



جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، کمی کم‌تر از ۱۴ میلیارد سال سن دارد.

همواره یکی از پرسش‌های انسان این بود که جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، چگونه پدید آمده و اساس پیدایش آن از کجاست؟ منشأ عناصری که با تعداد محدودشان مثل حروف الفبا در کنار هم قرار می‌گیرند و کلمات جهان هستی را پدید می‌آورند، کجاست؟ شنیده‌ایم که در خورشید واکنش‌هایی صورت می‌گیرد و عنصرهای هلیوم و هیدروژن محور این واکنش‌های مهم هستند. چگونه است که در زمین هم دقیقاً همان عناصر هلیوم و هیدروژن وجود دارد؟ این همه فاصله (حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر!!) و این همه شباهت؟

ستاره‌شناسان اکنون براساس نظریهٔ «مهبانگ» یا انفجار بزرگ (Big Bang) معتقدند که جهان از یک ذرهٔ بی‌نهایت کوچک و داغ پدید آمده است. این ذرهٔ بسیار فشرده سرانجام در یک لحظه و به دلیل نیروی زیاد فشرده‌گی، انبساط پیدا کرد و زمان، ماده و فضا آغاز شد. البته محور اصلی این نظریه مشاهده و تحقیقات «ادوین هابل» در ابتدای قرن بیستم بود. این مطالعات حقایق بزرگی را پیش‌روی انسان امروزی قرار دارد. طی مهبانگ، دمای بسیار بالا زمینهٔ پدیدآمدن عناصر مختلف را پدید آورد. فرایند همجوشی هسته‌ای شکل گرفت، ستارگان شکل گرفتند ...

این‌ها پاسخ سؤالاتی بود که در ذهن انسان پدید آمد و یکی یکی شروع به یافتن پاسخ آن‌ها کرد.

شاید شما در آینده پاسخ تعدادی از این سؤال‌ها را بیابید. توصیه می‌کنم کتاب‌های «پس از نخستین سه دقیقه» اثر شگفت‌انگیز تهانو پادمانابهان یا «جهان در پوست گردو» اثر استیون هاوکینگ را حتماً مطالعه کنید.

«هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید

او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستارهٔ شبانگهی باشید؛ سقفی زیبا و آکنده از اسرار و پرسش‌های بی‌شماری که از گذشته تاکنون ذهن کنجکاو انسان‌های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تاباند، پیوسته با ما سخن می‌گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند؛ از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ ذره‌های سازندهٔ جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است. زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با مطالعهٔ خواص و رفتار ماده، همچنین برهم‌کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که «هستی چگونه پدید آمده است؟ جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟» روبه‌رو بوده و پیوسته تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. مسلماً پاسخ به اولین پرسش - که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است - در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چارچوب اعتقادی و بینش خویش و در پرتو آموزه‌های وحیانی می‌تواند به پاسخی جامع دست یابد. اما پس از عبور از این قلمرو، علم تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش‌های دوم و سوم انجام داده است. این تلاش‌ها سبب شد تا دانش ما درباره جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما درباره کیهان و منشأ آن اطلاعاتی داریم که نیاکان مان حتی نمی‌توانستند آنها را تصور کنند؛ برای نمونه ما به فضا می‌رویم؛ با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده‌ایم؛ در پی یافتن زندگی در دیگر سیاره‌ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می‌کنیم. آشکار است که با گذشت زمان، انسان به پیشرفت‌هایی دست خواهد یافت که امروزه در ذهن ما نمی‌گنجد. تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاییما به نام **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی است (شکل ۱).



شکل ۱- عکس کره زمین از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

پهلو سیاره

دو فضاییما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه فیزیکی و شیمیایی آنها را تهیه کنند و بفرستند. این شناسنامه‌ها می‌تواند حاوی اطلاعاتی مانند نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آنها و ترکیب درصد این مواد باشد.

عنصرها چگونه پدید آمدند؟

یکی از پرسش‌های مهمی که شیمی دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونه پیدایش عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعه کیهان به ویژه سامانه خورشیدی برای پاسخ به این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

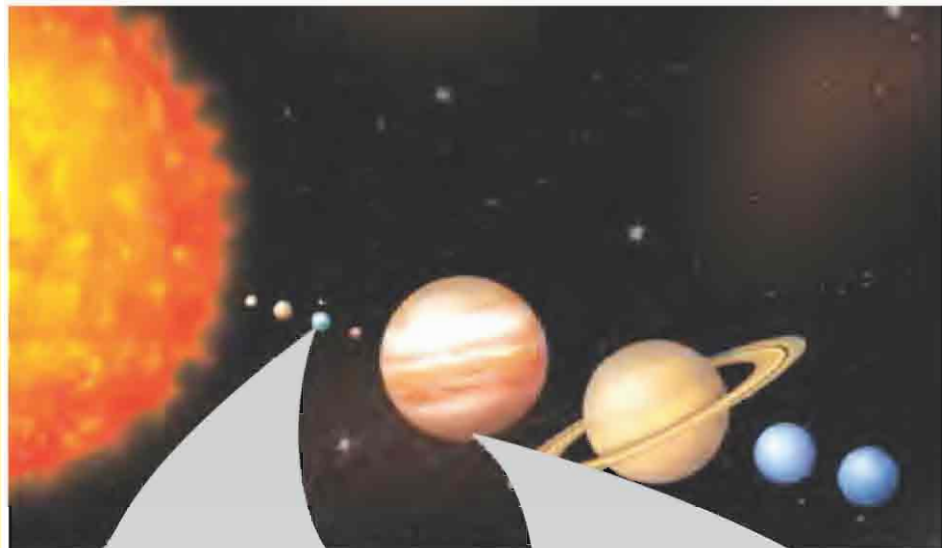
شواهد تاریخی که از سنگ‌نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

آیا می‌دانید

دانشمندان مسلمان علاقه زیاد به آسمان شب و مطالعه ستاره‌ها داشتند. **عبدالرحمن صوفی** یکی از ستاره‌شناسان ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کهکشان «آندرومیا» ارائه داده است. این کهکشان نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است. او همچنین درباره موقعیت ستاره‌ها، اندازه و رنگ آنها در صورت‌های فلکی اطلاعات معتبری ارائه داده است.

خود را بیازمایید

شکل زیر عنصرهای سازنده دو سیاره مشتری و زمین را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



اختر شیمی، یکی از

شاخه‌های جذاب شیمی است و به مطالعه مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضاها بین ستاره‌ای یافت می‌شود. اختر شیمی دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در مکان‌هایی بسیار دور ثابت کنند که تاکنون پای هیچ انسانی به آنجا نرسیده است.

نکات مهم:

- مقایسه درصد فراوانی عناصر مختلف در دو سیاره زمین و مشتری؛
- ۱- در هر دو سیاره، عنصر گوگرد (S) در پایگاه ششم از نظر فراوانی وجود دارد.
- ۲- در سیاره مشتری، در بین هشت عنصر فراوان، عنصر فلزی وجود ندارد.
- ۳- در سیاره زمین، در بین هشت عنصر فراوان، پنج عنصر فلزی وجود دارد.
- ۴- در سیاره مشتری، ۳ عنصر فراوان (در بین هشت عنصر)، گاز نجیب هستند (هلیوم، آرگون و نئون).
- ۵- در سیاره زمین، آهن فراوان‌ترین فلز و آلومینیم فراوان‌ترین نافلز است.
- ۶- در سیاره مشتری، هیدروژن (رنگ نافلز) فراوان‌ترین عنصر است.

آیا می‌دانید

سحابی بوم‌رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای 272°C - است که حدود ۵۰۰۰ سال نوری از زمین سنتا روس (قنطورس) واقع شده است.



آ) فراوان‌ترین عنصر در هر سیاره، کدام است؟

ب) عنصرهای مشترک در دو سیاره را نام ببرید. O (اکسیژن)، S (گوگرد)

پ) در کدام سیاره، عنصر فلزی وجود ندارد؟ به نکته ۲ مراجعه کنید.

ت) پیش‌بینی کنید سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟ عناصر تشکیل دهنده مشتری عناصر نافلزی هستند و عناصر نافلزی معمولاً گازی شکل هستند.

ث) آیا به جز عنصرهای نشان داده شده در شکل، عنصرهای دیگری در زمین یافت می‌شود؟

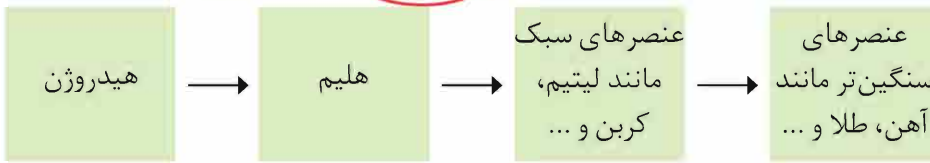
چند نمونه نام ببرید. نیکل (Ni)، سدیم (Na) و ...



در یافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیاره زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عنصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده است. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به طوری که برخی از آنها بر این باورند که **سر آغاز کیهان** با انفجاری مهیب (**مهبانگ**) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون، عنصرهای هیدروژن و هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام **سحابی** ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

ستاره‌ها متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید. جالب است بدانید که دما و اندازه هر ستاره تعیین می‌کند که چه عنصرهایی باید در آن ستاره ساخته شود. هرچه دمای ستاره بیشتر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر فراهم می‌شود. چنین ستارگانی پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده، در انفجاری مهیب متلاشی شده‌اند و اتم‌های سنگین درون آنها در سرتاسر گیتی پراکنده شده است. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست (شکل ۲).



شکل ۲- روند تشکیل عنصرها

پیوند با ریاضی

در یافتید که درون ستاره‌ها به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. اینشتین رابطه زیر را برای محاسبه انرژی تولید شده در این واکنش‌ها ارائه کرد:

$$E = mc^2$$

در این رابطه، m جرم ماده بر حسب کیلوگرم، c سرعت نور (3×10^8 متر بر ثانیه) و E

انرژی آزاد شده را بر حسب ژول نشان می‌دهد ($1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$).

آ تجربه نشان داده است که در تبدیل هیدروژن به هلیوم، 0.0024 گرم ماده به انرژی

$$\begin{cases} m = 0.0024 \text{ g} = 24 \times 10^{-4} \text{ g} \xrightarrow{1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}} m = 24 \times 10^{-7} \text{ kg} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \end{cases}$$

$$E = mc^2 \Rightarrow (24 \times 10^{-7}) \times (3 \times 10^8)^2 = 216 \times 10^9 \text{ J} = 216 \times 10^6 \text{ kJ}$$

(ب) با یک تناسب ساده می‌توان گفت:

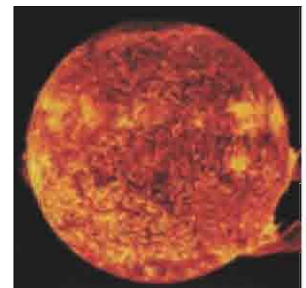
وقتی برای ذوب کردن یک گرم آهن به 247 ژول انرژی (گرما) نیاز داریم، مقدار 247 ژول گرم آهن، چند گرم آهن را ذوب می‌کند؟ پس:

$$\frac{\text{گرم آهن}}{1} = \frac{\text{J}}{247} \Rightarrow x = \frac{216 \times 10^9}{247} \rightarrow x = 0.8745 \times 10^9 = 8745 \times 10^5 \text{ g Fe} = 874500 \text{ kg Fe}$$

● **سحابی عقاب** یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست. این تصویر به وسیله تلسکوپ هابل گرفته شده است. بین دمای ستاره و دمای اتم‌های ساقه‌شده در آن، رابطه مستقیم وجود دارد.

آیا می‌دانید

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به ما است که دمای سطح آن به حدود 6000°C و دمای درون آن به حدود 10000000°C می‌رسد. انرژی گرمایی و نورانی خیره‌کننده آن، حاصل از واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود به طوری که در هر ثانیه پنج میلیون تن از جرم خورشید کاسته می‌شود. بر این اساس برآورد می‌شود که خورشید تا پنج میلیارد سال دیگر می‌تواند نورافشانی کند.



در اتم $^{56}_{26}\text{Fe}$ شماره نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر است. پاسخ: تعداد پروتون‌ها، همان عدد اتمی (Z) است که در عنصر آهن ۲۶ است. برای مقایسه تعداد نوترون‌ها از رابطه $n = A - Z$ استفاده می‌کنیم که در این صورت تعداد نوترون‌های این اتم $30 = 56 - 26$ است. بنابراین عبارت مورد نظر نادرست است.

تبدیل می‌شود. حساب کنید در این واکنش هسته‌ای چند کیلوژول انرژی تولید می‌شود؟ (ب) برای درک بزرگی میزان این انرژی، حساب کنید این مقدار انرژی چند گرم آهن را ذوب خواهد کرد؟ (برای ذوب شدن یک گرم آهن، ۲۴۷ ژول انرژی نیاز است).

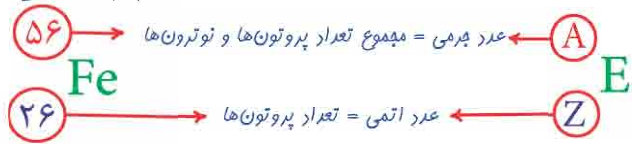
آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

به کمک دستگاه طیف‌سنجی بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان* (ایزوتوپ) هستند (شکل ۳).

خود را بیازمایید

به عبارت دیگر سه نوع اتم منیزیم وجود دارد که همگی به دلیل تعداد پروتون‌های یکسان (Z) منیزیم هستند ولی به دلیل تعداد نوترون‌های متفاوت، بدون تغییر متفاوتی دارند.

۱- در علوم سال هشتم آموختید که هر عنصر را با نماد ویژه‌ای نشان می‌دهند. در این نماد، تعداد ذره‌های زیراتمی را نیز می‌توان مشخص کرد. هر گاه بدانید که اتمی از آهن ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد، با توجه به شکل زیر مشخص کنید که Z و A هر کدام، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟



نماد شیمیایی اتم آهن

نماد همگانی اتم‌ها

۲- با توجه به نماد ایزوتوپ‌های منیزیم (شکل ۳)، جدول زیر را کامل کنید.

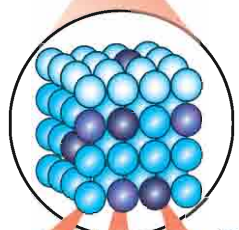
ویژگی / نماد ایزوتوپ	A (p+n)	Z (p)	تعداد الکترون	تعداد نوترون (A-Z)
$^{24}_{12}\text{Mg}$	۲۴	۱۲	۱۲	۱۲
$^{25}_{12}\text{Mg}$		۱۲		۱۳
$^{26}_{12}\text{Mg}$			۱۲	

ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای Z یکسان اما A متفاوت هستند. خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ از این رو اتم‌های منیزیم همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره ای عناصر تنها یک مکان را اشغال می‌کنند؛ این در حالی است که همین ایزوتوپ‌ها در برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

* مصوب فرهنگستان

شمار پروتون‌های اتم هر عنصر را عدد اتمی و شمار نوترون‌های اتم هر عنصر را عدد جرمی آن می‌گویند. (فارج از کشور - تهرانی ۸۸) پاسخ: با قسمت اول این عبارت موافقم، ولی عدد جرمی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های اتم است، بنابراین عبارت نادرست است.

نکته: اگر در اتمی تعداد پروتون و نوترون‌ها برابر باشد، آنگاه $A = 2Z$



عدد جرمی سه نوع منیزیم متفاوت است.



تعداد پروتون‌های هر سه ۱۲ تا است. شکل ۳- ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونه طبیعی از آن. از شکل پیداست که فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر کم‌تر از دو ایزوتوپ دیگر است.

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

نکته مهم: $A - Z =$ تعداد نوترون‌ها (n)

نکته مهم: در اتم فنتی، همواره تعداد الکترون‌ها با تعداد پروتون‌ها (Z) برابر است، یعنی: $p = e \rightarrow e = Z$

نکته مهم: ایزوتوپ‌های یک عنصر، عدد اتمی یکسان (Z یکسان) و عدد جرمی متفاوت (A متفاوت) دارند. بنابراین خواص شیمیایی که تابع تعداد پروتون‌ها (و البته الکترون‌هاست) در آن‌ها مشابه ولی خواص فیزیکی که غالباً وابسته به جرم هستند، در آن‌ها متفاوت است.

با استفاده از دستگاه طیف‌سنج پرمی می‌توان دریافت که همه اتم‌های یک عنصر، ۳ برابر و چون شمار اتم‌های هر عنصر یکسان است، پس باید شمار آن‌ها باشد. (سراسری - ریاضی ۸۷، با اندکی تغییر)

۱) دارند - پروتون - نوترون - برابر ۲) دارند - نوترون - پروتون - برابر ۳) ندارند - نوترون - پروتون - نابرابر ۴) ندارند - پروتون - نوترون - نابرابر

پاسخ: گزینه (۳)

آیا می‌دانید

ایزوتوپ کربن ^{14}C خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام بازبریک (Pazyryk) در کوه‌های سبیری و تعیین قدمت آن با استفاده از ^{14}C مشخص شد که این فرش به ۲۵۰۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.



شرط‌های ناپایدار بودن هسته (پرتوزایی)؛

$$\frac{n}{p} \geq 1/5 \quad (1)$$

۲) عدد اتمی بزرگتر از ۸۳ (عناصر سنگین)

مثلاً در مورد ^2H و ^3H

$$^2\text{H} \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{1}{1} = 1 < 1/5$$

$$^3\text{H} \Rightarrow \frac{n}{p} = \frac{2}{1} = 2 > 1/5$$

با هم بیندیشیم

۱- داده‌های جدول زیر را به دقت بررسی کنید؛ سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

نماد ایزوتوپ	^1_1H	^2_1H	^3_1H	^4_1H	^5_1H	^6_1H	^7_1H
ویژگی ایزوتوپ							
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-22}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟ (راهنمایی: به عدد اتمی و عدد پرمی اشاره کنید.)

ب) یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوپ است؟ ۳

پ) نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟ ^7_1H زیرا نیم‌عمر کوتاه‌تری نسبت به شش ایزوتوپ دیگر دارد.

ت) هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرنرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟ ۵ ایزوتوپ، از ^3_1H تا ^7_1H

ث) اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. چند ایزوتوپ هیدروژن دارای این ویژگی است؟

ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ

چ) درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۲- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.

۳- اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ

۴) درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۵- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.

۶- اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ

۷- درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۸- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.

۹- اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ

۱۰- درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

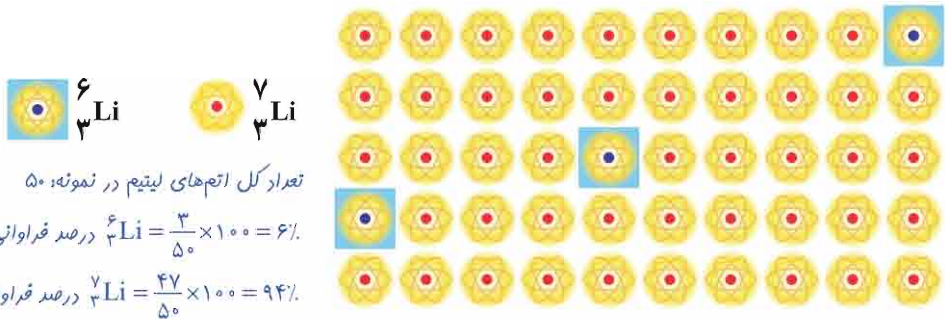
۱۱- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.

۱۲- اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ

۱۳- درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

۱۴- شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.

۱۵- اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟ ۵ ایزوتوپ



تعداد کل اتم‌های لیتیم در نمونه: ۵۰

درصد فراوانی $^6_3\text{Li} = \frac{3}{50} \times 100 = 6\%$

درصد فراوانی $^7_3\text{Li} = \frac{47}{50} \times 100 = 94\%$

تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

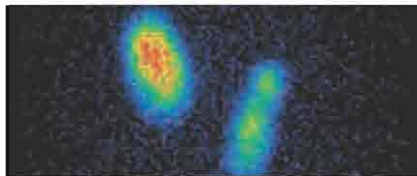
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه* (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).



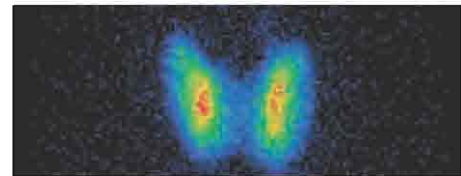
نمونه‌ای از یک مولد رادیوایزوتوپ مس



(ا)



(پ)



(ب)

شکل ۴- (آ) غده پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان (ب) تصویر غده تیروئید سالم (پ) تصویر غده تیروئید ناسالم

از تکنسیم (^{99}Tc) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

همه ^{99}Tc موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. از آنجا که زمان ماندگاری آن کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.

ما می‌توانیم

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه بسیار خطرناک هستند، اما پیشرفت دانش و فناوری، بشر را موفق به مهار و بهره‌گیری از آنها کرده است، به طوری که از آنها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود. اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود (شکل ۵).



شکل ۵- یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آنها در تولید انرژی الکتریکی است.

• **کیمیایگری (تبدیل عنصرهای دیگر به طلا) آرزوی دیرینه بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینه تولید آن به اندازه‌ای زیاد است که صرفه اقتصادی ندارد.**

این ایزوتوپ، ^{235}U بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ^{238}U درصد کمتر است. دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش دهند. به این فرایند، **غنی‌سازی ایزوتوپی** گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده گانه کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).



• **اتم ^{59}Fe یک رادیوایزوتوپ است که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.**



شکل ۶- برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران ← فسفر، تکنسیم، اورانیوم و ...

پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

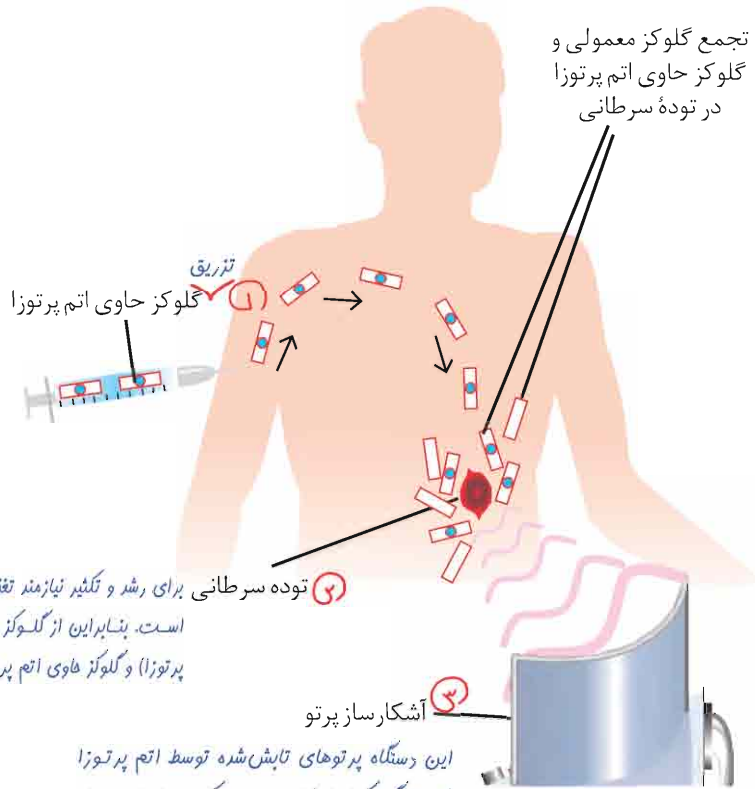
با هم ببیندیشیم

● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند.



● دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند.

توده‌های سرطانی، یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها را برای تشخیص توده سرطانی نشان می‌دهد. با بررسی آن، فرایند تشخیص بیماری را توضیح دهید.



آیا می‌دانید

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه جا یافت می‌شود. البته میزان پرتوهای تابش شده بسیار اندک است و به‌طور معمول بر سلامت ما اثری نمی‌گذارد. یکی از فراوان‌ترین مواد پرتوزا که در زندگی ما یافت می‌شود، گاز ^{222}Rn رادون است. رادون، گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است. این گاز پیوسته در لایه‌های زیرین زمین در واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود و به دلیل دما و فشار زیاد در آن لایه‌ها به منافذ و ترک‌های موجود در سنگ‌های سازنده پوسته زمین نفوذ می‌کند.

طبقه‌بندی عنصرها

طبقه‌بندی کردن یکی از مهارت‌های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که بررسی و تحلیل را آسان‌تر می‌کند. در واقع با استفاده از طبقه‌بندی، یافته‌ها و داده‌ها را به شیوه مناسبی سازماندهی می‌کنند تا بتوان سریع‌تر و آسان‌تر به اطلاعات دسترسی یافت. در علوم سال نهم با اساس طبقه‌بندی عنصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی‌دان‌ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را بر اساس یک معیار و ملاک در جدولی با چیدمانی ویژه کنار هم قرار داده‌اند (شکل ۷). این جدول به آنها کمک می‌کند تا اطلاعات ارزشمندی از ویژگی‌های عنصرها را به دست آورند و بر اساس آن، رفتار عنصرهای گوناگون را پیش‌بینی کنند.

جدول دوره‌ای عناصر

								۱۸ He هلیوم ۴,۰۰۳
			۱۳ B بور ۱۰,۸۰	۱۴ C کربن ۱۲,۰۱	۱۵ N نیتروژن ۱۴,۰۱	۱۶ O اکسیژن ۱۶,۰۰	۱۷ F فلور ۱۹,۰۰	۱۰ Ne نئون ۲۰,۱۸
			۱۳ Al آلومینیم ۲۶,۹۸	۱۴ Si سیلیسیم ۲۸,۰۹	۱۵ P فسفر ۳۰,۹۷	۱۶ S گوگرد ۳۲,۰۷	۱۷ Cl کلر ۳۵,۴۵	۱۸ Ar آرگون ۳۹,۹۵
۱۰ Ni نیکل ۵۸,۶۹	۱۱ Cu مس ۶۳,۵۵	۱۲ Zn روی ۶۵,۳۹	۳۱ Ga گالیم ۶۹,۷۲	۳۲ Ge ژرمانیم ۷۲,۶۴	۳۳ As آرسنیک ۷۴,۹۲	۳۴ Se سلنیم ۷۸,۹۶	۳۵ Br برم ۷۹,۹۰	۳۶ Kr کریپتون ۸۳,۸۰
۴۶ Pd پالادیم ۱۰۶,۴۰	۴۷ Ag نقره ۱۰۷,۹۰	۴۸ Cd کادمیم ۱۱۲,۴۰	۴۹ In ایندیم ۱۱۴,۸۰	۵۰ Sn قلع ۱۱۸,۷۰	۵۱ Sb آنتیموان ۱۲۱,۸۰	۵۲ Te تلوریم ۱۲۷,۶۰	۵۳ I ید ۱۲۶,۹۰	۵۴ Xe زنون ۱۳۱,۳۰
۷۸ Pt پلاتین ۱۹۵,۰۱	۷۹ Au طلا ۱۹۷,۰۰	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰,۶۰	۸۱ Tl تالیوم ۲۰۴,۳۰	۸۲ Pb سرب ۲۰۷,۲۰	۸۳ Bi بیسموت ۲۰۹,۰۰	۸۴ Po پولونیم [۲۰۹]	۸۵ At استاتین [۲۱۰]	۸۶ Rn رادون [۲۲۲]
۱۱۰ Ds دارمشاتیم [۲۸۱]	۱۱۱ Rg روننگیم [۲۸۰]	۱۱۲ Cn کویسیم [۲۷۷]	۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مکسکوویم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لایوموریم [۲۹۳]	۱۱۷ Ts تنسینه [۲۹۶]	۱۱۸ Og اوگانسون [۲۹۴]

۶۳ Eu اوروپیم ۱۵۲,۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷,۲۰	۶۵ Tb تریبیم ۱۵۸,۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲,۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴,۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷,۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸,۹۰	۷۰ Yb ایتریم ۱۷۳,۰۰
۹۵ Am امریسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریوم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیوم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیوم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیوم [۲۵۹]

مثل C (کربن) یا Mg (منیزیم)

شکل ۷- جدول دوره‌ای عناصر. در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می‌شود؛ برای نمونه نماد سه عنصر آلومینیم، آرگون و طلا به ترتیب Al، Ar و Au است که همگی با حرف A آغاز می‌شود.

وقتی نام چند عنصر با یک حرف آغاز می‌شود (مثل منیزیم و منگنز) به‌ناچار برای این عناصر

از دو حرف استفاده می‌کنند، مثل: Mg (منیزیم) و Mn (منگنز)

عدد اتمی — ۱
 نماد شیمیایی — H
 نام — هیدروژن
 جرم اتمی میانگین — ۱/۰۰۸

۱	۱ H هیدروژن ۱,۰۰۸	۲							
۲	۳ Li لیتیم ۶,۹۴	۴ Be بیریم ۹,۰۱							
۳	۱۱ Na سدیم ۲۲,۹۹	۱۲ Mg منیزیم ۲۴,۳۱							
۴	۱۹ K پتاسیم ۳۹,۱۰	۲۰ Ca کلسیم ۴۰,۰۸	۲۱ Sc اسکاندیم ۴۴,۹۶	۲۲ Ti تیتانیم ۴۷,۸۷	۲۳ V وانادیم ۵۰,۹۴	۲۴ Cr کروم ۵۲,۰۰	۲۵ Mn منگنز ۵۴,۹۴	۲۶ Fe آهن ۵۵,۸۵	۲۷ Co کبالت ۵۸,۹۳
۵	۳۷ Rb روبییدیم ۸۵,۴۷	۳۸ Sr استرانسیم ۸۷,۶۲	۳۹ Y ایتیریم ۸۸,۹۱	۴۰ Zr زیرکونیم ۹۱,۲۲	۴۱ Nb نیوبیم ۹۲,۹۱	۴۲ Mo مولیبدن ۹۵,۹۴	۴۳ Tc تکنسیم -	۴۴ Ru روتیم ۱۰۱,۱	۴۵ Rh رودیم ۱۰۲,۹۰
۶	۵۵ Cs سزیم ۱۳۲,۹۰	۵۶ Ba باریم ۱۳۷,۰۳	۷۱ Lu لوتسیم ۱۷۵,۰۰	۷۲ Hf هافنیم ۱۷۸,۰۵	۷۳ Ta تانتالیم ۱۸۰,۹۰	۷۴ W تنگستن ۱۸۳,۸۰	۷۵ Re رنیم ۱۸۶,۲۰	۷۶ Os اسمیم ۱۹۰,۲۰	۷۷ Ir ایریدیم ۱۹۲,۲۰
۷	۸۷ Fr فرانسیم [۲۲۳]	۸۸ Ra رادیوم [۲۲۶]	۱۰۳ Lr لاورانسیم [۲۶۲]	۱۰۴ Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	۱۰۵ Db دابلیوم [۲۶۸]	۱۰۶ Sg سیبورگیوم [۲۷۱]	۱۰۷ Bh بوریم [۲۷۲]	۱۰۸ Hs هاسیم [۲۷۷]	۱۰۹ Mt ماینتریم [۲۷۶]

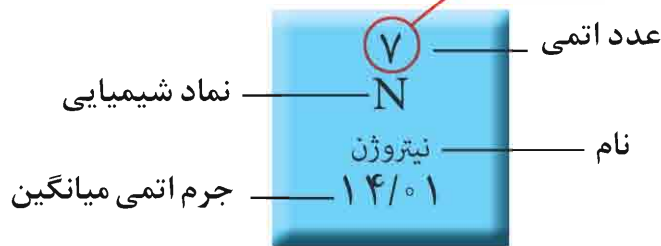
۵۷ La لانتانیم ۱۳۸,۹۰	۵۸ Ce سزیم ۱۴۰,۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰,۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴,۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریوم ۱۵۰,۴۰
۸۹ Ac اکتیونیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲,۰۰	۹۱ Pa پروئاکتینیم ۲۳۱,۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸,۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پولونیم [۲۴۴]

در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها بر اساس افزایش عدد اتمی Z سازماندهی شده‌اند، به طوری که جدول دوره‌ای عنصرها از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک ($Z=1$) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ ختم می‌شود. این جدول، ۷ دوره و ۱۸ گروه دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهنده چیدمان عنصرها بر حسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد؛ در حالی که هر ستون، شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نامیده می‌شود. بدیهی است خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.



• بزرگ‌ترین پیشرفت در زمینه دسته‌بندی عنصرها با کارهای مندلیف (۱۸۳۴-۱۹۰۷ میلادی) به دست آمد. مندلیف یک معلم شیمی اهل روسیه بود که به وجود روند تناوبی میان عنصرها مشابه با شیوه‌ای که امروز می‌شناسیم، پی برد.

هر خانه از جدول به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر است. برای نمونه خانه شماره هفت به عنصر نیتروژن تعلق دارد که اطلاعات آن به صورت زیر است:



نمادها، داده‌های عددی و خلاصه‌نویسی‌ها در جدول دوره‌ای، اطلاعات مفیدی درباره عنصرها ارائه می‌کند. با استفاده از این نشانه‌ها و فراگیری مهارت استفاده از جدول می‌توان اطلاعاتی مانند شماره گروه، دوره، شمار ذره‌های زیراتمی و... را برای یک عنصر به دست آورد (شکل ۸).

نماد عنصر	Fe	C	P	O	He
نام عنصر	آهن	کربن	فسفر	اکسیژن	هلیوم
شماره گروه	۸	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸
شماره دوره	۴	۲	۳	۲	۱
عدد اتمی	۲۶	۶	۱۵	۸	۲

شکل ۸- ارائه اطلاعات برخی عنصرها با استفاده از جدول دوره‌ای و داده‌های آن

جهت اطلاع:

در جدول تروین شده توسط مندلیف، عناصر بر اساس افزایش چرخه اتمی مرتب شده بودند. در حالیکه در جدول امروزی عناصر بر اساس افزایش عدد اتمی کنار هم قرار گرفته‌اند.

توجه! تکرار نه تغییر ...

• با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این رو چنین جدولی را جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها نامیده‌اند.

در میان تار نماها

• آیا تاکنون به اطلاعات داده شده در بلیت قطار، هواپیما، اتوبوس یا تابلوی نمایش زمان حرکت آنها دقت کرده‌اید؟ در هر یک از آنها، برخی از نمادها، خلاصه‌نویسی‌ها، واژه‌های مخفف و مجموعه‌ای از شناسه‌ها به کار رفته است. اگر با این نشانه‌ها آشنا نباشید، برای یافتن اطلاعات مفید سردرگم خواهید شد.

• موقعیت یا مکان هر عنصر در جدول دوره‌ای، شماره گروه و دوره آن را نشان می‌دهد.

• جدول دوره‌ای، شماره گروه و دوره آن را نشان می‌دهد.

با مراجعه به منابع علمی معتبر مانند وبگاه «انجمن شیمی ایران» و وبگاه «آیوپاک» دربارهٔ دسته‌بندی عنصرها به روش‌های دیگر، اطلاعاتی جمع‌آوری و نتایج خود را به کلاس گزارش کنید.

نکته: عناصری که در جدول تناوبی در یک گروه (ستون) قرار می‌گیرند، خواص شیمیایی نسبتاً مشابهی از خود نشان می‌دهند. در ضمن یون‌هایی که تشکیل می‌دهند، مشابه است، مثلاً عناصر گروه اول همگی یون‌هایی با یک بار مثبت (مثل K^+ و Li^+ و ...) تشکیل می‌دهند.

خود را بیازمایید

تناوب: ۳ گروه: ۱۳ تناوب: ۳ گروه: ۲

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عنصرهای آلومینیم (Al ، ۱۳)، کلسیم (Ca ، ۲)، منگنز (Mn ، ۲۵) و سلنیم (Se ، ۳۴) را تعیین کنید.

۲- هلیم (He ، ۲)، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید

کدام یک از عنصرهای زیر، رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟ Ar (۱۸) زیرا با توجه به جدول صفحه ۱۸ در یک گروه قرار دارند. در جدول تناوبی عناصر موجود در یک گروه (ستون) خواص شیمیایی مشابهی دارند.

آ) Ar (۱۸) ب) C (۶) پ) S (۱۶)

۳- اتم فلئور (F ، ۹) در ترکیب با فلزها به یون فلئورید (F^-) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از

عنصرهای زیر، می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلئورید تشکیل دهد؟ چرا؟ Br (۳۵) زیرا دو عنصر در یک گروه قرار دارند. عناصر گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) با گرفتن یک الکترون و تشکیل آنیون با یک بار منفی (A^-) به آرایش گاز نجیب بعد از خود (گروه ۱۸) می‌رسند.

آ) Rb (۳۷) ب) Br (۳۵) پ) P (۱۵)

۴- از اتم آلومینیم (Al ، ۱۳)، یون پایدار Al^{3+} شناخته شده است. پیش‌بینی کنید کدام یک

از عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه Al^{3+} در ترکیب‌ها تبدیل شود؟ قطعا Ga (۳۱) که در یک گروه قرار دارد. تناوب: ۳ گروه: ۱۳ تناوب: ۲ گروه: ۱۵ تناوب: ۳ گروه: ۱۳

آ) K (۱۹) ب) Ga (۳۱) پ) N (۷)



• آیوپاک (IUPAC)، اتحادیهٔ بین‌المللی شیمی محض و کاربردی است که یکاها، نمادها، قراردادهای قواعد فرمول‌نویسی و نام‌گذاری و... را ارائه می‌کند. جدول دوره‌ای عنصرها نیز به تأیید آیوپاک رسیده است.

اعداد اتمی گازهای نجیب و شماره دوره (تناوب) آن‌ها را به‌قادر بسپارید. ($\Delta Z =$ اختلاف عدد اتمی)

$\Delta Z = 1$ (۱) تناوب اول: هلیم (He ، ۲) $1s^2$
 $\Delta Z = 8$ (۲) تناوب دوم: نئون (Ne ، ۱۰) $2p^6$
 $\Delta Z = 8$ (۳) تناوب سوم: آرگون (Ar ، ۱۸) $3p^6$
 $\Delta Z = 18$ (۴) تناوب چهارم: کریپتون (Kr ، ۳۶) $4p^6$
 $\Delta Z = 18$ (۵) تناوب پنجم: زنون (Xe ، ۵۴) $5p^6$
 $\Delta Z = 32$ (۶) تناوب ششم: رادون (Rn ، ۸۶) $6p^6$

نکته: لنگه‌های عناصری در یک گروه قرار می‌گیرند که اختلاف عدد اتمی آن‌ها ۸، ۱۸ یا ۳۲ باشد (به همین سادگی) توجه کنید که عناصر یک گروه رفتار شیمیایی مشابهی دارند.

جرم اتمی عنصرها

می‌دانید که جرم اجسام گوناگون را بسته به اندازه و نوع آنها با ترازوهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۹).

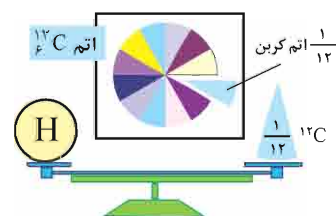


شکل ۹- جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازوهای دقیق‌تر و یکای گرم می‌سنجند.

نکته مهم: عناصری که در یک گروه قرار دارند، دارای آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت کلاً مشابه هستند (البته در گروه‌های ۱، ۲ و ۱۳ تا ۱۸). مثلاً در همهٔ فلزهای گروه ۱، آرایش الکترونی به

ns^1 (n: شمارهٔ تناوب و بزرگترین ضریب زیرلایه‌ها) قسم می‌شود یا آرایش الکترونی عناصر گروه ۱۳ به $ns^2 np^2$ قسم می‌شود.

با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارد؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک‌دهم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک‌صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر است. آیا می‌توان جرم یک دانه برنج را با ترازوی معمولی اندازه‌گیری کرد؟

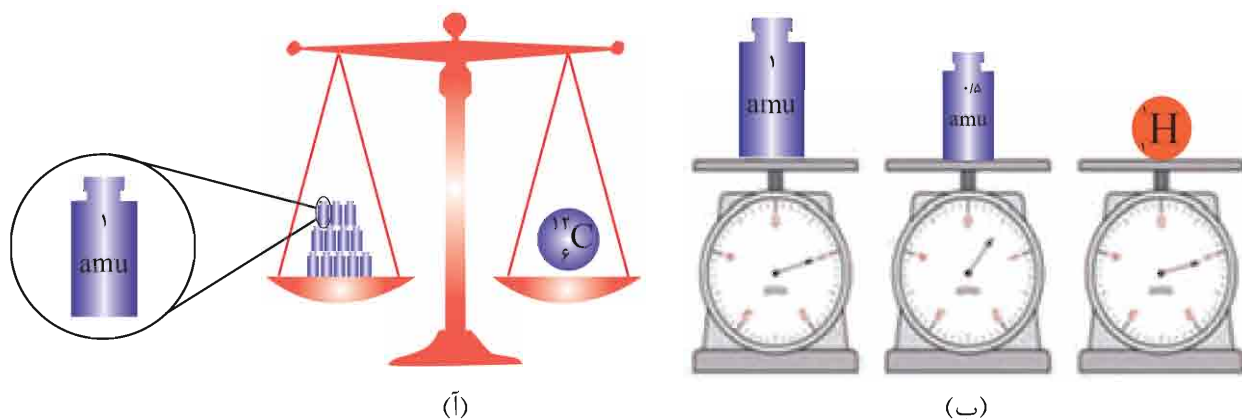


الگوی دیگر برای نمایش amu

دانشمندان برای اینکه بتوانند خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را در محیطی مانند بدن انسان، محیط‌زیست، محیط آزمایش و... بررسی و اثر آن را گزارش کنند، باید بدانند که چه جرمی از اتم‌ها یا مولکول‌های آن ماده وارد محیط شده است؛ از این رو آنها همواره در پی یافتن **سنجه‌ای مناسب** و در دسترس برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند.

اتم‌ها بسیار ریزند به طوری که نمی‌توان آنها را به طور مستقیم مشاهده و جرم آنها را اندازه‌گیری کرد؛ به همین دلیل دانشمندان مقیاس جرم نسبی را برای تعیین جرم اتم‌ها به کار می‌برند. مطابق این مقیاس، جرم اتم‌ها را با وزنه‌ای می‌سنجند که جرم آن $\frac{1}{12}$ جرم ایزوتوپ کربن-12 است (شکل 10). به این وزنه، **یکای جرم اتمی (amu)** می‌گویند.

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



شکل 10-آ) اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-12 را برابر با عدد 12 در نظر بگیریم، سپس این عدد را به 12 بخش یکسان تقسیم کنیم، هر بخش را 1 amu می‌نامند؛ به این ترتیب مقیاسی به دست می‌آید که به کمک آن می‌توان جرم همه اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد. ب) اگر در این ترازوی فرضی به جای ایزوتوپ کربن-12، ایزوتوپ ${}^1\text{H}$ قرار گیرد، جرم ${}^1\text{H}$ کمی بیش از یک amu به دست می‌آید.

با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عناصرها و همچنین جرم ذره‌های **الکترون، پروتون، نوترون** را نیز اندازه‌گیری کنند. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون در حدود 1 amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{2000}$ amu است (جدول 1).

$$1 \text{ amu} = \text{جرم نوترون} = \text{جرم پروتون}$$

نکته: جرم پروتون و نوترون 1837 برابر جرم الکترون است. به عبارت دیگر جرم الکترون $\frac{1}{1837}$ جرم این دو ذره است. این مقدار را می‌توان $\frac{1}{2000}$ هم در نظر گرفت. بنابراین جرم الکترون در مقایسه با جرم پروتون و نوترون ناچیز است و بر جرم کل اتم تأثیری ندارد.

اگر جرم الکترون با تقریب برابر $\frac{1}{1836}$ جرم هر یک از ذره‌های پروتون و نوترون فرض شود، نسبت جرم الکترون‌ها در اتم Z_A به جرم این اتم به کدام کسر نزدیک‌تر است؟ (سراسری - تیرمی ۸۹)

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

پاسخ: جرم اتم Z است. تعداد الکترون‌ها در اتم فنتی برابر Z (عدد اتمی) است، پس جرم الکترون‌ها در این اتم برابر $Z \times \frac{1}{1836}$ است، بنابراین:

$$\frac{\text{جرم الکترون}}{\text{جرم اتمی}} = \frac{Z \times \frac{1}{1836}}{Z} = \frac{1}{1836}$$

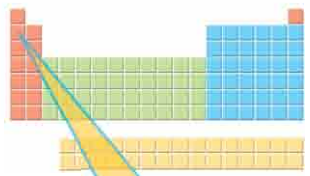
جرم الکترون در مقایسه با جرم پروتون و نوترون ناچیز است.

جدول ۱ - برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	e^-	-۱	۰/۰۰۰۵
پروتون	p^+	+۱	۱/۰۰۷۳
نوترون	n^0	۰	۱/۰۰۸۷

الکترون، پروتون و نوترون را ذره‌های زیراتمی یا بنیادی می‌نامند.

جرم نوترون به مقدار بسیار کمی بیش از جرم پروتون است.



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

با این توصیف جرم اتم ${}^7_3\text{Li}$ را می‌توان 7amu در نظر گرفت. اکنون با مراجعه به جدول، جرم اتمی لیتیم را مشخص کنید. آیا تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ به نظر شما علت این تفاوت چیست؟

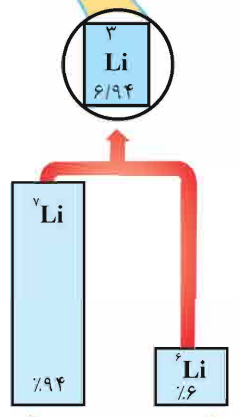
جرم نوترون اندکی از جرم پروتون بیشتر است. (فارغ از کشور - ریاضی ۹۰)
پاسخ: باتوجه به جدول فوق این عبارت درست است.

با هم بیندیشیم

- با توجه به شکل به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
- آ جدول زیر را کامل کنید.

نماد ایزوتوپ	درصد فراوانی در طبیعت	عدد جرمی (A)	جرم اتمی میانگین
${}^6_3\text{Li}$	۷	۶	
${}^7_3\text{Li}$	۹۳	۷	

لیتیم دارای دو ایزوتوپ (${}^6_3\text{Li}$ و ${}^7_3\text{Li}$) است.

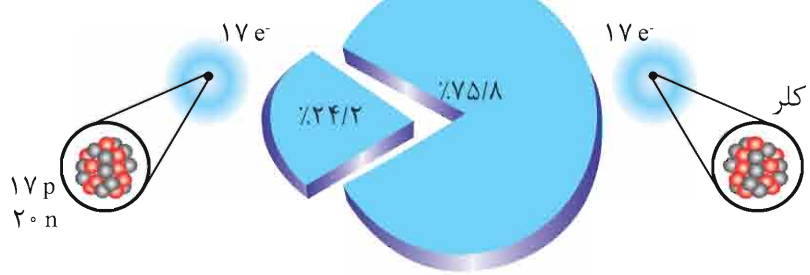


(ب) جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عنصرهاست.

رابطه‌ای بین **جرم اتمی میانگین**، درصد فراوانی و جرم اتمی ایزوتوپ‌ها بنویسید.

$$M_{av} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + \dots + M_nF_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

- شکل روبه‌رو ایزوتوپ‌های کلر را نشان می‌دهد. (آ) جرم اتمی میانگین کلر را حساب کنید.
- (ب) جرم اتمی میانگین به دست آمده را با جرم اتمی کلر در جدول دوره‌ای مقایسه کنید.



کلر ۲ ایزوتوپ دارد (${}^{35}_{17}\text{Cl}$ و ${}^{37}_{17}\text{Cl}$) که فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر (${}^{35}_{17}\text{Cl}$) حدود ۳ برابر ایزوتوپ سنگین‌تر است.

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

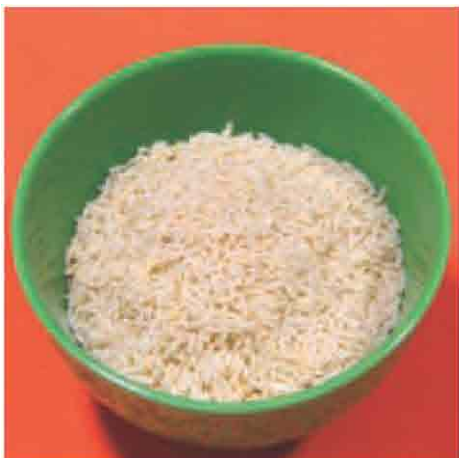
- ۱) $107/83$ ۲) $107/86$ ۳) $107/88$ ۴) $107/89$

پاسخ: جرم اتمی میانگین برای یک عنصر با دو ایزوتوپ، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_{av} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} \rightarrow F_1 = 52 \rightarrow F_2 = 48 \quad M_{av} = \frac{(106/9 \times 52) + (108/9 \times 48)}{52 + 48} = 107/86$$

شمارش ذره‌ها از روی جرم آنها

اگر بخواهید تعداد دانه‌های خاکشیر یا برنج موجود در یک نمونه کوچک از آنها را بشمارید، به نظر شما این تلاش چقدر وقت می‌گیرد؟ پس از شمارش دانه‌ها تا چه اندازه به نتیجه شمارش خود اطمینان دارید؟ برای اینکه بتوانید تعداد دانه‌های برنج یا خاکشیر در یک کیسه از این مواد را بشمارید (شکل ۱۱) چه راهکاری پیشنهاد می‌کنید؟



• اگر جرم هر مهره $4/29$ گرم باشد، برآورد کنید در این ظرف چند مهره وجود دارد؟ (جرم ظرف برابر با $450/03$ گرم است).

$$\frac{1895}{76} - \frac{450}{03} =$$

جرم کل جرم ظرف

شکل ۱۱- شمارش تک تک دانه‌های خاکشیر، برنج و موادی که اندازه دانه‌های آنها بسیار ریز است، کاری دشوار، وقت‌گیر و اغلب انجام نشدنی است.

با هم بیندیشیم

آ) جدول زیر را کامل کنید.

جرم ۱ عدد (گرم)	جرم ۵۰ عدد (گرم)	جرم ۱۰۰۰ عدد (گرم)	ماده
$\frac{4500}{1000}$	$\frac{4500 \times 50}{1000}$	۴۵۰۰	کاغذ آ
$\frac{56}{1000}$	$\frac{56 \times 50}{1000}$	۵۶	عدس
.....	۲۲	برنج
.....	۲	خاکشیر



ب) به نظر شما جرم یک عدد از کدام ماده را می‌توان با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری کرد؟ چرا؟
پ) روشی برای اندازه‌گیری جرم یک دانه خاکشیر ارائه کنید.

ت) آیا جرم هر یک از دانه‌های برنج موجود در نمونه با جرم به دست آمده در ستون چهارم

جدول برابر است؟ توضیح دهید. *به طور تقریبی (نه دقیق) برابر است. عدد موجود در ستون چهارم (میانگین) با*

جرم یک دانه برنج ممکن است اندکی تفاوت داشته باشد. در یک نمونه برنج اندازه و جرم دانه‌ها متفاوت است.

• برآورد کنید در یک کیسه ۴۰ کیلوگی برنج تقریباً چند دانه برنج وجود دارد؟



است. سبک‌ترین مولکول کربن تتراکلرید، مولکولی است که از سبک‌ترین اتم کربن (^{12}C) و چهار اتم کلر (^{35}Cl) تشکیل شود. جرم مولکولی این ترکیب برابر است با:

$$\text{CCl}_4 \text{ (سبک)} : (1 \times 12) + (4 \times 35) = 152 \text{ amu}$$

به همین ترتیب جرم مولکولی سنگین‌ترین مولکول کربن تتراکلرید را به دست می‌آوریم:

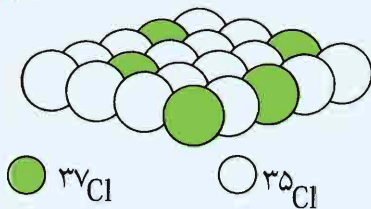
$$\text{CCl}_4 \text{ (سنگین)} : (1 \times 13) + (4 \times 37) = 161 \text{ amu}$$

تفاوت جرم مولکولی این دو ماده برابر ۹ amu است.

۲ گزینه (۴)

۳- بر اساس شکل زیر که توزیع نسبی اتم‌های کلر را در کلر طبیعی نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که تقریباً درصد کلر طبیعی را ایزوتوپ ^{35}Cl تشکیل می‌دهد و جرم اتمی میانگین کلر برابر با واحد جرم اتمی است.

(سراسری - تپری ۸۵)



- | | |
|--------------|--------------|
| ۲) ۳۵/۵-۷۵ | ۱) ۳۵/۵-۸۰ |
| ۴) ۳۵/۴۸۵-۲۵ | ۳) ۳۵/۴۸۵-۲۰ |

تحلیل سؤال

از شمارش گوی‌ها (اتم‌ها) واضح است که از تعداد کل (۲۰ اتم)، ۱۵ تا ^{35}Cl (ایزوتوپ سبک‌تر) است، پس ۷۵ درصد کلر را این ایزوتوپ تشکیل می‌دهد.

$$M_{av} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \rightarrow$$

$$M_{av} = \frac{(35 \times 15) + (37 \times 5)}{20} = 35.5 \text{ amu}$$

۳ گزینه (۲)

۴- عنصر X با جرم اتمی میانگین $36 / 8 \text{ g mol}^{-1}$ دارای سه ایزوتوپ طبیعی است که یکی از آن‌ها ۲۰ نوترون و فراوانی ۲۰٪ و دیگری ۱۸ نوترون و فراوانی ۷۰٪ دارد. شمار نوترون‌های ایزوتوپ دیگر کدام است؟ (جرم پروتون و نوترون را یکسان و برابر ۱ amu در نظر بگیرید.)

(فارج از کشور - تپری ۹۰)

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ۱) ۲۱ | ۲) ۲۲ | ۳) ۲۳ | ۴) ۲۴ |
|-------|-------|-------|-------|

۱- اگر جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون و جرم الکترون برابر $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ در نظر گرفته شود، جرم تقریبی یک اتم (^1H) برابر چند گرم خواهد بود؟ (سراسری - ریاضی ۹۳)

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| ۱) $4/96 \times 10^{-24}$ | ۲) $9/112 \times 10^{-24}$ |
| ۳) $4/34 \times 10^{-22}$ | ۴) $9/815 \times 10^{-22}$ |

تحلیل سؤال

برای پاسخ به این سؤال، من دو روش را به شما عزیزان پیشنهاد می‌کنم که البته پیشنهاد اولم همان راه دومی (راه کنکوری) است که در زیر برای شما ذکر کرده‌ام:

راه اول:

هر اتم ترتیتم (^1H) شامل دو نوترون و یک پروتون و قاعدتاً یک الکترون (به دلیل خنثی بودن) است. از سوی دیگر در متن سؤال آمده که:

$$1p = 1840e \quad \text{و} \quad 1n = 1850e$$

بنابراین:

$$^1_1\text{T} \text{ جرم یک اتم} = 2n + 1p + 1e = (2 \times 1850e) + (1840e) + 1e = 5541e$$

جرم هر الکترون برابر $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ است، یعنی:

$$5541e \times 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg} \times \frac{1/66 \times 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ amu}} = 4.96695 \times 10^{-29} \text{ g} = 4/96 \times 10^{-24} \text{ g}$$

طولانی بود، قبول دارم، پس به راه حل دوم فیللی توجه کنید:

راه دوم:

جرم الکترون بسیار ناچیز است، پس از آن صرف نظر می‌کنیم. همچنین جرم پروتون و نوترون را با هم برابر و ۱ amu در نظر می‌گیریم:

$$^1_1\text{T} \text{ جرم یک اتم} = 2n + 1p = 2 \text{ amu} + 1 \text{ amu} = 3 \text{ amu} =$$

$$3 \times 1/66 \times 10^{-24} = 4/98 \times 10^{-24} \text{ g}$$

۱ گزینه (۱)

۲- کلر در طبیعت دارای دو ایزوتوپ با جرم اتمی ۳۵ amu و ۳۷ amu و کربن دارای دو 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)

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ۱) ۶ | ۲) ۷ | ۳) ۸ | ۴) ۹ |
|------|------|------|------|

تحلیل سؤال

فرمول مولکولی کربن تتراکلرید، CCl_4 است. یعنی هر مولکول آن از یک اتم کربن و چهار اتم کلر تشکیل شده



یادداشت‌های مهم

تحلیل سؤال

عدد اتمی این عنصر ۱۸ است. این تعداد پروتون در تمام ایزوتوپ‌ها ثابت است، بنابراین عدد جرمی این دو ایزوتوپ (از سه ایزوتوپ) برابر ۳۸ و ۳۶ است. جرم میانگین این عنصر برابر است با:

$$M_{av} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{F_1 + F_2 + F_3}$$

$$M_{av} = \frac{(38 \times 20) + (36 \times 70) + (M_3 \times 10)}{100}$$

$$36/8 = \frac{3280 + 10M_3}{100}$$

$$M_3 = 40$$

عدد جرمی این عنصر ۴۰ است یعنی:

$$p + n = 40 \xrightarrow{p=18} \boxed{n=22}$$

۴ گزینه (۲)

۵- با توجه به داده‌های جدول زیر، جرم مولکولی ترکیب A_2X_3 چند amu است؟ (عدد جرمی را برابر جرم اتمی با یکای amu در نظر بگیرید) (فارج از کشور - ریاضی ۹۵)

ایزوتوپ	۴۵ A	۴۷ A	۳۵ X	۳۷ X
درصد فراوانی	۱۰	۹۰	۲۰	۸۰

۱) ۲۱۳/۶ ۲) ۲۰۳/۴ ۳) ۱۹۸/۵ ۴) ۱۸۸/۷

تحلیل سؤال

ابتدا جرم میانگین هر یک از اتم‌های X و A را محاسبه می‌کنیم. توجه کنید که هر کدام از این اتم‌ها، دو ایزوتوپ دارند.

$$\text{جرم میانگین X} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 20) + (37 \times 80)}{100} = 36/6\%$$

$$\text{جرم میانگین A} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(45 \times 10) + (47 \times 90)}{100} = 46/8\%$$

برای محاسبه جرم A_2X_3 باید به تعداد هر یک از اتم‌های A و X در این ترکیب توجه کنیم. بنابراین:

$$\rightarrow \text{جرم } A_2X_3 = (\text{جرم میانگین X} \times 3) + (\text{جرم میانگین A} \times 2)$$

$$\text{جرم } A_2X_3 = (2 \times 46/8) + (3 \times 36/6) = 203/4 \text{ amu}$$

۵ گزینه (۲)

اتم‌ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد؛ اما دریافتید که از روی جرم مواد می‌توان شمار ذره‌های سازنده را شمارش کرد. اینک حدس بزنید که چگونه می‌توان شمار اتم‌های موجود در یک نمونه عنصر را شمارش کرد؟

پیوند با ریاضی

آیا می‌دانید

برخی فضاپیماها با خود طیف‌سنج جرمی حمل می‌کنند و از آن برای شناسایی عنصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می‌گیرند.

۱- دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند. اگر بدانید که جرم یک اتم هیدروژن برابر با $1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$ 1 amu است، حساب کنید در نمونه یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم هیدروژن وجود دارد؟

۲- به عدد به دست آمده در پرسش ۱، **عدد آووگادرو** می‌گویند و آن را با N_A نشان می‌دهند. اکنون مشخص کنید اگر به تعداد N_A اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم آن چند گرم است؟

تعداد اتم	جرم (g)
۱	1.66×10^{-24}
x	۱



پرسش هوشمندانه

یکای عدد آووگادرو (N_A) چیست؟

تعداد اتم	جرم (g)
۱	1.66×10^{-24}
6.02×10^{23}	x
	$x = 1 \text{ g}$

آیا می‌دانید

هر قرص مداد، ۱۴۴ عدد مداد است.



شکل ۱۲- استفاده از شانه، دست و قراض به ترتیب برای شمارش تخم مرغ، قاشق و چنگال و مداد، محاسبه را آسان تر می‌کند.

آیا می‌دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود 400 میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین تعداد کهکشان‌های جهان هستی حدود 130 میلیارد برآورد می‌شود، در این صورت در جهان هستی حدود 0.8% مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

نقش N_A در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تعداد تخم مرغ‌هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی‌دان‌ها به 6.02×10^{23} از هر

(g.mol⁻¹)

ذره، یک مول از آن ذره می گویند به طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می شود (شکل ۱۳).



$$= 6/02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$

$$1 \text{ mol Fe} = 55/85 \text{ g Fe} = 56 \text{ g Fe}$$



$$= 6/02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

$$1 \text{ mol C} = 12/01 \text{ g C}$$

شکل ۱۳- جرم و شمار اتم‌های یک مول آهن و کربن

با استفاده از هم‌ارزی میان کمیت‌ها می‌توان آنها را به یکدیگر تبدیل کرد به طوری که برای هر هم‌ارزی می‌توان دو عامل (کسر) تبدیل نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکا است؛ برای نمونه از هم‌ارزی $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ می‌توان این دو عامل

تبدیل را نوشت:

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \quad \text{و} \quad \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

از این عامل‌ها می‌توان در تبدیل متر به سانتی‌متر و برعکس استفاده کرد؛ برای نمونه به

تبدیل 15 m به سانتی‌متر توجه کنید:

$$? \text{ cm} = 15 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 1500 \text{ cm}$$

به همین ترتیب برای $1 \text{ mol C} = 12/01 \text{ g C}$ ، می‌توان دو عامل تبدیل به صورت زیر

نوشت:

$$\frac{1 \text{ mol C}}{12/01 \text{ g C}} \quad \text{و} \quad \frac{12/01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}$$

بنابراین برای تبدیل جرم 6 g کربن به مول‌های آن می‌توان نوشت:

$$? \text{ mol C} = 6 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12/01 \text{ g C}} = 0/5 \text{ mol C}$$

تذکر: مخرج عامل (کسر) تبدیل، با ضریب قبل از کسر هم‌یگا است. تا این دو با هم ساده شوند.

گرم، رایج‌ترین یکای اندازه‌گیری جرم در آزمایشگاه شناخته می‌شود؛ این در حالی است که یکای جرم اتمی، یکای بسیار کوچکی برای جرم به شمار می‌آید و کار با آن در آزمایشگاه در عمل ناممکن است.



آمدنوآووگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶)

میلادی) شیمی‌دان پرآوازه ایتالیایی که به افتخار او شمار ذره‌های موجود در یک مول ماده، عدد آووگادرو نام‌گذاری شده است.



اگر $6/02 \times 10^{23}$ دانه برف در سطح ایران بارند، لایه‌ای از برف به ارتفاع قله دنا (4500 m) همه کشور را می‌پوشاند.