12×10^4 ۴) ۱۲۰

عدد اتمی، عدد جرمی و ذره‌های زیر اتمی

۳- در کدام‌یک از گونه‌های زیر، شمار نوترون‌های موجود در هسته، ۱/۵ برابر شمار پروتون‌ها است؟

۱) $^{207}_{82}Pb$ ۲) $^{200}_{80}Hg$ ۳) $^{227}_{89}Ac$ ۴) $^{238}_{92}U$

۴- در چه تعداد از گونه‌های شیمیایی زیر، شمار نوترون‌های موجود در هسته از شمار الکترون‌ها بیشتر است؟

« $^{۲۰۷}_{۸۲}Pb$ ، $^{۱۶}_{۸}O^{۲-}$ ، $^{۲۳۵}_{۹۲}U$ ، $^{۱۹}_{۹}F^{-}$ ، $^{۵۸}_{۲۷}Co^{۳+}$ »

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵- اگر شمار الکترون‌های موجود در یون حاصل از عنصر A، ۵ برابر تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هستهٔ این یون باشد، کدام‌یک از نمادهای شیمیایی زیر را می‌توان به یون موردنظر نسبت داد؟

۱) $^{۵۷}_{۲۷}Co^{۲+}$ ۲) $^{۱۹}_{۹}F^{-}$ ۳) $^{۲۶}_{۱۲}Mg^{۲+}$ ۴) $^{۳۱}_{۱۵}P^{۳-}$

۶- مجموع تعداد ذرات زیراتمی در یون $A^{۲+}$، برابر ۲۰۸ است. اگر تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در این یون برابر ۱۸ باشد، کدام‌یک از نمادهای زیر را می‌توان به اتم A نسبت داد؟

۱) $_{۴۸}Cd$ ۲) $_{۵۰}Sn$ ۳) $_{۶۶}Dy$ ۴) $_{۶۴}Gd$

۷- مجموع شمار ذره‌های زیراتمی در کدام‌یک از گونه‌های شیمیایی زیر بیشتر است؟ ($^{۱۲}_{۶}C$ ، $^{۱۴}_{۷}N$ ، $^{۱۶}_{۸}O$ ، $^{۳۲}_{۱۶}S$)

۱) $CS_۲$ ۲) $N_۲O$ ۳) $NO_۳^-$ ۴) $SO_۲$

۸- کدام‌یک از مطالب زیر، در رابطه با یون $^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}$ درست است؟

۱) مجموع تعداد ذرات زیراتمی در این یون، ۳ برابر تعداد نوترون‌های موجود در آن است.

۲) تعداد الکترون‌ها در این یون با تعداد الکترون‌های موجود در یون $^{۴۸}_{۲۲}Ti^{۲+}$ برابر است.

۳) مجموع تعداد ذرات زیراتمی در این یون، ۱/۴ برابر مجموع تعداد ذرات زیراتمی در یون $^{۲۵}_{۱۲}Mg^{۲+}$ است.

۴) تعداد نوترون‌های موجود در هستهٔ این یون، نصف تعداد الکترون‌های یون $^{۶۵}_{۳۰}Zn^{۲+}$ است.

۹- اگر جرم هستهٔ اتم $^{۴}_{۲}He$ برابر $۶/۶۴۵\times۱۰^{-۲۴}$ g باشد، به ازای تولید هر هستهٔ هلیم از ذرات زیراتمی سازندهٔ آن، چند ژول انرژی آزاد می‌شود؟ (جرم هر نوترون و هر پروتون به ترتیب برابر با $۱/۶۷۵\times۱۰^{-۲۴}$ g و $۱/۶۷۳\times۱۰^{-۲۴}$ g است.)

۱) $۴/۵۹\times۱۰^{-۱۱}$ ۲) $۴/۵۹\times۱۰^{-۱۲}$ ۳) $۵/۹۸\times۱۰^{-۱۱}$ ۴) $۵/۹۸\times۱۰^{-۱۲}$

ایزوتوپ‌ها

۱۰- به ازای هر ۵۰۰ میلی‌گرم رادیمی که امروز در سطح کرهٔ زمین وجود دارد، در ۶۴۰۰ سال پیش، ۸ گرم رادیم وجود داشته است. نیم‌عمر عنصر رادیم در این شرایط برابر با چند سال است؟

۱) ۸۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۶۴۰ ۴) ۱۶۰۰

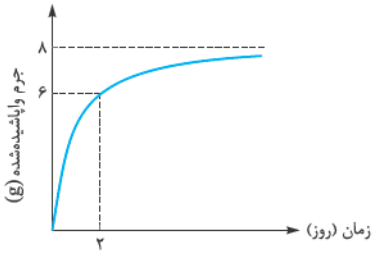
۱۱- نیم‌عمر یک عنصر رادیواکتیو برابر ۱۰ روز است. اگر در مدت ۶۰ روز، ۹۴/۵ گرم از این عنصر متلاشی شده باشد، جرم اولیهٔ آن چند گرم بوده است؟

۱) ۹۶ ۲) ۹۸ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۲۰

۱۲- ۲۰۰ g از یک عنصر رادیواکتیو با نیم‌عمر ۵ روز در اختیار داریم. پس از گذشت چند روز، ۱۹۳/۷۵ گرم از این عنصر بر اثر واپاشی از بین می‌رود؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۰ ۴) ۱۵

۱۳- نمودار مقابل، جرمی از یک مادهٔ رادیواکتیو که واپاشی کرده است را نشان می‌دهد. نیم‌عمر این مادهٔ رادیواکتیو برابر چند ساعت است؟



۱) ۶

۲) ۱۲

۳) ۲۴

۴) ۱۶

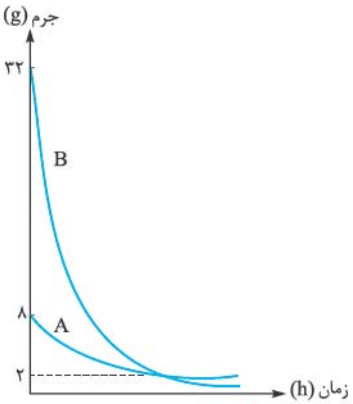
۱۴- نمودار مقابل، جرم دو مادهٔ رادیواکتیو A و B را در طول زمان نشان می‌دهد. در شرایط موردنظر، نیم‌عمر عنصر A چند برابر نیم‌عمر عنصر B است؟

۱) ۲

۲) ۴

۳) ۰/۵

۴) ۰/۲۵



متلاشی شدن ایزوتوپ های ناپایدار

۱۵- کدام‌یک از گونه‌های شیمیایی زیر، ایزوتوپ اتم $^{71}_{32}Ge$ به شمار می‌رود؟

۱) یون A^{3+} با عدد جرمی ۶۷ که در آن تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۶ است.

۲) یون D^{-} که دارای ۳۶ الکترون بوده و شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها در آن برابر است.

۳) اتم E که عدد جرمی آن برابر ۶۹ بوده و در هستهٔ آن ۳۵ نوترون وجود دارد.

۴) اتم G با عدد جرمی ۶۷ که تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در آن برابر ۵ است.

۱۶- در یون $^{48}X^{2+}$، تعداد ذرات زیراتمی موجود در هسته، ۲/۴ برابر تعداد الکترون‌ها است. کدام‌یک از گونه‌های زیر، ایزوتوپ این یون به حساب می‌آید؟

۱) $^{48}_{23}V$ ۲) $^{54}_{25}Mn$ ۳) $^{47}_{22}Ti$ ۴) $^{42}_{20}Ca$

۱۷- در یک نمونه از اتم‌های منیزیم، به ازای هر اتم ^{26}Mg، ۳ اتم ^{25}Mg وجود دارد و به ازای هر اتم ^{25}Mg نیز ۲ اتم ^{24}Mg وجود دارد. درصد فراوانی ایزوتوپ ^{25}Mg در این نمونه کدام است؟

۱) ۳۰ ۲) ۱۰ ۳) ۶۰ ۴) ۴۰

۱۸- در یک نمونه از اتم‌های کلسیم که از ایزوتوپ‌های $^{40}_{20}Ca$، $^{42}_{20}Ca$ و $^{43}_{20}Ca$ تشکیل شده است، تعداد اتم‌های $^{42}_{20}Ca$، ۵ برابر تعداد اتم‌های $^{40}_{20}Ca$ و تعداد اتم‌های $^{43}_{20}Ca$ نیز ۲ برابر تعداد اتم‌های $^{42}_{20}Ca$ است. درصد فراوانی ایزوتوپ $^{43}_{20}Ca$ در این نمونه کدام است؟

۱) ۱۲/۵ ۲) ۳۱/۲۵ ۳) ۶/۲۵ ۴) ۶۲/۵

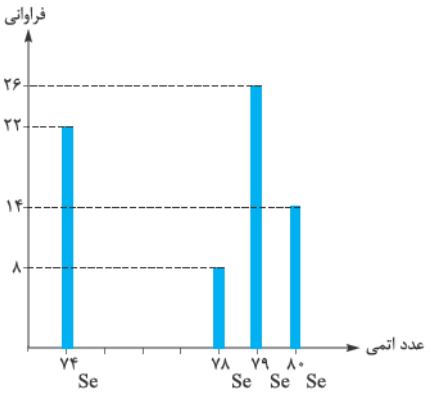
۱۹- با توجه به نمودار مقابل، درصد فراوانی ایزوتوپ ^{80}Se در نمونه‌ای از عنصر سلنیم (Se) کدام است؟

۱) ۱۴

۲) ۲۰

۳) ۸

۴) ۲۵



amu و جرم ذره های زیر اتمی

۲۰- اگر جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون و جرم الکترون برابر ۰/۰۰۰۵۴ amu در نظر گرفته شود، جرم تقریبی یک اتم $^{3}_{1}H$ برابر چند گرم خواهد بود؟ $(1\,amu = 1/66\times10^{-24}\,g)$ (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) $4/96\times10^{-24}$ ۲) $9/112\times10^{-24}$ ۳) $4/34\times10^{-22}$ ۴) $9/815\times10^{-22}$

۲۱- اگر در یون $^{A}_{12}Mg^{2+}$، تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۳ باشد، جرم هر اتم $^{A}_{12}Mg$ تقریباً برابر چند گرم است؟ $(1\,amu = 1/66\times10^{-24}\,g)$

۱) $3/984\times10^{-23}$ ۲) $8/3\times10^{-23}$

۳) $4/15\times10^{-23}$ ۴) $7/948\times10^{-23}$

۲۲- چند الکترون باید در اثر مالش از سطح یک کرهٔ پلاستیکی جدا شود تا تغییر وزن آن با یک ترازو با حساسیت ۰/۱ میلی‌گرم، قابل اندازه‌گیری باشد و این تعداد الکترون به تقریب چند کولن بار الکتریکی دارد؟ (جرم الکترون حدود $9\times10^{-28}\,g$ و بار الکتریکی آن $C\ 1/6\times10^{-19}$ است.) (سراسری ریاضی ۹۵)

۱) $1/78\times10^{3}$ ، $3/011\times10^{22}$ ۲) $1/11\times10^{23}$ ، $1/66\times10^{4}$

۳) $1/648\times10^{3}$ ، $3/011\times10^{22}$ ۴) $1/11\times10^{23}$ ، $1/78\times10^{4}$

۲۳- طی یک واکنش هسته‌ای، جرمی به اندازهٔ 10^{15} amu به انرژی تبدیل می‌شود. انرژی حاصل از این فرایند برابر با چند کیلوژول است؟ $(1\,amu = 1/66\times10^{-24}\,g)$

۱) ۲۹۸/۸ ۲) ۷۴/۷ ۳) ۱۴۹/۴ ۴) ۹۹/۶

۲۴- هیدروژن دارای ۲ ایزوتوپ پایدار $^{1}_{1}H$ و $^{2}_{1}H$ و اکسیژن دارای ۳ ایزوتوپ $^{16}_{8}O$، $^{17}_{8}O$ و $^{18}_{8}O$ است. در این شرایط، چند نوع مولکول H_2O با جرم مولکولی ۲۰ amu خواهیم داشت؟

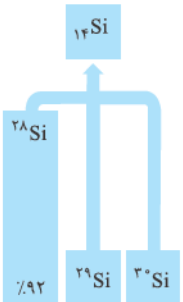
۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

جرم اتمی میانگین

۲۵- در نمونه‌ای منیزیم که از ایزوتوپ‌های طبیعی این عنصر تشکیل شده است، درصد فراوانی ^{24}Mg برابر ۴۰٪ بوده و به ازای هر اتم ^{26}Mg موجود در این نمونه، ۵ اتم ^{25}Mg وجود دارد. شمار اتم‌های ^{24}Mg موجود در این نمونه، ..... برابر شمار اتم‌های ^{26}Mg می‌باشد و جرم اتمی میانگین منیزیم در این نمونه برابر ..... amu است.

۱) ۲۵/۱، ۴ ۲) ۲۵/۱، ۸ ۳) ۲۴/۷، ۴ ۴) ۲۴/۷، ۸

۲۶- سیلیسیم دارای ۳ ایزوتوپ ^{28}Si، ^{29}Si و ^{30}Si است. اگر جرم اتمی میانگین سیلیسیم را برابر ۲۸/۱۱ amu در نظر بگیریم، درصد فراوانی ^{29}Si در این نمونه کدام است؟



۱) ۵

۲) ۴

۳) ۳

۴) ۶/۵

۲۷- عنصر $_{۲۹}M$ دارای ۲ ایزوتوپ است که در هستهٔ یکی از آن‌ها ۳۴ نوترون و در هستهٔ دیگری، ۳۶ نوترون وجود دارد. اگر جرم اتمی میانگین این عنصر برابر ۶۳/۶ amu باشد، درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر کدام است؟

۱) ۳۰ ۲) ۶۰ ۳) ۷۰ ۴) ۴۰

۲۸- عنصر $_{۱۶}X$ دارای ۲ ایزوتوپ بوده و جرم اتمی میانگین آن برابر ۳۳/۰۸ amu است. اگر در ایزوتوپ $^{A}_{16}X$، ۶۴ درصد از ذرات زیراتمی باردار باشند و درصد فراوانی این ایزوتوپ در نمونهٔ موردنظر برابر ۵۴٪ باشد، نماد ایزوتوپ دیگر این عنصر کدام است؟

۱) $^{۳۵}_{۱۶}X$ ۲) $^{۳۴}_{۱۶}X$ ۳) $^{۳۲}_{۱۶}X$ ۴) $^{۳۳}_{۱۶}X$

۲۹- اگر جرم اتمی میانگین کلر و بور در یک نمونهٔ طبیعی از این عناصر به ترتیب برابر با ۳۵/۵ amu و ۱۰/۸ amu باشد، در یک نمونهٔ طبیعی از مولکول‌های $BCl_۳$، جرم مولکولی چند درصد از ذرات برابر ۱۲۱ amu خواهد بود؟ (کلر دارای ۲ ایزوتوپ ^{۳۵}Cl و ^{۳۷}Cl و بور نیز دارای ۲ ایزوتوپ ^{۱۰}B و ^{۱۱}B است.)

۱) ۲/۵ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۰/۳۱۲۵ ۴) ۰/۲۵

مول

۳۰- نمونه‌ای از برم مایع ($Br_۲$)، شامل $۱/۵۰۵\times۱۰^{۲۴}$ اتم می‌شود. این نمونهٔ برم، چند گرم جرم دارد؟ ($Br = ۸۰\ g.mol^{-۱}$)

۱) ۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۴۰۰

۳۱- مغز انسان، از تجمع ۱۰۰ میلیارد یاختهٔ عصبی تشکیل شده است. اگر این سلول‌ها در هر دقیقه ۷۲ میلی‌گرم گلوکز ($C_۶H_{۱۲}O_۶$) را به عنوان منبع انرژی خود مصرف کنند، هر سلول عصبی در طول یک دقیقه به طور متوسط به چند مولکول گلوکز نیاز دارد؟ ($O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱}$)

۱) $۲/۴۰۸\times۱۰^{۹}$ ۲) $۲/۴۰۸\times۱۰^{۱۲}$ ۳) $۴/۸۱۶\times۱۰^{۹}$ ۴) $۴/۸۱۶\times۱۰^{۱۲}$

۳۲- در کدام‌یک از گزینه‌های زیر، جرم مولی ترکیب سمت چپ، ۲ برابر جرم مولی ترکیب سمت راست است؟
($S = ۳۲ , Mg = ۲۴ , O = ۱۶ , C = ۱۲ : g.mol^{-۱}$)

۱) $MgSO_۳ , CO_۲$ ۲) $SO_۳ , MgO$ ۳) $MgCO_۳ , SO_۲$ ۴) $MgSO_۴ , CS_۲$

۳۳- اگر تعداد اتم‌ها در ۲۰ g فلز کلسیم، دو برابر تعداد اتم‌ها در ۱۴ گرم فلز M باشد، جرم مولی فلز M کدام است؟
($Ca = ۴۰ : g.mol^{-۱}$)

۱) ۱۴ ۲) ۷۰ ۳) ۴۲ ۴) ۵۶

۳۴- جرم‌های برابری از گازهای $SO_۲$ و $CH_۴$ در اختیار داریم. شمار اتم‌های موجود در نمونهٔ $SO_۲$، چند برابر شمار اتم‌های موجود در نمونهٔ $CH_۴$ است؟ ($S = ۳۲ , O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱}$)

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۱۵ ۳) ۰/۲۵ ۴) ۰/۳

۳۵- شمار اتم‌های موجود در نمونه‌ای از گاز نیتروژن مونوکسید (NO)، با شمار اتم‌های موجود در نمونه‌ای از گاز گوگرد تری‌اکسید ($SO_۳$) برابر است. جرم نمونهٔ نیتروژن مونوکسید چند برابر جرم گاز گوگرد تری‌اکسید است؟
($S = ۳۲ , O = ۱۶ , N = ۱۴ : g.mol^{-۱}$)

۱) ۰/۶۶ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۱/۳۳ ۴) ۱/۵

۳۶- در هر گرم از گاز هپتان ($C_۷H_{۱۶}$)، به ترتیب چند گرم کربن و چند مول نوترون وجود دارد؟ ($^{۱۲}_{۶}C = ۱۲ , {}^{۱}_{۱}H = ۱ : g.mol^{-۱}$ و جرم هر پروتون و نوترون برابر ۱ amu است.)

۱) ۰/۴۲ ، ۰/۷ ۲) ۰/۳۵ ، ۰/۸۴ ۳) ۰/۳۵ ، ۰/۷ ۴) ۰/۴۲ ، ۰/۸۴

۳۷- مول‌های برابری از ترکیبات PX_3 و P_4O_6 را در اختیار داریم. اگر جرم نمونهٔ P_4O_6، ۲/۵ برابر نمونهٔ PX_3 باشد، جرم مولی عنصر X برابر با چند گرم بر مول است؟ $(P=31, O=16 : g.mol^{-1})$

۱) ۱۷ ۲) ۶۸ ۳) ۱۹ ۴) ۷۶

۳۸- اگر جرم یک اتم کلسیم برابر $6/65\times10^{-23}$ g باشد، جرم هر مول کلسیم برابر با چند گرم می‌شود و اگر این نمونهٔ کلسیم، از اتم‌های یکسان تشکیل شده باشد، شمار ذرات زیراتمی باردار در هر اتم $^{40}_{20}Ca$، چند برابر شمار ذرات زیراتمی بدون بار است؟ (عدد جرمی را به تقریب معادل جرم اتمی هر ذره در نظر بگیرید.)

۱) ۲،۴۰ ۲) ۲/۲،۴۲ ۳) ۱،۴۰ ۴) ۱/۱،۴۲

۳۹- با توجه به جدول زیر، ۲۵/۴ گرم مس، شامل چند اتم مس می‌شود؟

ایزوتوپ	^{63}Cu	^{65}Cu
درصد فراوانی	۷۵	۲۵

۱) $1/204\times10^{23}$
۲) $2/408\times10^{23}$
۳) $2/371\times10^{23}$
۴) $1/185\times10^{23}$

۴۰- عنصر $_{18}X$ با جرم مولی $36/8\ g.mol^{-1}$، دارای ۳ ایزوتوپ طبیعی است که یکی از آن‌ها دارای ۲۰ نوترون و فراوانی ۲۰٪ و دیگری دارای ۱۸ نوترون با فراوانی ۷۰٪ است. شمار نوترون‌های ایزوتوپ دیگر کدام است؟ (جرم پروتون و نوترون را یکسان و برابر ۱amu در نظر بگیرید.) (سراسری تجربی خارج ۹۰)

۱) ۲۱ ۲) ۲۲ ۳) ۲۳ ۴) ۲۴

۴۱- اگر تفاوت جرم واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های یک واکنش هسته‌ای به اندازهٔ جرم $2/5\times10^{-4}$ مول اورانیم باشد، طی این واکنش هسته‌ای چند مگاژول انرژی تولید می‌شود؟ (جرم هر مول اورانیم، برابر ۲۳۶ گرم است و $c=3\times10^8\ m.s^{-1}$)

۱) $2/124\times10^9$ ۲) $2/124\times10^6$
۳) $5/31\times10^9$ ۴) $5/31\times10^6$

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

۱- گزینهٔ «۳» **مرحلهٔ اول** محاسبهٔ انرژی لازم برای تبخیر ۰/۲ تن متانول است.

$$۰/۲\ \text{ton}\ \text{متانول} \times \frac{۱۰۰۰\ \text{kg}}{۱\ \text{ton}} \times \frac{۱۰۰۰\ \text{g}}{۱\ \text{kg}} \times \frac{۱/۱۷\ \text{J}}{۱\ \text{g}} = ۲/۳۴ \times ۱۰^{۵}\ \text{J}$$

مرحلهٔ دوم محاسبهٔ جرمی است که به انرژی تبدیل می‌شود. $E = mc^{۲} \Rightarrow ۲/۳۴ \times ۱۰^{۵} = m \times (۳ \times ۱۰^{۸})^{۲}$

$$\Rightarrow m = \frac{۲/۳۴ \times ۱۰^{۵}}{۹ \times ۱۰^{۱۶}} = \frac{۲۳۴ \times ۱۰^{۳}}{۹ \times ۱۰^{۱۶}} = ۲۶ \times ۱۰^{-۱۳}\ \text{kg} = ۲/۶ \times ۱۰^{-۱۲}\ \text{kg}$$

حواسمان هست که جرم را باید برحسب میلی‌گرم حساب کنیم.

$$۲/۶ \times ۱۰^{-۱۲}\ \text{kg} \times \frac{۱۰۰۰\ \text{g}}{۱\ \text{kg}} \times \frac{۱۰۰۰\ \text{mg}}{۱\ \text{g}} = ۲/۶ \times ۱۰^{-۶}\ \text{mg}$$

۲- گزینهٔ «۱» ۰/۰۲ درصد از جرم واکنش‌دهنده قرار است به انرژی تبدیل شود؛ یعنی به ازای هر ۱۰۰ گرم هلیم، ۰/۰۲ گرم جرم از بین می‌رود، بنابراین جرمی که به انرژی تبدیل می‌شود برابر است با:

$$۷/۵\ \text{g He} \times \frac{\overbrace{۰/۰۲}^{۲\times۱۰^{-۲}}\ \text{g}}{۱۰۰\ \text{g He}} \times \frac{۱\ \text{kg}}{۱۰۰۰\ \text{g}} = ۱۵ \times ۱۰^{-۷}\ \text{kg}$$

انرژی حاصل از این جرم از رابطهٔ $E = mc^{۲}$ محاسبه می‌شود.

$$E = mc^{۲} = ۱۵ \times ۱۰^{۷} \times (۳ \times ۱۰^{۸})^{۲} = ۱۵ \times ۱۰^{-۷} \times ۹ \times ۱۰^{۱۶} = ۱۳۵ \times ۱۰^{+۹}\ \text{J}$$

در نهایت جرم آب تبخیرشده به دست می‌آید.

$$۱۳۵ \times ۱۰^{۹}\ \text{J} \times \frac{۱\ \text{g آب}}{۲۲۵۰\ \text{J}} \times \frac{۱\ \text{kg}}{۱۰۰۰\ \text{g}} = \frac{۱۳۵}{۲۲۵} \times ۱۰^{۵} = \frac{(\overbrace{۱۲/۵}^{۰/۵} + \overbrace{۲۲/۵}^{۰/۱})}{۲۲۵} \times ۱۰^{۵} = ۰/۶ \times ۱۰^{۵} = ۶ \times ۱۰^{۴}\ \text{kg آب}$$

البته با توجه به گزینه‌ها معلومه که حاصل $\frac{۱۳۵}{۲۲۵}$ قراره بشه ۰/۶!

۳- گزینهٔ «۲» **اول** تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها را در هر گزینه حساب می‌کنیم تا ببینیم در کدام گزینه نسبت $\frac{n}{p}$، برابر ۱/۵ می‌شود.

۱) $^{۲۰۷}_{۸۲}\text{Pb} \Rightarrow p = Z = ۸۲,\ n = A - Z = ۲۰۷ - ۸۲ = ۱۲۵ \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{\overbrace{۱۲۵}^{۸۲+۴۳}}{۸۲} = \frac{۸۲}{۸۲} + \frac{۴۳}{۸۲} \neq ۱/۵$ ✗

۲) $^{۲۰۰}_{۸۰}\text{Hg} \Rightarrow p = Z = ۸۰,\ n = A - Z = ۲۰۰ - ۸۰ = ۱۲۰ \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{۱۲۰}{۸۰} = \frac{۸۰}{۸۰} + \frac{۴۰}{۸۰} = ۱/۵$ ✓

۳) $^{۲۲۷}_{۸۹}\text{Ac} \Rightarrow p = Z = ۸۹,\ n = A - Z = ۲۲۷ - ۸۹ = ۱۳۸ \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{۱۳۸}{۸۹} = \frac{۸۹}{۸۹} + \frac{۴۹}{۸۹} \neq ۱/۵$ ✗

۴) $^{۲۳۸}_{۹۲}\text{U} \Rightarrow p = Z = ۹۲,\ n = A - Z = ۲۳۸ - ۹۲ = ۱۴۶ \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{۱۴۶}{۹۲} = \frac{۹۲}{۹۲} + \frac{۵۴}{۹۲} \neq ۱/۵$ ✗

دوم بیایید به کم با نسبت $\frac{n}{p}$ بازی کنیم.

$$\frac{n}{p} = \frac{A-Z}{Z} = \frac{A}{Z} - \frac{Z}{Z} = \frac{A}{Z} - ۱ \Rightarrow \frac{A}{Z} - ۱ = ۱/۵ \Rightarrow \frac{A}{Z} = ۲/۵$$

حالا چک می‌کنیم در کدام گزینه نسبت $\frac{A}{Z}$ برابر ۲/۵ است.

۱) $^{۲۰۷}_{۸۲}Pb \Rightarrow \frac{A}{Z}=\frac{۲۰۷}{۸۲}=\frac{۱۶۴}{۸۲}+\frac{۴۳}{۸۲}\neq ۲/۵$ ✗

۲) $^{۲۰۰}_{۸۰}Hg \Rightarrow \frac{A}{Z}=\frac{۲۰۰}{۸۰}=۲/۵$ ✓

۳) $^{۲۲۷}_{۸۹}Ac \Rightarrow \frac{A}{Z}=\frac{۲۲۷}{۸۹}=\frac{۱۷۸}{۸۹}+\frac{۴۹}{۸۹}\neq ۲/۵$ ✗

۴) $^{۲۳۸}_{۹۲}U \Rightarrow \frac{A}{Z}=\frac{۲۳۸}{۹۲}=\frac{۱۸۴}{۹۲}+\frac{۵۴}{۹۲}\neq ۲/۵$ ✗

۴- گزینهٔ «۳» تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها را در هر گونه حساب می‌کنیم.

$^{۵۸}_{۲۷}Co^{۳+} \Rightarrow n=A-Z=۵۸-۲۷=۳۱, e=Z-۳=۲۷-۳=۲۴ \Rightarrow n>e$ ✓

$^{۱۹}_{۹}F^{-} \Rightarrow n=A-Z=۱۹-۹=۱۰, e=Z+۱=۹+۱=۱۰ \Rightarrow n=e$ ✗

$^{۲۳۵}_{۹۲}U \Rightarrow n=A-Z=۲۳۵-۹۲=۱۴۳, e=Z=۹۲ \Rightarrow n>e$ ✓

$^{۱۶}_{۸}O^{۲-} \Rightarrow n=A-Z=۱۶-۸=۸, e=Z+۲=۸+۲=۱۰ \Rightarrow n<e$ ✗

$^{۲۰۷}_{۸۲}Pb \Rightarrow n=A-Z=۲۰۷-۸۲=۱۲۵, e=Z=۸۲ \Rightarrow n>e$ ✓

۵- گزینهٔ «۳» تعداد ذره‌های زیراتمی را در هر گونه حساب می‌کنیم تا ببینیم رابطهٔ مدنظر در کدام گزینه صدق می‌کند.

۱) $^{۵۷}_{۲۷}Co^{۲+} \Rightarrow p=Z=۲۷, n=A-Z=۵۷-۲۷=۳۰ \Rightarrow n-p=۳, e=Z-۲=۲۷-۲=۲۵$
$\Rightarrow e\neq ۵\times ۳$ ✗

۲) $^{۱۹}_{۹}F^{-} \Rightarrow p=Z=۹, n=A-Z=۱۹-۹=۱۰ \Rightarrow n-p=۱, e=Z+۱=۹+۱=۱۰$
$\Rightarrow e\neq ۵\times ۱$ ✗

۳) $^{۲۶}_{۱۲}Mg^{۲+} \Rightarrow p=Z=۱۲, n=A-Z=۲۶-۱۲=۱۴ \Rightarrow n-p=۲, e=Z-۲=۱۲-۲=۱۰$
$\Rightarrow e=۵\times ۲$ ✓

۴) $^{۳۱}_{۱۵}P^{۳-} \Rightarrow p=Z=۱۵, n=A-Z=۳۱-۱۵=۱۶ \Rightarrow n-p=۱, e=Z+۳=۱۵+۳=۱۸$
$\Rightarrow e\neq ۵\times ۱$ ✗

۶- گزینهٔ «۴» $A^{۲+}$ دارای ۲ بار مثبت است؛ یعنی:

۱) $p-e=۲$

اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها ۱۸ است، پس:

۲) $n-p=۱۸$

مجموع ذرات زیراتمی برابر ۲۰۸ است، بنابراین:

۳) $p+n+e=۲۰۸$

$$\xrightarrow[\text{معادلهٔ (۲) را در منفی ضرب می‌کنیم}]{\text{p را می‌خواهیم، پس}} \begin{cases} p-e=۲ \\ -n+p=-۱۸ \\ p+n+e=۲۰۸ \end{cases} \xrightarrow{\text{سه معادله را با هم جمع می‌کنیم}} ۳p=۱۹۲ \Rightarrow p=\frac{۱۹۲}{۳}=۶۴$$

۷- گزینهٔ «۱» در هر یک از اتم‌های $^{۱۲}_{۶}C$، $^{۱۴}_{۷}N$، $^{۱۶}_{۸}O$ و $^{۳۲}_{۱۶}S$ تعداد e، p و n با هم برابر است؛ بنابراین هر ذره‌ای که الکترون‌های بیشتری داشته باشد، مجموع تعداد ذره‌های زیراتمی آن هم بیشتر خواهد بود.

۱) $CS_۲ \Rightarrow e=۶+۲(۱۶)=۳۸$

۲) $N_۲O \Rightarrow e=۲(۷)+۸=۲۲$

۳) $NO_۳^{-} \Rightarrow e=۷+۳(۸)+۱=۳۲ \Rightarrow$ البته این‌جا تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها هر کدام ۳۱ هستند.

۴) $SO_۲ \Rightarrow e=۱۶+۲(۸)=۳۲$

۸- گزینهٔ «۳» اول تعداد ذرات زیراتمی را در $^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}$ حساب می‌کنیم.

$^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-} \Rightarrow p=Z=۱۵, n=A-Z=۳۱-۱۵=۱۶, e=Z+۳=۱۵+۳=۱۸ \Rightarrow$ مجموع ذرات زیراتمی $=۴۹$

مجموع تعداد ذرات زیراتمی در $^{۲۵}_{۱۲}Mg^{۲+}$ برابر است با:

$^{۲۵}_{۱۲}Mg^{۲+} \Rightarrow p=Z=۱۲, n=A-Z=۲۵-۱۲=۱۳, e=Z-۲=۱۲-۲=۱۰ \Rightarrow$ مجموع ذرات زیراتمی $=۳۵$

$$\Rightarrow \frac{\text{مجموع ذرات زیراتمی در } ^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}}{\text{مجموع ذرات زیراتمی در } ^{۲۵}_{۱۲}Mg^{۲+}} = \frac{۴۹}{۳۵} = \frac{۷}{۵} = ۱/۴$$

سایر گزینه‌ها

۱) $\frac{\text{مجموع ذرات زیراتمی در } ^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}}{\text{تعداد نوترون‌ها در } ^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}} = \frac{۴۹}{۱۶} \neq ۳$

۲) تعداد الکترون‌های $^{۴۸}_{۲۲}Ti^{۲+}$ برابر با ۲۰ است $(e = Z-۲ = ۲۲-۲ = ۲۰)$.

۴) تعداد الکترون‌های $^{۶۰}_{۳۰}Zn^{۲+}$ برابر با ۲۸ است ولی تعداد نوترون‌های $^{۳۱}_{۱۵}M^{۳-}$ نصف این عدد (یعنی ۱۴) نیست!

۹- گزینهٔ «۲» هستهٔ هلیم $(^{۴}_{۲}He^{۲+})$، ۲ پروتون و ۲ نوترون دارد.

$$۲p + ۲n \Rightarrow {}^{۴}_{۲}He^{۲+}$$

$$\Delta m = \text{جرم فراورده‌ها} - \text{جرم واکنش دهنده‌ها} = [۲(۱/۶۷۳\times۱۰^{-۲۴}) + ۲(۱/۶۷۵\times۱۰^{-۲۴})] - ۶/۶۴۵\times۱۰^{-۲۴}$$

$$= ۰/۰۵۱\times۱۰^{-۲۴}\ g = ۰/۰۵۱\times۱۰^{-۲۷}\ kg$$

$$\Delta E = \Delta mc^۲ = ۰/۰۵۱\times۱۰^{-۲۷}\times(۳\times۱۰^۸)^۲ = ۰/۴۵۹\times۱۰^{-۱۱} = ۴/۵۹\times۱۰^{-۱۲}\ J$$

۱۰- گزینهٔ «۴» جرم اولیهٔ رادیم $(m_۰)$ برابر با ۸ گرم بوده است.

$$m_۰ = ۸\ g \times \frac{۱۰۰۰\ mg}{۱\ g} = ۸۰۰۰\ mg$$

جرم باقی‌ماندهٔ رادیم (m) برابر با ۵۰۰ میلی‌گرم است.

$$m = ۵۰۰\ mg$$

بنابراین تعداد نیم‌عمرها حساب می‌شود. (حواسمان هست که باید واحد جرم‌ها یکسان باشد)

$$m = (\frac{۱}{۲})^n \times m_۰ \Rightarrow ۵\cancel{۰۰} = (\frac{۱}{۲})^n \times ۸۰\cancel{۰۰} \Rightarrow ۲^n = \frac{۸۰}{۵} = ۱۶ \Rightarrow n = ۴$$

از طرفی کل زمان سپری‌شده برابر ۶۴۰۰ سال است. $t = ۶۴۰۰$ سال

بنابراین نیمه‌عمر برابر است با:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow ۴ = \frac{۶۴۰۰}{T} \Rightarrow T = \frac{۶۴۰۰}{۴} = ۱۶۰۰ \text{ سال}$$

۱۱- گزینهٔ «۱» تعداد نیم‌عمرها برابر با ۶ است.

$$n = \frac{t}{T} = \frac{۶۰ \text{ روز}}{۱۰ \text{ روز}} = ۶$$

جرم تجزیه‌شده برابر ۹۴/۵ گرم است؛ بنابراین داریم:

$$\text{جرم تجزیه‌شده} = \text{جرم اولیه} - \text{جرم باقی‌مانده} = m_۰ - (\frac{۱}{۲})^n m_۰$$

$$۹۴/۵ = m_۰(۱-(\frac{۱}{۲})^۶) \Rightarrow ۹۴/۵ = m_۰ \times \underbrace{(۱-\frac{۱}{۶۴})}_{\frac{۶۳}{۶۴}} \Rightarrow m_۰ = \frac{\overbrace{(۶۳+۳۱/۵)}^{۹۴/۵} \times ۶۴}{۶۳} = ۱/۵\times۶۴ = ۹۶\ g$$

۱۲- گزینهٔ «۲» جرم باقی‌مانده (m)، برابر $۶/۲۵$ گرم است $(۲۵/۶ = ۷۵/۱۹۳ - ۲۰۰)$. بنابراین داریم:

$$m = (\frac{۱}{۲})^n m_۰ \Rightarrow ۶/۲۵ = (\frac{۱}{۲})^n \times ۲۰۰ \Rightarrow ۲^n = \frac{۲۰۰}{۶/۲۵} = \frac{۲۰۰ \times ۱۶}{۱۰۰} = ۳۲ \Rightarrow n = ۵$$

$$\frac{۶/۲۵}{\frac{۱۰۰}{۱۶}}$$

پس زمان کل برابر ۲۵ روز خواهد بود.

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow ۵ = \frac{t}{\underset{\text{روز}}{۵}} \Rightarrow t = ۲۵ \text{ روز}$$

۱۳- گزینهٔ «۳» وقتی هسته‌ای متلاشی می‌شود، این روند تا تمام‌شدن جرم اولیه ادامه می‌یابد؛ یعنی وقتی نمودار در نهایت بر عدد ۸ مماس می‌شود، جرم اولیهٔ آن نیز ۸ گرم بوده است $(m_۰ = ۸\ g)$.

جرم واپاشیده‌شده بعد از ۲ روز برابر ۶ گرم است؛ یعنی جرم باقی‌مانده برابر است با ۲ گرم: $m = ۲\ g$

$$m = (\frac{۱}{۲})^n m_۰ \Rightarrow ۲ = (\frac{۱}{۲})^n \times ۸ \Rightarrow ۲^n = \frac{۸}{۲} = ۴ \Rightarrow n = ۲$$

کل زمان این فرایند ۲ روز یا ۴۸ ساعت است؛ بنابراین نیم‌عمر این ماده برابر ۲۴ ساعت بوده است.

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow ۲ = \frac{۴۸\ h}{T} \Rightarrow T = ۲۴\ h$$

۱۴- گزینهٔ «۱» تعداد نیم‌عمر مادهٔ A و B برابر است با:

$$m_A = (\frac{۱}{۲})^{n_A} m_{۰A} \Rightarrow ۲ = (\frac{۱}{۲})^{n_A} \times ۸ \Rightarrow ۲^{n_A} = \frac{۸}{۲} = ۴ \Rightarrow n_A = ۲$$

$$m_B = (\frac{۱}{۲})^{n_B} m_{۰B} \Rightarrow ۲ = (\frac{۱}{۲})^{n_B} \times ۳۲ \Rightarrow ۲^{n_B} = \frac{۳۲}{۲} = ۱۶ \Rightarrow n_B = ۴$$

کل زمان سپری‌شده برای هر دو ماده یکسان است.

$$n_A = \frac{t}{T_A} \Rightarrow ۲ = \frac{t}{T_A} \Rightarrow T_A = \frac{t}{۲}$$

$$n_B = \frac{t}{T_B} \Rightarrow ۴ = \frac{t}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{t}{۴}$$

پس نسبت $\frac{T_A}{T_B}$ برابر ۲ است.

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{\frac{t}{۲}}{\frac{t}{۴}} = \frac{۴}{۲} = ۲$$

۱۵- گزینهٔ «۱» ایزوتوپ‌های یک عنصر، عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت دارند.

عدد اتمی (p) برای عنصر A به صورت زیر محاسبه می‌شود:

۱) بار: $p - e = ۳$

۲) عدد جرمی: $p + n = ۶۷$

۳) تفاوت نوترون و الکترون: $n - e = ۶$

معادلهٔ (۳) را در منفی ضرب می‌کنیم

$$\begin{cases} p - e = ۳ \\ p + n = ۶۷ \\ -n + e = -۶ \end{cases}$$

۳ معادله را با هم جمع می‌کنیم

$$۲p = ۶۴ \Rightarrow p = ۳۲$$

بنابراین $^{۷۱}_{۳۲}Ge$ با $^{۶۷}_{۳۲}A$ ایزوتوپ است.

سایر گزینه‌ها

۲) عدد اتمی D برابر ۳۵ است.

$$e = Z + ۱ = ۳۶ \Rightarrow Z = ۳۵$$

۳) عدد اتمی E برابر ۳۴ است.

$$A = n + p = ۶۹ \Rightarrow ۳۵ + p = ۶۹ \Rightarrow p = Z = ۳۴$$

۴) عدد اتمی G برابر ۳۱ است.

$$p = \frac{A - (\text{اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها})}{۲} = \frac{۶۷ - ۵}{۲} = ۳۱$$

۱۶- گزینهٔ «۳» تعداد ذرات زیراتمی موجود در هسته، در واقع همان عدد جرمی، یعنی ۴۸ است؛ بنابراین:

$$\frac{A}{e}=۲/۴ \Rightarrow \frac{۴۸}{e}=۲/۴ \Rightarrow e=\frac{۴۸}{۲/۴}=۲۰$$

$$e=Z-۲ \Rightarrow ۲۰=Z-۲ \Rightarrow Z=۲۲$$

پس می‌توانیم عدد اتمی را حساب کنیم.

بنابراین ${}^{۴۸}_{۲۲}X^{۲+}$ با ${}^{۴۷}_{۲۲}Ti$ ایزوتوپ است.

۱۷- گزینهٔ «۱» با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$(F_۲)\,{}^{۲۵}Mg \text{ فراوانی} = ۳\times((F_۳)\,{}^{۲۶}Mg \text{ فراوانی})$$

$$(F_۱)\,{}^{۲۴}Mg \text{ فراوانی} = ۲\times((F_۲)\,{}^{۲۵}Mg \text{ فراوانی}) \xrightarrow{F_۲=۳F_۳} F_۱=۶\times F_۳$$

$$F_۱+F_۲+F_۳=۱۰۰ \Rightarrow ۶\times F_۳+۳\times F_۳+F_۳=۱۰۰ \Rightarrow F_۳=٪۱۰$$

$$F_۲=۳\times F_۳=۳\times ۱۰=٪۳۰$$

بنابراین فراوانی ${}^{۲۵}Mg$ برابر است با:

۱۸- گزینهٔ «۴» با توجه به اطلاعات مسئله، می‌توانیم روابط زیر را بنویسیم:

$$(F_۲)\,{}^{۴۲}_{۲۰}Ca \text{ فراوانی} = ۵\times((F_۱)\,{}^{۴۰}_{۲۰}Ca \text{ فراوانی})$$

$$(F_۳)\,{}^{۴۳}_{۲۰}Ca \text{ فراوانی} = ۲\times((F_۲)\,{}^{۴۲}_{۲۰}Ca \text{ فراوانی}) \xrightarrow{F_۲=۵\times F_۱} F_۳=۱۰\times F_۱$$

$$F_۱+F_۲+F_۳=۱۰۰ \Rightarrow F_۱+۵\times F_۱+۱۰\times F_۱=۱۰۰$$

$$\Rightarrow F_۱=\frac{۱۰۰}{۱۶}=٪۶/۲۵ \Rightarrow F_۳=۱۰\times F_۱=۱۰\times ۶/۲۵=٪۶۲/۵$$

۱۹- گزینهٔ «۲» درصد فراوانی ${}^{۸۰}Se$ در بین ایزوتوپ‌های مختلف آن برابر است با:

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ } {}^{۸۰}Se = \frac{\text{تعداد اتم‌های } {}^{۸۰}Se}{\text{تعداد کل اتم‌ها}}\times ۱۰۰ = \frac{۱۴}{۲۲+۸+۲۶+۱۴}\times ۱۰۰ = \frac{\cancel{۱۴}^{۲}}{\cancel{۷۰}_{۱۰}}\times ۱۰۰ = ٪۲۰$$

۲۰- گزینهٔ «۱» **راه اول** **قدم اول** محاسبهٔ جرم ${}^{۳}_{۱}H$ برحسب amu است. ${}^{۳}_{۱}H$، ۱ پروتون، ۲ نوترون و ۱ الکترون دارد.

$$\text{جرم اتم } {}^{۳}_{۱}H = (۱\times m_p)+(۲\times m_n)+(۱\times m_e)$$

$$=(۱\times ۱۸۴۰\times ۰/۰۰۰۵۴)+(۲\times ۱۸۵۰\times ۰/۰۰۰۵۴)+(۱\times ۰/۰۰۰۵۴)=۵۵۴۱\times ۰/۰۰۰۵۴=۲/۹۹۲۱۴\ amu$$

قدم دوم هم، محاسبهٔ جرم آن برحسب گرم است:

$$۲/۹۹۲۱۴\ amu\times\frac{۱/۶۶\times ۱۰^{-۲۴}\ g}{۱\ amu}=۴/۹۶۶۹۵۲۴\times ۱۰^{-۲۴}\ g$$

راه دوم اگر خاطر شریفتان باشد، گفتیم که جرم پروتون و نوترون تقریباً با هم برابر است و همچنین می‌توانیم از جرم الکترون صرف‌نظر کنیم و در نهایت جرم یک اتم تقریباً معادل عدد جرمی آن برحسب amu خواهد بود؛ بنابراین:

$$\text{جرم اتم } {}^{۳}_{۱}H \simeq ۳\ amu$$

حالا خیلی راحت جرم آن برحسب گرم محاسبه می‌شود.

$$۳\ amu\times\frac{۱/۶۶\times ۱۰^{-۲۴}\ g}{۱\ amu}=۴/۹۸\times ۱۰^{-۲۴}\ g$$

↓

تابلوئه که ۳×۱/۶۶ مساوی ۹/۱۱۲ نمی‌شه!

۲۱- گزینهٔ «۳» با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$e=Z-۲=۱۲-۲=۱۰$$

$$n-e=۳ \Rightarrow n-۱۰=۳ \Rightarrow n=۱۳\ ,\ A=p+n=۱۲+۱۳=۲۵ \Rightarrow \text{جرم ذره } {}^{۲۵}_{۱۲}Mg^{۲+} \simeq ۲۵\ amu$$

$$\frac{۲۵}{\frac{۱۰۰}{۴}}\ amu\times\frac{۱/۶۶\times ۱۰^{-۲۴}\ g}{۱\ amu}=\frac{۱۶۶}{۴}\times ۱۰^{-۲۴}=\frac{\overset{۴۰}{۱۶۰}+\overset{۱/۵}{۶}}{۴}\times ۱۰^{-۲۴}=۴۱/۵\times ۱۰^{-۲۴}=۴/۱۵\times ۱۰^{-۲۳}\ g$$

۲۲- گزینهٔ «۴» جرم الکترون‌ها باید به ۰/۱ میلی‌گرم برسد تا با این ترازو قابل اندازه‌گیری باشد، پس تعداد الکترون‌ها برابر است با:

$$0/1\,mg\times\frac{1\,g}{1000\,mg}\times\frac{\text{الکترون }1}{9\times10^{-28}\,g}=\frac{1}{9}\times10^{+24}=0/111\times10^{+24}=1/11\times10^{23}$$

پس گزینه‌های (۱) و (۳) می‌پره!

حواسمان هست که اگر مخرج کسری ۹ باشد، جواب آن برابر است با: $\frac{3}{9}=0/333$ یا $\frac{1}{9}=0/111\Rightarrow\frac{a}{9}=0/\overline{a}$

حالا باید بار این الکترون‌ها را حساب کنیم.

$$\frac{1}{9}\times10^{24}\,\text{الکترون}\times\frac{1/6\times10^{-19}\,C}{\text{الکترون }1}=\frac{16}{9}\times10^{4}=(\underbrace{\frac{9}{9}}_{1}+\underbrace{\frac{7}{9}}_{0/777})\times10^{4}\simeq1/78\times10^{4}$$

۲۳- گزینهٔ «۳» اول این جرم را برحسب kg می‌حسابیم!

انرژی حاصل از این جرم برابر است با:

$$10^{15}\,amu\times\frac{1/66\times10^{-24}\,g}{1\,amu}\times\frac{1\,kg}{1000\,g}=1/66\times10^{-12}\,kg$$

$$E=mc^2=1/66\times10^{-12}\times(3\times10^{8})^2=1/66\times10^{-12}\times\overbrace{9}^{(10-1)}\times10^{16}=(16/6-1/66)\times10^{4}$$

$$=14/94\times10^{4}\,J\times\frac{1\,kJ}{1000\,J}=149/4\,kJ$$

بد نیست ضرب یک عدد در ۹ را، این‌شکلی حساب کنید: $a\times9=a\times(10-1)=10a-a$

۲۴- گزینهٔ «۲» باید حالت‌های مختلف را در نظر بگیریم.

- اگر اکسیژن ایزوتوپ $_{8}^{16}O$ باشد، هیدروژن‌ها حتماً باید $_{1}^{2}H$ و $_{1}^{2}H$ باشند. ← ۱ حالت
- اگر اکسیژن ایزوتوپ $_{8}^{17}O$ باشد، هیدروژن‌ها حتماً باید $_{1}^{2}H$ و $_{1}^{1}H$ باشند. ← ۱ حالت *حتماً می‌دونی که فرقی نداره این یکیش $_{1}^{2}H$ باشه یا اون یکیش!*
- اگر اکسیژن ایزوتوپ $_{8}^{18}O$ باشد، هیدروژن‌ها حتماً باید $_{1}^{1}H$ و $_{1}^{1}H$ باشند. ← ۱ حالت

۲۵- گزینهٔ «۳» باتوجه‌به‌اطلاعات‌سؤال‌داریم:(ترتیب‌شماره‌ها‌به‌ترتیب‌جرم‌ایزوتوپ‌هاست. ۱:سبک‌ترین و ۳:سنگین‌ترین)

$$F_1=\%40\text{ و }F_2=5F_3$$

$$F_1+F_2+F_3=100\Rightarrow40+5F_3+F_3=100\Rightarrow6F_3=60\Rightarrow F_3=\%10\text{ و }F_2=\%50\Rightarrow\frac{F_1}{F_3}=\frac{\%40}{\%10}=4$$

تا این‌ها می‌مونه گزینه‌های (۱) و (۳)!

جرم اتمی میانگین هم که به راحتی از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{M}=M_1+(M_2-M_1)\times\frac{F_2}{100}+(M_3-M_1)\times\frac{F_3}{100}\Rightarrow\bar{M}=24+(\overbrace{1\times\frac{50}{100}}^{0/5})+(\overbrace{2\times\frac{10}{100}}^{0/2})=24/7\,amu$$

۲۶- گزینهٔ «۱» می‌دانیم که مجموع درصد فراوانی‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر برابر ۱۰۰ است؛ بنابراین:

$$F_1+F_2+F_3=100\Rightarrow92+F_2+F_3=100\Rightarrow F_3=8-F_2$$

با توجه به فرمول داریم:

$$\bar{M}=M_1+(M_2-M_1)\times\frac{F_2}{100}+(M_3-M_1)\times\frac{F_3}{100}$$

$$28/11=28+(1\times\frac{F_2}{100})+(2\times\frac{8-F_2}{100})\Rightarrow0/11=\frac{F_2}{100}+\frac{16-2F_2}{100}\Rightarrow\frac{11}{100}=\frac{16-F_2}{100}\Rightarrow F_2=\%5$$

۲۷- گزینهٔ «۱» جرم اتمی هر ایزوتوپ را حساب می‌کنیم.

ایزوتوپ (۲) و $A = p + n = ۲۹ + ۳۶ = ۶۵ \Rightarrow {}^{۶۵}_{۲۹}M$:ایزوتوپ (۱) $A = p + n = ۲۹ + ۳۴ = ۶۳ \Rightarrow {}^{۶۳}_{۲۹}M$

با استفاده از فرمول، $F_۲$ در *سه سوت!* به دست می‌آید.

$$\bar{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱) \times \frac{F_۲}{۱۰۰} \Rightarrow ۶۳/۶ = ۶۳ + (۲ \times \frac{F_۲}{۱۰۰}) \Rightarrow ۰/۶ = \frac{۲F_۲}{۱۰۰} \Rightarrow F_۲ = \frac{۰/۶ \times ۱۰۰}{۲} = ٪۳۰$$

۲۸- گزینهٔ «۳» تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها (ذرات باردار) در ${}^{A}_{۱۶}X$ برابر است با ۳۲ (۱۶ الکترون و ۱۶ پروتون)، بنابراین تعداد نوترون‌ها به دست می‌آید:

$$\frac{e + p}{n + e + p} \times ۱۰۰ = ۶۴ \Rightarrow \frac{۳۲}{n + ۳۲} \times ۱۰۰ = ۶۴ \Rightarrow \frac{۳۲}{n + ۳۲} = \frac{\cancel{۶۴}^{۳۲}}{\cancel{۱۰۰}_{۵۰}}$$

$$\Rightarrow \frac{۳۲}{n + ۳۲} = \frac{۳۲}{۵۰} \Rightarrow n + ۳۲ = ۵۰ \Rightarrow n = ۱۸$$

بنابراین نماد این ایزوتوپ ${}^{۳۴}_{۱۶}X$ است.

جرم ایزوتوپ دوم هم با فرمول زیر محاسبه می‌شود. (چون $F_۱$ برابر ٪۵۴ است، $F_۲$ برابر ٪۴۶ خواهد بود.)

$$\bar{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱) \times \frac{F_۲}{۱۰۰} \Rightarrow ۳۳/۰۸ = ۳۴ + (M_۲ - ۳۴) \times \frac{۴۶}{۱۰۰} \Rightarrow M_۲ - ۳۴ = \frac{-۰/۹۲}{\frac{۴۶}{۱۰۰}} = \frac{-۹۲}{۴۶} = -۲$$

$$\Rightarrow M_۲ = ۳۲$$

بنابراین نماد ایزوتوپ دیگر ${}^{۳۲}_{۱۶}X$ است.

۲۹- گزینهٔ «۳» تنها حالتی از $BCl_۳$ که جرم مولکول آن برابر ۱۲۱ amu شود، مولکول حاصل از ایزوتوپ ${}^{۱۰}B$ و ۳ ایزوتوپ ${}^{۳۷}Cl$ است.

$$\text{جرم مولکول } BCl_۳({}^{۱۰}B, {}^{۳۷}Cl, {}^{۳۷}Cl, {}^{۳۷}Cl) = ۱۰ + ۳(۳۷) = ۱۲۱ \text{ amu}$$

حالا درصد فراوانی‌ها را حساب می‌کنیم. درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^{۱۰}B$ $(F_۱)$ برابر است با:

$$\bar{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱) \times \frac{F_۲}{۱۰} \Rightarrow ۱۰/۸ = ۱۰ + (۱۱ - ۱۰) \times \frac{F_۲}{۱۰۰} \Rightarrow F_۲ = ٪۸۰ \Rightarrow F_۱ = ٪۲۰$$

درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^{۳۷}Cl$ $(F'_۲)$ برابر است با:

$$\bar{M} = M_۱ + (M_۲ - M_۱) \times \frac{F'_۲}{۱۰۰} \Rightarrow ۳۵/۵ = ۳۵ + (۳۷ - ۳۵) \times \frac{F'_۲}{۱۰۰} \Rightarrow \frac{۲F'_۲}{۱۰۰} = ۰/۵ \Rightarrow F'_۲ = ٪۲۵$$

در نهایت فراوانی مولکول $BCl_۳$ برابر حاصل‌ضرب فراوانی ایزوتوپ‌های آن است؛ یعنی:

$$\text{فراوانی } BCl_۳ = \text{فراوانی } {}^{۱۰}B \times \text{فراوانی } {}^{۳۷}Cl \times \text{فراوانی } {}^{۳۷}Cl \times \text{فراوانی } {}^{۳۷}Cl = ۰/۲ \times (۰/۲۵)^۳ = \frac{۱}{۵} \times (\frac{۱}{۴})^۳ = \frac{۱}{۳۲۰}$$

$$\text{درصد فراوانی } BCl_۳ = \frac{۱}{۳۲۰} \times ۱۰۰ = ٪۰/۳۱۲۵$$

۳۰- گزینهٔ «۲» با استفاده از چند کسر تبدیل، جرم به راحتی حساب می‌شود.

$$\cancel{۱/۵۰۵ \times ۱۰^{۲۴}}^{۱۰} \text{ atom Br} \times \underbrace{\frac{۱ \text{ mol Br}}{\cancel{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} \text{ atom Br}}}_{\text{تبدیل تعداد اتم Br به مول Br}} \times \underbrace{\frac{۱ \text{ mol Br}_۲}{\cancel{۲} \text{ mol Br}}}_{\text{تبدیل مول Br به مول Br}_۲} \times \underbrace{\frac{\cancel{۱۶۰}^{۸۰} \text{ g Br}_۲}{۱ \text{ mol Br}_۲}}_{\text{تبدیل مول Br}_۲ \text{ به گرم Br}_۲} = \frac{۸۰۰}{۴} = ۲۰۰ \text{ g Br}_۲$$

۳۱- گزینهٔ «۱» جرم مولی $C_6H_{12}O_6$ برابر است با:

$$\text{جرم مولی } C_6H_{12}O_6 = 6(12)+12(1)+6(16) = 180\ g.mol^{-1}$$

بنابراین:

$$72\ mg\ C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\ g}{1000\ mg} \times \frac{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}{180\ g\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{6/02\times10^{23}\ \text{مولکول } C_6H_{12}O_6}{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}$$

$$= \frac{\cancel{72}^{4}}{\cancel{180}} \times 6/02\times10^{19} = 24/08\times10^{19} = 2/408\times10^{20}\ \text{مولکول } C_6H_{12}O_6$$

کافیه تعداد مولکول لازم برای کل مغز را به تعداد سلول‌های مغز (یعنی ۱۰۰ میلیارد) تقسیم کنیم:

$$\text{تعداد مولکول‌های گلوکز مورد نیاز برای ۱ سلول} = \frac{2/408\times10^{20}}{1\times10^{11}} = 2/408\times10^{9}\ \text{مولکول } C_6H_{12}O_6$$

۳۲- گزینهٔ «۲» باید جرم مولی هر ماده در گزینه‌ها را حساب کنیم.

۱) $\text{جرم مولی } CO_2 = 12+2(16) = 44\ g.mol^{-1}$ و $\text{جرم مولی } MgSO_3 = 24+32+3(16) = 104\ g.mol^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } MgSO_3}{\text{جرم مولی } CO_2} = \frac{104}{44} \neq 2 \text{ ✗}$$

۲) $\text{جرم مولی } MgO = 24+16 = 40\ g.mol^{-1}$ و $\text{جرم مولی } SO_3 = 32+3(16) = 80\ g.mol^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } SO_3}{\text{جرم مولی } MgO} = \frac{80}{40} = 2 \text{ ✓}$$

۳) $\text{جرم مولی } SO_2 = 32+2(16) = 64\ g.mol^{-1}$ و $\text{جرم مولی } MgCO_3 = 24+12+3(16) = 84\ g.mol^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } MgCO_3}{\text{جرم مولی } SO_2} = \frac{84}{64} \neq 2 \text{ ✗}$$

۴) $\text{جرم مولی } CS_2 = 12+2(32) = 76\ g.mol^{-1}$ و $\text{جرم مولی } MgSO_4 = 24+32+4(16) = 120\ g.mol^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{\text{جرم مولی } MgSO_4}{\text{جرم مولی } CS_2} = \frac{120}{76} \neq 2 \text{ ✗}$$

۳۳- گزینهٔ «۴» تعداد اتم‌ها در دو فلز برابر است با:

$$20\ g\ Ca \times \frac{1\ mol\ Ca}{40\ g\ Ca} \times \frac{N_A\ atom\ Ca}{1\ mol\ Ca} = \frac{1}{2} \times N_A\ atom\ Ca$$

$$14\ g\ M \times \frac{1\ mol\ M}{x\ g\ M} \times \frac{N_A\ atom\ M}{1\ mol\ M} = \frac{14}{x} \times N_A\ atom\ M$$

حالا جرم مولی عنصر M (یعنی عدد x) به راحتی حساب می‌شود.

$$\frac{\text{atom Ca}}{\text{atom M}} = 2 \Rightarrow \frac{\frac{1}{2}\times\cancel{N_A}}{\frac{14}{x}\times\cancel{N_A}} = 2 \Rightarrow \frac{x}{2\times14} = 2 \Rightarrow x = 2\times2\times14 = 56$$

۳۴- گزینهٔ «۲» فرض می‌کنیم جرم SO_2 و CH_4 برابر m است، بنابراین تعداد اتم‌های آن‌ها برابر است با:

$$m\ g\,SO_2 \times \frac{1\ mol\,SO_2}{64\ g\,SO_2} \times \frac{3\ mol\,atom}{1\ mol\,SO_2} \times \frac{N_A\ atom}{1\ mol\,atom} = \frac{3}{64} \times m N_A$$

$$m\ g\,CH_4 \times \frac{1\ mol\,CH_4}{16\ g\,CH_4} \times \frac{5\ mol\,atom}{1\ mol\,CH_4} \times \frac{N_A\ atom}{1\ mol\,atom} = \frac{5}{16} \times m N_A$$

بنابراین نسبت تعداد اتم‌ها به سادگی محاسبه می‌شود.

$$\frac{\text{تعداد اتم‌ها در } SO_2}{\text{تعداد اتم‌ها در } CH_4} = \frac{\frac{3}{64} \times m N_A}{\frac{5}{16} \times m N_A} = \frac{3 \times 16}{5 \times 64} = \frac{3}{20} = 0/15$$

۳۵- گزینهٔ «۲» اگر تعداد اتم‌ها در NO و SO_3 برابر n باشد، جرم NO و SO_3 برابر است با:

$$n\ atom \times \frac{1\ \text{مولکول}\ NO}{2\ atom} \times \frac{1\ mol\,NO}{N_A\ \text{مولکول}\ NO} \times \frac{30\ g\,NO}{1\ mol\,NO} = \frac{30}{2} \times \frac{n}{N_A}\ g\,NO$$

$$n\ atom \times \frac{1\ \text{مولکول}\ SO_3}{4\ atom} \times \frac{1\ mol\,SO_3}{N_A\ \text{مولکول}\ SO_3} \times \frac{80\ g\,SO_3}{1\ mol\,SO_3} = \frac{80}{4} \times \frac{n}{N_A}\ g\,SO_3$$

حالا نسبت جرم‌ها را *سه‌سوته می‌سابیم!*

$$\frac{\text{جرم } NO}{\text{جرم } SO_3} = \frac{\frac{30}{2} \times \frac{n}{N_A}}{\frac{80}{4} \times \frac{n}{N_A}} = \frac{30 \times 4}{80 \times 2} = \frac{3}{4} = 0/75$$

۳۶- گزینهٔ «۴» اول جرم کربن را حساب می‌کنیم.

$$1\ g\,C_7H_{16} \times \frac{1\ mol\,C_7H_{16}}{100\ g\,C_7H_{16}} \times \frac{7\ mol\,C}{1\ mol\,C_7H_{16}} \times \frac{12\ g\,C}{1\ mol\,C} = 0/84\ g\,C$$

پس تا این‌جا گزینه‌های (۱) و (۳) پر! حالا می‌ریم سراغ نوترون‌ها. دقت کنید که ${}_1^1H$ نوترون ندارد و هر ${}_6^{12}C$ دارای ۶ نوترون (n) است؛ بنابراین:

$$1\ g\,C_7H_{16} \times \frac{1\ mol\,C_7H_{16}}{100\ g\,C_7H_{16}} \times \frac{7\ mol\,C}{1\ mol\,C_7H_{16}} \times \frac{6\ mol\,n}{1\ mol\,C} = 0/42\ mol\,n$$

۳۷- گزینهٔ «۳» بیایید ۲تا فرض داشته باشیم:

۱) تعداد مول هر کدام برابر a است.

۲) جرم مولی PX_3 برابر M است.

حالا جرم هر کدام را حساب می‌کنیم:

$$a\ mol\,P_4O_6 \times \frac{220\ g\,P_4O_6}{1\ mol\,P_4O_6} = 220 \times a\ g\,P_4O_6$$

$$a\ mol\,PX_3 \times \frac{M\ g\,PX_3}{1\ mol\,PX_3} = M \times a\ g\,PX_3$$

با توجه به نسبت جرم این دو ترکیب، M محاسبه می‌شود.

$$\frac{\text{جرم } P_4O_6}{\text{جرم } PX_3} = \frac{220a}{Ma} = 2/5 \Rightarrow \frac{220}{\frac{2/5}{\frac{10}{4}}} = \frac{220 \times 4}{10} = 88\ g.mol^{-1}$$

حالا جرم مولی X محاسبه می‌شود: $\text{جرم مولی } PX_3 = 31 + 3(X) = 88 \Rightarrow 3X = 57 \Rightarrow X = 19\ g.mol^{-1}$

۳۸- گزینهٔ «۱»

اول محاسبهٔ جرم ۱ مول کلسیم:

$$1\,mol\,Ca \times \frac{6/02 \times 10^{23}\,atom\,Ca}{1\,mol\,Ca} \times \frac{6/65 \times 10^{-23}\,g\,Ca}{1\,atom\,Ca} \simeq 40$$

تا این‌جا فقط گزینه‌های (۱) و (۳) می‌مونه!

دوم نماد این اتم $^{40}_{20}Ca$ است که ۲۰ پروتون، ۲۰ نوترون و ۲۰ الکترون دارد؛ بنابراین:

$$\frac{\text{تعداد ذرات زیراتمی باردار}}{\text{تعداد ذرات زیراتمی بدون بار}} = \frac{p+e}{n} = \frac{20+20}{20} = 2$$

۳۹- گزینهٔ «۲»

اول باید جرم اتمی میانگین مس را به دست بیاوریم.

$$\bar{M} = M_1 + (M_2 - M_1) \times \frac{F_2}{100} = 63 + (2 \times \frac{25}{100}) = 63/5\ g.mol^{-1}$$

حالا تعداد اتم مس را می‌حسابیم.

$$\overbrace{25/4}^{4} \times 10^{-1}\ g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{63/5\,g\,Cu} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\,atom\,Cu}{1\,mol\,Cu} = 24/08 \times 10^{22} = 2/408 \times 10^{23}\,atom\,Cu$$

۴۰- گزینهٔ «۲»

ایزوتوپ (۱):

$$p = 18, n = 18 \Rightarrow A = 36 \Rightarrow {}^{36}_{18}X \Rightarrow M_1 = 36, F_1 = \%70$$

ایزوتوپ (۲):

$$p = 18, n = 20 \Rightarrow A = 38 \Rightarrow {}^{38}_{18}X \Rightarrow M_2 = 38, F_2 = \%20$$

فراوانی ایزوتوپ سوم برابر با ۱۰ درصد است.

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow 70 + 20 + F_3 = 100 \Rightarrow F_3 = \%10$$

با توجه به فرمول جرم اتمی میانگین، M_3 محاسبه می‌شود.

$$\bar{M} = M_1 + (M_2 - M_1) \times \frac{F_2}{100} + (M_3 - M_1) \times \frac{F_3}{100} \Rightarrow 36/8 = 36 + \overbrace{(2 \times \frac{20}{100})}^{0/4} + (M_3 - 36) \times \frac{10}{100}$$

$$\Rightarrow 0/4 = (M_3 - 36) \times \frac{10}{100} \Rightarrow M_3 - 36 = 4 \Rightarrow M_3 = 40$$

بنابراین برای ایزوتوپ سوم داریم:

$$^{40}_{18}X \Rightarrow n = A - Z = 40 - 18 = 22$$

۴۱- گزینهٔ «۴»

اول تفاوت جرم (Δm) برحسب kg را حساب می‌کنیم.

$$\frac{2/5}{\frac{10}{4}} \times 10^{-4}\ mol\ \text{اورانیم} \times \frac{\overbrace{236\,g}^{(240-4)}\ \text{اورانیم}}{1\,mol\ \text{اورانیم}} \times \frac{1\,kg}{1000\,g} = \frac{\overbrace{240-4}^{60}}{4} \times 10^{-6} = 59 \times 10^{-6}\ kg$$

انرژی حاصل از این مقدار جرم برابر است با:

$$E = \Delta mc^2 = 59 \times 10^{-6} \times (3 \times 10^8)^2 = \overbrace{59 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{+16}}^{(60-1)}$$

$$= (540 - 9) \times 10^{10} = 531 \times 10^{10}\ J = 5/31 \times 10^{12}\ J$$

حالا این انرژی را به مگاژول تبدیل می‌کنیم:

$$5/31 \times 10^{12}\ J \times \frac{1\,kJ}{1000\,J} \times \frac{1\,MJ}{1000\,kJ} = 5/31 \times 10^6\ MJ$$