

بخش اول

جلسه سوم

عدد جرمی

جرم اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته‌ی آن بستگی دارد و جرم الکترون‌ها حتی اگر اتم بیش از ۱۰۰ الکترون هم داشته باشد، بر جرم اتم تأثیر چشم‌گیری نخواهد داشت.

نوکلئون: به پروتون یا نوترون، نوکلئون یا ذره‌ی سازنده‌ی هسته گفته می‌شود.

عدد اتمی: به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی یک اتم گفته می‌شود.

عدد جرمی: به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم عدد جرمی می‌گویند که آن را با نماد A نشان می‌دهند.

تعداد نوترون‌ها + تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی) = عدد جرمی

$$A = Z + N$$

نمایش عدد اتمی و عدد جرمی: شیمی‌دان‌ها برای هر اتم این اطلاعات را به طور خلاصه به صورت زیر نمایش می‌دهند:

نماد شیمیایی عنصر $\rightarrow {}^A_Z X$ ← عدد جرمی
← عدد اتمی

نکته ۱: در هسته‌ی اتم‌های پایدار تعداد نوترون‌ها بیشتر یا برابر با تعداد پروتون‌ها است ($N \geq Z$) به جز هیدروژن معمولی یا پروتیم که نوترون ندارد.

نکته ۲: در کاتیون‌ها و آنیون‌ها بار یون از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید:

تعداد الکترون - تعداد پروتون = بار یون

مثال ۱

عدد جرمی عنصری ۴۰ و تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر ۴ است. عدد اتمی این عنصر کدام است؟

(۱) ۱۶ (۲) ۱۸ (۳) ۲۰ (۴) ۲۲

پاسخ:

توجه: برای حل این گونه سؤال‌ها باید تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها را با عبارت ($N - Z$) نمایش دهید. زیرا تعداد نوترون‌ها بیشتر یا مساوی تعداد پروتون‌ها است. ($N \geq Z$)

$$A = Z + N$$

$$N - Z = 4 \Rightarrow N = Z + 4$$

$$A = Z + (Z + 4) = 40 \Rightarrow Z = 18$$

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

مثال ۲

تفاوت تعداد الکترون و نوترون در کدام گزینه بیش‌تر است؟

(۱) ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$ (۲) ${}^{80}_{35}\text{Br}^-$ (۳) ${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ (۴) ${}^{88}_{38}\text{Sr}^{2+}$

پاسخ:

اگر تعداد الکترون‌ها را با e نشان دهیم داریم:

$$\text{گزینه (۱): } {}^{35}_{17}\text{Cl}^- : Z = 17, e = 17 - (-1) = 18, N = A - Z = 35 - 17 = 18 \Rightarrow |N - e| = |18 - 18| = 0$$

$$\text{گزینه (۲): } {}^{80}_{35}\text{Br}^- : Z = 35, e = 35 - (-1) = 36, N = A - Z = 80 - 35 = 45 \Rightarrow |N - e| = |45 - 36| = 9$$

$$\text{گزینه (۳): } {}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+} : Z = 20, e = 20 - 2 = 18, N = A - Z = 40 - 20 = 20 \Rightarrow |N - e| = |20 - 18| = 2$$

$$\text{گزینه (۴): } {}^{88}_{38}\text{Sr}^{2+} : Z = 38, e = 38 - 2 = 36, N = A - Z = 88 - 38 = 50 \Rightarrow |N - e| = |50 - 36| = 14$$

بنابراین گزینه‌ی (۴) صحیح است.

توجه: از آنجا که تفاوت (یا اختلاف) تعداد الکترون و نوترون خواسته شده است بایستی همواره یک عدد مثبت ذکر شود. به همین دلیل از قدر مطلق استفاده شده است. اگرچه در این مثال در تمام گزینه‌ها تعداد نوترون‌ها بیشتر از یا مساوی تعداد الکترون‌ها است.

مثال ۳

عدد جرمی عنصر فرضی X برابر ۸۵ و تعداد نوترون‌های آن ۱/۵ برابر تعداد پروتون‌های آن است. تعداد الکترون‌های X^{2-} کدام است؟

۳۲ (۱) ۳۴ (۲) ۳۶ (۳) ۳۸ (۴)

پاسخ :

$$A = Z + N \xrightarrow{N=1/5Z} A = Z + 1/5Z \Rightarrow 85 = 2/5Z \Rightarrow Z = 34$$

$$-2 = 34 - e \Rightarrow e = 34 + 2 = 36$$

$\Rightarrow$ تعداد الکترون - تعداد پروتون = بار یون

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

ایزوتوپ

دانشمندان با کمک دستگاهی به نام **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت بسیار زیادی اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که در بسیاری از عناصر، همه‌ی اتم‌های یک عنصر جرم یکسانی ندارند. از آنجا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه‌ی اتم‌های یک عنصر یکسان است، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته‌ی اتم مربوط باشد. این مطالعات به معرفی مفهوم ایزوتوپ انجامید.

ایزوتوپ: به اتم‌های یک عنصر گفته می‌شود که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند.

ایزوتوپ به معنی هم‌مکان می‌باشد و اتم‌هایی که ایزوتوپ یکدیگرند، در جدول تناوبی در یک خانه قرار می‌گیرند.

تاکنون بیش از ۲۳۰۰ ایزوتوپ مختلف (طبیعی و ساختگی) شناخته شده است. در این میان فقط ۲۷۹ ایزوتوپ پایدار وجود دارد. برخی عناصرها مانند **فلوئور**، **فسفر** و **آلمونیم** تنها یک ایزوتوپ پایدار دارند. در حالی که برخی از دو یا تعداد بیش‌تری ایزوتوپ پایدار برخوردارند. برای نمونه **قلع** دارای ده ایزوتوپ پایدار است.

سه ایزوتوپ هیدروژن عبارتند از:

نام ایزوتوپ	نام معمولی	نماد شیمیایی	تعداد پروتون	تعداد الکترون	تعداد نوترون
پروتیم	هیدروژن معمولی	${}^1_1\text{H}$	۱	۱	۰
دوتریم	هیدروژن سنگین	${}^2_1\text{D}$	۱	۱	۱
تریتیم	هیدروژن پرتوزا	${}^3_1\text{T}$	۱	۱	۲

نکته ۳: ایزوتوپ‌ها چون آرایش الکترونی یکسانی دارند دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند اما برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آن‌ها مانند چگالی و نقطه‌ی ذوب و جوش متفاوت است. این تفاوت در خواص فیزیکی در ترکیب‌های شیمیایی این ایزوتوپ‌ها نیز مشاهده می‌شود.

به عنوان مثال چگالی آب معمولی (H_2O) برابر 1 g/mL و چگالی آب سنگین (D_2O) برابر 1.11 g/mL است. اما هر دو آب بوده و خواص شیمیایی یکسانی دارند.

نکته ۴: هر چه ایزوتوپ یک عنصر سنگین‌تر باشد، دمای ذوب و جوش و چگالی بیش‌تری دارد.

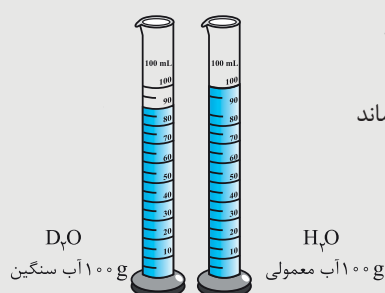
مثال ۴

تجربه نشان می‌دهد که ایزوتوپ‌ها خواص شیمیایی یکسانی دارند ولی برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آن‌ها با هم تفاوت می‌کند. این تفاوت در ترکیب‌های شیمیایی دارای آن‌ها نیز مشاهده می‌شود. با دقت به شکل مقابل نگاه کنید.

(آ) از این مشاهده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

(ب) به نظر شما اگر یک قطعه یخ D_2O را در آب معمولی (H_2O) بیندازیم، روی آب شناور می‌ماند

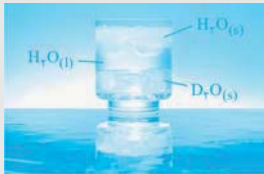
یا در آب فرو می‌رود؟ شما چه پیش‌بینی می‌کنید؟ چرا؟



پاسخ :

آ) 10°g آب سنگین حجم کمتری نسبت به 10°g آب معمولی دارد در نتیجه چگالی بیش‌تری نیز دارد.

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \quad \text{چگالی } \text{H}_2\text{O} = \frac{10^\circ}{1} = 1 \text{ g/mL} \quad \text{چگالی } \text{D}_2\text{O} = \frac{10^\circ}{9} \approx 1/11 \text{ g/mL}$$



ب) فرو می‌رود- زیرا چگالی یخ D_2O نسبت به آب معمولی بیش‌تر است.

توجه: چگالی D_2O بیش‌تر از H_2O است. اما این توجیه مناسبی نیست که نتیجه بگیریم چگالی یخ D_2O از چگالی مایع H_2O بیش‌تر است؛ زیرا می‌دانیم که در اثر انجماد آب، حجم، افزایش و چگالی کاهش می‌یابد. پس چگالی یخ D_2O از مایع D_2O کم‌تر می‌شود. اما آزمایش نشان می‌دهد که چگالی یخ D_2O از مایع H_2O بیش‌تر است و در آن فرو می‌رود. (این مطلب را به خاطر بسپارید.)

مثال ۵

با توجه به ایزوتوپ‌های هیدروژن (^1H , ^2D , ^3T) چند نوع مولکول هیدروژن می‌توان داشت؟ سبک‌ترین و سنگین‌ترین آن‌ها را مشخص کنید.

پاسخ : ۶ نوع مولکول

مولکول	H_2	D_2	T_2	HD	HT	DT
جرم	$2(1) = 2$	$2(2) = 4$	$2(3) = 6$	$1+2 = 3$	$1+3 = 4$	$2+3 = 5$

بنابراین سبک‌ترین مولکول، H_2 و سنگین‌ترین مولکول، T_2 است.

مثال ۶

با توجه به این که کلر دو ایزوتوپ (^{35}Cl , ^{37}Cl) و اکسیژن سه ایزوتوپ (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) دارد:

آ) در یک نمونه‌ی طبیعی Cl_2O چند نوع مولکول می‌توان یافت؟

ب) تفاوت جرم سبک‌ترین و سنگین‌ترین این مولکول‌ها را بنویسید.

پ) کدام مولکول نقطه‌ی جوش بیش‌تری دارد؟

پاسخ :



آ) برای ایزوتوپ ^{16}O سه مولکول می‌توان نوشت:

بنابراین با توجه به این که سه نوع O داریم در مجموع ۹ مولکول می‌توان نوشت.

$$\text{سبک‌ترین مولکول} : ^{16}\text{O} \ ^{35}\text{Cl} \ ^{35}\text{Cl} : 2(35) + 16 = 86$$

$$\text{سنگین‌ترین مولکول} : ^{18}\text{O} \ ^{37}\text{Cl} \ ^{37}\text{Cl} : 2(37) + 18 = 92$$

$$6 = 92 - 86 = \text{اختلاف}$$

پ) هرچه جرم مولکولی در ایزوتوپ‌ها بیش‌تر باشد نقطه‌ی جوش بیش‌تری نیز خواهد داشت. لذا $^{18}\text{O} \ ^{37}\text{Cl} \ ^{37}\text{Cl}$ بیش‌ترین نقطه‌ی جوش را دارد.

پایداری ایزوتوپ‌ها به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته بستگی دارد. برای نمونه همه‌ی هسته‌هایی که ۸۴ یا بیش از این تعداد

پروتون دارند، ناپایدار هستند. اما برطبق یک قاعده‌ی کلی اگر برای هسته‌ای نسبت تعداد نوترون به پروتون‌ها $1/5$ یا بیش از این باشد،

($\frac{\text{نوترون}}{\text{پروتون}} \geq 1/5$)، هسته‌ی یادشده ناپایدار خواهد بود. این گونه هسته‌های ناپایدار بر اثر واکنش‌های تلاشی هسته‌ای به هسته‌های پایدار

تبدیل می‌شوند.

همان‌طور که قبلاً دیدید در اثر واکنش‌های تلاشی هسته‌ای پرتوهای α ، β و γ ایجاد می‌شود و در نتیجه اتم جدیدی به‌وجود می‌آید. تغییر

در عدد اتمی و عدد جرمی اتم حاصل به‌صورت جدول روبه‌رو است:

تغییر در			نوع پرتو
A	N	Z	
-۴	-۲	-۲	α
۰	-۱	+۱	β^-
۰	۰	۰	γ

به عبارت دیگر در اثر گسیل یک ذره‌ی α ، تعداد ۲ پروتون و ۲ نوترون کم شده و از جرم اتمی ۴

واحد کاسته می‌شود. به همین ترتیب با گسیل یک ذره‌ی β به تعداد پروتون یکی افزوده شده و از

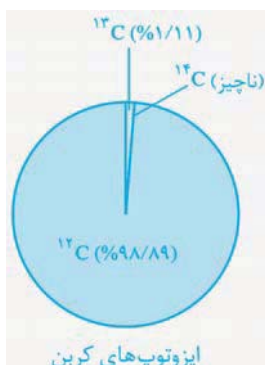
تعداد نوترون یکی کاسته می‌شود و در مجموع جرم تغییر نمی‌کند (با فرض ناچیز در نظر گرفتن

جرم الکترون). از طرف دیگر با گسیل پرتو γ هیچ تغییری در ذرات زیراتمی ایجاد نمی‌شود.

غده‌ی تیروئید در جلوی گردن قرار دارد و هورمون‌های تیروئیدی (T_4 و T_3) را ترشح می‌کند. این غده برای ساختن این هورمون‌ها مقدار زیادی از ید موجود در مواد غذایی را در خود جمع می‌کند. از این رو رادیو ایزوتوپ ید-۱۳۱ برای تشخیص بیماری‌های غده‌ی تیروئید به کار می‌رود. استفاده از نمک یددار در رژیم غذایی برای سالم ماندن غده‌ی تیروئید ضروری است.

جرم اتمی

شیمی‌دان‌ها ابتدا جرم اتم‌ها را به طور نسبی اندازه‌گیری می‌کردند. برای مثال جرم یک اتم اکسیژن $1/33$ برابر جرم یک اتم کربن و جرم یک اتم کلسیم $2/5$ برابر جرم یک اتم اکسیژن در نظر گرفته می‌شد. استفاده از این نسبت‌ها در محاسبه‌های آزمایشگاهی کار دشواری بود. از این رو، شیمی‌دان‌ها ناگزیر شدند جرم خاصی را به یک عنصر معین نسبت دهند و سپس به کمک نسبت‌های اندازه‌گیری شده جرم عنصرهای دیگر را محاسبه کنند.



در گذشته شیمی‌دان‌ها ابتدا هیدروژن و سپس اکسیژن را به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها انتخاب کردند، اما در نهایت فراوان‌ترین ایزوتوپ کربن یعنی کربن-۱۲ (^{12}C) برای این منظور انتخاب شد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید کربن دارای سه ایزوتوپ ^{12}C ، ^{13}C و ^{14}C است به‌طوری که از هر هزار اتم کربن موجود در نمونه‌های طبیعی ۹۸۹ اتم آن کربن-۱۲ و تعداد ۱۱ اتم آن کربن-۱۳ است. اتم کربن-۱۲ دارای ۶ پروتون و ۶ نوترون است. دانشمندان جرم این اتم را دقیقاً برابر $12/000$ در نظر گرفته‌اند.

با این حساب اتم اکسیژن که جرمی معادل $1/33$ برابر جرم اتم کربن دارد، در این مقیاس، جرمی برابر $16/000 = (12 \times 1/33)$ خواهد داشت.

از آن‌جا که جرم اتم‌ها به صورت نسبی اندازه‌گیری می‌شوند، یکایی ندارند. اما به تجربه ثابت شده است که استفاده از یکایی مناسب برای جرم اتم‌ها سودمند است. از این رو شیمی‌دان‌ها برای جرم یک اتم یا جرم اتمی، amu را که کوتاه شده‌ی عبارت atomic mass unit به معنای واحد جرم اتمی است، به عنوان یکای جرم اتمی معرفی کردند.

amu: یک دوازدهم ($\frac{1}{12}$) جرم اتم کربن-۱۲ است که برابر با $1/661 \times 10^{-24}$ گرم است.

جرم اتمی: جرم اتم برحسب واحد جرم اتمی (amu) است.



بنابراین در این مقیاس جرم اتم کربن-۱۲ برابر با $12/000 \text{ amu}$ و جرم اتم اکسیژن $16/000 \text{ amu}$ خواهد بود.

$$1 \text{ amu} = \frac{1}{12} \text{ جرم اتم } ^{12}\text{C}$$

در این مقیاس جرم پروتون و نوترون تقریباً 1 amu است. در حالی که جرم الکترون تقریباً یک دو هزارم ($\frac{1}{1836}$) این مقدار است. در جدول زیر ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی را مشاهده می‌کنید.

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم
			g
الکترون	${}_{-1}^0\text{e}$	-۱	$9/109 \times 10^{-28}$
پروتون	${}_{+1}^1\text{p}$	+۱	$1/673 \times 10^{-24}$
نوترون	${}_{0}^1\text{n}$	۰	$1/675 \times 10^{-24}$
			amu
			۰/۰۰۰۵
			۱/۰۰۷۳
			۱/۰۰۸۷

* در نماد ذرات زیراتمی عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کند. مثال: ${}_{-1}^0\text{p}$ ← بار نسبی جرم نسبی

نتیجه: جرم نوترون اندکی بیش‌تر از جرم پروتون است و هر دو کمی از 1 amu سنگین‌تر هستند.

نکته ۵: مقدار بار الکتریکی ذره‌های سازنده‌ی اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی الکترون می‌سنجند. در این مقیاس نسبی، بار الکترون (-۱) در نظر گرفته می‌شود.

توجه: از آن‌جا که جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها با هم برابر و حدوداً برابر با 1 amu است، می‌توان از روی عدد جرمی یک اتم، جرم آن را تخمین زد.

مثال ۷

جرم یکی از ایزوتوپ‌های لیتیم که ۳ پروتون و ۴ نوترون دارد، چند amu می‌باشد؟

پاسخ :

$$A = Z + N = 3 \text{ amu} + 4 \text{ amu} = 7 \text{ amu}$$

عدد جرمی = جرم اتمی

مثال ۸

اگر جرم الکترون با تقریب، برابر $\frac{1}{1836}$ جرم هریک از ذره‌های پروتون و نوترون فرض شود، نسبت جرم الکترون‌ها در اتم ${}^Z_Z A$ ، به جرم این اتم چه قدر است؟

پاسخ :

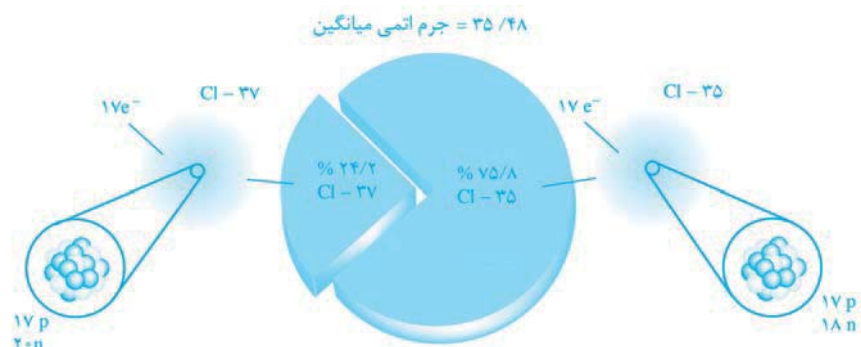
در یک اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها با هم برابر است. می‌توانیم با تقریب خوبی جرم اتم را برابر مجموع جرم پروتون و نوترون در نظر بگیریم. بنابراین داریم:

$$\frac{\text{جرم الکترون}}{\text{جرم اتم}} \approx \frac{\text{جرم الکترون}}{\text{مجموع جرم پروتون و نوترون}} = \frac{Z \times \frac{1}{1836}}{2Z} = \frac{1}{3672}$$

توجه: ممکن است بگویید چرا جرم اتم را با مجموع جرم پروتون و نوترون تقریب زدیم. در صورت تمایل می‌توانید جرم الکترون را در محاسبات خود وارد کنید و متوجه اثر ناچیز آن شوید. اما ممکن است سؤال دیگری مطرح کنید و آن این‌که چرا از جرم الکترون در صورت کسر صرف‌نظر نکردیم. در پاسخ بایستی به‌عنوان یک اصل ریاضی، بدانید که در محاسبات می‌توانید از یک عدد خیلی کوچک در جمع و تفریق با تقریب خوبی صرف‌نظر کنید، اما در ضرب و تقسیم اجازه‌ی چنین کاری را ندارید.

به‌عنوان مثال، ۲ به‌علاوه‌ی ۰/۰۰۱ می‌شود ۲/۰۰۱ که به ۲ نزدیک است اما ۲ ضرب‌در ۰/۰۰۱ می‌شود ۰/۰۰۲.

فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان نیست. برخی فراوان‌تر و برخی کم‌یاب‌ترند. برای مثال حدوداً از هر چهار اتم کلر موجود در طبیعت، سه اتم ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ و یک اتم ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ است. به عبارت دیگر ۷۵/۸ درصد از اتم‌های کلر را ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ و ۲۴/۲ درصد آن‌ها را ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ تشکیل می‌دهد.



با توجه به وجود ایزوتوپ‌ها و تفاوت در فراوانی آن‌ها، برای گزارش جرم نمونه‌های طبیعی از اتم عنصرهای مختلف، جرم اتمی میانگین به کار می‌رود. به عنوان مثال در جدول تناوبی جرم اتم کربن به جای ۱۲، ۱۲/۰۱۱ گزارش شده است.

جرم اتمی میانگین: به میانگین جرم اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر با توجه به درصد فراوانی آن‌ها در طبیعت گفته می‌شود. برای محاسبه‌ی جرم اتمی میانگین از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود.

$$(M) \text{ جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2 + \dots}{a_1 + a_2 + \dots}$$

M_1 و M_2 ... جرم ایزوتوپ‌ها و a_1 و a_2 ... درصد فراوانی (یا تعداد) ایزوتوپ‌ها است.

توجه: اگر نسبت‌های فراوانی به صورت درصد بیان شود مجموع $a_1 + a_2 + \dots$ برابر ۱۰۰ است.

مثال ۹

در طبیعت به ازای هر اتم ^{59}Fe چهار اتم ^{55}Fe وجود دارد. جرم اتمی میانگین آهن را حساب کنید.

پاسخ :

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2}{a_1 + a_2}$$

$$\text{جرم اتمی میانگین آهن} = \frac{59(1) + 55(4)}{1 + 4} = 55.8 \text{ amu}$$

نکته ۶: هرچه درصد فراوانی ایزوتوپی بیشتر باشد سهم آن از نمونه ای اتم بیشتر بوده و در نتیجه جرم اتمی میانگین به آن نزدیکتر است. به عنوان نمونه در مثال فوق بدون محاسبه می توانستیم بگوییم جرم اتمی میانگین به ۵۵ نزدیکتر است.

نکته ۷: ایزوتوپی که فراوانی بیشتری دارد نسبت به بقیه پایدارتر است.

مثال ۱۰

ترکیب درصد ایزوتوپهای پایدار استرانسیم به قرار زیر است، جرم اتمی استرانسیم کدام است؟

$$(^{88}\text{Sr} : \%.82/58, ^{87}\text{Sr} : \%.7/00, ^{86}\text{Sr} : \%.9/86, ^{84}\text{Sr} : \%.0/56)$$

$$87/71 \text{ (۴)}$$

$$82/58 \text{ (۳)}$$

$$86 \text{ (۲)}$$

$$88 \text{ (۱)}$$

پاسخ :

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2 + M_3 a_3 + M_4 a_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4} = \frac{84(.0/56) + 86(.9/86) + 87(.7/00) + 88(.82/58)}{1.00} = 87.71$$

بنابراین گزینه ی (۴) درست است.

مثال ۱۱

اگر عنصر A دارای ۲ ایزوتوپ ^{20}A و ^{21}A و جرم اتمی میانگین ۲۰/۶ amu باشد:

(آ) درصد فراوانی هریک از ایزوتوپها را محاسبه کنید.

(ب) کدام ایزوتوپ پایدارتر است؟

پاسخ :

(آ) فراوانی ^{20}A را با a_1 و فراوانی ^{21}A را با a_2 نمایش می دهیم.

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2}{a_1 + a_2}, \quad a_1 + a_2 = 100 \Rightarrow a_1 = 100 - a_2$$

$$20.6 = \frac{20(100 - a_2) + 21(a_2)}{100} \quad 2060 = 2000 - 20a_2 + 21a_2 \Rightarrow 60 = a_2 \Rightarrow a_2 = \%.60, \quad a_1 = \%.40$$

(ب) ^{21}A ، ایزوتوپی که درصد فراوانی بیشتری داشته باشد پایدارتر است.

تفاوت عدد جرمی و جرم اتمی

عدد جرمی به مجموع تعداد پروتون ها و نوترون های یک اتم گفته می شود. در حالی که جرم اتمی برابر جرم یک اتم بر حسب واحد جرم اتمی (amu) است. عدد جرمی همواره عدد صحیحی است در حالی که جرم اتمی یک عدد صحیح نیست. اما از آنجا که جرم پروتون و نوترون را حدود ۱ amu در نظر می گیریم و از جرم الکترون صرف نظر می کنیم، جرم اتمی یک عنصر به عدد جرمی آن بسیار نزدیک است و می توان با تقریب خوبی از عدد جرمی به جای جرم اتمی استفاده نمود.



؟

پرسش‌های جلسه سوم

۱۷

جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید.

- آ) به پروتون یا نوترون، یا نیز می‌گویند.
- ب) غده‌ی تیروئید، هورمون‌های تیروئیدی و را ترشح می‌کند. این غده برای ساختن این هورمون‌ها مقدار زیادی از موجود در مواد غذایی را در خود جمع می‌کند. از این رو برای تشخیص بیماری‌های غده‌ی تیروئید به کار می‌رود.^۱
- پ) دانشمندان به کمک دستگاهی به نام جرم اتم‌ها را با دقت اندازه‌گیری می‌کنند.
- ت) ایزوتوپ‌ها، اتم‌های یک عنصر هستند که یکسان و متفاوت دارند.
- ث) ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای خواص یکسان می‌باشند.
- ج) تفاوت جرم ایزوتوپ‌های یک عنصر به تعداد موجود در هسته‌ی اتم مربوط است.
- چ) تریتم و دوتریم به ترتیب هیدروژن و نامیده می‌شوند و آن‌ها را با نمادهای و نشان می‌دهند.
- ح) برطبق یک قاعده‌ی کلی اگر برای هسته‌ای نسبت تعداد نوترون به پروتون یا بیش از این باشد، هسته‌ی یادشده پرتوزا است.
- خ) هسته‌هایی که یا بیش از این دارند ناپایدار هستند.
- د) یکای جرم اتمی برابر جرم اتم است و آن را با نماد نشان می‌دهند.

۱۸

عبارت‌های زیر را با استفاده از گزینه‌ی صحیح کامل کنید.

- آ) به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم (جرم اتمی - عدد جرمی) می‌گویند.
- ب) ایزوتوپ‌ها چون (عدد جرمی - آرایش الکترونی) یکسانی دارند دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند. اما (همه‌ی - برخی) خواص فیزیکی وابسته به (جنس - جرم) آن‌ها متفاوت است.
- پ) فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان (است - نیست).
- ت) هرچه ایزوتوپ یک عنصر (سبک‌تر - سنگین‌تر) باشد، دمای ذوب و جوش و چگالی آن (بیش‌تر است - تغییری نمی‌کند).
- ث) عنصر (قلع - فسفر) دارای (یک - سه) ایزوتوپ پایدار است.
- ج) در (دوتریم - تریتم) تعداد نوترون دو برابر پروتون است. اما در (هیدروژن - دوتریم) تعداد نوترون و پروتون با هم برابر است.
- چ) ایزوتوپ به معنی (هم‌پار - هم مکان) است و اتم‌هایی که ایزوتوپ یکدیگرند در (یک خانه - خانه‌های مختلف) جدول تناوبی قرار می‌گیرند.
- ح) فرمول مولکولی آب سنگین به صورت $(D_2O - T_2O)$ است که چگالی آن نسبت به آب معمولی (کم‌تر - بیش‌تر) است.
- خ) با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جرمی، می‌توان دریافت که (مطابق - برخلاف) مدل اتمی دالتون همه‌ی اتم‌های یک عنصر، جرم برابر (دارند - ندارند) که این امر به‌خاطر تفاوت در تعداد (پروتون - نوترون)‌ها است.
- د) از روی (عدد اتمی - عدد جرمی) یک اتم می‌توان جرم آن را تخمین زد.
- ذ) همه‌ی اتم‌های یک عنصر (پروتون - نوترون) یکسانی دارند.
- ر) مجموع (الکترون‌ها - نوترون‌ها) در آب معمولی و آب سنگین یکسان است.
- ز) شیمی‌دان‌ها در قرن ۱۸ و ۱۹ جرم اتمی عنصرها را به‌صورت (نسبی - مطلق) اندازه‌گیری می‌کردند.
- ژ) $(\frac{A}{Z-1} M - \frac{A}{Z} M)$ ایزوتوپ عنصر $\frac{A}{Z} X$ می‌باشد.
- س) شیمی‌دان‌ها (میانگین - فراوان‌ترین) ایزوتوپ کربن را به‌عنوان عنصر مبنا برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها در نظر گرفته‌اند.
- ش) جرم پروتون و نوترون تقریباً برابر $(\frac{1}{1836} - 1) amu$ است.
- ص) همواره مقدار بار الکتریکی ذره‌های سازنده‌ی اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی (الکترون - پروتون) می‌سنجند. در این مقیاس نسبی بار این ذره $((+1) - (-1))$ در نظر گرفته می‌شود.

۱- این سؤال اصلاً ماهیت درسی شیمی ندارد. اما در بعضی از آزمون‌ها از این‌گونه مطالب سؤال مطرح می‌شود. لذا ما هم آن را جهت آشنایی آوردیم.

۱۹

درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را مشخص کنید. دلیل نادرستی یا شکل درست عبارتهای نادرست را بنویسید.

(آ) جرم اتم به تعداد پروتونها و نوترونهای درون هسته‌ی آنها بستگی دارد و جرم الکترونها حتی اگر اتم بیش از 10^4 الکترون هم داشته باشد، بر جرم اتم تأثیر چشم‌گیری نخواهد داشت.

(ب) تمام هسته‌هایی که ۸۴ یا بیش از این تعداد، پروتون دارند، ناپایدار هستند.

(پ) ایزوتوپهای یک عنصر، همگی در یک خانه از جدول تناوبی قرار دارند.

(ت) در تمام عناصر همواره تعداد نوترون بیش‌تر یا برابر با تعداد پروتونها است.

(ث) ایزوتوپهای یک عنصر، عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند.

(ج) عدد جرمی همان جرم اتمی است.

(چ) پدیده‌ی ایزوتوپی با نظریه‌ی اتمی دالتون در تضاد است.

(ح) شدت واکنش شیمیایی آب سنگین بیش‌تر از آب سبک است.

(خ) اگر جرم اتم عنصری 32 amu باشد، به این معنی است که جرم آن 32 برابر جرم اتم کربن-۱۲ است.

۲۰

در بین گونه‌های داده شده کدام ذرات نسبت به هم ایزوتوپ هستند؟ $^{32}_{16}\text{A}$, $^{118}_{50}\text{B}$, ^1_1C , $^{23}_{16}\text{D}^{2-}$, $^{12}_{51}\text{E}$, $^{12}_{50}\text{F}^{2+}$, ^2_1G , $^{32}_{17}\text{H}$

۲۱

نام، نماد و جرم ذره‌های زیر اتمی را بنویسید.

۲۲

عدد جرمی عنصر **B** برابر ۵۶ و تعداد پروتونهای آن دو واحد از نوترونهایش کم‌تر است. عدد اتمی این عنصر را به‌دست آورید.

۲۳

عدد جرمی X^+ برابر ۴۲ است. اگر تفاوت تعداد الکترون و نوترونها در این یون برابر ۵ باشد، تعداد ذره‌های زیر اتمی آن را بنویسید.

۲۴

عدد جرمی X^+ برابر ۲۰۰ و تعداد پروتونهای آن $\frac{2}{3}$ تعداد نوترونهای آن است، تعداد الکترونهای **X** را به‌دست آورید.

۲۵

جدول زیر را کامل کنید. در صورت ناقص بودن نماد از نظر عدد جرمی یا عدد اتمی یا بار، آن را کامل نمایید.

بار الکتریکی	نوترون (N)	الکترون (e)	A (عدد جرمی)	Z (پروتون)	نماد
-					$^{48}_{22}\text{Ti}$
-				۱۰	$^{20}_{10}\text{Ne}$
-	۲				^1_1T
-		۴۲	۹۶		Mo
-			۱۰۱	۴۴	Ru
	۷۴	۵۴			$^{127}_{54}\text{I}^-$
+۲					$^{88}_{38}\text{Sr}$
-		۳۹			$^{89}_{39}\text{Y}$
		۲۸		۳۰	$^{65}_{30}\text{Zn}$

۲۶

نام و نماد ایزوتوپهای هیدروژن را بنویسید. کدام یک پرتوزاست؟

۲۷

اکسیژن ۳ ایزوتوپ ($^{18}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{16}_8\text{O}$) و هیدروژن نیز سه ایزوتوپ (^1_1H , ^2_1D , ^3_1T) دارد. با توجه به تعداد ایزوتوپهای این دو عنصر، در یک نمونه‌ی طبیعی آب که مولکولهای آن از اتصال ایزوتوپهای مختلف اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است، چند نوع مولکول آب می‌توان یافت؟ جرم هر یک از مولکولها را حساب کنید.

۲۸

کربن دو ایزوتوپ ($^{12}_6\text{C}$ و $^{13}_6\text{C}$) و اکسیژن سه ایزوتوپ ($^{18}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{16}_8\text{O}$) دارد. با توجه به تعداد ایزوتوپهای این دو عنصر، در یک نمونه‌ی طبیعی کربن دی‌اکسید، چند نوع مولکول CO_2 می‌توان یافت؟

۲۹

اگر فراوانی اتم ^1_1A ، چهار برابر اتم ^2_1A باشد:

(آ) جرم اتمی میانگین را محاسبه کنید.

(ب) کدام ایزوتوپ پایدارتر است؟

۳۰

نقره در طبیعت به صورت مخلوطی از دو ایزوتوپ وجود دارد: $^{107}_{47}\text{Ag}$ با جرم اتمی 106.91 amu و $^{109}_{47}\text{Ag}$ با جرم اتمی 108.91 amu . جرم اتمی میانگین نقره 107.87 amu است. درصد فراوانی هر یک از این دو ایزوتوپ چه‌قدر است؟

پاسخ پرسش‌های جلسه سوم

۱۷

- آ) نوکلئون - ذره‌ی سازنده‌ی هسته
 ب) طیف‌سنج جرمی - بسیار زیادی
 ث) شیمیایی
 ج) پرتوزا - سنگین - ${}^4_1\text{T}$ - ${}^2_1\text{D}$
 خ) ۸۴ - پروتون
 ب) $T_3 - T_4$ - ید - رادیو ایزوتوپ ید-۱۳۱
 ث) عدد اتمی - عدد جرمی
 ج) نوترون
 د) $\frac{1}{12}$ - کربن ۱۲ - amu

۱۸

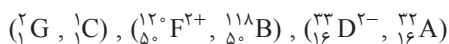
- آ) عدد جرمی
 ث) فسفر - یک
 خ) برخلاف - ندارند - نوترون
 ز) نسبی
 ص) الکترون - (۱-)
 ب) آرایش الکترونی - برخی - جرم ب) نیست
 ج) تریتم - دوتریم
 د) عدد جرمی
 ژ) M^{A-1}_Z
 ث) سنگین‌تر - بیش‌تر است
 ج) D_2O - بیش‌تر
 ر) الکترون‌ها
 ش) ۱
 چ) هم‌مکان - یک خانه
 ذ) پروتون
 س) فراوان‌ترین

۱۹

- آ) درست
 ب) درست
 ث) نادرست. هیدروژن معمولی نوترون ندارد.
 ث) درست
 ج) نادرست. عدد جرمی مجموع پروتون و نوترون است. اما جرم اتمی، جرم یک اتم برحسب واحد جرم اتمی (amu) است.
 ج) درست
 ح) نادرست. خواص شیمیایی ایزوتوپ‌ها یکسان است.
 خ) نادرست. جرم آن $\frac{32}{11}$ جرم اتم کربن - ۱۲ است.

۲۰

ذراتی که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت دارند با یکدیگر ایزوتوپ هستند که عبارتند از:



۲۱

- ${}^0_{-1}\text{e}$ جرم ≈ 0
 ${}^1_1\text{p}$ جرم $\approx 1\text{amu}$
 ${}^1_0\text{n}$ جرم $\approx 1\text{amu}$

۲۲

$$A = Z + N, Z = N - 2 \Rightarrow N = Z + 2 \Rightarrow 56 = Z + (Z + 2) \Rightarrow Z = 27$$

۲۳

$$\begin{aligned} N - e = 5 &\Rightarrow N = e + 5, \quad Z - e = 1 \Rightarrow Z = e + 1 \\ A = Z + N &\Rightarrow A = (e + 1) + (e + 5) = 42 \Rightarrow e = 18 \\ \Rightarrow N = e + 5 = 18 + 5 = 23, \quad Z = e + 1 = 18 + 1 = 19 &\Rightarrow {}^{42}_{19}\text{X}^+ \end{aligned}$$

۲۴

$$\begin{aligned} A &= Z + N = 200 \\ Z &= \frac{2}{3}N \end{aligned}$$

$$\frac{2}{3}N + N = 200 \Rightarrow \frac{5}{3}N = 200 \Rightarrow N = 120 \Rightarrow Z = \frac{2}{3} \times 120 = 80 \Rightarrow Z = 80 = \text{تعداد الکترون}$$

توجه کنید که تعداد الکترون‌های X خواسته شده است نه X^+ .

۲۵

بار الکتریکی	نوترون (N)	الکترون (e)	(عدد جرمی) A	(پروتون) Z	نماد
-	۲۶	۲۲	۴۸	۲۲	${}^{48}_{22}\text{Ti}$
-	۱۰	۱۰	۲۰	۱۰	${}^{20}_{10}\text{Ne}$
-	۲	۱	۳	۱	${}^3_1\text{T}$
-	۵۴	۴۲	۹۶	۴۲	${}^{96}_{42}\text{Mo}$
-	۵۷	۴۴	۱۰۱	۴۴	${}^{101}_{44}\text{Ru}$
-۱	۷۴	۵۴	۱۲۷	۵۳	${}^{127}_{53}\text{I}^-$
+۲	۵۰	۳۶	۸۸	۳۸	${}^{88}_{38}\text{Sr}^{2+}$
-	۵۰	۳۹	۸۹	۳۹	${}^{89}_{39}\text{Y}$
+۲	۳۵	۲۸	۶۵	۳۰	${}^{65}_{30}\text{Zn}^{2+}$

۲۶

هیدروژن معمولی یا سبک ${}^1_1\text{H}$ - هیدروژن سنگین ${}^2_1\text{D}$ - هیدروژن پرتوزا ${}^3_1\text{T}$ که به ترتیب پروتیم، دوتریم و تریتیم نام دارند.

۲۷

برای راحتی ${}^{16}_8\text{O}$ را به صورت O ، ${}^{17}_8\text{O}$ را به صورت O^* و ${}^{18}_8\text{O}$ را به صورت O^+ نمایش می‌دهیم. ایزوتوپ‌ها و جرم هر یک در جدول زیر آورده شده است. در مجموع ۱۸ مولکول آب مختلف خواهیم داشت.

جرم	ترکیب	جرم	ترکیب	جرم	ترکیب
۲۰	H_2O^+	۱۹	H_2O^*	۱۸	H_2O
۲۲	D_2O^+	۲۱	D_2O^*	۲۰	D_2O
۲۴	T_2O^+	۲۳	T_2O^*	۲۲	T_2O
۲۱	HDO^+	۲۰	HDO^*	۱۹	HDO
۲۲	HTO^+	۲۱	HTO^*	۲۰	HTO
۲۳	DTO^+	۲۲	DTO^*	۲۱	DTO

توضیح: در میان مولکول‌های آب، T_2O^+ بیش‌ترین نقطه‌ی ذوب و جوش و بالاترین چگالی را دارد.

۲۸

۱۲ مولکول. ۶ مولکول برای ${}^{12}\text{C}$ مطابق زیر:



و ۶ مولکول برای ${}^{13}\text{C}$ که مشابه فوق است.

۲۹

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1a_1 + M_2a_2}{a_1 + a_2} = \frac{10(4) + 11(1)}{4 + 1} = 10.2 \text{ amu}$$

(آ)

(ب) ایزوتوپ ${}^5_5\text{A}$ پایدارتر است. زیرا فراوانی آن بیش‌تر است.

۳۰

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1a_1 + M_2a_2}{a_1 + a_2}$$

$$10.7/87 = \frac{106/91(a_1) + 108/91(a_2)}{a_1 + a_2}, \quad a_1 + a_2 = 100 \Rightarrow a_1 = 100 - a_2$$

$$\Rightarrow 10.7/87 \times 100 = 106/91(100 - a_2) + 108/91a_2 \Rightarrow 10787 = 10691 - 106/91a_2 + 108/91a_2$$

$$\Rightarrow 96 = 2a_2 \Rightarrow a_2 = 48 \text{ درصد}, \quad a_1 + a_2 = 100 \Rightarrow a_1 = 52 \text{ درصد}$$



تست‌های جلسه سوم

۴۸. به کمک دستگاه طیف‌سنج جرمی، می‌توان به‌طور ، اتم را اندازه‌گرفت و این اندازه‌گیری نشان می‌دهد که همه

اتم‌های یک عنصر، برابر

- (۱) بسیار دقیق - عدد جرمی - عدد جرمی - دارند.
 (۲) بسیار دقیق - جرم - جرم - ندارند.
 (۳) تقریبی - عدد جرمی - عدد جرمی - ندارند.
 (۴) تقریبی - جرم - جرم - دارند.

۴۹. کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) یک amu برابر یک دوازدهم ($\frac{1}{12}$) جرم اتمی میانگین کربن است.
 (۲) جرم پروتون و نوترون تقریباً ۱ amu و جرم الکترون تقریباً یک دوازدهم ($\frac{1}{12}$) این مقدار است.
 (۳) ایزوتوپ‌ها خواص شیمیایی یکسانی دارند ولی برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آن‌ها با هم تفاوت می‌کند.
 (۴) حتی اگر اتمی ۱۰۰ الکترون هم داشته باشد، جرم الکترون‌ها، بر جرم آن اتم تأثیر چشم‌گیری نخواهد داشت.

۵۰. کدام مطلب نادرست است؟

- (۱) الکترون، نخستین ذره‌ی زیراتمی شناخته شده است.
 (۲) جرم نوترون ۱۸۳۷ برابر جرم الکترون و اندکی از جرم پروتون کم‌تر است.
 (۳) جرم اتم ^{12}C برابر ۱۲ amu است.
 (۴) همه‌ی اتم‌های یک عنصر تعداد پروتون‌های یکسانی دارند ولی ممکن است از نظر جرم اتمی متفاوت باشند.

۵۱. کدام مطلب نادرست است؟

- (۱) بزرگی بار پروتون با الکترون برابر است.
 (۲) جرم پروتون و نوترون تقریباً ۱ amu است.
 (۳) جرم اتمی که دارای ۳ پروتون، ۳ الکترون و ۴ نوترون است، برابر ۱۰ amu است.
 (۴) به پروتون یا نوترون‌های یک اتم، نوکلئون گفته می‌شود.

۵۲. کدام مطلب در مورد ایزوتوپ‌ها نادرست است؟

- (۱) سه عنصر فلئور، قلع و آلومینیم فقط دارای یک ایزوتوپ پایدار هستند.
 (۲) فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان نیست.
 (۳) از هر چهار اتم کلر موجود در طبیعت، یک اتم ^{37}Cl و سه اتم ^{35}Cl است.
 (۴) ایزوتوپ‌های یک عنصر، همگی یک خانه از جدول تناوبی را اشغال می‌کنند.

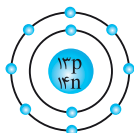
۵۳. در مقیاس amu، جرم پروتون و نوترون با هم برابر و تقریباً است در حالی که جرم الکترون تقریباً این مقدار است.

- (۱) $1 - \frac{1}{1000}$ amu (۲) $1 - \frac{1}{12}$ amu (۳) $1 - \frac{1}{2000}$ amu (۴) $1 - \frac{1}{12}$ amu

۵۴. نماد ذره‌های زیراتمی الکترون و نوترون (برای نشان دادن جرم و بار نسبی) به ترتیب کدام است؟

- (۱) ${}^1_0\text{n}$ و ${}^{-1}_0\text{e}$ (۲) ${}^1_0\text{n}$ و ${}^1_0\text{e}$ (۳) ${}^{-1}_0\text{e}$ و ${}^1_0\text{n}$ (۴) ${}^1_0\text{n}$ و ${}^{-1}_0\text{e}$

۵۵. شکل روبه‌رو ساختار الکترونی کدام ذره را نشان می‌دهد؟



- (۱) ${}^{10}_{10}\text{Ne}$ (۲) ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ (۳) ${}^{28}_{14}\text{Si}^{4+}$ (۴) ${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$

۵۶. عدد جرمی و تعداد الکترون‌های اتم عنصر A به ترتیب با عدد جرمی و تعداد الکترون‌های کاتیون عنصر B برابر است. کدام گزینه در مورد آن‌ها درست است؟

- (۱) A و B ایزوتوپ‌های یک عنصر هستند.
 (۲) پروتون‌های A به اندازه‌ی بار کاتیون B، بیش‌تر از پروتون‌های B است.
 (۳) نوترون‌های A به اندازه‌ی بار کاتیون B، بیش‌تر از نوترون‌های B است.
 (۴) اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها در B بیش‌تر از A است.

۵۷. اگر دو ذره X^+ و Y^- با یکدیگر هم الکترون باشند و عدد جرمی X ، ۴ واحد بیش تر از Y باشد اختلاف تعداد نوترون های X و Y کدام است؟
 ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۵۸. در اثر افزودن یک پروتون به $^{24}_{12}\text{Mg}$
 ۱) یون Mg^+ حاصل می شود.
 ۲) یون ایزوتوپی از Mg حاصل می شود.
 ۳) ایزوتوپی از $^{27}_{13}\text{Al}$ حاصل می شود.
 ۴) یون ایزوتوپی از $^{27}_{13}\text{Al}$ حاصل می شود.

۵۹. با توجه به جدول روبه رو کدام عبارت درست است؟

گونه	تعداد نوترون	عدد جرمی	تعداد الکترون
A^{2+}	۱۲	۲۴	x
B	۱۶	y	۱۵
C^{3-}	۱۷	z	۱۸

۱) x برابر ۱۵ است.

۲) z برابر ۳۴ است.

۳) B و C ایزوتوپ هستند.

۴) y برابر ۲۹ است.

۶۰. عدد جرمی X^{2+} برابر ۴۲ است. اگر تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها در این یون برابر ۶ باشد، تعداد پروتون های این یون برابر است با
 ۲۳ (۱) ۱۹ (۲) ۴۰ (۳) ۲۱ (۴)

۶۱. در کدام ترکیب، تفاوت تعداد پروتون ها و نوترون ها بیش تر است؟



۶۲. تعداد الکترون های یون X^+ برابر ۷۹ است. اگر تعداد نوترون های اتم X ، ۵۰٪ بیش تر از تعداد پروتون های آن باشد، عدد جرمی X کدام است؟ (X نماد شیمیایی عنصر فرضی است).
 ۲۰۰ (۱) ۱۹۸ (۲) ۱۹۶ (۳) ۱۹۴ (۴)

۶۳. عدد جرمی اتم عنصر X ، $\frac{7}{3}$ برابر عدد اتمی آن است. اگر یون X^{2+} دارای ۴۶ الکترون باشد، این عنصر در مجموع دارای چند ذره نوکلئونی است؟
 ۹۶ (۱) ۱۰۲ (۲) ۱۱۲ (۳) ۱۲۸ (۴)

۶۴. نسبت جرم الکترون به جرم اتم در اتم $^{210}_{84}\text{Po}$ تقریباً کدام است؟

$\frac{1}{6000}$ (۴)

$\frac{1}{5000}$ (۳)

$\frac{1}{4000}$ (۲)

$\frac{1}{3000}$ (۱)

۶۵. اگر یک عنصر پرتوزا، چهار ذره آلفا به همراه ذره های بتا و گاما از دست بدهد، جرم اتمی این عنصر تقریباً چند واحد کاهش می یابد؟
 ۴ (۱) ۱ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴)

۶۶. ایزوتوپ های یک عنصر، دارای یکسان اما متفاوت و خواص شیمیایی هستند.

۱) عدد اتمی - عدد جرمی - یکسان

۲) عدد جرمی - عدد اتمی - متفاوت

۳) عدد اتمی - عدد جرمی - متفاوت

۴) عدد جرمی - عدد اتمی - یکسان

۶۷. کدام دو اتم ایزوتوپ یکدیگرند؟



۴) ب، ت

۳) پ، ت

۲) آ، پ

۱) آ، ب

۶۸. در جرم برابر، حجم کدام ترکیب زیر کم تر است؟



۴) همگی حجم برابر دارند.



۶۹. ایزوتوپ های هیدروژن در کدام مورد با یکدیگر اختلاف دارند؟

۲) تعداد پروتون

۱) چگالی

۴) خواص شیمیایی

۳) تعداد الکترون

۷۰. با توجه به سه ایزوتوپ هیدروژن (^1_1H ، ^2_1D ، ^3_1T) و دو ایزوتوپ کلر ($^{35}_{17}\text{Cl}$ ، $^{37}_{17}\text{Cl}$) چند نوع مولکول HCl می توان نوشت؟
 ۳ (۱) ۶ (۲) ۹ (۳) ۱۲ (۴)

۷۱. با توجه به این که اکسیژن دارای سه ایزوتوپ $^{16}_8\text{O}$ ، $^{17}_8\text{O}$ و $^{18}_8\text{O}$ است، در یک نمونه از گاز O_2 ، چند نوع مولکول مختلف O_2 می تواند وجود داشته باشد؟

- (۱) ۶ (۲) ۹ (۳) ۱۲ (۴) ۱۸

۷۲. اتم کربن دارای دو ایزوتوپ $^{12}_6\text{C}$ و $^{13}_6\text{C}$ و اکسیژن دارای سه ایزوتوپ $^{16}_8\text{O}$ ، $^{17}_8\text{O}$ و $^{18}_8\text{O}$ است. بر این اساس در یک نمونه گاز CO_2 که مولکول های آن از اتصال ایزوتوپ های مختلف کربن و اکسیژن تشکیل شده است، چند نوع مولکول CO_2 مختلف می توان یافت؟

- (۱) ۱۲ (۲) ۶ (۳) ۱۸ (۴) ۹

۷۳. چند مولکول آب براساس تنوع ایزوتوپی اکسیژن ($^{16}_8\text{O}$ ، $^{17}_8\text{O}$ ، $^{18}_8\text{O}$) و هیدروژن (^1_1H ، ^2_1D ، ^3_1T) به ترتیب از راست به چپ دارای جرم ۲۳ و ۲۴ در واحد amu است؟

- (۱) ۱ و ۲ (۲) ۴ و ۱ (۳) ۲ و ۲ (۴) ۳ و ۴

۷۴. با توجه به شکل زیر که توزیع نسبی اتم های مس را در یک نمونه ی طبیعی از مس نشان می دهد، جرم اتمی میانگین مس، بر حسب واحد جرم اتمی کدام است؟

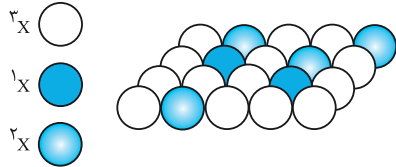


- (۱) ۶۳/۳ (۲) ۶۴/۳ (۳) ۶۳/۵ (۴) ۶۴/۵

۷۵. سیلیسیم دارای سه ایزوتوپ با جرم های اتمی ۲۸، ۲۹ و ۳۰ amu به ترتیب با فراوانی نسبی ۹۲، ۵ و ۳ درصد است. جرم اتمی متوسط این عنصر بر حسب amu کدام است؟

- (۱) ۲۷/۹۲ (۲) ۲۸/۱۱ (۳) ۲۹/۰۴ (۴) ۲۹/۹۵

۷۶. براساس شکل روبه رو که توزیع نسبی اتم های عنصر فرضی X را در حالت طبیعی نشان می دهد، جرم اتمی میانگین این عنصر بر حسب amu کدام است؟



- (۱) ۲/۶ (۲) ۲/۵ (۳) ۱/۹ (۴) ۲/۱

۷۷. اگر اتم A با جرم اتمی میانگین ۹۱/۲ amu دارای دو ایزوتوپ $^{90}_A$ و $^{92}_A$ باشد، اختلاف درصد فراوانی دو ایزوتوپ کدام است؟

- (۱) ۲۰٪ (۲) ۴۰٪ (۳) ۱۰٪ (۴) ۱۵٪

۷۸. اگر عنصر A دارای دو ایزوتوپ $^{20}_A$ و $^{21}_A$ و جرم اتمی میانگین ۲۰/۶ amu باشد، ایزوتوپ پایدارتر است و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین تر برابر است.

- (۱) $^{20}_A$ - ۴۰ (۲) $^{20}_A$ - ۶۰ (۳) $^{21}_A$ - ۴۰ (۴) $^{21}_A$ - ۶۰

۷۹. اتم فرضی A دارای سه ایزوتوپ به جرم های اتمی، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ در مقیاس amu است. اگر جرم اتمی میانگین آن ۲۱/۴ amu و فراوانی سبک ترین ایزوتوپ آن نصف فراوانی ایزوتوپ دوم (با جرم اتمی ۲۱ amu) باشد، فراوانی سنگین ترین ایزوتوپ آن چند درصد است؟

- (۱) ۵۵ (۲) ۷۰ (۳) ۴۰ (۴) ۲۵

۸۰. با توجه به شکل زیر، چنان چه جرم اتمی میانگین عنصر فرضی $^{12}_A$ که از دو ایزوتوپ xA و $^{26}_A$ تشکیل شده است، برابر ۲۴/۴ amu باشد، کدام مطلب نادرست است؟



- (۱) ایزوتوپ سنگین تر، از پایداری بیش تری برخوردار است.
(۲) فراوانی ایزوتوپ $^{26}_A$ برابر ۲۰ درصد است.
(۳) ایزوتوپ سبک تر دارای ۱۲ نوترون در هسته ی خود است.
(۴) در طبیعت به ازای هر یک اتم از ایزوتوپ سنگین تر، ۴ اتم از ایزوتوپ سبک تر یافت می شود.

۸۱. عنصر X با جرم اتمی میانگین $36/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ، دارای سه ایزوتوپ طبیعی است که یکی از آن ها دارای ۲۰ نوترون و فراوانی ۲۰٪ و دیگری ۱۸ نوترون با فراوانی ۷۰٪ است. شمار نوترون های ایزوتوپ دیگر کدام است؟ (جرم پروتون و نوترون را یکسان و برابر ۱ amu در نظر بگیرید.)

- (۱) ۲۱ (۲) ۲۲ (۳) ۲۳ (۴) ۲۴

۸۲. فرض کنید عنصر X دارای دو ایزوتوپ است. اگر فراوانی ایزوتوپ سبک تر X چهار برابر فراوانی ایزوتوپ سنگین تر باشد و تفاوت جرم اتمی دو ایزوتوپ ۱/۲۵ amu باشد، جرم اتمی میانگین، برابر خواهد بود با:

- (۱) یک واحد کم تر از جرم ایزوتوپ سنگین تر
(۲) $\frac{1}{4}$ واحد کم تر از جرم ایزوتوپ سنگین تر
(۳) نیم واحد بیش تر از جرم ایزوتوپ سبک تر
(۴) $\frac{3}{4}$ واحد بیش تر از جرم ایزوتوپ سبک تر

پاسخ تست‌های جلسه سوم

(۲) - ۴۸

(۱) - ۴۹

یک amu برابر یک دوازدهم ($\frac{1}{12}$) جرم اتم ^{12}C است (نه جرم اتمی میانگین کربن)، زیرا در محاسبه‌ی جرم اتمی میانگین کربن، جرم هر سه ایزوتوپ ^{12}C ، ^{13}C و ^{14}C در نظر گرفته می‌شود.

(۲) - ۵۰

جرم نوترون اندکی بیش از جرم پروتون است و جرم پروتون 1837 برابر جرم الکترون می‌باشد.

(۳) - ۵۱

جرم اتمی برابر مجموع جرم پروتون و نوترون است.
جرم اتمی $= 3\text{amu} + 4\text{amu} = 7\text{amu}$

(۱) - ۵۲

سه عنصر فلئور، فسفر و آلومینیم فقط دارای یک ایزوتوپ پایدار هستند اما قلع دارای ده ایزوتوپ پایدار است.

(۳) - ۵۳

در مقیاس amu، جرم پروتون و نوترون تقریباً 1amu است در حالی که جرم الکترون تقریباً یک دهم ($\frac{1}{1837}$) این مقدار است.

(۱) - ۵۴

در نمایش ذره‌های زیراتمی، سمت چپ در بالا جرم نسبی و سمت چپ در پایین بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند:

^1_0n : نوترون ^1_1p : پروتون $^0_{-1}\text{e}$: الکترون

(۴) - ۵۵

با توجه به تعداد پروتون‌های شکل داده شده، عدد اتمی آن برابر 13 است و چون 10 الکترون دارد بنابراین مربوط به $^{13}\text{Al}^{3+}$ می‌باشد.

(۳) - ۵۶

روش اول: A, B^{m+}

$$e_A = e_{B^{m+}} \Rightarrow Z_A = Z_B - m$$

$$A_A = A_B \Rightarrow N_A + Z_A = N_B + Z_B \xrightarrow{Z_B = Z_A + m}$$

$$N_A + Z_A = N_B + Z_A + m \Rightarrow N_A = N_B + m$$

توضیح: می‌دانیم که تعداد الکترون‌های A با تعداد الکترون‌های B^{m+} برابر است. بنابراین تعداد پروتون‌های A به اندازه‌ی بار کاتیون (m) کمتر از پروتون‌های B است (نادرستی گزینه‌ی ۲) از آن‌جا که تعداد پروتون‌ها برابر نیست، A و B ایزوتوپ یک عنصر نیستند (نادرستی گزینه‌ی ۱). برای این‌که عدد جرمی A و B برابر باشد باید مجموع پروتون و نوترون برابر باشد. چون تعداد

پروتون‌های A به اندازه‌ی بار کاتیون کمتر از B است پس باید تعداد نوترون‌های A به اندازه‌ی بار کاتیون بیشتر از نوترون‌های B باشد (درستی گزینه‌ی ۳) از طرفی تعداد پروتون‌های A کمتر و تعداد نوترون‌های آن بیشتر است، بنابراین اختلاف تعداد نوترون و پروتون‌ها در A بیش‌تر از B است. (نادرستی گزینه‌ی ۴)

روش دوم: می‌توانید با نسبت دادن تعداد پروتون و نوترون دلخواه به گونه‌ای که در فرض مسأله صدق کند به راحتی سؤال را حل کنید.

$$\text{مثال } ^{27}_{12}\text{A} (Z=12, e=12, N=15)$$

$$^{27}_{13}\text{B}^+ (Z=13, e=12, N=14)$$

(۲) - ۵۷

روش اول: X^+ یک الکترون از دست داده است و Y^- یک الکترون به‌دست آورده است. از آن‌جا که X^+ و Y^- هم الکترون هستند باید X تعداد ۲ الکترون بیش‌تر از Y داشته باشد و چون تعداد الکترون و پروتون در ذره‌ی خنثی برابر است X تعداد ۲ پروتون بیش‌تر از Y دارد. از طرفی چون عدد جرمی X، ۴ واحد بیش‌تر از Y است با توجه به رابطه‌ی $A = Z + N$ باید ۲ نوترون نیز بیش‌تر از Y داشته باشد تا جرم آن ۴ واحد بیش‌تر باشد.

روش دوم: (هم الکترون هستند): X^+, Y^-

$$\Rightarrow Z_X = Z_Y + 2 \Rightarrow Z_X - Z_Y = 2 \quad (1)$$

$$A_X - A_Y = 4 \xrightarrow{A=Z+N} Z_X + N_X - (Z_Y + N_Y) = 4$$

$$\Rightarrow Z_X - Z_Y + N_X - N_Y = 4$$

$$\xrightarrow{\text{رابطه‌ی (۱)}} 2 + N_X - N_Y = 4 \Rightarrow N_X - N_Y = 2$$

(۴) - ۵۸

در اثر افزودن یک پروتون به $^{24}_{12}\text{Mg}$ ، گونه‌ی $^{25}_{13}\text{X}^+$ حاصل می‌شود که یون ایزوتوپی از $^{27}_{13}\text{Al}$ است.

(۳) - ۵۹

ابتدا مقدار X را به‌دست می‌آوریم:

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

با توجه به این‌که یون ۲ بار مثبت است تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها ۲ واحد کمتر است، بنابراین تعداد الکترون‌ها برابر ۱۰ است یعنی $x = 10$ (رد گزینه‌ی ۱)

برای محاسبه‌ی y باید عدد جرمی B را به‌دست آوریم. چون تعداد الکترون‌ها برابر ۱۵ است، تعداد پروتون‌ها نیز برابر ۱۵ خواهد بود؛ بنابراین با توجه به این‌که جدول تعداد نوترون‌ها را عدد ۱۶ گزارش داده، خواهیم داشت: $A = Z + N = 15 + 16 = 31$ بنابراین $y = 31$ خواهد بود. $^{31}_{15}\text{B}$ (رد گزینه‌ی ۴)

۶۴- (۳)

می‌دانیم که جرم پروتون و نوترون تقریباً برابر ۱ amu و جرم الکترون تقریباً $\frac{1}{1836}$ جرم پروتون است.

$$\frac{\text{جرم الکترون}}{\text{جرم اتم}} = \frac{\text{جرم الکترون}}{\text{مجموع جرم پروتون و نوترون}} = \frac{184 \times \frac{1}{1836}}{210} = \frac{1}{5000}$$

۶۵- (۴)

ذره‌های آلفا از جنس هسته‌ی اتم هلیوم (${}^4_2\text{He}^{2+}$) می‌باشند، بنابراین با از دست دادن چهار ذره‌ی آلفا، جرم اتمی عنصر پرتوزا تقریباً ۱۶ واحد کاهش می‌یابد.

۶۶- (۱)

۶۷- (۲)

اتم‌های ${}^{40}_{19}\text{A}$ و ${}^{39}_{19}\text{C}$ که دارای عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت هستند، ایزوتوپ یکدیگرند.

۶۸- (۳)

T_2O جرم و چگالی بیش‌تری دارد. بنابراین در جرم برابر نسبت به H_2O و D_2O ، حجم کم‌تری دارد. مقایسه‌ی حجم مقدار برابر از آن‌ها به صورت زیر است:

$$\text{T}_2\text{O} < \text{D}_2\text{O} < \text{H}_2\text{O} \quad \text{حجم مقدار برابر}$$

۶۹- (۱)

ایزوتوپ‌ها در برخی خواص فیزیکی که به جرم آن‌ها ارتباط دارد، اختلاف دارند، مانند چگالی.

۷۰- (۲)

برای راحتی کار ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ را با Cl^* نمایش می‌دهیم:

$\begin{cases} \text{HCl} \\ \text{DCl} \\ \text{TCl} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{HCl}^* \\ \text{DCl}^* \\ \text{TCl}^* \end{cases}$
--	--

بنابراین ۶ نوع مولکول HCl می‌توان نوشت.

۷۱- (۱)

با توجه به ایزوتوپ‌های اکسیژن، در یک نمونه از گاز O_2 ، ۶ نوع مولکول مختلف می‌تواند وجود داشته باشد.

$${}^{16}\text{O} = {}^{16}\text{O} \quad {}^{16}\text{O} = {}^{17}\text{O} \quad {}^{16}\text{O} = {}^{18}\text{O}$$

$${}^{17}\text{O} = {}^{17}\text{O} \quad {}^{17}\text{O} = {}^{18}\text{O} \quad {}^{18}\text{O} = {}^{18}\text{O}$$

توجه کنید که پیوند دوگانه در این‌جا اهمیتی ندارد.

۷۲- (۱)

اگر فقط برای کربن یک ایزوتوپ ${}^{12}\text{C}$ را در نظر بگیریم، ۶ نوع مولکول مختلف CO_2 ($\text{O} = \text{C} = \text{O}$) خواهیم داشت:

$${}^{16}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{16}\text{O} \quad {}^{16}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{17}\text{O} \quad {}^{16}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{18}\text{O}$$

$${}^{17}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{17}\text{O} \quad {}^{17}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{18}\text{O} \quad {}^{18}\text{O} = {}^{12}\text{C} = {}^{18}\text{O}$$

با توجه به امکان جایگزین کردن ${}^{12}\text{C}$ با ${}^{13}\text{C}$ ، تعداد فوق دو برابر می‌شود.

برای محاسبه‌ی Z ابتدا تعداد پروتون‌های C^{3-} را محاسبه می‌کنیم. تعداد الکترون‌های این یون برابر ۱۸ است و چون تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها ۳ واحد بیش‌تر است یعنی تعداد پروتون‌های این یون برابر ۱۵ خواهد بود. پس:

$$A = Z + N \Rightarrow A = 15 + 17 = 32$$

بنابراین $Z = 32$ است و ${}^{32}_{15}\text{C}$ (رد گزینه‌ی (۲)). همان‌طور که می‌بینید B و C دارای عددهای اتمی یکسان ولی عددهای جرمی متفاوت هستند، بنابراین با هم ایزوتوپ می‌باشند. (تأیید گزینه‌ی (۳)).

۶۰- (۲)

تعداد الکترون - تعداد پروتون = بار یون

$$\Rightarrow 2 = Z - e \Rightarrow e = Z - 2 \quad (*)$$

$$6 = N - e \quad \text{تفاوت تعداد الکترون و نوترون}$$

$$\xrightarrow{(*)} 6 = N - (Z - 2) \Rightarrow N = Z + 4 \quad (**)$$

$$A = Z + N \xrightarrow{(**)} 42 = Z + (Z + 4) \Rightarrow Z = 19$$

توجه: بدون نوشتن دو خط اول به صورت ذهنی می‌توانستیم بگوییم در یون X^{2+} تفاوت تعداد الکترون و نوترون برابر ۶ است و چون به دلیل بار (۲+) تعداد الکترون ۲ واحد کم‌تر از تعداد پروتون است بنابراین تفاوت تعداد پروتون و نوترون برابر ۴ است یعنی:

$$N = Z + 4$$

۶۱- (۴)

$${}^{35}_{17}\text{Cl}: Z = 17, N = 35 - 17 = 18 \Rightarrow N - Z = 18 - 17 = 1$$

$${}^{27}_{13}\text{Al}: Z = 13, N = 27 - 13 = 14 \Rightarrow N - Z = 14 - 13 = 1$$

$${}^{45}_{21}\text{Sc}: Z = 21, N = 45 - 21 = 24 \Rightarrow N - Z = 24 - 21 = 3$$

$${}^{80}_{35}\text{Br}: Z = 35, N = 80 - 35 = 45 \Rightarrow N - Z = 45 - 35 = 10$$

۶۲- (۱)

$$X^{+}: e = 79 \Rightarrow Z = 79 + 1 = 80$$

$$N = 1/5 Z = 1/5 \times 80 = 16$$

$$A = Z + N = 80 + 16 = 96$$

۶۳- (۳)

$$X^{2+}: e = 46 \Rightarrow Z = 46 + 2 = 48$$

$$A = \frac{Y}{3} Z = \frac{Y}{3} \times 48 = 16Y$$

می‌دانیم که تعداد ذره‌های نوکلئون (پروتون و نوترون) برابر عدد جرمی است.

۷۹- (۱)

$$M_1 = 20 \quad M_2 = 21 \quad M_3 = 22 \quad \bar{M} = 21/4$$

$$\bar{M} = \frac{(M_1 \times x_1) + (M_2 \times x_2) + (M_3 \times x_3)}{x_1 + x_2 + x_3} \quad \frac{x_2 = 2x_1}{x_3 = 100 - (x_1 + x_2)}$$

$$21/4 = \frac{(20x_1) + (21 \times (2x_1)) + (22(100 - 3x_1))}{x_1 + (2x_1) + (100 - 3x_1)}$$

$$\Rightarrow 21/4 = \frac{20x_1 + 42x_1 + 2200 - 66x_1}{3x_1 + 100 - 3x_1} \Rightarrow 21/4 = \frac{2200 - 4x_1}{100}$$

$$\Rightarrow 2140 = 2200 - 4x_1 \Rightarrow 4x_1 = 2200 - 2140 = 60$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{60}{4} = 15$$

$$x_2 = 2x_1 = 2(15) = 30$$

$$x_3 = 100 - (3x_1) = 100 - 3(15) = 55$$

۸۰- (۱)

ابتدا جرم ایزوتوپ مجهول $^x A$ را می‌یابیم:

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{x(24) + 26(6)}{24 + 6} = 24/4$$

$$\Rightarrow 24x + 156 = 72 \Rightarrow x = 24$$

گزینه‌ی (۱): ایزوتوپی که فراوانی بیشتری دارد پایدارتر است.
بنابراین ایزوتوپ $^x A$ یا همان ^{24}A که سبک‌تر است، از پایداری بیشتری برخوردار است.

گزینه‌ی (۲): فراوانی ایزوتوپ ^{26}A برابر $20\% = \frac{6}{30} \times 100$ است.

گزینه‌ی (۳): ایزوتوپ سبک‌تر ^{24}A دارای ۱۲ نوترون است

$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z = 24 - 12 = 12$$

گزینه‌ی (۴): در طبیعت به ازای ۶ ایزوتوپ سنگین‌تر ^{24}A ایزوتوپ سبک‌تر وجود دارد به عبارت دیگر به ازای هر یک اتم از ایزوتوپ سنگین‌تر، ۴ اتم از ایزوتوپ سبک‌تر یافت می‌شود.

۸۱- (۲)

$$\text{جرم اتمی ایزوتوپ اول} = 18 + 20 = 38$$

$$\text{جرم اتمی ایزوتوپ دوم} = 18 + 18 = 36$$

$$\text{فراوانی ایزوتوپ سوم} = 10\% = 20\% - 70\% = 10\%$$

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{38(20) + 36(70) + M(10)}{100} = 36/8$$

$$\Rightarrow M = 40 \quad (\text{جرم اتمی ایزوتوپ سوم})$$

$$A = Z + N \Rightarrow 40 = 18 + N \Rightarrow N = 22$$

۸۲- (۱)

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2}{a_1 + a_2}$$

اگر جرم اتمی ایزوتوپ سنگین را A فرض کنیم، جرم اتمی ایزوتوپ سبک برابر $A - 1/25$ خواهد بود.

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{1A + 4(A - 1/25)}{1 + 4} = \frac{A + 4A - 5}{5}$$

$$= \frac{5A - 5}{5} = \frac{5(A - 1)}{5} = A - 1$$

۷۳- (۱)

جرم ۲۴	جرم ۲۳
$\begin{array}{c} ^{18}O \\ / \quad \backslash \\ ^2T \quad ^2T \end{array}$	$\begin{array}{c} ^{17}O \\ / \quad \backslash \\ ^2T \quad ^2T \end{array}$
$\begin{array}{c} ^{18}O \\ / \quad \backslash \\ ^2D \quad ^2T \end{array}$	

۷۴- (۳)

با توجه به شکل، تعداد ^{65}Cu برابر ۵ و تعداد ^{63}Cu برابر ۱۵ است:

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2}{a_1 + a_2}$$

$$\text{جرم اتمی میانگین Cu} = \frac{5 \times 65 + 15 \times 63}{5 + 15} = 63/5 \text{ amu}$$

۷۵- (۲)

$$M = \frac{28(92) + 29(5) + 30(3)}{92 + 5 + 3} = 28/11 \text{ amu}$$

۷۶- (۱)

در شکل ارائه شده ۱۴ اتم 3X ، ۴ اتم 2X و ۲ اتم 1X وجود دارد.

$$\text{جرم اتمی میانگین X} = \frac{14 \times 3 + 4 \times 2 + 2 \times 1}{14 + 4 + 2} = 2/6 \text{ amu}$$

۷۷- (۱)

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر (9_2A) را x و درصد فراوانی

ایزوتوپ سنگین‌تر ($^{92}_2A$) را y در نظر می‌گیریم:

$$x + y = 100 \Rightarrow y = 100 - x$$

$$\text{جرم اتمی میانگین} = 91/2 = \frac{90(x) + 92(100 - x)}{100}$$

$$\Rightarrow 9120 = 90x + 9200 - 92x$$

$$\Rightarrow 2x = 9200 - 9120 = 80 \Rightarrow x = 40 \Rightarrow y = 60$$

$$\Rightarrow y - x = 20\%$$

۷۸- (۴)

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر (2A) را x و درصد فراوانی ایزوتوپ

سنگین‌تر (^{21}A) را y در نظر می‌گیریم.

$$x + y = 100 \Rightarrow y = 100 - x$$

$$\text{جرم اتمی میانگین} = 20/6 = \frac{20x + 21(100 - x)}{100}$$

$$\Rightarrow 2060 = 20x + 2100 - 21x \Rightarrow x = 40$$

$$\Rightarrow y = 100 - 40 = 60 \quad \text{درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر}$$

ایزوتوپی که درصد فراوانی بیشتری دارد پایدارتر است، بنابراین

ایزوتوپ سنگین‌تر (^{21}A) پایدارتر است.