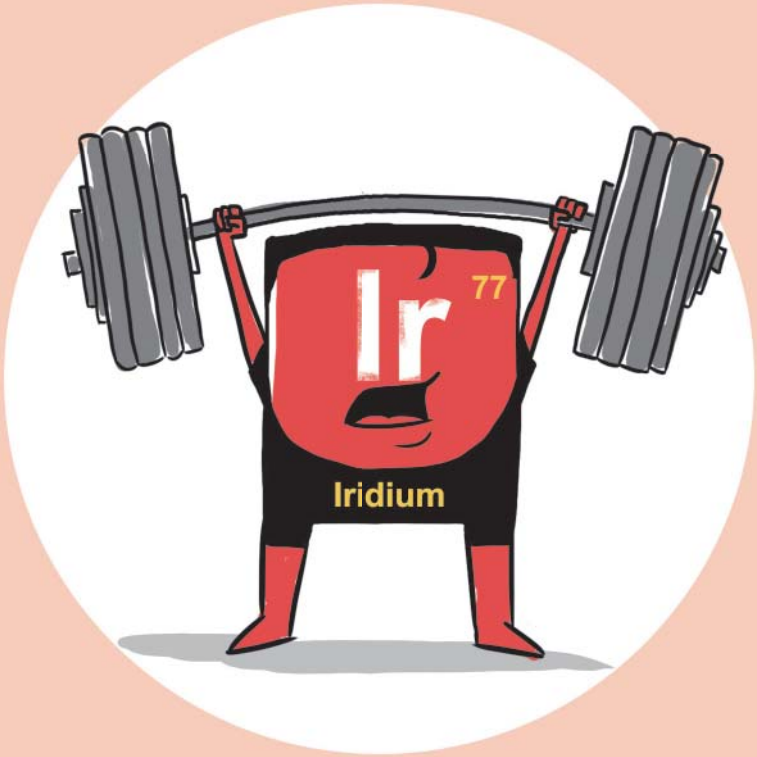
فصل اول

کیهان زادگاه الفبای هستی



در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶شمسی)، دانشمندان برای شناخت بیش‌تر سامانهٔ خورشیدی، دو فضاپیما به نام وویجر (voyager) ۱ و ۲ را به فضا پرتاب کردند. مأموریت اصلی این دو فضاپیما تهیهٔ شناسنامهٔ فیزیکی و شیمیایی از سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون بود. این شناسنامه‌ها حاوی داده‌هایی مانند (۱) نوع عنصرهای سازنده، (۲) ترکیب‌های شیمیایی موجود در اتمسفر آن‌ها و (۳) ترکیب درصد این مواد است.

براساس داده‌های فضاپیماهای وویجر، دانشمندان سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی را به دو گروه تقسیم کرده‌اند که در جدول زیر آمده است:

سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی	
سنگی (درونی)	گازی (بیرونی)
تیر (عطارد)	مشتری (برجیس)
ناهید (زهره)	کیوان (زحل)
زمین (ارض)	اورانوس
بهرام (مریخ)	نپتون

عنصرها چگونه پدید آمدند؟

سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب به نام مِهبانگ (Big Bang) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. بلافاصله پس از مِهبانگ و در مدت زمانی کم‌تر از ۰/۰۰۱ ثانیه پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها به وجود آمدند. پس از آن طی ۳۰۰،۰۰۰ سال، عنصرهای هیدروژن، هلیم و ایزوتوپ‌های آن‌ها بر اثر واکنش‌های هسته‌ای پدید آمدند.

عنصرهای گازی هیدروژن و هلیم با گذشت زمان متراکم شده، توده‌هایی عظیم به نام **سحابی** را ایجاد کردند. بر اثر واکنش‌های هسته‌ای، اتم‌های سنگین‌تر در سحابی‌ها متولد شدند و در نتیجه، ستاره‌ها و کهکشان‌ها به وجود آمدند.

ستاره

آ کارخانهٔ تولید عنصرهاست.

ب دما و اندازهٔ آن تعیین می‌کند که چه عنصرهایی در آن ستاره ساخته می‌شود.

پ هر چه دمای آن بیش‌تر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر مانند طلا و اورانیم فراهم می‌شود.

ت مرگ آن با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل‌شده در آن، در فضا پراکنده شود.

در واکنش‌های هسته‌ای و در شرایط ویژه، ماده می‌تواند به انرژی و انرژی هم می‌تواند به ماده تبدیل شود. اینشتین فیزیک‌دان معروف قرن بیستم توانست معادلهٔ زیر را برای این تبدیل به دست آورد:

$$E = mc^2$$

که در آن، E انرژی آزادشده برحسب ژول (J)، m جرم ماده برحسب کیلوگرم و c سرعت نور (۳×۱۰^۸ متر بر ثانیه) است. معادلهٔ اینشتین تعبیر ریاضی قانون پایستگی جرم و انرژی است.

سؤال‌ها

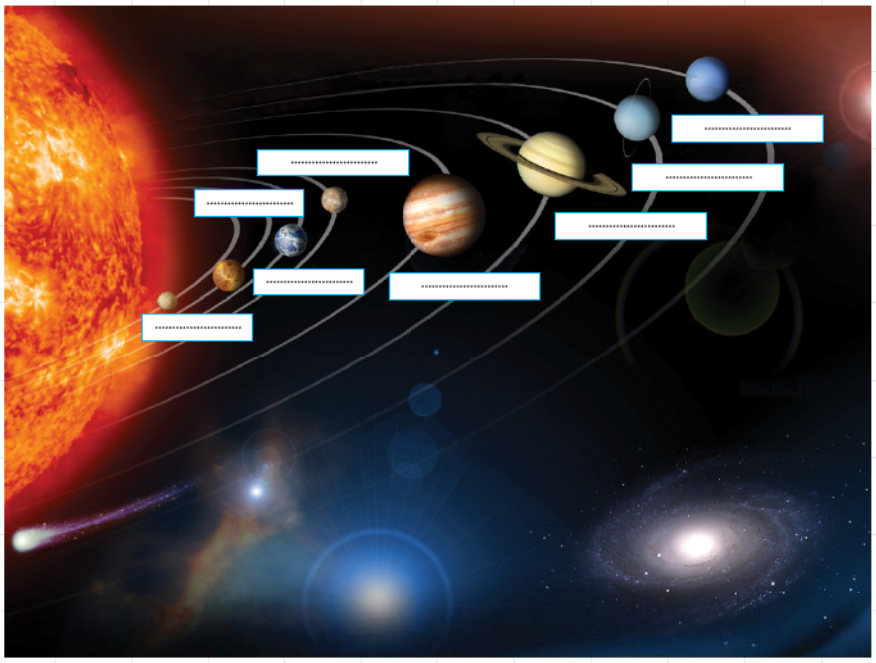
۱ در مورد دو فضاپیمای وویجر، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ این دو فضاپیما در چه سالی به فضا پرتاب شدند؟

ب مأموریت اصلی این دو، تهیهٔ شناسنامهٔ کدام سیاره‌ها بوده است؟

پ چه داده‌هایی در مورد سیاره‌ها به وسیلهٔ این دو فضاپیما به زمین ارسال شده است؟ (۳ مورد بنویسید.)

۲ شکل زیر سامانهٔ خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل،

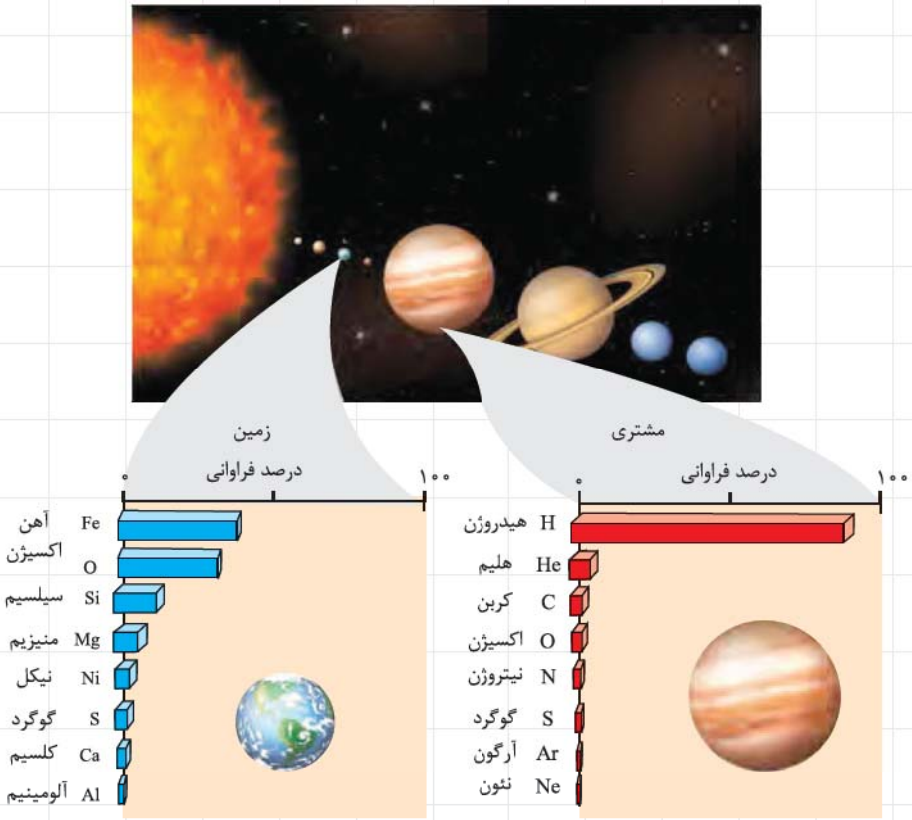


آ نام هر سیاره را در کنار آن بنویسید.

ب آن‌ها را به دو گروه سنگی و گازی تقسیم کنید.

پ کدام سیاره‌ها درونی و کدام‌ها بیرونی هستند؟

۳ با توجه به شکل، کدام جمله درست و کدام نادرست است؟ جملهٔ نادرست را درست کنید و زیر آن بنویسید.



آ زمین جزو سیاره‌های بیرونی و مشتری جزو سیاره‌های درونی است. (_____)

ب زمین سیاره‌ای سنگی و مشتری گازی است. (_____)

پ چهار عنصر آهن، اکسیژن، سیلیسیم و منیزیم، حدود ۹۲٪ زمین را تشکیل می‌دهد. (_____)

ت دو عنصر مشترک در این دو سیاره، گوگرد و اکسیژن است. (_____)

ث جرم گوگرد در مشتری بیش‌تر از زمین است. (_____)

ج کم‌ترین عنصرهای موجود در زمین و مشتری به ترتیب نئون و آلومینیم است. (_____)

چ ترکیب درصد مواد در سیارهٔ مشتری تقریباً مانند خورشید است؛ حدود ۹۸٪ آن را هیدروژن و هلیم تشکیل می‌دهد. (_____)

۴ با استفاده از واژه‌های داده‌شده، عبارت‌ها را کامل کنید.

گازی ـ تیر ـ مهبانگ ـ سنگی ـ زهره ـ همگون ـ سحابی ـ ناهمگون

آ نزدیک‌ترین سیاره به خورشید، ـــــــ نام دارد که جزو سیاره‌های ـــــــ است.

ب سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب به نام ـــــــ همراه بوده است.

ب مطالعات نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ـــــــ در جهان هستی توزیع شده‌اند.

پ با متراکم‌شدن گازهای هلیم و هیدروژن تولیدشده، مجموعه‌های ـــــــ به نام ـــــــ ایجاد شده است.

۵ در میان عبارت‌های زیر، تعیین کنید کدام درست و کدام نادرست است؟ عبارت‌های نادرست را درست کنید.

آ سحابی تودهٔ عظیم گازی است که از متراکم‌شدن ستاره‌ها به وجود آمده است. (ـــــــ)

ب ستاره‌ها کارخانه‌های تولید عنصرها هستند. (ـــــــ)

ب هر چه دمای یک ستاره کم‌تر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر در آن فراهم می‌شود. (ـــــــ)

پ عنصرهای سنگین‌تر، از متراکم‌شدن و به هم پیوستن گازهایی چون هلیم و هیدروژن تولید شده‌اند. (ـــــــ)

۶ شکل زیر بیانی ساده از روند تشکیل عنصرها در جهان هستی را نشان می‌دهد. به کمک واژه‌های داده‌شده، آن را کامل کنید.

عنصرهای سنگین‌تر ـ هیدروژن ـ هلیم ـ عنصرهای سبک‌تر

روند تشکیل عنصرها در جهان هستی ←

۷ قانون پایستگی جرم و انرژی را تعریف کنید.

۸ دربارهٔ معادلهٔ $E = mc^2$ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ معادلهٔ زیر به وسیلهٔ کدام دانشمند به دست آمده است؟

ب هر یک از نمادهای E ، m و c مربوط به چه کمیتی است؟

پ یکای هر کمیت در این معادله چیست؟

۹ از واکنش هسته‌ای چهار پروتون، یک هستهٔ هلیم پدید می‌آید و مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد می‌شود. این واکنشی است که در خورشید و میلیاردها ستارهٔ دیگر رخ می‌دهد. اگر بر اثر این واکنش ۰/۰۳۱ گرم ماده به انرژی تبدیل شود،

آ چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟

ب چند کیلوکالری انرژی آزاد می‌شود؟ $(1\,cal = 4/2\,J)$

۱۰ **محاسبه‌ها نشان می‌دهد که بر اثر انجام یک واکنش هسته‌ای، ۰/۰۱۱۵ گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود. براساس این،**

آ **در این واکنش، چند کیلوژول انرژی تولید می‌شود؟**

ب **با گرمای حاصل از این واکنش، چند تن آب را می‌توان تبخیر کرد؟ (برای بخارکردن یک گرم آب به ۲۲۸۰ ژول انرژی نیاز است.)**

۱۱ **گرمای به دست آمده از تبدیل‌شدن مقداری ماده به انرژی طی یک واکنش هسته‌ای برابر با $۱/۲۴ \times ۱۰^{۱۴}$ کیلوکالری است. براساس این، حساب کنید که چند گرم ماده به انرژی تبدیل شده است؟ ($۱cal = ۴/۲J$)**

۱۲ **گرمای به دست آمده از تبدیل‌شدن مقداری ماده به انرژی طی یک واکنش هسته‌ای توانسته است ۲۴۰۰۰ تن آهن را به طور کامل ذوب کند. براساس این، حساب کنید که چند گرم ماده به انرژی تبدیل شده است؟ (برای ذوب‌شدن یک گرم آهن ۲۴۷ ژول انرژی لازم است.)**

۱۳ **وزن کوه‌های یخ بزرگ در اقیانوس منجمد شمالی بالغ بر ۱۰ میلیون تن است. برای ذوب‌کردن یک کوه یخ، چند گرم ماده طی یک واکنش هسته‌ای باید به انرژی تبدیل شود؟ (برای ذوب‌کردن یک گرم یخ به ۳۳۵ ژول گرما نیاز است.)**

نمادشیمیایی عنصرها، عددا تمی، عددجرمی

در علوم متوسطهٔ (۱) آموختید که برای نشان‌دادن هر عنصر از یک نماد شیمیایی یا نام اختصاری استفاده می‌کنند. بیش‌تر نمادهای شیمیایی یک‌حرفی یا دوحرفی هستند. نمادهای سه‌حرفی هم وجود دارد که برای عنصرهایی که اخیراً کشف شده‌اند، به کار می‌رود.

نمادهای یک‌حرفی با حرف بزرگ نوشته می‌شوند. در نمادهای شیمیایی دو یا سه حرفی، حرف اول را بزرگ و حروف دیگر را کوچک می‌نویسند.

نام فارسی	نام کامل	نماد شیمیایی
کربن	Carbon	C
کلسیم	Calcium	Ca
مس	Cuprum	Cu
کلر	Chlorine	Cl
کروم	Chromium	Cr
کادمیم	Cadmium	Cd

در هستهٔ اتم، پروتون که ذره‌ای با بار مثبت است، قرار دارد. افزون بر پروتون، نوترون نیز که ذره‌ای بدون بار است، در هسته جای دارد. تعداد نوترون‌ها اغلب مساوی یا بیش‌تر از تعداد پروتون‌های یک اتم است. الکترون‌ها بار منفی داشته، در فضای اطراف هسته قرار دارند. در اتم‌ها، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است. پروتون، نوترون و الکترون را **ذره‌های زیراتمی** می‌نامند.

تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ یک اتم را **عدد اتمی** آن اتم می‌نامند. عدد اتمی مشخص‌کنندهٔ نوع اتم است. عدد اتمی هر اتم را به صورت زیروند در گوشهٔ سمت چپ نماد شیمیایی آن می‌نویسند. چون در یک اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است، عدد اتمی یک اتم برابر با تعداد الکترون‌های آن است.

عدد جرمی یک اتم معیاری از جرم آن اتم نسبت به اتم‌های دیگر است. پروتون‌ها و نوترون‌ها تقریباً تمامی جرم اتم را تشکیل می‌دهند. بنابراین،

تعداد نوترون‌ها + تعداد پروتون‌ها = عدد جرمی

عدد جرمی هر اتم را به صورت بالاوندی در گوشهٔ سمت چپ نماد شیمیایی آن می‌نویسند.

$$\begin{matrix} A \Longleftarrow \text{عدد جرمی (مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها)} \\ {}^{A}_{Z}E \Longrightarrow \text{نماد شیمیایی عنصر} \\ Z \Longleftarrow \text{عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها)} \end{matrix}$$

در علوم سال نهم آموختید که یون‌ها ذره‌هایی با بار الکتریکی مثبت یا منفی هستند. در واقع، برخی اتم‌ها با از دست دادن الکترون به یون مثبت (کاتیون) و برخی دیگر، با گرفتن الکترون به یون منفی (آنیون) تبدیل می‌شوند.

سؤال‌ها

۱۴ جدول زیر را کامل کنید.

نماد شیمیایی عنصر	نام عنصر
N	———
Mg	———
———	کلر
———	کلسیم
I	———
———	سرب
Fe	———

۱۵ در هر مورد، نام و نماد شیمیایی یک عنصر داده شده است، اما اشتباهی در نماد آن وجود دارد. نماد درست را بنویسید.

آ) سدیم، N

ب) سیلیسیم، SI

پ) آلومینیم، al

ت) کلر، Cr

۱۶ در هر یک از عبارت‌های زیر، کلمهٔ درست را از درون پرانتز انتخاب کنید.

آ) نماد شیمیایی کلسیم (Co ـ Ca) است.

ب) هستهٔ اتم (بزرگ‌ترین ـ سنگین‌ترین) بخش یک اتم است.

پ) عدد اتمی را با حرف (Z ـ A) نشان می‌دهند و برابر با تعداد (پروتون‌ها ـ نوترون‌ها) است.

ت) جرم پروتون تقریباً برابر با جرم (الکترون ـ نوترون) است.

ث) در یون ${}^{27}_{13}Al^{3+}$، تعداد الکترون‌ها سه واحد (بیش‌تر ـ کم‌تر) از تعداد پروتون‌ها است.

۱۷ کدام جمله درست و کدام نادرست است؟ جملهٔ نادرست را درست کنید.

آ پروتون ذره‌ای با بار منفی است که اطراف هسته در حرکت است. (_____)

ب در نمادهای دوحرفی، حرف اول و حرف دوم نام عنصر به عنوان نماد انتخاب شده است. (_____)

پ اندازهٔ بار یک الکترون مساوی، اما علامت بار آن، مخالف با بار یک نوترون است. (_____)

ت بیش‌تر جرم یک اتم ناشی از وجود پروتون‌ها و نوترون‌هاست که در هسته قرار دارند. (_____)

ث در یون $_{۲۰}^{۴۰}E^{۲+}$، تفاوت تعداد الکترون و نوترون برابر با ۲ است. (_____)

۱۸ کدام نماد داده‌های بیش‌تری دربارهٔ اتم به دست می‌دهد: ^{۲۳}Na یا $_{۱۱}Na$؟ توضیح دهید.

۱۹ جاهای خالی را پر کنید.

E → ____ → ____ (مجموع تعداد ____ و ____)

E → ____ → ____ (تعداد ____ یا ____)

۲۰ در مورد محاسبهٔ تعداد ذره‌های زیراتمی در کاتیون و آنیون، جاهای خالی را پر کنید.

$_{Z}^{A}E^{m-}$

تعداد الکترون = ____ + ____

تعداد پروتون = ____

تعداد نوترون = ____ − ____

$_{Z}^{A}E^{m+}$

تعداد الکترون = Z − ____

تعداد پروتون = ____

تعداد نوترون = A − ____

۲۱ در اتمی، تعداد پروتون‌ها پنج واحد از تعداد نوترون‌ها کم‌تر است. اگر این اتم ۲۵ الکترون داشته باشد، عدد اتمی و عدد جرمی آن را حساب کنید.

۲۲ جدول زیر را کامل کنید.

نماد شیمیایی	عدد اتمی	عدد جرمی	تعداد پروتون‌ها	تعداد الکترون‌ها	تعداد نوترون‌ها
$_{۷}^{۱۵}N$	____	____	____	____	____
Na^{+}	____	____	____	۱۰	۱۲
Br^{-}	____	۸۲	۳۵	____	____
$_{۱۶}^{۳۲}S^{۲-}$	____	____	____	____	____
K^{+}	۱۹	____	____	____	۲۰

۲۳ تعداد ذره‌های زیراتمی را در هر یک از یون‌های زیر تعیین کنید.

آ) $^{23}_{11}Na^{+}$ ب) $^{14}_{7}N^{3-}$ پ) $^{27}_{13}Al^{3+}$

ت) $^{80}_{34}Se^{2-}$ ث) $^{69}_{31}Ga^{3+}$ ج) $^{88}_{38}Sr^{2+}$

۲۴ در یون E^{2-}، تعداد الکترون‌ها نصف عدد جرمی و تعداد نوترون‌ها برابر با ۲۰ است. در این صورت،

آ) تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها را در این یون حساب کنید.

ب) عدد اتمی و عدد جرمی اتم این یون را حساب کنید.

۲۵ عدد اتمی عنصری نصف عدد جرمی آن است و تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های اتم این عنصر برابر است. اگر تعداد الکترون‌های یون یک بار مثبت این اتم برابر با ۱۰ باشد، آن‌گاه،

آ) تعداد نوکلئون‌ها را در اتم این عنصر حساب کنید.

ب) عدد اتمی و عدد جرمی این عنصر را حساب کنید.

آیا همهٔ اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

اتم‌های یک عنصر که تعداد نوترون‌های آن متفاوت است، **ایزوتوپ‌های (هم‌مکان‌های)** آن عنصر نام دارد. در واقع، عدد اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان، اما عدد جرمی آن‌ها متفاوت است. تعداد ایزوتوپ‌های عنصرها متفاوت است. مثلاً، هیدروژن سه ایزوتوپ، اما طلا تنها یک ایزوتوپ دارد. درصد فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر در طبیعت متفاوت است. مثلاً، درصد فراوانی ایزوتوپ ^{37}Cl، ۲۴/۴۷٪ و ایزوتوپ ^{35}Cl، ۷۵/۵۳٪ است.

برخی از ایزوتوپ‌های عنصرها پرتوزا هستند؛ یعنی ناپایدارند و ضمن تبدیل‌شدن به اتم‌های دیگر، پرتو نشر می‌کنند. چنین ایزوتوپ‌هایی را **رادیوایزوتوپ** می‌نامند. نیم‌عمر معیاری از پایداری یک ایزوتوپ است. هر چه نیم‌عمر یک ایزوتوپ بیش‌تر باشد، آن ایزوتوپ پایدارتر است. اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند.

تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

از میان ۱۱۸ عنصر شناخته‌شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود. دانشمندان به کمک واکنش‌های هسته‌ای، تاکنون توانسته‌اند ۲۶ عنصر بسازند. این عنصرها را **عنصرهای مصنوعی** می‌نامند. تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصر مصنوعی است که کاربردهای ویژه‌ای دارد. از تکنسیم برای تصویربرداری‌های پزشکی و به ویژه تصویربرداری از غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود. اندازهٔ یون یدید (I^-) با یون‌های حاوی تکنسیم تقریباً برابر است. در نتیجه، غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند و امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

از ایزوتوپ‌های پرتوزا در تشخیص و درمان بیماری‌ها مانند توده‌های سرطانی استفاده می‌کنند. یکی دیگر از کاربردهای این ایزوتوپ‌ها، استفاده از آن‌ها در تولید الکتریسیته است. اورانیم یکی از شناخته‌شده‌ترین فلزهای پرتوزا و رادون یکی از گازهای پرتوزا در طبیعت است.

$^{235}_{92}U$ یکی از ایزوتوپ‌های اورانیم و $^{222}_{86}Rn$ تنها ایزوتوپ رادون است. ویژگی‌ها و کاربردهای این دو ایزوتوپ در جدول زیر آمده است.

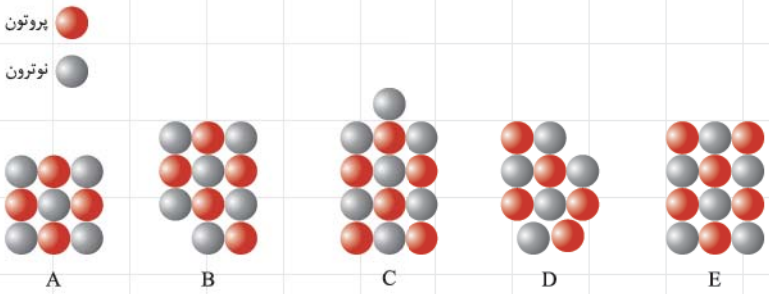
ایزوتوپ	ویژگی‌ها	کاربردها
اورانیم ($^{235}_{92}U$)	آ) درصد فراوانی ایزوتوپ آن در مخلوط طبیعی کم‌تر از ۰/۷ درصد است. ب) به کمک فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی مقدار آن تا حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.	یکی از ایزوتوپ‌های آن به عنوان سوخت واکنشگاه هسته‌ای به کار می‌رود.
رادون ($^{222}_{86}Rn$)	آ) فراوان‌ترین مادهٔ پرتوزا در زندگی روزمره ب) بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و سنگین‌ترین گاز نجیب پ) در لایه‌های زیرین زمین از طریق واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود و به سطح زمین می‌آید. ت) مقدار موجود در هواکره خطری برای تندرستی ندارد.	

پسماند واکنشگاه‌های اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارند و خطرناک هستند. دفع این پسماندها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای است. این موضوع یکی از معایب استفاده از ایزوتوپ‌های پرتوزا است.

سؤال‌ها

۲۶ هستهٔ اتم پنج عنصر فرضی در شکل زیر نشان داده شده است. براساس این شکل،

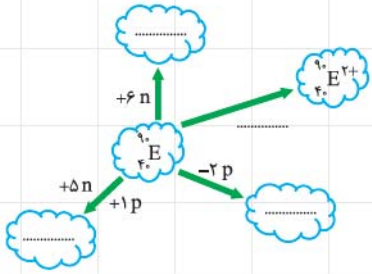
آ) جدول زیر را کامل کنید.



نام عنصر	تعداد پروتون	تعداد نوترون	عدد اتمی	عدد جرمی
A	———	———	———	———
B	———	———	———	———
C	———	———	———	———
D	———	———	———	———
E	———	———	———	———

ب) کدام عنصرها ایزوتوپ هستند؟ چرا؟

۲۷ با توجه به شکل، به موارد زیر پاسخ دهید:



آ در کدام موارد عنصری تازه به وجود می‌آید؟ توضیح دهید.

ب جاهای خالی را در شکل پر کنید. از X و Y برای نشان‌دادن عنصرهای جدید استفاده کنید.

ب در کدام مورد، ایزوتوپی از عنصر E پدید می‌آید؟

۲۸ دو ذرهٔ $^{۱۴}_{۷}E$ و $^{۱۵}_{۷}E$ نسبت به هم چه نام دارند؟ این دو ذره در کدام مورد زیر می‌توانند متفاوت باشند؟

خواص فیزیکی ـ خواص شیمیایی ـ درصد فراوانی در طبیعت ـ نیم‌عمر

۲۹ با توجه به عنصرهای زیر، به موارد خواسته‌شده پاسخ دهید:

$^{۵۸}_{۲۸}E$ ـ $^{۲۱۰}_{۸۱}E$ ـ $^{۶۴}_{۳۰}E$ ـ $^{۲۱۰}_{۸۵}E$ ـ $^{۶۴}_{۲۸}E$ ـ $^{۲۰۶}_{۸۱}E$

آ ایزوتوپ‌ها را مشخص کنید.

ب تعیین کنید کدام ایزوتوپ(ها) هستهٔ ناپایدار دارند؟

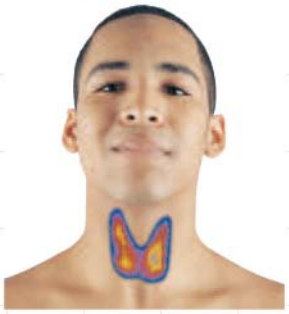
۳۰ پلونیم سه ایزوتوپ $^{۲۱۸}_{۸۴}Po$، $^{۲۱۴}_{۸۴}Po$ و $^{۲۱۰}_{۸۴}Po$ دارد. نیم‌عمر این ایزوتوپ‌ها به ترتیب ۳/۱ دقیقه، $۱/۶\times۱۰^{-۴}$ ثانیه و ۱۳۸ روز است. این ایزوتوپ‌ها را به ترتیب افزایش پایداری مرتب کنید.

۳۱ نیم‌عمر یکی از ویژگی‌های مهم ایزوتوپ‌های پرتوزاست. این ویژگی تعیین می‌کند که هر ایزوتوپ پرتوزا چه کاربردی می‌تواند داشته باشد.

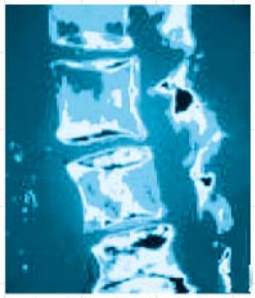
آ ایزوتوپ‌های جدول مقابل را به ترتیب پایداری مرتب کنید.

نیم‌عمر	ایزوتوپ
۵۷۳۰ سال	$^{۱۴}_{۶}C$
۶ ساعت	$^{۵۹}_{۲۶}Fe$
۲۴۲ روز	$^{۱۵۳}_{۶۴}Gd$
۸ روز	$^{۱۳۱}_{۵۳}I$
۱/۲۵ میلیارد سال	$^{۴۰}_{۱۹}K$

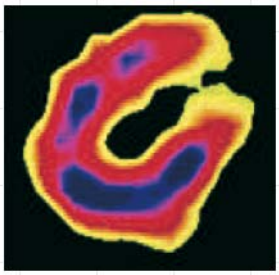
ب ایزوتوپ‌هایی که نیم‌عمر آن‌ها کوتاه‌تر است، برای مطالعهٔ پدیده‌هایی استفاده می‌شود که به سرعت در حال تغییر هستند. براساس این، به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید هر یک از ایزوتوپ‌های جدول صفحهٔ قبل برای مطالعهٔ کدام پدیده می‌تواند مناسب باشد؟



مطالعهٔ اندازه و فعالیت غدهٔ تیروئید



مطالعهٔ روند افزایش پوکی استخوان



مطالعهٔ الگوی گردش خون در قلب

۳۲ هر یک از واژه‌های زیر را تعریف کنید.

- ایزوتوپ:
- ایزوتوپ پرتوزا:
- غنی‌سازی ایزوتوپی:

۳۳ در میان عنصرهای زیر، ایزوتوپ‌های پرتوزا را مشخص کنید.

رادون ($^{222}_{86}Rn$) ـ تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) ـ هیدروژن ($^{1}_{1}H$) ـ آهن ($^{59}_{26}Fe$) ـ کربن ($^{12}_{6}C$)

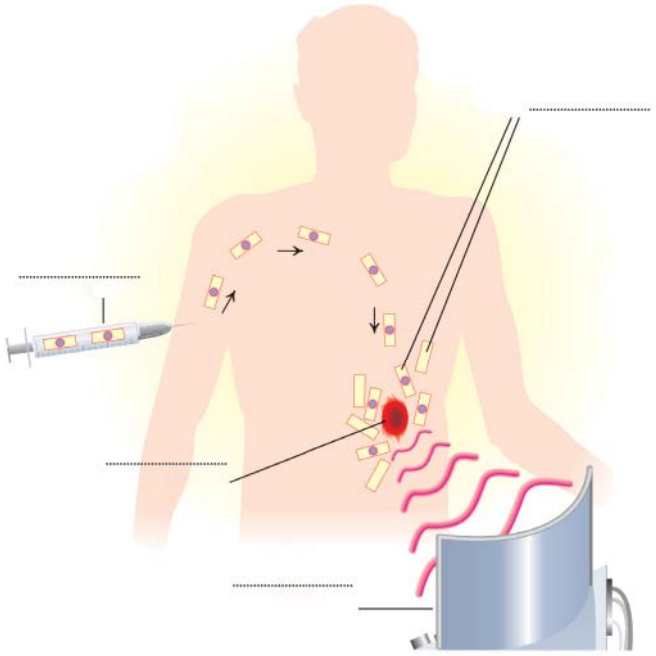
۳۴ سه مورد از کاربردهای ایزوتوپ‌های پرتوزا را بنویسید.

۳۵ چرا از تکنسیم برای تصویربرداری از غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود؟

۳۶ عبارت‌هایی در ستون «آ» آمده است که هر یک مربوط به یکی از عنصرهای ستون «ب» است. عنصر و عبارت مرتبط با آن را به هم وصل کنید.

ستون «آ»	ستون «ب»
یکی از ایزوتوپ‌های آن در تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود.	کربن
ایزوتوپی از آن در تعیین سن اشیای قدیمی استفاده می‌شود.	آهن
شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا	تکنسیم
سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت	رادون
یکی از ۲۶ عنصر مصنوعی	اورانیم

۳۷ شکل زیر، یکی از روش‌های تشخیص تومور سرطانی را نشان می‌دهد.



آ جاهای خالی شکل را با واژه‌های داده‌شده پر کنید.

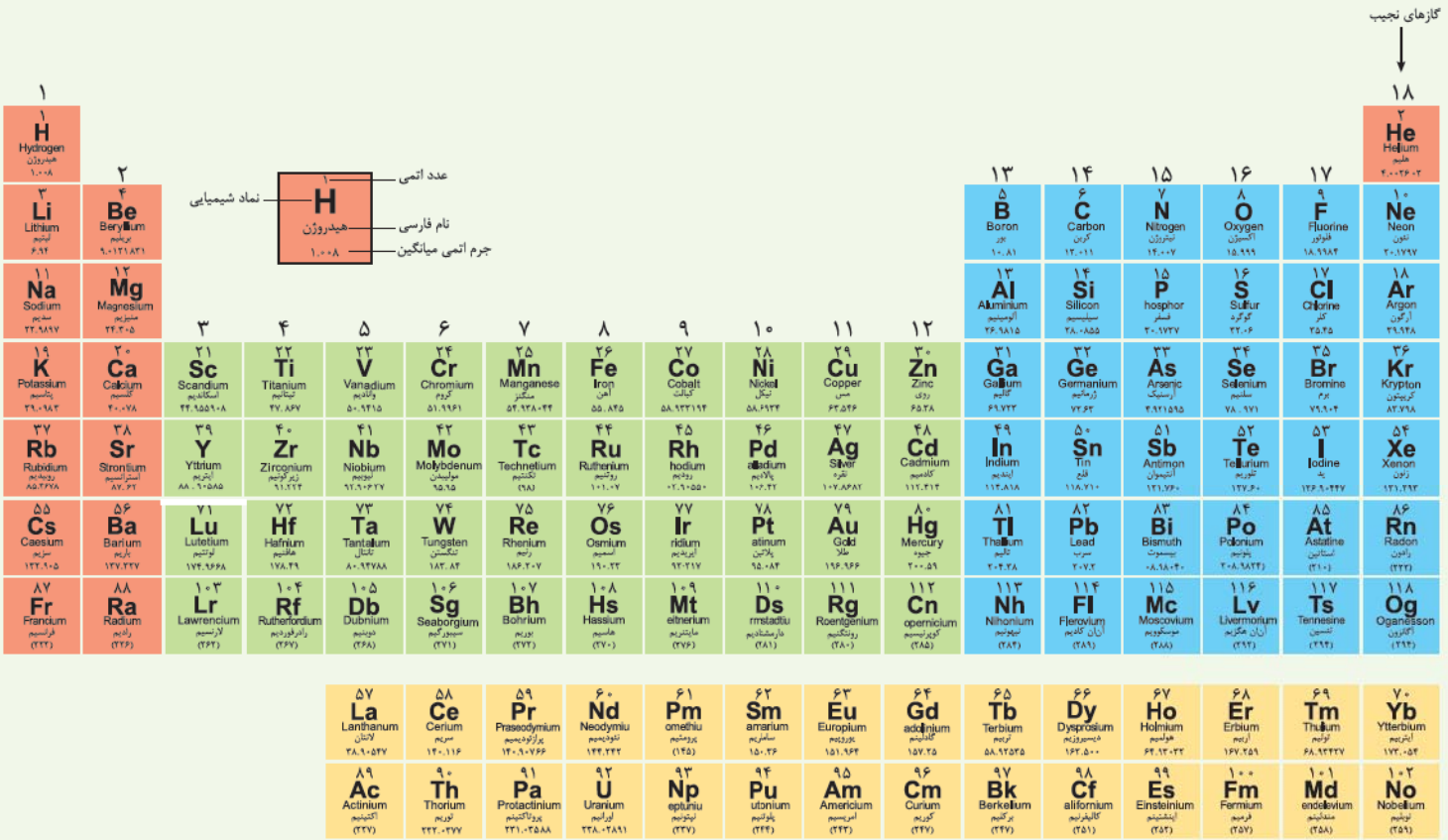
تومور سرطانی ـ گلوکز نشان‌دار ـ دستگاه آشکارساز ـ گلوکز معمولی ـ جریان خون

ب با توجه به شکل، متن زیر را بخوانید و روی واژهٔ نادرست خط بکشید.

مولکول گلوکز حاوی اتم پرتوزا را (گلوکز نشان‌دار ـ گلوکز بدون نشان) می‌گویند. هنگامی که گلوکز حاوی اتم پرتوزا به بیماری تزریق می‌شود، (مشابه ـ متفاوت) با گلوکز معمولی در سوخت‌وساز یاخته‌ای شرکت می‌کند. یک آشکارساز پرتو می‌تواند پرتوهایی را که گلوکزهای نشان‌دار (جذب ـ نشر) می‌کنند، ردیابی کرده، تعیین کند این مولکول‌ها در چه مسیری در حال حرکت هستند یا در کجای بدن جمع شده‌اند. سرعت تقسیم یاخته‌های سرطانی بسیار (آهسته‌تر ـ سریع‌تر) از یاخته‌های سالم است. از این رو، میزان مصرف گلوکز در یاخته‌های (سرطانی ـ سالم) بسیار زیاد است. در نتیجه، به کمک رادیوایزوتوپ‌ها افزون بر تشخیص یاخته‌های (سالم ـ سرطانی)، می‌توان موقعیت آن‌ها را نیز تعیین کرد.

جدول دوره‌ای عنصرها

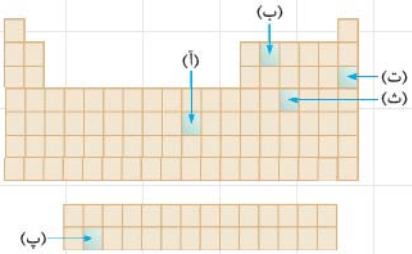
در جدول دوره‌ای امروزی، عنصرها به ترتیب افزایش عدد اتمی مرتب شده‌اند. این جدول داده‌های بسیار ارزشمندی دربارهٔ ویژگی‌های عنصرها به دست می‌دهد و به کمک آن می‌توان رفتار عنصرهای گوناگون را پیش‌بینی کرد. جدول دوره‌ای عنصرها ۷ ردیف افقی و ۱۸ ستون عمودی دارد. هر ردیف را یک دوره یا تناوب و هر ستون را یک گروه یا خانواده می‌نامند. عنصرهای یک گروه خواص مشابه دارند. با استفاده از جدول دوره‌ای عنصرها می‌توان شمارهٔ گروه، دوره، عدد اتمی، تعداد پروتون‌ها و تعداد الکترون‌های یک عنصر را به دست آورد.



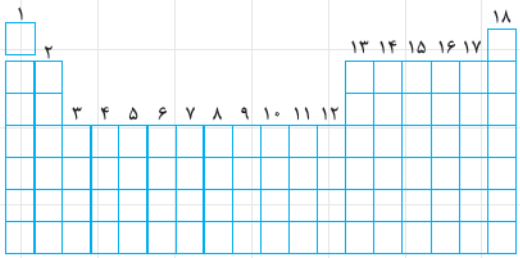
جدول دوره‌ای عنصرها، این جدول ۷ دوره و ۱۸ گروه دارد.

سؤال‌ها

۳۸ نام، نماد شیمیایی، شمارهٔ گروه و شمارهٔ دورهٔ عنصرهایی را که در جدول مقابل مشخص شده‌اند، بنویسید. (از جدول دوره‌ای عنصرها کمک بگیرید.)



۳۹ برخی عنصرها از نظر زیست‌شناسی اهمیت زیادی دارند. از جملهٔ این عنصرها می‌توان آهن (موجود در هموگلوبین خون برای انتقال اکسیژن)، ید (موجود در غدهٔ تیروئید)، سدیم (موجود در مایعات درون و بیرون یاخته‌ای)، فسفر (موجود در مغز، استخوان و دندان)، گوگرد (موجود در پروتئین) و منیزیم (موجود در مولکول‌های کلروفیل) را نام برد. نماد شیمیایی هر یک از این عنصرها را در جدول دوره‌ای مقابل بنویسید.



۴۰ در هر مورد، به کمک جدول دوره‌ای، نام و نماد شیمیایی عنصر موردنظر را بنویسید.

آ) گروه ۱۶، دورهٔ ۲
ب) گروه ۲، دورهٔ ۴
پ) گروه ۱۸، دورهٔ ۶
ت) گروه ۱۱، دورهٔ ۵
ث) گروه ۱۲، دورهٔ ۴
ج) گروه ۱۷، دورهٔ ۲

۴۱ با توجه به توضیح هر عبارت، شمارهٔ دوره یا گروه موردنظر را به کمک جدول دوره‌ای تعیین کنید.

آ) هر سه عنصر C، N و O در آن جای گرفته‌اند.

ب) با عنصر هلیم شروع می‌شود.

پ) با عنصر پتاسیم شروع می‌شود.

ت) هر سه عنصر Cl، Br و I در آن جای گرفته‌اند.

۴۲ در هر مورد، عنصر موردنظر را نام ببرید.

آ) عنصری که هم‌گروه اکسیژن بوده، ۳۴ الکترون دارد.

ب) عنصری که به گروه اول تعلق داشته، ۲۰ پروتون دارد.

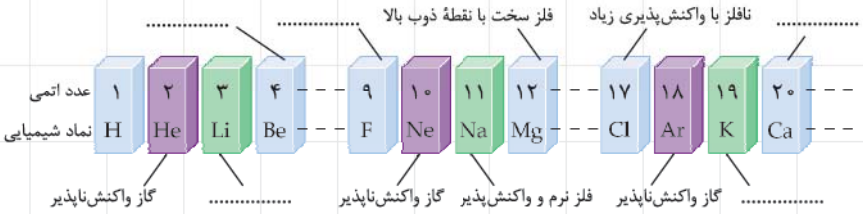
پ) گاز نجیبی که ۲۲ نوترون دارد.

۴۳ نیتروژن و پتاسیم به ترتیب یون‌های پایدار N^{3-} و K^{+} تشکیل می‌دهند. کدام اتم‌های زیر مانند نیتروژن یون -3 و کدام‌ها مانند پتاسیم یون $+1$ تشکیل می‌دهد؟ چرا؟ (به کمک جدول دوره‌ای پاسخ دهید.)

Li ـ C ـ Ga ـ Cs ـ P ـ Br ـ As

۴۴ **ایزوتوپ‌های پرتوزای زیادی بر اثر انفجار یک بمب اتمی در هواکره آزاد می‌شود. یکی از این ایزوتوپ‌ها ^{90}Sr است. این ایزوتوپ از طریق زنجیرهٔ غذایی وارد بدن انسان می‌شود و برای تندرستی زیانبار است. با مراجعه به جدول دوره‌ای و تعیین موقعیت عنصر استرانسیم، پیش‌بینی کنید که این عنصر در کدام بافت بدن جای می‌گیرد؟ چرا؟**

۴۵ **فرض کنید ۱۱۸ عنصر شناخته‌شده را در یک ردیف و به ترتیب افزایش عدد اتمی کنار یکدیگر قرار داده‌ایم. به این ترتیب، الگویی به دست می‌آید که بخشی از آن در شکل زیر نشان داده شده است. با توجه به داده‌های شکل، جاهای خالی را پر کنید.**



جرم اتمی عنصرها ـ مفهوم مول

چون جرم یک اتم بی‌نهایت کم است، آن را برحسب یک مقیاس نسبی به نام **یکای جرم اتمی (amu)** بیان می‌کنند. شیمی‌دانان ایزوتوپی از کربن ـ ۱۲ را به عنوان استاندارد انتخاب کرده‌اند و جرم این اتم را دقیقاً ۱۲ amu در نظر گرفته‌اند؛ یعنی،

$$\text{جرم یک اتم } {}^{12}_{6}C = 12 \text{ amu}$$

از این‌رو،

$$\text{جرم یک اتم } {}^{12}_{6}C \times \frac{1}{12} = 1 \text{ amu}$$

براساس این مقیاس، جرم یک اتم $^{7}_{3}Li$ برابر با ۷ amu و جرم یک اتم $^{16}_{8}O$ برابر با ۱۶ amu است.

همان‌گونه که قبلاً آموختید، بیش‌تر عنصرها در طبیعت مخلوطی از چند ایزوتوپ با درصد فراوانی متفاوت هستند. بنابراین، برای گزارش جرم اتم عنصرها از جرم اتمی میانگین استفاده می‌شود که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{\text{(درصد فراوانی ایزوتوپ دوم} \times \text{جرم ایزوتوپ دوم)} + \text{(درصد فراوانی ایزوتوپ اول} \times \text{جرم ایزوتوپ اول)} + \cdots}{100}$$

توجه کنید که جرم اتمی میانگین هر عنصر به جرم اتمی ایزوتوپ فراوان‌تر آن نزدیک‌تر است. برای مثال، کلر دو ایزوتوپ $^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ دارد که درصد فراوانی آن‌ها به ترتیب ۷۵/۸٪ و ۲۴/۲٪ است. با مراجعه به جدول دوره‌ای عنصرها درمی‌یابیم که جرم اتمی میانگین این عنصر ۳۵/۴۵ گزارش شده است.

دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه می‌گیرند. براساس محاسبه‌های انجام‌شده،

$$1 \text{ amu} = 1/66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

بنابراین،

$$1 \text{ g} = 6/02 \times 10^{23} \text{ amu}$$

عدد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ را **عدد آووگادرو** می‌نامند و آن را با نماد $\mathbf{N_A}$ نشان می‌دهند. در شیمی، این تعداد ذره را یک **مول** از آن ذره می‌گویند. در واقع، مول یکای شمارشی است مانند یکاهای شمارشی رایج دیگر.

به جرم یک مول ذره، **جرم مولی** آن ذره می‌گویند. برای مثال، جرم یک مول از یک اتم، جرم مولی آن اتم است که از نظر مقدار با جرم اتمی برابر است، اما جرم مولی برحسب گرم و جرم اتمی بر حسب amu بیان می‌شود. برای مثال،

جرم یک اتم کربن $= ۱۲/۰۱$ amu

جرم یک مول اتم کربن (جرم مولی کربن) $= ۱۲/۰۱\,\text{amu} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}{۱\,\text{g}} = ۱۲/۰۱\,\text{g}$

چون گرم یکای رایج برای اندازه‌گیری جرم است، شیمی‌دانان از جرم مولی به جای جرم اتمی استفاده می‌کنند.

محاسبه کنید:

آ) **جرم $۱/۱\times۱۰^{۲۳}$ اتم طلا ($Au = ۱۹۷\ g\,mol^{-۱}$)**

ب) **تعداد اتم‌های ۴۰ گرم گوگرد ($S = ۳۲\ g\,mol^{-۱}$)**

پ) **تعداد مول ۱۵ گرم کروم ($Cr = ۵۲\ g\,mol^{-۱}$)**

برای حل مسئله‌ها از روش عامل تبدیل استفاده می‌کنیم.

آ) چون جرم مولی طلا $۱۹۷\ g\,mol^{-۱}$ است، پس $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ اتم طلا ۱۹۷ گرم جرم دارد. بنابراین،

$$\text{جرم Au} = ۱/۱\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم Au} \times \frac{۱\ \text{mol Au}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم Au}} \times \frac{۱۹۷\ \text{g Au}}{۱\ \text{mol Au}} = ۳۶\ \text{g}$$

ب)

$$\text{تعداد اتم‌های S} = ۴۰\ \text{g S} \times \frac{۱\ \text{mol S}}{۳۲\ \text{g S}} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم S}}{۱\ \text{mol S}} = ۷/۵\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم}$$

پ)

$$\text{تعداد مول Cr} = ۱۵\ \text{g Cr} \times \frac{۱\ \text{mol Cr}}{۵۲\ \text{g Cr}} = ۰/۲۹\ \text{mol}$$

برای محاسبهٔ جرم مولی مولکول کافی است که جرم مولی اتم‌های سازندهٔ آن را با هم جمع کنیم. برای مثال،

$$\text{جرم مولی } H_۲O = (۲\times۱\ \text{g H}) + ۱۶\ \text{g O} = ۱۸\ \text{g}$$

۳/۴ گرم گاز آمونیاک ($NH_۳$) درون ظرفی وجود دارد. براساس این،

آ) **چند مول گاز آمونیاک در این ظرف وجود دارد؟**

ب) **تعداد مولکول‌های گاز آمونیاک را حساب کنید.**

جرم مولی N و H به ترتیب ۱۴ و ۱ گرم بر مول است. بنابراین، جرم مولی $NH_۳$ برابر با ۱۷ گرم است. از این رو،

آ)
$$\text{تعداد مول } NH_۳ = ۳/۴\ \text{g } NH_۳ \times \frac{۱\ \text{mol } NH_۳}{۱۷\ \text{g } NH_۳} = ۰/۲\ \text{mol}$$

ب) با توجه به این‌که $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ از هر ذره، یک مول از آن ذره است، پس

$$\text{تعداد مولکول‌های } NH_۳ = ۰/۲\ \text{mol } NH_۳ \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ NH_۳\ \text{مولکول}}{۱\ \text{mol } NH_۳} = ۱/۲\times۱۰^{۲۳}$$

سؤال‌ها

۴۶ در هر عبارت، روی کلمهٔ نادرست درون پرانتز خط بکشید.

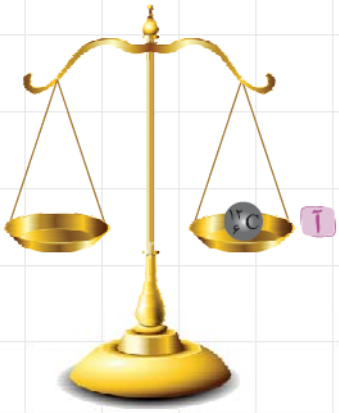
آ amu یکایی برای بیان (جرم ـ تعداد) اتم‌هاست.

ب براساس قرارداد، جرم یک اتم کربن ـ ۱۲ برابر با (۱amu ـ ۱۲ amu) است.

پ جرم یک اتم هیدروژن به طور دقیق (۱amu ـ ۱/۰۰۸ amu) است.

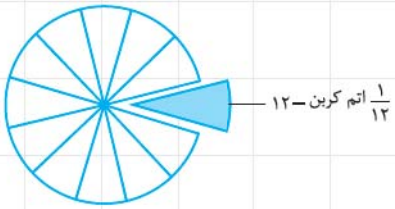
ت جرم الکترون بسیار (کم‌تر ـ بیش‌تر) از جرم پروتون بوده، در حدود ($\frac{۱}{۲۰۰۰}$ ـ ۲۰۰۰) برابر آن است.

۴۷ در هر یک از ترازوهای زیر، تعداد اتم‌های هیدروژن مورد نیاز را در کفهٔ خالی رسم کنید. از نماد (H) برای نمایش اتم هیدروژن استفاده کنید.

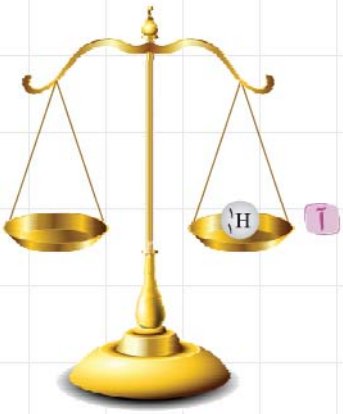
آ 

ب

۴۸ به شکل زیر نگاه کنید:



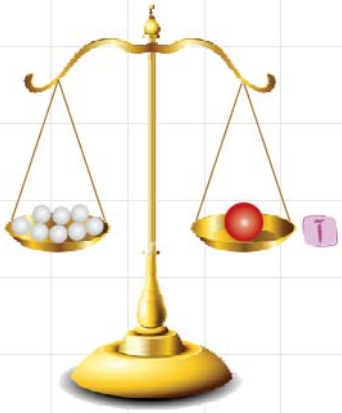
در کفهٔ خالی هر یک از ترازوهای زیر، چند برش از شکل بالا را باید قرار دهیم تا سطح دو کفه یکسان باشد؟ توضیح دهید.

آ 

ب

۴۹ در هر مورد، کدام شکل درست است؟ ● نمایندهٔ اتم $^{16}_{8}O$، ● نمایندهٔ اتم $^{12}_{6}C$ و ○ نمایندهٔ اتم $^{1}_{1}H$ است.

آ

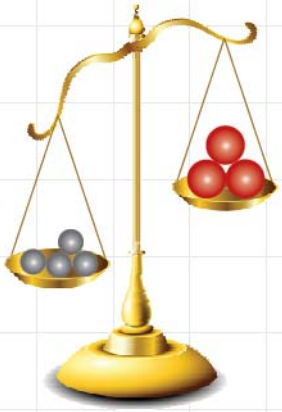


(۲)

(۱)

ب

(۲)



(۱)

پ

(۲)

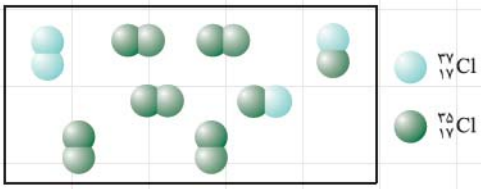
(۱)

۵۰ مس در طبیعت دو ایزوتوپ پایدار دارد. براساس این، جدول زیر را کامل کنید.

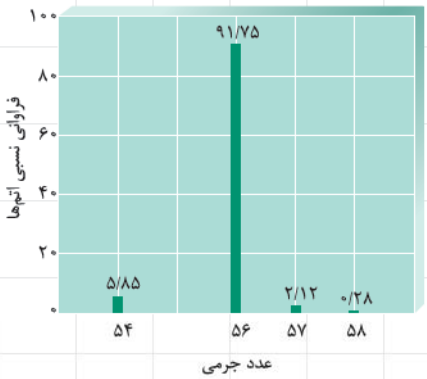
ایزوتوپ	جرم (amu)	فراوانی در طبیعت
^{63}Cu	———	٪۶۹
^{65}Cu	۶۵	———

۵۱ برم دو ایزوتوپ $^{81}_{35}Br$ و $^{79}_{35}Br$ دارد. درصد فراوانی این دو ایزوتوپ در طبیعت تقریباً یکسان است که در این‌جا برابر در نظر می‌گیریم. براساس این، جرم اتمی میانگین برم را حساب کنید.

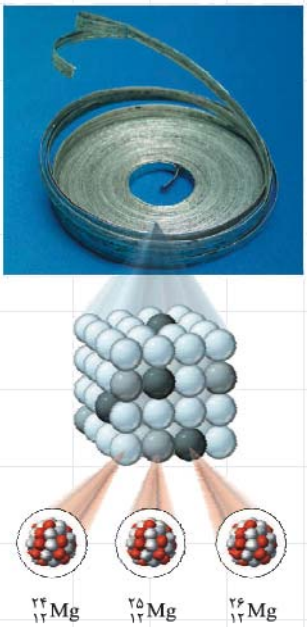
۵۲ با توجه به شکل، جرم اتمی میانگین کلر را برحسب amu حساب کنید.



۵۳ آهن چهار ایزوتوپ پایدار دارد: ^{54}Fe، ^{56}Fe، ^{57}Fe و ^{58}Fe. در شکل زیر، درصد فراوانی آن‌ها در طبیعت داده شده است. براساس این داده‌ها، جرم اتمی میانگین آهن را حساب کنید.



۵۴ با توجه به شکل، جرم اتمی میانگین منیزیم را حساب کنید.



۵۵ جرم اتمی میانگین عنصری amu ۶۹/۷۲ است. اگر جرم دو ایزوتوپ این عنصر amu ۶۹/۵ و amu ۶۹/۹ باشد، درصد فراوانی هر ایزوتوپ را به دست آورید.