



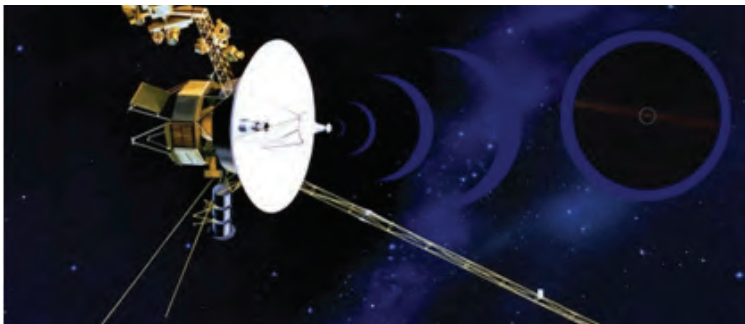
●●● «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید ●●●
او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

● شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستاره شبانگاهی 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 می‌تابانند، 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 سازنده 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 مطالعه خواص و رفتار ماده، همچنین برهم‌کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.

● شواهد تاریخی که از سنگ‌نشته‌ها 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.

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که «هستی چگونه پدید آمده است؟ جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ پدیده‌های طبیعی چگونه و چرا رخ می‌دهند؟» روبه‌رو بوده و پیوسته تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. پاسخ به نخستین پرسش - که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است - در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به بینش عقلانی و آموزه‌های الهی می‌تواند به پاسخی جامع دست یابد.

اما پس از عبور از این قلمرو و با ورود به پدیده‌های طبیعی، 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 نیاکانمان 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 امروز در ذهن ما نمی‌گنجد. تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام‌های **ویجر 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 ویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

دو فضاپیما 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 شیمی‌دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونگی 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.

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 «آندرومدا» 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.

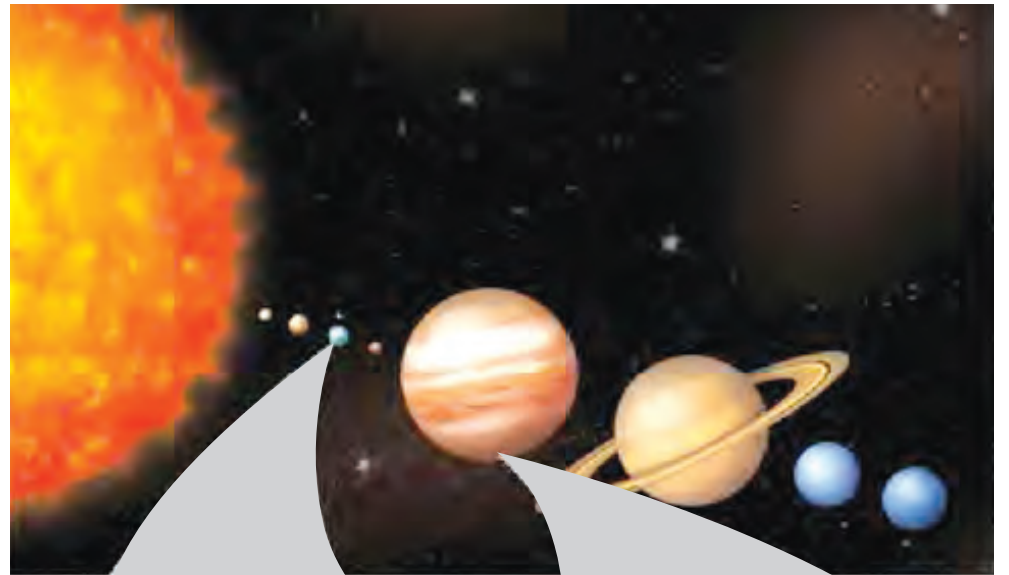
آیا می‌دانید

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

آیا می دانید

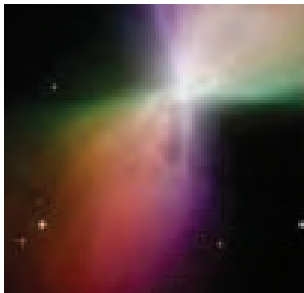
تلسکوپ فضایی جیمز وب^۱ به منظور جمع‌آوری داده‌هایی درباره کیهان، اواخر سال ۲۰۲۱ میلادی به فضا پرتاب شد. این تلسکوپ براساس پرتوهای فروسرخ کار می‌کند. کیهان‌شناسان امیدوارند با استفاده از داده‌های این تلسکوپ بتوانند پاسخ پرسش‌هایی مانند «جهان چگونه آغاز شد؟ کیهانشان‌ها چگونه شکل می‌گیرند؟ کدام مولکول‌ها در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارند و آیا سیاره دیگری وجود دارد که بتوان در آن زندگی کرد؟» را پیدا کنند. این تلاش‌ها با هدف درک ابعاد گسترده کیهان و منشأ آن انجام می‌شود.

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



آیا می دانید

سحابی بومرنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای -272°C است که حدود ۵۰۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی سنناروس (قنطورس)^۲ واقع شده است.



(آ) فراوان‌ترین عنصر در هر سیاره، کدام است؟

(ب) عنصرهای مشترک در دو سیاره را نام ببرید.

(پ) در کدام سیاره، عنصر فلزی وجود ندارد؟

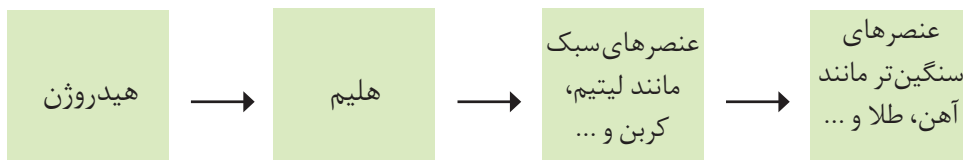
(ت) پیش‌بینی کنید سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟

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

چند نمونه نام ببرید.

دریافتید 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 طبیعت یا جهان پیرامونی توزیع شده‌اند. 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)^۱ همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون، 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**^۲ ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در فشارها و دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آیند. جالب است بدانید که **ستاره‌ها**^۳ متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست (شکل ۲).

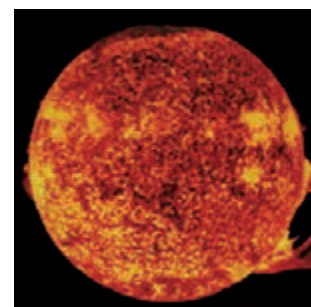


شکل ۲- روند تشکیل عنصرها

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است که دمای بسیار بالایی دارد. انرژی گرمایی و نور خیره‌کننده خورشید به دلیل تبدیل هیدروژن به هلیوم در واکنش‌های هسته‌ای است، واکنش‌هایی که در آنها انرژی هنگفتی آزاد می‌شود. انرژی آزاد شده در واکنش هسته‌ای آن قدر زیاد است که می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. البته توجه داشته باشید که در واکنش‌های شیمیایی که در پدیده‌های طبیعی پیرامون ما و در زندگی روزانه رخ می‌دهند، مقدار انرژی مبادله شده بسیار کمتر است.

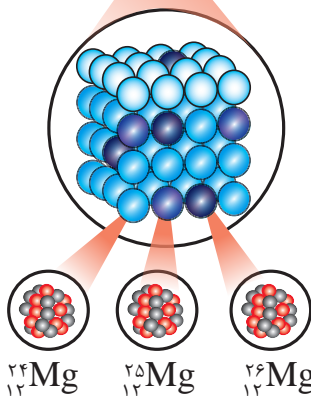
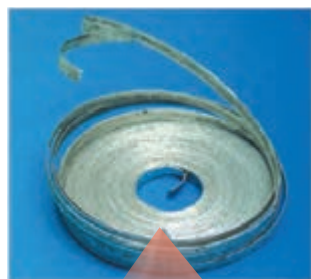
آیا می‌دانید

دمای سطح خورشید به حدود 6000°C و دمای درون آن به حدود 10000000°C می‌رسد. در این ستاره به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای در هر ثانیه $5000,000,000$ کیلوگرم از جرم کاسته شده و به انرژی تبدیل می‌شود. آلبرت اینشتین رابطه $E=mc^2$ را برای محاسبه انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد. در این رابطه، m جرم ماده برحسب کیلوگرم، c سرعت نور برحسب متر بر ثانیه ($3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$) و E ، انرژی آزاد شده برحسب ژول است. بر این اساس اگر در یک واکنش هسته‌ای 0.0024 گرم ماده به انرژی تبدیل شود، $2/16 \times 10^{11}$ ژول انرژی تولید خواهد شد. با این توصیف برآورد می‌شود که خورشید می‌تواند تا $5000,000,000$ سال دیگر نورافشانی کند.



آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

شیمی دان‌ها ماده‌ای را عنصر می‌نامند که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد، برای نمونه منیزیم و هلیوم عنصر به شمار می‌روند زیرا یک نمونه منیزیم حاوی اتم‌های منیزیم و یک نمونه هلیوم حاوی اتم‌های هلیوم است. جالب است بدانید 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 جرم همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوپ) است (شکل ۳).



شکل ۳- ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونه طبیعی از آن.

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

خود را بیازمایید

۱- می‌دانید که هر عنصر را با نماد ویژه‌ای نشان می‌دهند. در این نماد، شمار ذره‌های زیراتمی را نیز می‌توان مشخص کرد. هرگاه بدانید که اتمی از آهن ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد، با توجه به الگوی زیر مشخص کنید که A و Z 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	A	Z	شمار الکترون	شمار نوترون
نماد ایزوتوپ				

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

آیا می دانید

در میان ایزوتوپ‌های 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 پازیریک (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.



با هم ببیندیشیم

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							
نیم عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	1.4×10^{-22} ثانیه	9.1×10^{-22} ثانیه	2.9×10^{-22} ثانیه	2.3×10^{-23} ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)

(آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟

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

(پ) نیم عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ

هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟

(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؟

(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؟

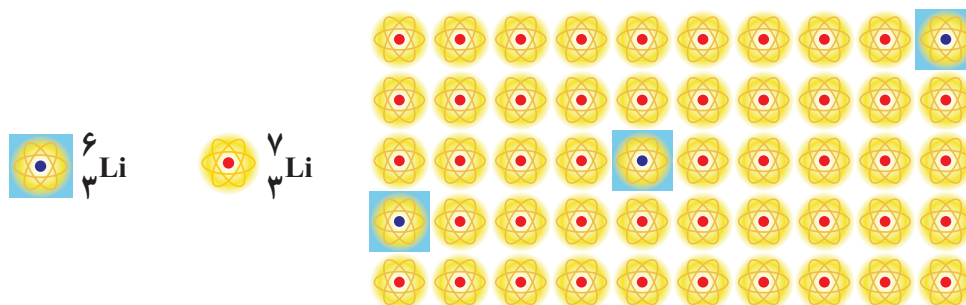
(ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، **رادایوایزوتوپ**^۱ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های

هیدروژن، رادایوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

(چ) **درصد فراوانی**^۲ 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.

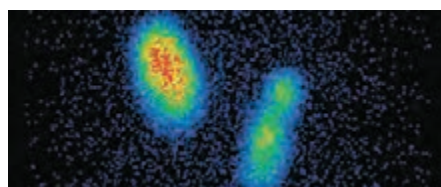


تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

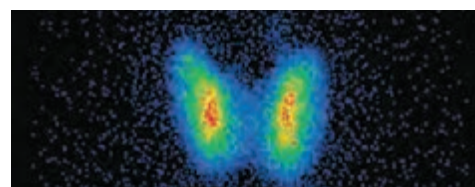
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور)^۱ هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).



(آ)



(پ)



(ب)

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

پ) تصویر غده تیروئید ناسالم

همه ^{99}Tc موجود در جهان باید به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. از آنجا که نیم عمر 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 شناخته شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود (شکل ۵).



● نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ تکنسیم

● هنگام عکس‌برداری از دندان‌ها در رادیولوژی باید با استفاده از پوشش‌های سری از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرنرژی و خطرناک محافظت کرد.

● از تکنسیم (^{99}Tc) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازه تقریباً یکسانی 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.



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

● کیمیاگری (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 ۷٪ 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^۱ 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).



شکل ۶- برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

آیا می‌دانید

^{59}Fe یک رادیوایزوتوپ است و در تصویربرداری از دستگاه گردش خون به کار می‌رود زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.



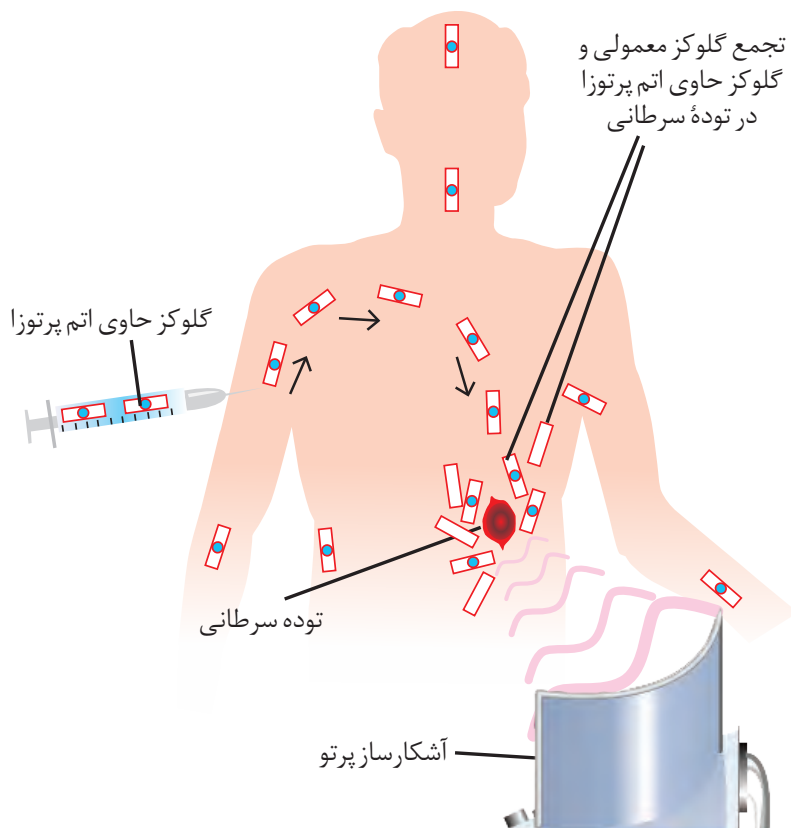
اما جالب است بدانید که پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند.



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

توده های سرطانی، یاخته هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع تری دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیوایزوتوپ ها را برای تشخیص نوعی توده سرطانی نشان می دهد. با بررسی آن، فرایند تشخیص بیماری را توضیح دهید.



آیا می دانید

پژوهش ها نشان می دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه جا یافت می شود. البته میزان پرتوهای تابش شده بسیار اندک است و به طور معمول بر سلامت ما اثری نمی گذارد. یکی از فراوان ترین مواد پرتوزا که در زندگی ما یافت می شود، گاز رادون است. رادون، گازی بی رنگ، بی بو، بی مزه و سنگین ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است. این گاز پیوسته در لایه های زیرین زمین در واکنش های هسته ای تولید می شود و به دلیل دما و فشار زیاد در آن لایه ها به منافذ و ترک های موجود در سنگ های سازنده پوسته زمین نفوذ می کند.

طبقه بندی عنصرها

طبقه بندی کردن یکی از مهارت های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که بررسی و تحلیل را آسان تر می کند. در واقع با استفاده از طبقه بندی، یافته ها و داده ها را به شیوه مناسبی سازماندهی می کنند تا بتوان سریع تر و آسان تر به اطلاعات دسترسی یافت. در درس علوم با اساس طبقه بندی عنصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی دان ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را بر اساس یک معیار و ملاک در جدولی با چیدمانی ویژه کنار هم قرار داده اند (شکل ۷). این جدول به آنها کمک می کند تا اطلاعات ارزشمندی از ویژگی های عنصرها را به دست آورند و بر اساس آن، رفتار عنصرهای گوناگون را پیش بینی کنند.

جدول دوره‌های عنصرها

			۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
			۵ B بور ۱۰،۸۰	۶ C کربن ۱۲،۰۱	۷ N نیتروژن ۱۴،۰۱	۸ O اکسیژن ۱۶،۰۰	۹ F فلوئور 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	۱۱	۱۲	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
۲۸ Ni نیکل ۵۸،۶۹	۲۹ Cu مس ۶۳،۵۵	۳۰ Zn روی ۶۵،۳۹	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،۱	۷۹ Au طلا ۱۹۷،۰۰	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰،۶۰	۸۱ Tl تالیم 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 دارمشتاتیم [۲۸۱]	۱۱۱ Rg روننگیم [۲۸۰]	۱۱۲ Cn کوپرنسیم [۲۷۷]	۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویوم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مסקوویوم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لیورموریوم [۲۹۳]	۱۱۷ Ts تنسینه [۲۹۶]	۱۱۸ Og اوگانسون [۲۹۴]

۶۳ Eu اوروپیم ۱۵۲،۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷،۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸،۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲،۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴،۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷،۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸،۹۰	۷۰ Yb ایتربیم ۱۷۳،۰۰
۹۵ Am امریسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [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]

شکل ۷- جدول دوره‌های عنصرها. 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.

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

۱	۱ H هیدروژن ۱,۰۰۸	۲							
۲	۳ Li لیتیم ۶,۹۴	۴ Be بریلیم 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 تیتانیوم ۴۷,۸۷	۲۳ V وانادیم ۵۰,۹۴	۲۴ Cr کروم ۵۲,۰۰	۲۵ Mn منگنز ۵۴,۹۴	۲۶ Fe آهن ۵۵,۸۵	۲۷ Co کوبالت ۵۸,۹۳
۵	۳۷ Rb روبیدیم ۸۵,۴۷	۳۸ Sr استرانسیم ۸۷,۶۲	۳۹ Y ایتریوم ۸۸,۹۱	۴۰ Zr زیرکونیم ۹۱,۲۲	۴۱ Nb نیوبیم ۹۲,۹۱	۴۲ Mo مولیبدن ۹۵,۹۴	۴۳ Tc تکنسیم -	۴۴ Ru روتنیم ۱۰۱,۱	۴۵ Rh رودیوم ۱۰۲,۹۰
۶	۵۵ Cs سزیم ۱۳۲,۹	۵۶ Ba باریم ۱۳۷,۳	۷۱ Lu لوتسیم ۱۷۵,۰۰	۷۲ Hf هافنیم ۱۷۸,۵	۷۳ Ta تانتال ۱۸۰,۹۰	۷۴ W تنگستن ۱۸۳,۸۰	۷۵ Re رنیم ۱۸۶,۲۰	۷۶ Os اسمیم ۱۹۰,۲۰	۷۷ Ir ایریدیوم ۱۹۲,۲۰
۷	۸۷ Fr فرانسیم [۲۲۳]	۸۸ Ra رادیوم [۲۲۶]	۱۰۳ Lr لورنسیم [۲۶۲]	۱۰۴ Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	۱۰۵ Db دابلیوم [۲۶۸]	۱۰۶ Sg سیبورگیوم [۲۷۱]	۱۰۷ Bh بوریم [۲۷۲]	۱۰۸ Hs هاسیم [۲۷۷]	۱۰۹ Mt مایتنیم [۲۷۶]

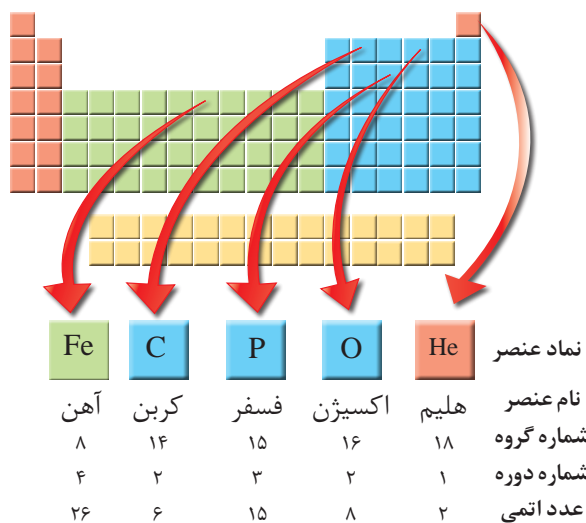
۵۷ La لانتان ۱۳۸,۹۰	۵۸ Ce سریوم ۱۴۰,۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰,۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴,۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریوم ۱۵۰,۴۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲,۰۰	۹۱ Pa پروتاکتینیم ۲۳۱,۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸,۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پلوتونیم [۲۴۴]

در جدول دوره‌ای^۱ (تناوبی) امروزی، عنصرها بر اساس افزایش عدد اتمی^۲ 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^۳ و ۱۸ گروه^۴ دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب 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. با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این رو چنین جدولی را جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها نامیده‌اند.

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

عدد اتمی	۷
نماد شیمیایی	N
نام	نیتروژن
جرم اتمی میانگین	۱۴/۰۱

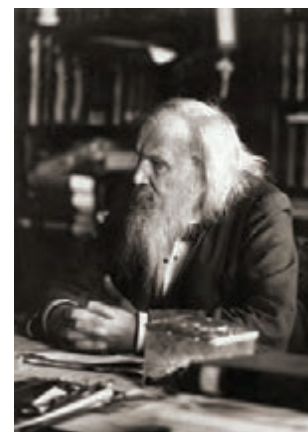
نمادها، داده‌های عددی و خلاصه‌نویسی‌ها در جدول دوره‌ای، اطلاعات مفیدی دربارهٔ عنصرها ارائه می‌کند. با استفاده از این نشانه‌ها و فراگیری مهارت استفاده از جدول می‌توان اطلاعاتی مانند شمارهٔ گروه، دوره، شمار ذره‌های زیراتمی و... را برای یک عنصر به‌دست آورد (شکل ۸).



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

آیا می‌دانید

بزرگ‌ترین پیشرفت در زمینهٔ 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، پی‌برد.



در میان تارنماها

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

خود را بیازمایید

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

۲- هلیم (He)، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید کدام یک از عنصرهای زیر رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟

آ) Ar (ب) C (پ) S

۳- اتم فلئور (F) 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؟

آ) Rb (ب) Br (پ) P

۴- از اتم آلومینیم (Al)، یون پایدار Al^{3+} شناخته شده است. پیش‌بینی کنید اتم کدام یک از عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه Al^{3+} در ترکیب‌ها تبدیل شود؟

آ) K (ب) Ga (پ) N

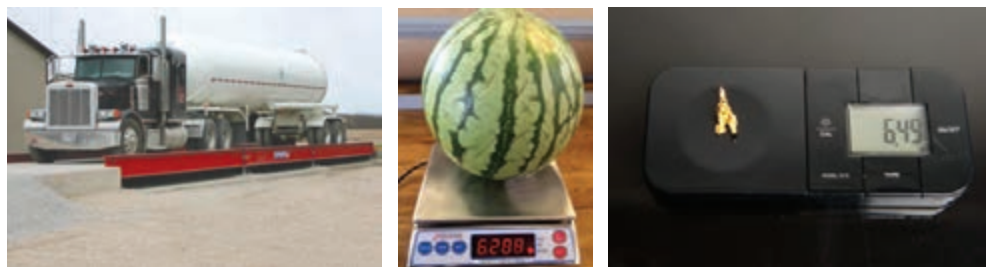
آیا می‌دانید

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.



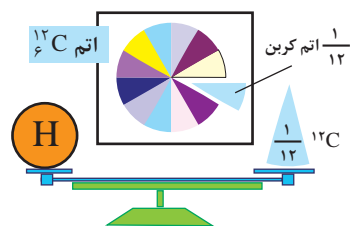
جرم اتمی عنصرها

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.

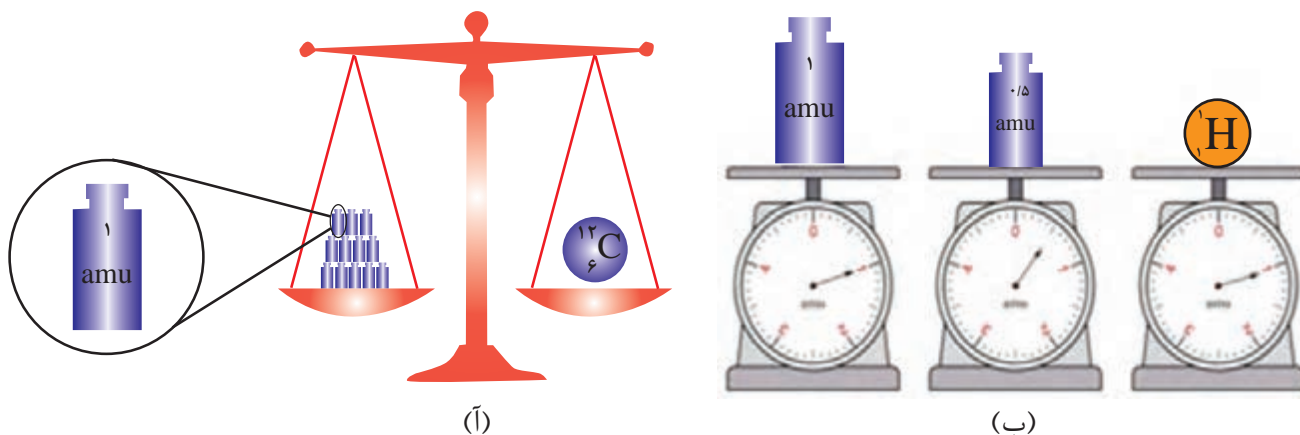
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارند؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک صدم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این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



● الگویی 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 این‌رو 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 ۱۰). به این وزنه، **یکای جرم اتمی**^۱ (amu) می‌گویند.



شکل ۱۰-۱ (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 همهٔ اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد. (ب) اگر در این ترازوی فرضی به جای ایزوتوپ کربن-12، اتم هیدروژن قرار گیرد، جرم $1/1008$ amu به دست می‌آید.

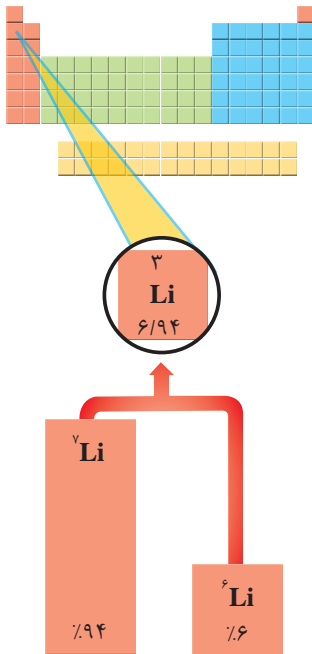
● یکای جرم اتمی را با نماد u نیز نشان می‌دهند. برای نمونه جرم اتمی میانگین هیدروژن برابر با $1/1008$ amu یا $1/1008$ u است.

با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عنصرها و همچنین جرم ذره‌های زیراتمی را اندازه‌گیری کنند. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون در حدود 1 amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{1836}$ amu است (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

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

* 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 ${}^7\text{Li}$ 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؟

با هم بیندیشیم

۱- 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

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.

۲- شکل روبه‌رو ایزوتوپ‌های کلر را

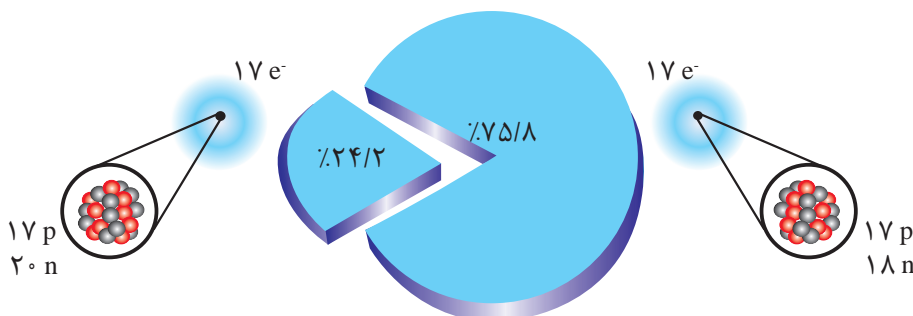
نشان می‌دهد.

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.



شمارش ذره‌ها از روی جرم آنها

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



- اگر جرم هر مهره به طور میانگین ۴/۲۹ گرم باشد، برآورد کنید در این ظرف چند مهره وجود دارد؟ (جرم ظرف خالی برابر با ۳/۴۵ گرم است).



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

با هم بیندیشیم

آ) جدول زیر را کامل کنید.

جرم ۱ عدد (گرم)	جرم ۵۰ عدد (گرم)	جرم ۱۰۰۰ عدد (گرم)	ماده
.....	۴۵۰۰	کاغذ آ
.....	۵۶	عدس
.....	۲۲	برنج
.....	۲	خاکشیر



- برآورد کنید در یک کیسه ۴۰ کیلویی برنج چند دانه برنج وجود دارد؟

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.

آیا می دانید

دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام طیفسنج جرمی^۲، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند. به طوری که برخی فضاپیماها با خود طیفسنج جرمی حمل می‌کنند و از آن برای شناسایی عنصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می‌گیرند.

آیا می دانید

آمدئو آووگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶ میلادی) شیمی‌دان پرآوازه ایتالیایی که به افتخار او شمار ذره‌های موجود در یک مول ماده، عدد آووگادرو نام‌گذاری شده است.



آیا می دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود 400 میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین شمار کهکشان‌های جهان هستی حدود 130 میلیارد برآورد می‌شود، در این صورت در جهان هستی حدود $8/0$ مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

اتم‌ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و حتی با شمردن تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد؛ اما دریافتید که از روی جرم یک نمونه ماده می‌توان به شمار واحدهای موجود در آن دست یافت، الگویی که نشان می‌دهد چگونه می‌توان شمار اتم‌های موجود در یک نمونه عنصر را تعیین کرد.

پیوند با ریاضی

۱- اگر بدانید که میانگین جرم هر اتم هیدروژن 1.66×10^{-24} g است، حساب کنید نمونه یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم دارد؟

۲- به عدد 6.02×10^{23} که در پرسش ۱ به دست آمد، عدد آووگادرو^۱ می‌گویند و آن را با N_A نشان می‌دهند. اگر N_A اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم نمونه چند گرم است؟

در زندگی روزانه نیز برای بیان شمارش از یکاهای گوناگونی استفاده می‌شود، برای نمونه استفاده از شانه برای تخم‌مرغ و دست برای قاشق و چنگال، شمارش و محاسبه را آسان‌تر می‌کند (شکل ۱۲).



(آ)



(ب)

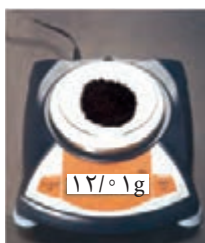
شکل ۱۲- آ) یک شانه تخم‌مرغ و ب) یک دست قاشق و چنگال

نقش N_A در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تخم‌مرغ‌هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی‌دان‌ها به 6.02×10^{23} از هر ذره، یک مول از آن ذره می‌گویند به طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می‌شود (شکل ۱۳).



$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$

$$1 \text{ mol Fe} = 55.85 \text{ g Fe}$$



$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

$$1 \text{ mol C} = 12.01 \text{ g C}$$

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^۱ نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکااست؛ 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 $15 \text{ m} = 1500 \text{ cm}$ 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 C به مول‌های آن می‌توان نوشت:

$$? \text{ mol C} = 6 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 0.5 \text{ mol C}$$

● 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 و در عمل ناممکن است.

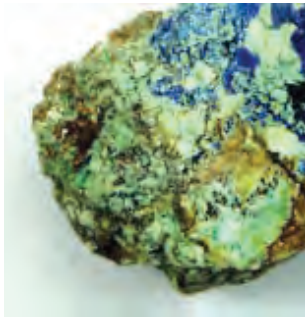
آیا می‌دانید

اگر 6.02×10^{23} دانه برف در سطح ایران بارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قله دنا (4500 m) همه کشور را می‌پوشاند.



آیا می دانید

فلز مس گاهی در طبیعت به حالت آزاد یافت می شود. این عنصر اغلب به شکل ترکیب های گوناگون وجود دارد. حدود هفت هزار سال پیش، انسان توانست با گرم کردن سنگ معدن مس همراه با زغال سنگ، فلز مس را به شکل مذاب استخراج کند.



خود را بیازمایید

۱- با استفاده از $1 \text{ mol Al} = 27 \text{ g Al}$ و $1 \text{ mol S} = 32 \text{ g S}$ حساب کنید:

آ) ۵ مول آلومینیم، چند گرم جرم دارد؟

ب) ۸ گرم گوگرد، چند مول گوگرد است؟

۲- دانش آموزی برای تعیین شمار اتم های موجود در $2/0$ مول فلز روی، محاسبه زیر را به

درستی انجام داده است. هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$? \text{ atom Zn} = \frac{\dots\dots \text{atom Zn}}{\dots\dots \text{mol Zn}} \times \frac{1}{204} \times 10^{23} \text{ atom Zn}$$

۳- حساب کنید $10^{20} \times 3/09$ اتم مس، چند مول و چند گرم مس است؟