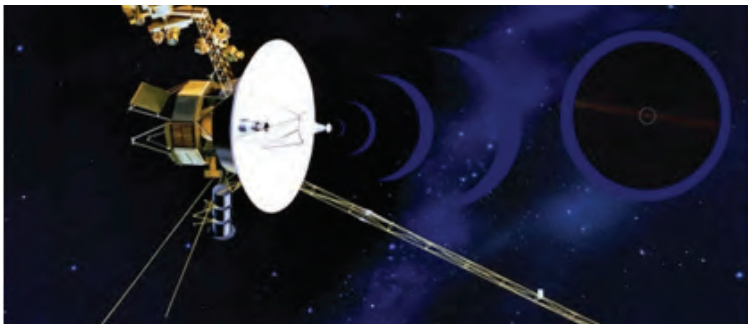




●●● «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴، سوره حدید ●●●
او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

● 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.

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 دربارهٔ جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما دربارهٔ 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 فضاپیما به نام **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی است (شکل ۱).



شکل ۱- عکس کرهٔ زمین از فاصلهٔ تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانهٔ خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامهٔ 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، چگونگی پیدایش عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعهٔ کیهان به ویژه سامانهٔ خورشیدی برای پاسخ به این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازندهٔ برخی سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی و مقایسهٔ آن با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

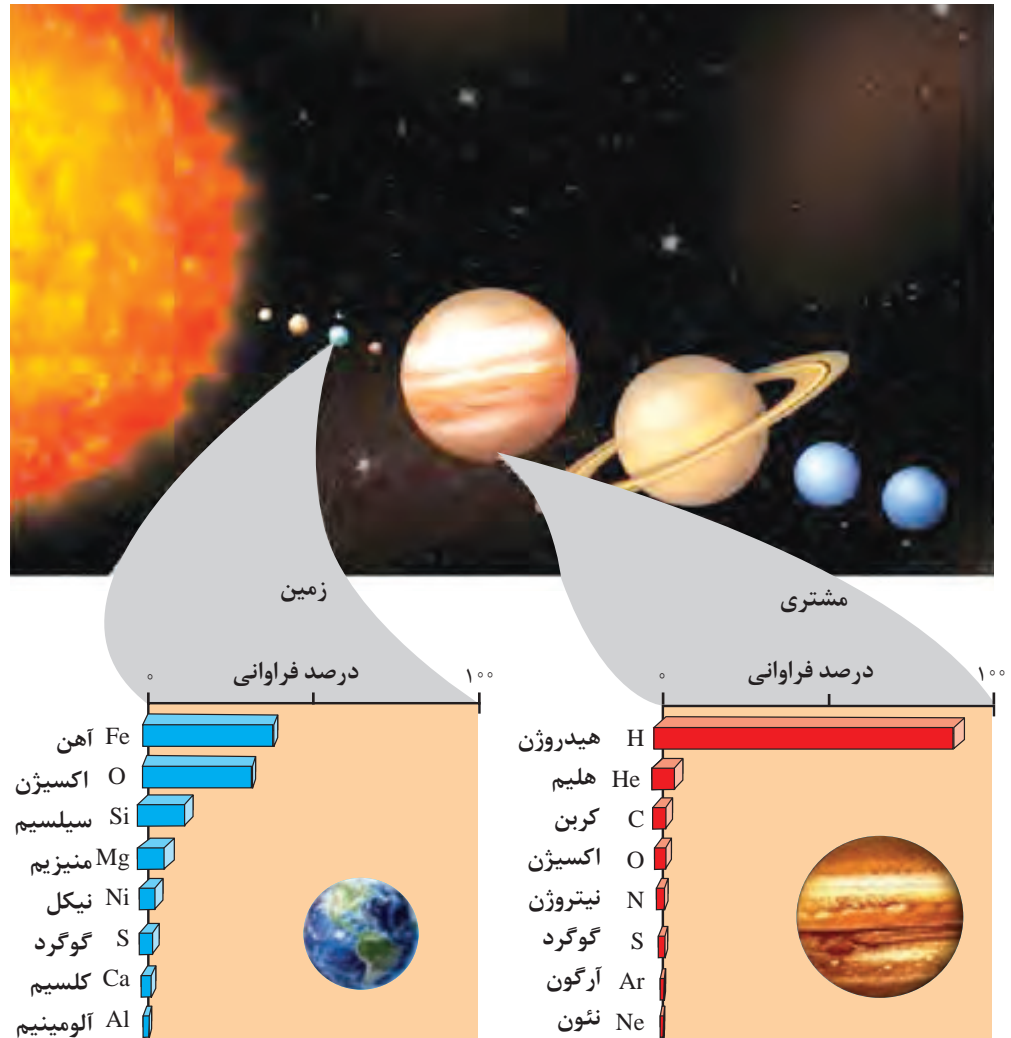
● شواهد تاریخی که از سنگ‌نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

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.

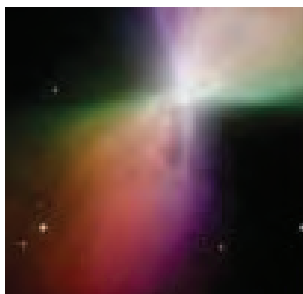
خود را بیازمایید

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



آیا می‌دانید

سحابی بوم رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای 272°C - است که حدود 5000 سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی سنترال روس (قنطورس) 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؟

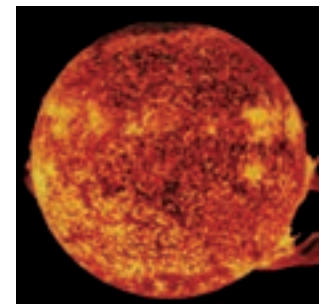
چند نمونه نام ببرید.



● **سحابی عقاب** یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست. این تصویر به وسیلهٔ تلسکوپ هابل گرفته شده است.

آیا می‌دانید

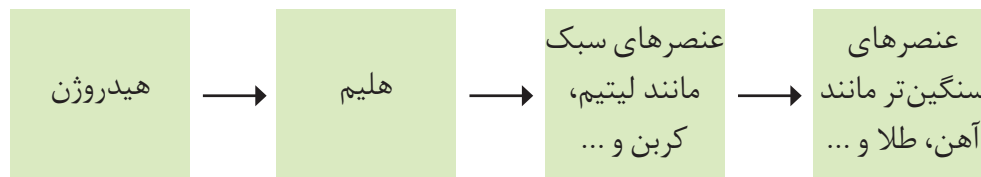
خورشید نزدیک‌ترین ستاره به ما است که دمای سطح آن به حدود 6000°C و دمای درون آن به حدود 10000000°C می‌رسد. انرژی گرمایی و نورانی خیره‌کنندهٔ آن، حاصل از واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود به طوری که در هر ثانیه پنج میلیون تن از جرم خورشید کاسته می‌شود. بر این اساس برآورد می‌شود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



دریافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیارهٔ زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عنصرهای مشترک 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 پایه عرصهٔ 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 اندازهٔ 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 کارخانهٔ تولید عنصرها دانست (شکل ۲).



شکل ۲- روند تشکیل عنصرها

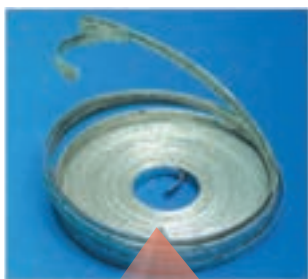
پیوند با ریاضی

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

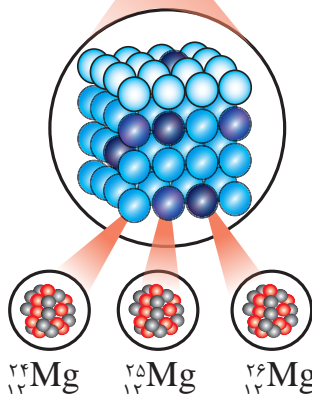
$$E = mc^2$$

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، 0.7% گرم ماده به انرژی



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).



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

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

آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

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

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. هرگاه بدانید که اتمی از آهن ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد، با توجه به شکل 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.

تعداد نوترون	تعداد الکترون	Z	A	ویژگی نماد ایزوتوپ

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 یا یکدیگر تفاوت دارند.

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)

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 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.



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

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

پ) نیم‌عمر 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؟

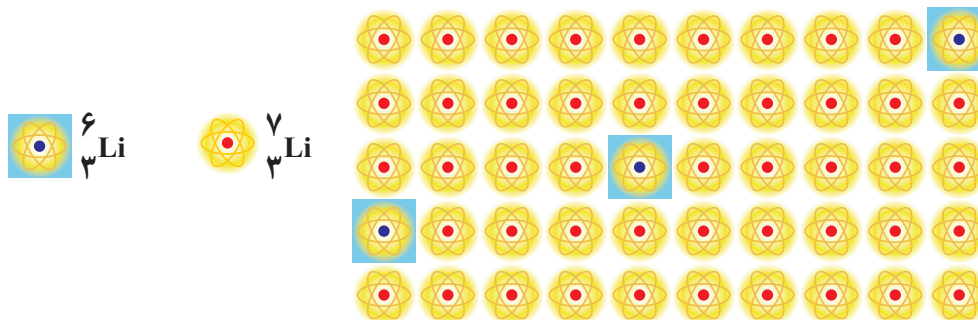
ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های

هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

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.



تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

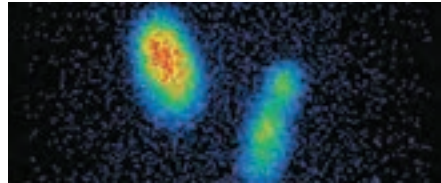
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه* (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ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



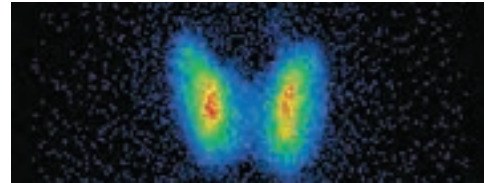
● نمونه‌ای از یک مولد رادیوایزوتوپ مس



(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 دیدید با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب دیدید، 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.

● 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 گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده‌گانه 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 رادیو ایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

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



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.

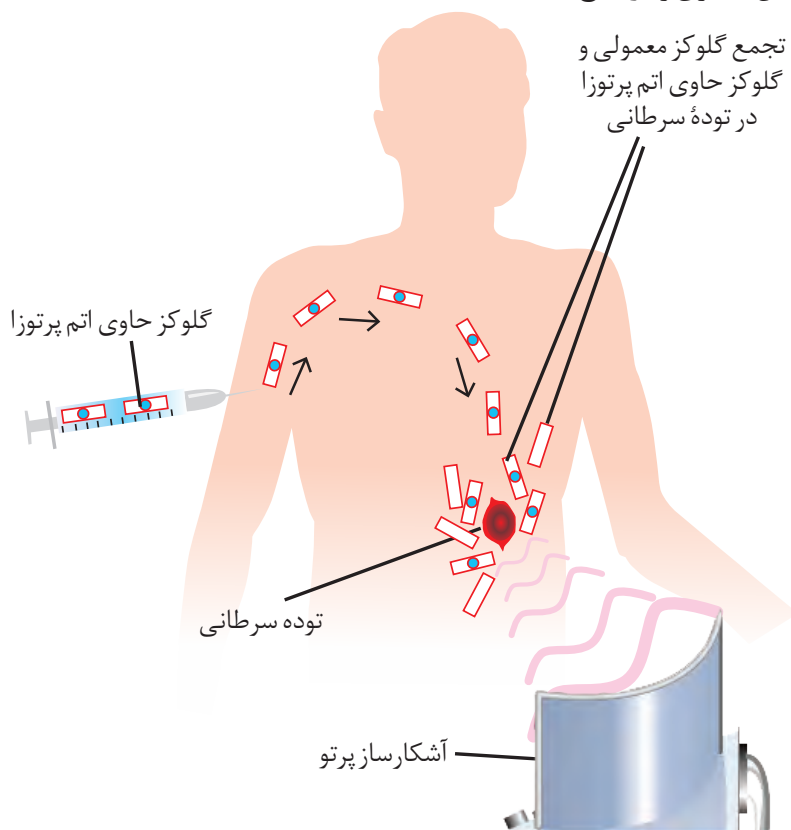
آیا می دانید

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.

با هم ببیندیشیم

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



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 علوم سال نهم با اساس طبقه بندی عنصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی دان ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را براساس 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 براساس آن، رفتار عنصرهای گوناگون را پیش بینی 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 فلوئور ۱۹,۰۰		
			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		
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
			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
			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]
			۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مسکوویم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لایوموریم [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 امرسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیم [۲۵۹]

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.

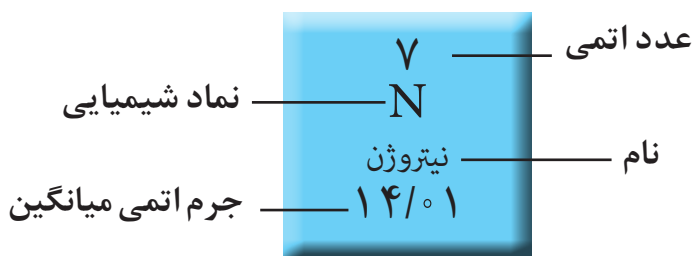
عدد اتمی — ۱
 نام — هیدروژن
 نماد شیمیایی — H
 جرم اتمی میانگین — ۱/۰۰۸

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 کبالت 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 تانتالیم 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 لاورانسیم [۲۶۲]	۱۰۴ Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	۱۰۵ Db دابنیوم [۲۶۸]	۱۰۶ Sg سیبورگیم [۲۷۱]	۱۰۷ Bh بوریم [۲۷۲]	۱۰۸ Hs هاسیم [۲۷۷]	۱۰۹ Mt ماینتریوم [۲۷۶]

۵۷ La لانتانیم 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 پولوتونیم [۲۴۴]

در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی 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 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.

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:



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



● 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.

● 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.

در میان تارنماها

● 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.

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.

خود را بیازمایید

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عنصرهای آلومینیم ($_{13}\text{Al}$)، کلسیم ($_{20}\text{Ca}$)، منگنز ($_{25}\text{Mn}$) و سلنیم ($_{34}\text{Se}$) را تعیین کنید.

۲- هلیوم ($_{2}\text{He}$)، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید کدام یک از عنصرهای زیر، رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟

آ) $_{18}\text{Ar}$ ب) $_{6}\text{C}$ پ) $_{16}\text{S}$

۳- اتم فلئور ($_{9}\text{F}$) 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) $_{37}\text{Rb}$ ب) $_{35}\text{Br}$ پ) $_{15}\text{P}$

۴- از اتم آلومینیم ($_{13}\text{Al}$)، 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) $_{19}\text{K}$ ب) $_{31}\text{Ga}$ پ) $_{7}\text{N}$



● 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.

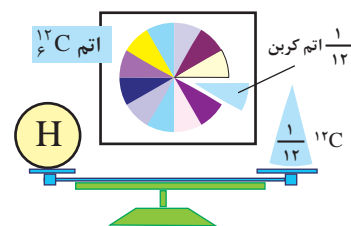
جرم اتمی عنصرها

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 دقیق تر و یکای گرم می‌سنجند.

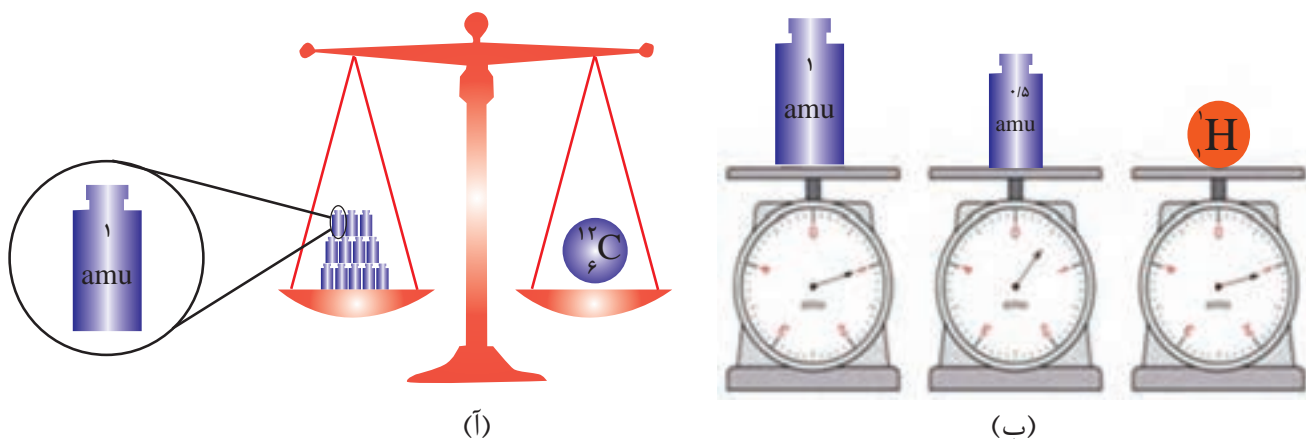
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارد؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک‌دهم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک‌صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر است. آیا می‌توان جرم یک دانۀ 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-۱۲ است (شکل ۱۰). به این وزنه، **یکای جرم اتمی (amu)** می‌گویند.



شکل ۱۰-۱ (آ) اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را برابر با عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس این عدد را به ۱۲ بخش یکسان تقسیم کنیم، هر بخش را ۱ 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-۱۲، ایزوتوپ ^1H قرار گیرد، جرم ^1H به دست می‌آید.

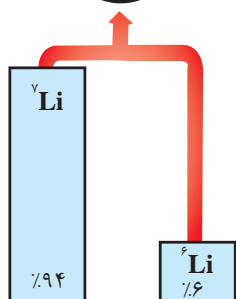
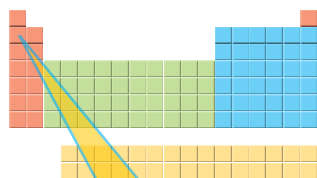
با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عنصرها و همچنین جرم ذره‌های زیراتمی را اندازه‌گیری کنند. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{1836}$ amu است (جدول ۱).

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

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 ${}_{3}Li$ را می‌توان γamu 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.

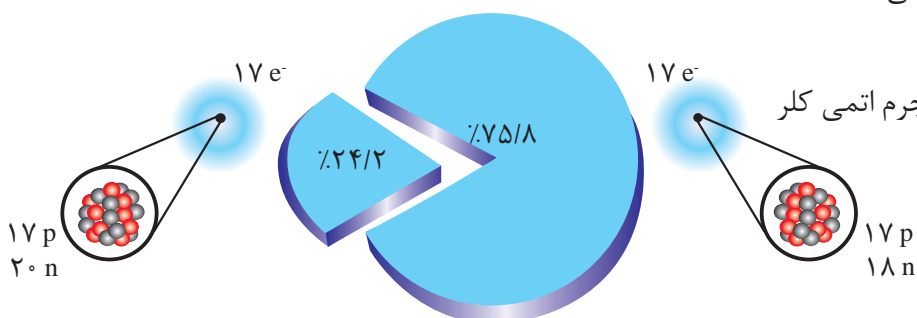
رابطه‌ای بین جرم اتمی میانگین، درصد فراوانی و جرم اتمی ایزوتوپ‌ها بنویسید.

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 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 $45/03$ گرم است).



شکل ۱۱- شمارش تک‌تک 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
.....	۴۵۰۰	کاغذ آ
.....	۵۶	عدس
.....	۲۲	برنج
.....	۲	خاکشیر



- برآورد کنید در یک کیسه 40 کیلویی برنج تقریباً 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.

اتم‌ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک‌تک 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 $1.66 \times 10^{-24} \text{ g} = 1 \text{ amu}$ است، حساب کنید در نمونه‌ی یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم هیدروژن وجود دارد؟

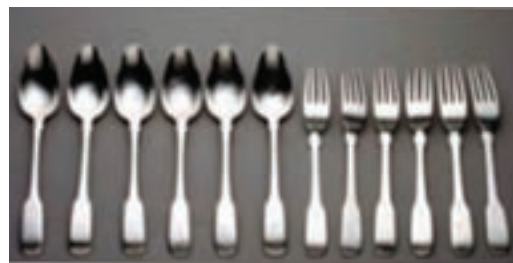
۲- به عدد به دست آمده در پرسش ۱، **عدد آووگادرو** می‌گویند و آن را با N_A نشان می‌دهند. اکنون مشخص کنید اگر به تعداد N_A اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم آن چند گرم است؟

آیا می‌دانید

هر قرص مداد، ۱۴۴ عدد مداد است.



در زندگی روزانه نیز برای بیان شمارش از یکاهای گوناگونی استفاده می‌شود (شکل ۱۲).



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 8% مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

شکل ۱۲- استفاده از شانه، دست و قُرص به ترتیب برای شمارش تخم مرغ، فاشق و چنگال و مداد، محاسبه را آسان‌تر می‌کند.

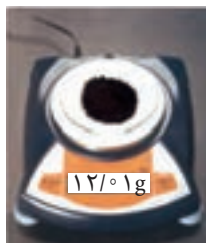
نقش N_A در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تعداد تخم‌مرغ‌هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی‌دان‌ها به 6.02×10^{23} از هر

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 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

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

و

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

تبدیل را نوشت:

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

تبدیل 15°C متر به سانتی‌متر توجه کنید:

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

به همین ترتیب برای $1 \text{ mol C} = 12.01 \text{ g C}$ ، می‌توان دو عامل تبدیل به صورت زیر

نوشت:

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

و

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

بنابراین برای تبدیل جرم 6°C گرم کربن به مول‌های آن می‌توان نوشت:

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

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 در عمل ناممکن است.



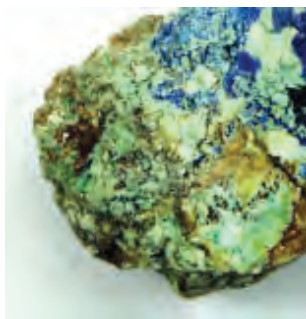
• آمدئو آووگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶ میلادی)

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



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

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



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

کنید:

(آ) ۵ مول آلومینیم چند گرم جرم دارد؟

(ب) ۸٪ گرم گوگرد چند مول گوگرد است؟

۲- دانش‌آموزی برای تعیین تعداد اتم‌های موجود در $1/2$ مول فلز روی، محاسبهٔ زیر را به درستی انجام داده است. هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$? \text{ atom Zn} = \frac{1}{2} \text{ mol Zn} \times \frac{\dots \text{ atom Zn}}{\dots \text{ mol Zn}} = 1/2 \times 1 \times 10^{23} \text{ atom Zn}$$

۳- حساب کنید $10^2 \times 1/3 \times 9$ اتم مس، چند مول و چند گرم مس است؟

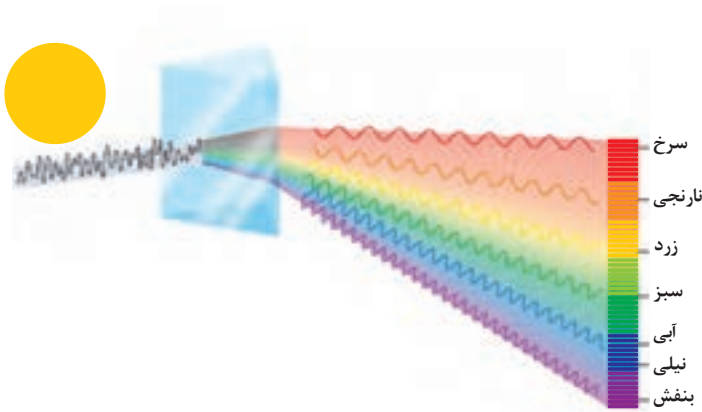
نور، کلید شناخت جهان

آیا تاکنون با خود اندیشیده‌اید، چگونه می‌توان به اجزای سازندهٔ خورشید و ستاره‌ها پی برد؟ چگونه می‌توان دمای خورشید را اندازه‌گیری کرد؟ آیا با دماسنج‌های معمولی می‌توان دمای خورشید را اندازه‌گیری کرد؟

به دلیل اینکه خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند، ویژگی‌های آنها را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. همچنین دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دماسنج تعیین کرد؛ زیرا دماسنج در این دماها ذوب می‌شود؛ با این توصیف چگونه می‌توان دمای خورشید، اجزای سازندهٔ آن و دمای شعله‌های بسیار داغ را تعیین کرد و اطلاعات ارزشمندی از آنها به دست آورد؟

نور، امکان یافتن پاسخ این پرسش‌ها را فراهم می‌آورد. نوری که از ستاره یا سیاره‌ای به ما می‌رسد، نشان می‌دهد که آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است؟ دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج می‌توانند از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ آنها به دست آورند. اینکه نور چیست؟ چگونه تولید می‌شود؟ حامل چه اطلاعاتی است؟ پرسش‌های مهمی است که در ادامه، پاسخ آنها را خواهید یافت. نور خورشید، اگرچه سفید به نظر می‌رسد اما با عبور از قطره‌های آب موجود در هوا، که پس از بارش هنوز در هوا پراکنده است، تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گسترهٔ رنگی، شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است (شکل ۱۴).

● نور کلیدی است که با استفاده از آن می‌توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد و شاید بتوان گفت که نور، کلید قفل صندوقچه رازهای جهان است.



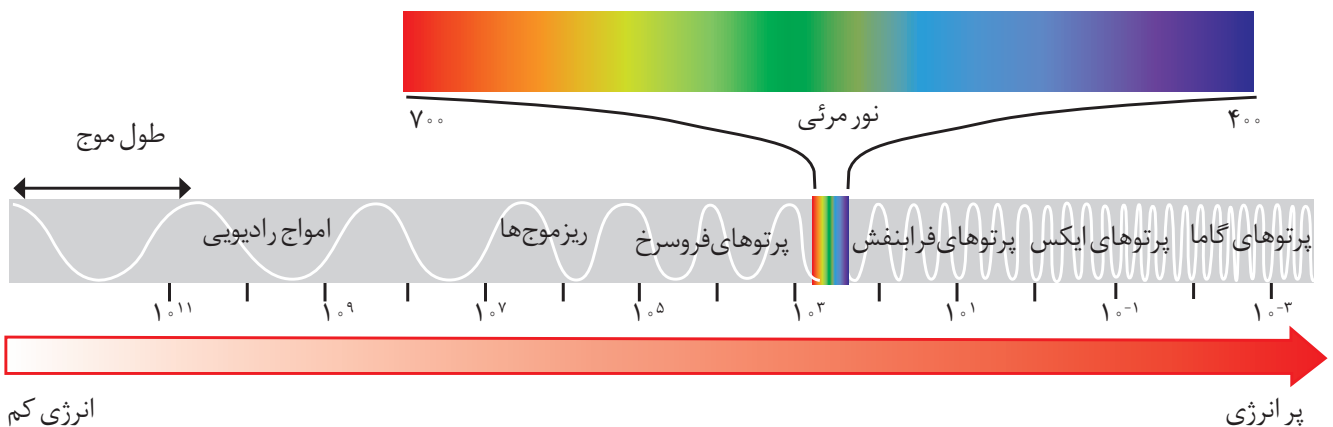
(آ)



(ب)

شکل ۱۴-آ) نور خورشید هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود. ب) رنگین کمان، گستره‌ای از رنگ‌های سرخ تا بنفش را در برمی‌گیرد.

چشم ما تنها می‌تواند گستره محدودی از نور را ببیند. به این گستره، که رنگ‌های سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش را در برمی‌گیرد، **گستره مرئی** می‌گویند (شکل ۱۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نور خورشید شامل گستره بسیار بزرگ‌تری از این پرتوهاست. پرتوهایی که از نوع پرتوهای الکترومغناطیسی است و با خود انرژی حمل می‌کند به طوری که هر چه طول موج آن کوتاه‌تر باشد، انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند؛ برای نمونه انرژی نور آبی از نور سرخ بیشتر است (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نور مرئی تنها بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی است. یکی از ویژگی‌های موج، **طول موج** است که آن را با λ نشان می‌دهند. با توجه به شکل آن را تعریف کنید.

خود را بیازمایید

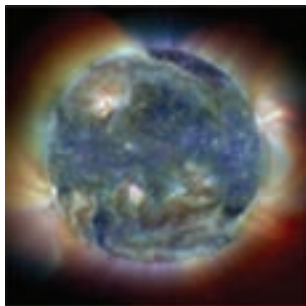
مشاهده کردید که پرتوهای گوناگون، طول موج‌های متفاوتی دارند. با توجه به این موضوع به نظر شما هریک از دماهای داده شده به کدام شکل مربوط است؟ چرا؟

آ) 175°C ب) 275°C پ) 800°C



آیا می‌دانید

در صورت فلکی شکارچی (Orion)، ستارهٔ سمت چپ و بالا به رنگ سرخ و دمای سطح آن کمتر از دمای سطح خورشید است، اما ستارهٔ سمت راست و پایین به رنگ آبی و دمای سطح آن از دمای سطح خورشید بیشتر است.



تصویری از خورشید که با استفاده از دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش گرفته شده است.

کاش کنید

دربارهٔ اینکه «آیا دیگر پرتوهای الکترومغناطیس را می‌توان مشاهده کرد؟» مراحل زیر را انجام دهید:

۱- یک کنترل تلویزیون را که باتری آن سالم است، بردارید و از یکی از دوستان خود بخواهید که کلید روشن و خاموش آن را فشار دهد. شما هم به چشمی کنترل نگاه کنید. چه چیزی مشاهده می‌کنید؟

۲- قسمت ۱ را تکرار کنید؛ اما این بار با دوربین یک موبایل به چشمی کنترل نگاه کنید. چه مشاهده می‌کنید؟ آن را توصیف کنید.



۳- آزمایش را با فشردن دیگر دکمه‌ها تکرار و مشاهده‌های خود را یادداشت نمایید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ توضیح دهید.

۴- از این مشاهده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آیا می‌دانید

امروزه برای اندازه‌گیری دمای اجسام داغ می‌توان از دماسنج‌هایی استفاده کرد که بدون تماس با جسم، دمای آن را مشخص می‌کند. یکی از این دماسنج‌ها، **دماسنج فرورسرخ** نام دارد. این دماسنج با جذب پرتوهای فرورسرخ نشر شده از جسم داغ، دمای آنها را نشان می‌دهد.



نشر نور و طیف نشری

آتش‌بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم‌نواز و شادی بخشی در آسمان ایجاد می‌کند که از آن در جشن‌های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی‌های المپیک استفاده می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- هر یک از این جرقه‌های زیبا، ناشی از وجود یک ماده شیمیایی معین در مواد آتش‌زاست.

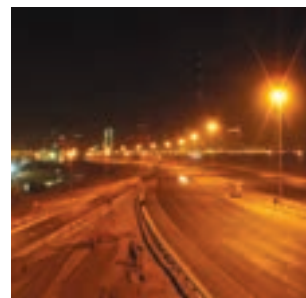
کدام جزء از یک ترکیب شیمیایی، این رنگ‌ها را ایجاد می‌کند؟ تجربه نشان می‌دهد که بسیاری از نمک‌ها شعله رنگی دارند، به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله تغییر می‌کند؛ برای نمونه رنگ شعله فلز سدیم و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و زردرنگ، درحالی که رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و سبزرنگ است (جدول ۲).

جدول ۲- رنگ شعله برخی فلزها و نمک‌های آنها



سرخ	زرد	سبز
لیتیم نیترات	سدیم نیترات	مس (II) نیترات
لیتیم کلرید	سدیم کلرید	مس (II) کلرید
لیتیم سولفات	سدیم سولفات	مس (II) سولفات
فلز لیتیم	فلز سدیم	فلز مس

نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد، به دلیل وجود بخار سدیم در آنهاست.



از لامپ‌نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود.



شعله ترکیب‌های سدیم، لیتیم و مس هر یک رنگ منحصر به فردی دارد و رنگ نشر شده از هر یک، فقط باریکه بسیار کوتاهی از گستره طیف مرئی را دربرمی‌گیرد.

● کاربرد طیف‌های نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد خط **نماد (بارکد)** روی جعبه یا بسته مواد غذایی و بسیاری کالاهاست. هر نوع کالا، خط نماد ویژه خود را دارد. با خواندن آن به وسیله دستگاه لیزری ویژه‌ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.



مطابق جدول، رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است؛ از این رو می‌توان نتیجه گرفت که رنگ سرخ ایجاد شده در یک شعله می‌تواند، نشان دهنده وجود عنصر لیتیم در آن باشد. در واقع از روی تغییر رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد.

شیمی دان‌ها به فرایندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی از خود، پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد، **نشر** می‌گویند. اگر نور نشر شده از یک ترکیب لیتیم‌دار در شعله را از یک منشور عبور دهیم، الگویی مانند شکل زیر به دست می‌آید که به آن **طیف نشری خطی لیتیم** می‌گویند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- طیف نشری خطی لیتیم

از آنجا که طیف نشری خطی لیتیم در گستره مرئی، تنها شامل چهار خط یا طول موج رنگی است به آن طیف خطی می‌گویند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر فلز، طیف نشری خطی ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می‌توان از آن طیف برای شناسایی فلز استفاده کرد.

آیا می‌دانید

در سال ۱۸۶۸ میلادی ستاره‌شناسان در بررسی طیف نشری، هنگام خورشیدگرفتگی متوجه یک سری خطوط نشری شدند که با هیچ عنصر تا آن زمان همخوانی نداشت. این خطوط کشف عنصر جدیدی را نوید می‌داد. عنصری که **هلیوم** نام گرفت (واژه یونانی هلیوس به معنای خورشید است). در سال ۱۸۹۴ میلادی، ویلیام رامسی شیمی‌دان اسکاتلندی پس از جداسازی N_2 و O_2 از هوا توانست از باقیمانده هوا، آرگون را به عنوان نخستین گاز نجیب کشف کند. یک سال بعد رامسی گاز واکنش‌ناپذیری را درون نمونه‌های معدنی اورانیم‌دار یافت که همان خطوط طیفی را نشان می‌داد که در خورشیدگرفتگی سال ۱۸۶۸ مشاهده شده بود. به این ترتیب هلیوم نیز در زمین کشف شد و ویژگی‌های آن مورد مطالعه قرار گرفت.

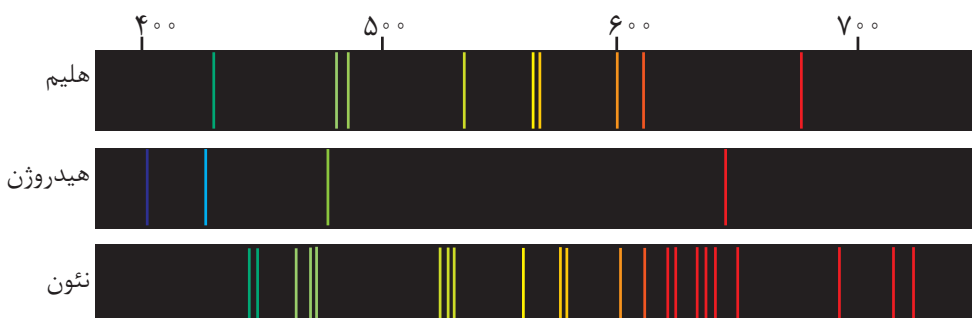
خود را بیازمایید

طیف نشری خطی زیر از یک عنصر تهیه شده است.



با بررسی طیف‌های نشان داده شده در زیر مشخص کنید که طیف نشری بالا به کدام عنصر

تعلق دارد؟ چرا؟

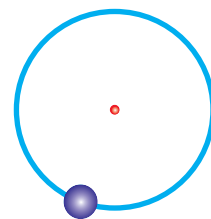


آیا می دانید

• نیلز بور (۱۹۶۲-۱۸۸۵ میلادی) فیزیکدان دانمارکی در سال ۱۹۲۲ جایزه نوبل در فیزیک را از آن خود کرد.



وی با در نظر گرفتن اینکه الکترون در اتم هیدروژن انرژی معینی دارد، مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. وی موفق شد با این مدل، طیف نشری هیدروژن را به خوبی توضیح دهد. مدل اتمی وی اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام بسیار مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود.

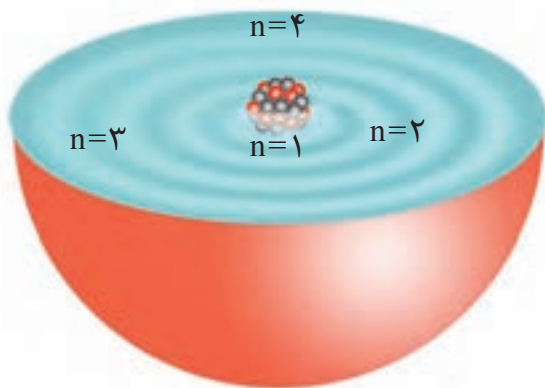


اتم هیدروژن

کشف ساختار اتم

اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است که در گستره‌ی مرئی طیف نشری خطی به دست آمده از اتم‌های آن، وجود چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین، تأیید شده است. از آنجاکه هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد، نیلز بور بر این باور بود که از بررسی تعداد و جایگاه آنها، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم هیدروژن به دست آورد. او پس از پژوهش‌های بسیار، توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه کند. اگرچه مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصر را نداشت.

دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عناصر و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، ساختاری لایه‌ای برای اتم ارائه کردند (شکل ۱۸). در این مدل، اتم را کره‌ای در نظر می‌گیرند که هسته در فضایی بسیار کوچک و در مرکز آن جای دارد و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌هایی پیرامون هسته توزیع می‌شوند. این لایه‌ها را از هسته به سمت بیرون شماره‌گذاری می‌کنند و شماره هر لایه را با n نمایش می‌دهند. n ، عدد کوانتومی اصلی نامیده می‌شود که برای لایه اول $n=1$ ، برای لایه دوم $n=2$ ، ... و برای لایه هفتم $n=7$ است.



شکل ۱۸- ساختار لایه‌ای اتم

در ساختار لایه‌ای اتم، مطابق شکل ۱۸، هر بخش پرنگ، مهم‌ترین بخش از یک لایه الکترونی را نشان می‌دهد. بخشی که الکترون‌های آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند به این معنا که الکترون در هر لایه‌ای که باشد در همه نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد اما در محدوده یاد شده احتمال حضور بیشتری دارد.

نکته مهم و جالب توجه در این مدل، **کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون** از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. برای درک بهتر مفهوم کوانتومی بودن انرژی، تصور کنید برای رسیدن به بالای یک بلندی دو راه وجود دارد، (شکل ۱۹).



● خرمن گندم از دور به صورت توده‌ای یکپارچه، زرد رنگ و زیباست؛ اما دیدن آن از نزدیک دانه‌های جدا از هم را نشان می‌دهد. پیوستگی توده ماده در نگاه ماکروسکوپی و کوانتومی بودن آن در نگاه میکروسکوپی در این مثال روشن است. انرژی نیز همانند ماده در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی، گسسته یا کوانتومی است.



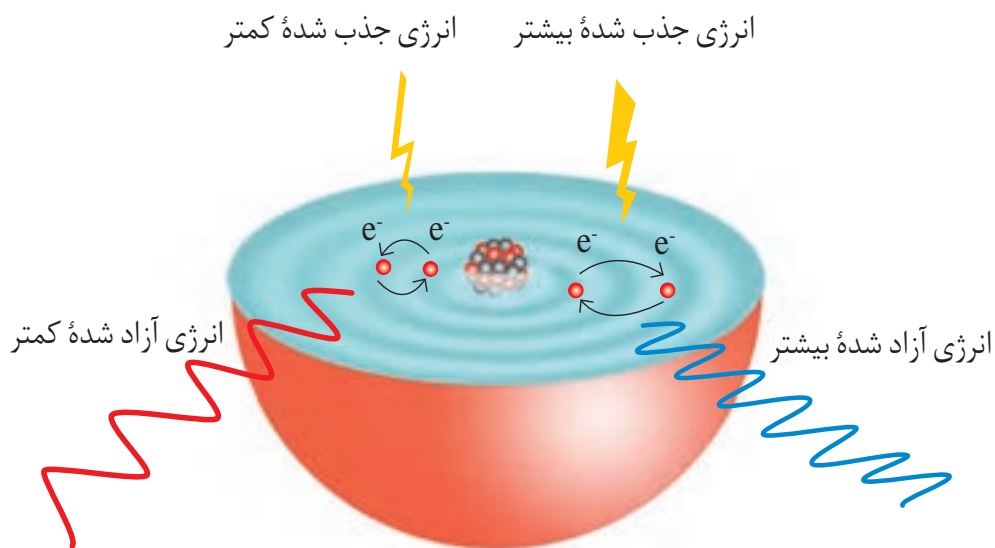
(آ)

(ب)

شکل ۱۹- مقایسه مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتومی و (ب) پیوسته

در راه اول می‌توان از پلکان بالا رفت. بدیهی است که برای بالا رفتن از پلکان، باید پا روی هر پله گذاشت و با صرف انرژی از یک پله به پله بالایی رفت. توجه کنید که هرگز نمی‌توان جایی میان دو پله ایستاد. همچنین برای بالا رفتن از هر پله باید انرژی **معین و کافی** صرف کرد تا بدن را از آن پله به پله بعدی بالا بکشد؛ زیرا اگر انرژی به کار رفته کمتر از این مقدار انرژی باشد، دیگر نمی‌توان به پله بالاتر رسید (شکل ۱۹-آ). در راه دوم برای رسیدن به بالای این سربالایی، باید از یک مسیر هموار بالا رفت. در این راه، دیگر مشکل راه اول وجود ندارد، زیرا در هر لحظه و به هر اندازه می‌توان بالا رفت؛ هر جایی که ممکن است، ایستاد و به هر مقدار دلخواهی انرژی صرف کرد (شکل ۱۹-ب)؛ با این توصیف در میان این دو راه، هنگام بالا رفتن از پلکان محدودیت آشکاری وجود دارد.

الکترون‌ها در اتم نیز برای گرفتن یا از دست دادن انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان روبه‌رو هستند؛ برای نمونه، هنگامی که به اتم‌های گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می‌شود، الکترون‌ها با جذب انرژی معین از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند. از سوی دیگر هر چه مقدار انرژی جذب شده بیشتر باشد، الکترون‌ها به لایه‌های بالاتری انتقال می‌یابند (شکل ۲۰).

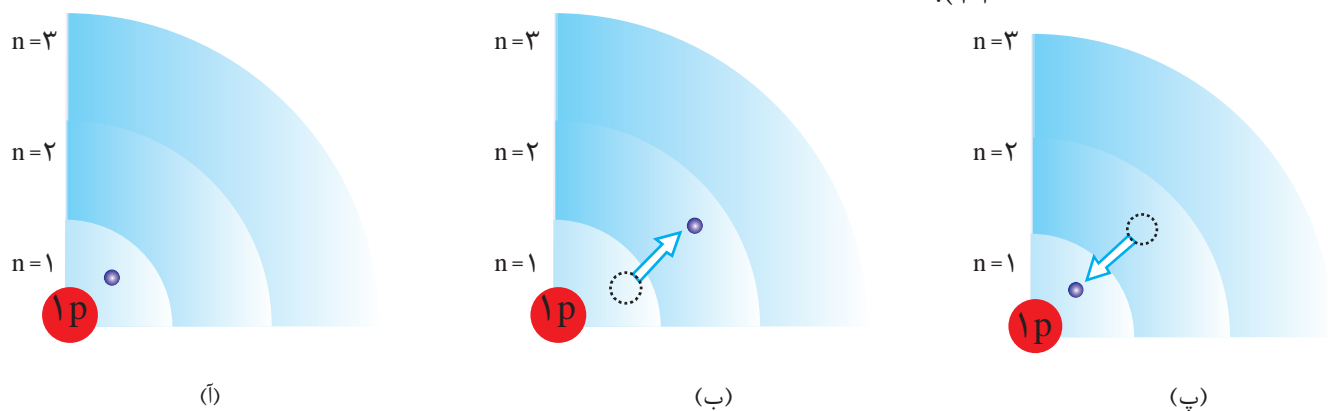


شکل ۲۰- در نتیجه جابه‌جایی الکترون بین لایه‌ها، انرژی با طول موج معین جذب یا نشر می‌شود.

هیچ کس نمی‌تواند جایی میان پله‌های این نردبان بایستد، همان‌گونه که الکترون‌ها میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای ندارند. این شیوه نردبانی دریافت یا از دست‌دادن انرژی را شیوه کوانتومی می‌نامند.

با این توصیف انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون‌ها در اتم، کوانتومی است که انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود؛ به همین دلیل، چنین ساختاری را برای اتم، **مدل کوانتومی اتم** نامیده‌اند. براساس این مدل، الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می‌شود اتم در **حالت پایه** قرار دارد. در این ساختار، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد. حال اگر به اتم‌ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون‌های آنها با جذب انرژی به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد. به اتم‌ها در چنین حالتی، **اتم‌های برانگیخته** می‌گویند (شکل

۲۱).



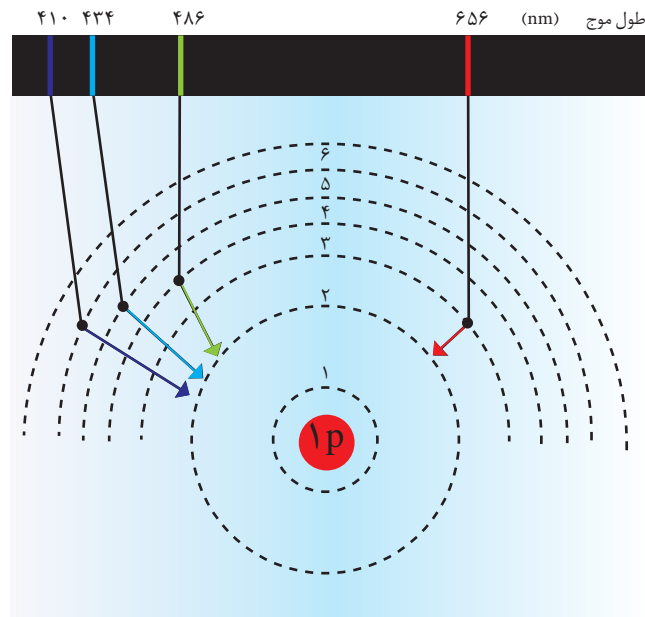
شکل ۲۱-آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن

پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

اتم‌های برانگیخته پرنرژی‌تر، و ناپایدارند؛ از این‌رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت به حالت پایه برگردند. از آنجاکه برای الکترون، نشر نور، مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند.

اینک می‌توان گفت هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد. از آنجاکه انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم و به عدد اتمی آن وابسته است، انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آنها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است؛ بنابراین انتظار می‌رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند (شکل ۲۲).

● هنگامی که بسته‌ای به عنوان هدیه دریافت کنید با تکان دادن آن تلاش می‌کنید از محتویات آن آگاه شوید. شیمی‌دان‌ها نیز با دادن انرژی به اتم، آن را تکان می‌دهند تا از درون آن خبردار شوند! با این تفاوت که به جای شنیدن صدا، پرتوهای گسیل شده از اتم را دریافت و مشاهده می‌کنند.



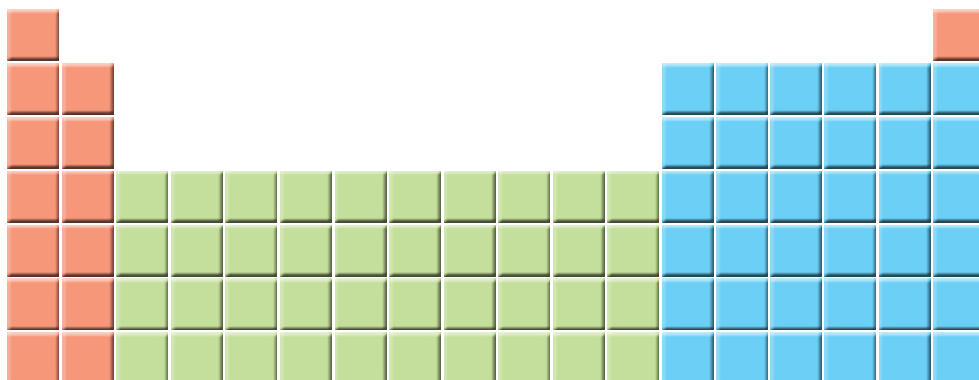
شکل ۲۲- چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن

با تعیین دقیق طول موج نوارهای یادشده می‌توان تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم یافت.

توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیر لایه‌ها

عنصرها در جدول دوره‌ای بر مبنای عدد اتمی یا تعداد الکترون‌های اتم خود، چیده شده‌اند. به طوری که اتم هیدروژن با یک الکترون و اتم هلیم با دو الکترون به ترتیب اولین و دومین عنصر جدول است. این روند تا عنصر ۱۱۸ جدول دوره‌ای ادامه می‌یابد و اتم هر عنصر نسبت به اتم عنصر پیش از خود، یک الکترون بیشتر دارد.

از سوی دیگر اتم، ساختار لایه‌ای دارد و الکترون‌ها در لایه‌های پیرامون هسته با نظم ویژه‌ای حضور دارند به گونه‌ای که در عنصرهای ردیف اول، لایه الکترونی اول و در عنصرهای دوره دوم، لایه دوم از الکترون پر می‌شود. آیا به نظر شما میان تعداد عنصرهای موجود در هر دوره و گنجایش لایه‌های الکترونی رابطه‌ای هست؟



همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌کنید در دوره اول فقط ۲ عنصر هیدروژن و هلیم وجود دارد که اتم هر کدام تنها دارای یک لایه الکترونی است ($n=1$). این لایه، نزدیک‌ترین لایه به هسته است و تنها می‌تواند ۲ الکترون را در خود جای دهد. از آنجا که لایه اول حداکثر ۲ الکترون گنجایش دارد، شاید بتوان گفت به همین دلیل در دوره اول فقط ۲ عنصر وجود دارد؛ اما اتم عنصرهای دوره دوم، دارای دو لایه الکترونی است ($n=2$). در اتم این عنصرها، هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایه اول پر شده و لایه دوم در حال پر شدن است؛ با این توصیف لایه دوم حداکثر با ۸ الکترون پر می‌شود (چرا؟). آیا می‌توان بین چیدمان ۸ عنصر دوره دوم در جدول و شیوه پر شدن لایه دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایه الکترونی دوم، لایه‌ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

با هم بیندیشیم

۱- یک دانشجوی رشته شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر دوره را شمارش کرد. او میان تعداد عنصرهای یک دوره و شیوه پر شدن لایه‌های الکترونی در اتم عنصرها، ارتباطی کشف کرد. او نخست عنصرها را در چهار دسته قرار داد و هر یک را با رنگی مشخص کرد؛ سپس فرض نمود که هر لایه، خود از بخش‌های کوچک‌تری تشکیل شده است

● برای رمزگشایی از آنچه خدا آفریده است، دانشمندان علوم تجربی، مفاهیم علمی را کشف و روابط بین آنها را فرمول‌بندی می‌کنند تا از آنها بهره‌گیرند. گاهی از روی روابط و فرمول‌های ریاضی، برخی مفاهیم جدید را پیش‌بینی می‌کنند.

به طوری که میان تعداد عنصرها در هر دسته رنگی (مطابق جدول صفحه قبل) با گنجایش الکترونی هر یک از این بخش‌های کوچک‌تر، رابطه‌ای منطقی برقرار است.

آ) در هر دسته از عنصرهای نشان داده شده با رنگ‌های نارنجی، سبز، آبی و زرد به ترتیب چند عنصر وجود دارد؟

ب) لایه دوم از چند بخش تشکیل شده است؟ گنجایش هر یک از این بخش‌ها چند الکترون است؟

پ) او هر یک از این بخش‌ها را یک زیرلایه نامید؛ با این توصیف در اتم چند نوع زیرلایه وجود دارد و هر یک چند الکترون گنجایش دارد؟

۲- او گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها را به عنوان چهار جمله نخست یک دنباله به صورت زیر در نظر گرفت:

$$۲, ۶, ۱۰, ۱۴, \dots$$

آ) جمله عمومی (a_l) این دنباله را به دست آورید. ($l \geq 0$)

ب) مقدار مجاز l را برای هر زیر لایه تعیین و جدول زیر را کامل کنید.

زیر لایه	۲ الکترونی	۶ الکترونی	۱۰ الکترونی	۱۴ الکترونی
مقدار مجاز l				

● نماد هر زیرلایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به دیگر سخن هر زیرلایه را می‌توان با نماد nl نمایش داد؛ برای نمونه در زیر لایه $2p$ ، $n=2$ و $l=1$ است.

پ) در مدل کوانتومی اتم به هر نوع زیرلایه یک عدد کوانتومی نسبت می‌دهند. این عدد کوانتومی با نماد l نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

$$l = 0, 1, \dots, n-1$$

با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

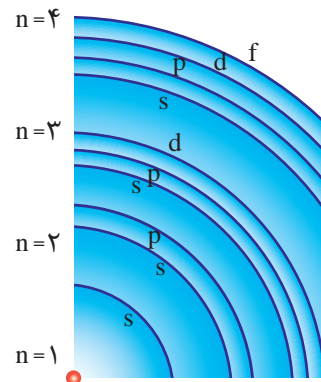
نماد زیر لایه	s	p	d	f
حداکثر گنجایش زیر لایه				۱۴
مقدار مجاز l	۰			

ت) پیش‌بینی کنید زیرلایه پنجم یک اتم، ظرفیت پذیرش حداکثر چند الکترون را خواهد داشت؟

اتم را می‌توان کره‌ای در نظر گرفت که هسته بسیار کوچک و سنگینی در مرکز آن جای دارد و محل تمرکز پروتون‌ها و نوترون‌هاست. پیرامون هسته، الکترون‌ها در لایه‌های الکترونی حضور دارند. هر لایه، خود از زیرلایه‌های متفاوتی تشکیل شده است به گونه‌ای که لایه اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون، لایه دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون، لایه سوم دارای سه زیرلایه از نوع s، p و d با گنجایش ۲، ۶ و ۱۰ الکترون است (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار n و l برای زیرلایه‌ها در سه لایه الکترونی نخست

عدد کوانتومی اصلی	تعداد زیرلایه	عدد کوانتومی فرعی	نماد زیرلایه
n = ۱	۱	l = ۰	۱s
n = ۲	۲	l = ۰	۲s
		l = ۱	۲p
n = ۳	۳	l = ۰	۳s
		l = ۱	۳p
		l = ۲	۳d



● زیرلایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

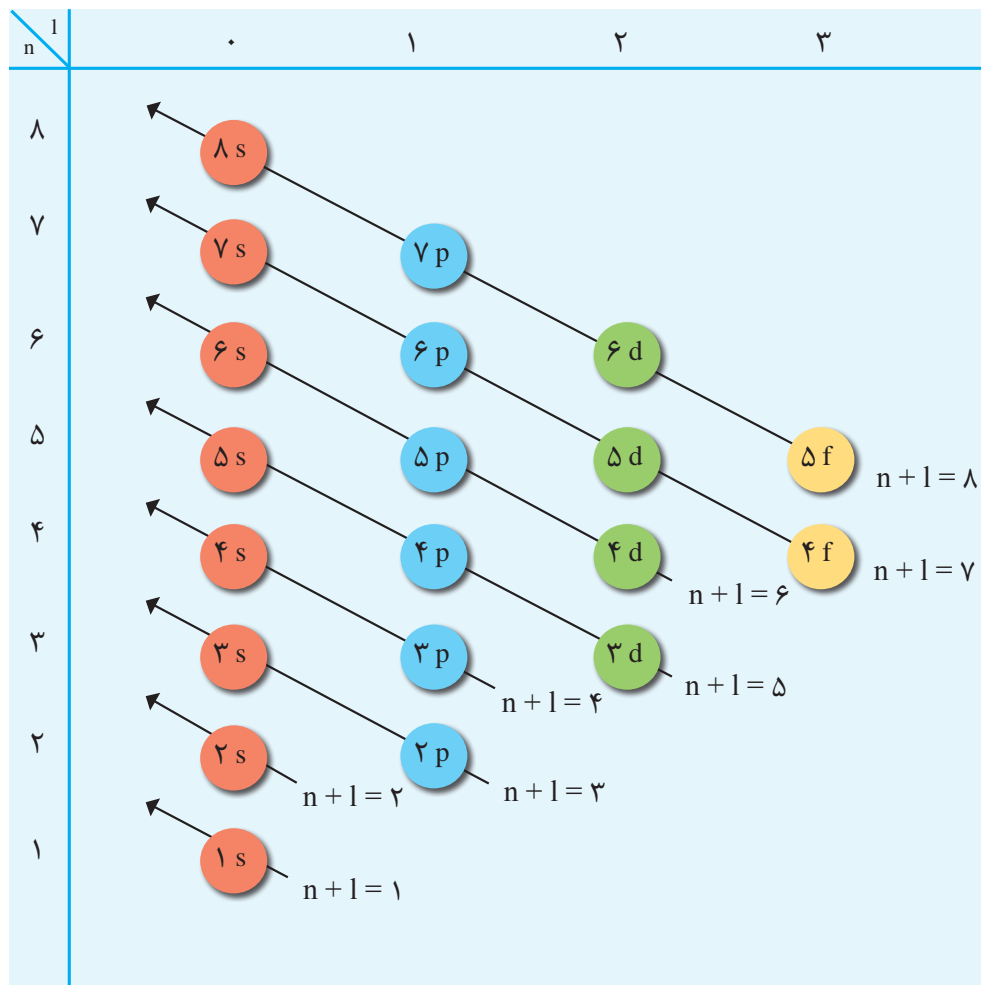
آرایش الکترونی اتم

رفتار و ویژگی‌های هر اتم را می‌توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون‌ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطابق مدل کوانتومی برای به دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیرلایه‌ها با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

هنگام پر شدن اتم از الکترون، نخست زیرلایه ۱s و سپس زیرلایه‌های ۲s و ۲p از الکترون پر می‌شود؛ با این توصیف باید در اتم عنصرهای دوره سوم زیرلایه‌های ۳s، ۳p و ۳d پر شود. از این رو انتظار می‌رود که این دوره شامل ۱۸ عنصر باشد؛ اما دوره سوم دارای ۸ عنصر است. در واقع در این اتم‌ها تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p در حال پر شدن است و زیرلایه ۳d در دوره بعد شروع به پر شدن می‌کند. این روند نشان می‌دهد که پر شدن زیرلایه‌ها تنها به عدد کوانتومی اصلی (n) وابسته نیست بلکه از یک قاعده کلی به نام **قاعده آفبا** پیروی می‌کند.

قاعده آفبا ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها را در اتم‌های گوناگون نشان می‌دهد. مطابق این قاعده، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه‌ها، نخست زیرلایه‌های نزدیک‌تر به هسته پر می‌شود که دارای انرژی کمتری است و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهد شد (شکل ۲۳).

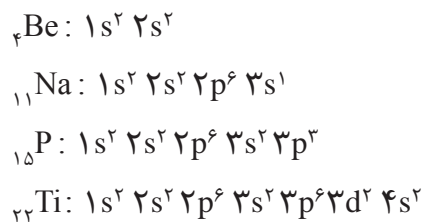
● aufbau واژه‌ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است.



• انرژی زیرلایه‌ها به n و $n+1$ وابسته است به طوری که اگر $n+1$ برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد.

شکل ۲۳- قاعده آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های الکترونی در اتم را نشان می‌دهد. انرژی هر زیرلایه به $n+1$ وابسته است.

بر این اساس، آرایش الکترونی اتم بریلیم ($Z=4$)، اتم سدیم ($Z=11$)، اتم فسفر ($Z=15$) و اتم تیتانیوم ($Z=22$) به صورت زیر خواهد بود:



خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترونی اتم‌های داده شده را در جدول زیر بنویسید.

آرایش الکترونی	نماد شیمیایی عنصر
	${}_8\text{O}$
	${}_{18}\text{Ar}$
	${}_{20}\text{Ca}$
	${}_{33}\text{As}$
	${}_{34}\text{Se}$

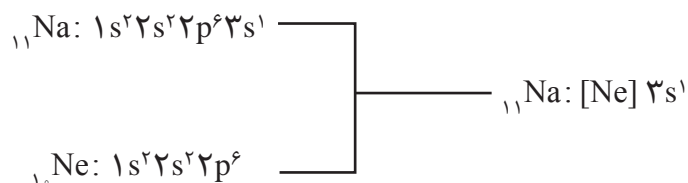
● گفتنی است که قاعده آفا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را پیش‌بینی می‌کند؛ اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند.

۲- داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعده آفا پیروی نمی‌کند؛ برای نمونه هر یک از اتم‌های کروم و مس در بیرونی‌ترین زیر لایه خود تنها یک الکترون دارد. آرایش الکترونی این دو اتم را رسم کنید.

آرایش الکترونی اتم‌ها را به شیوه دیگری نیز می‌توان نوشت که **آرایش الکترونی فشرده** خوانده می‌شود؛ برای نمونه آرایش الکترونی فشرده برای اتم سدیم به صورت زیر خواهد بود:

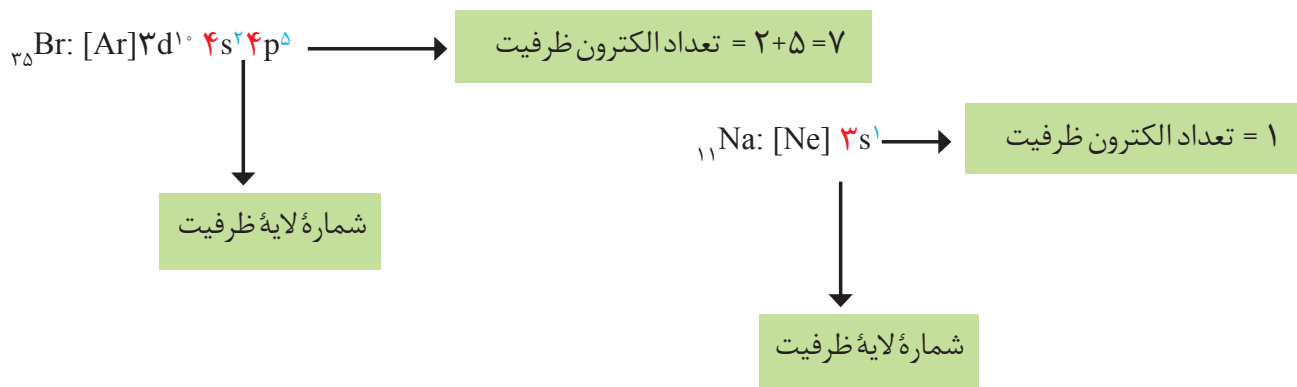


همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم مورد نظر به صورت گسترده نوشته می‌شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی، که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت [نماد شیمیایی گاز نجیب] جایگزین می‌شود.



اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی‌ترین لایه به نام لایه ظرفیت اتم است. لایه ظرفیت یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی

اتم را تعیین می کند. به الکترون های این لایه، الکترون های ظرفیت اتم می گویند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- آرایش الکترونی و تعیین الکترون های ظرفیت در اتم سدیم و برم

خود را بیازمایید

آ با مراجعه به جدول دوره ای عنصرها، جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	${}_{35}\text{Br}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{20}\text{Ca}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{8}\text{O}$	${}_{3}\text{Li}$
شماره گروه							
شماره دوره							

● در عنصرهای دسته d از دوره چهارم، لایه ظرفیت شامل زیرلایه های ۴s و ۳d است.

ب) جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	آرایش الکترونی فشرده	شماره لایه ظرفیت	تعداد الکترون های ظرفیت
${}_{3}\text{Li}$			
${}_{8}\text{O}$			
${}_{10}\text{Ne}$			
${}_{14}\text{Si}$			
${}_{20}\text{Ca}$	$[\text{Ar}] 4s^2$	$n=4$	۲
${}_{27}\text{Co}$			
${}_{35}\text{Br}$			

● فقط رسم آرایش الکترونی ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای جزو اهداف این کتاب است. بنابراین ارزشیابی برای عنصرهای فراتر از عدد اتمی ۳۶ مجاز نیست.

پ) از روی آرایش الکترونی اتم هر عنصر می‌توان موقعیت آن را در جدول تعیین کرد، برای این منظور:

● شماره لایه ظرفیت را با شماره دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

● شماره گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟

● شماره گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در این حالت

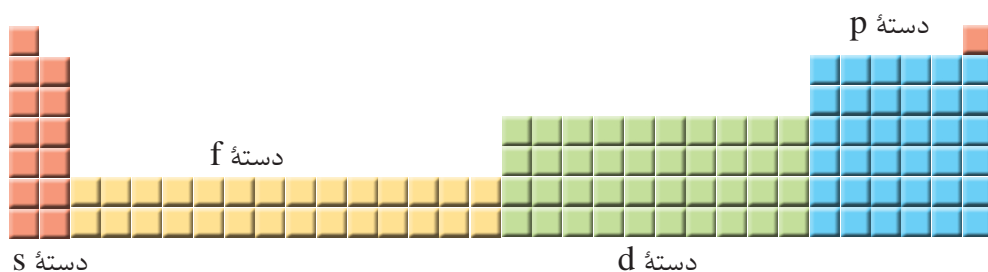
بین شماره گروه و تعداد الکترون‌های ظرفیت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

● برای عنصرهای دسته d، شماره دوره و گروه را چگونه می‌توان از روی آرایش الکترونی

به دست آورد؟ توضیح دهید.

۲- موقعیت عنصرهای کربن (C)، آلومینیم (Al)، آهن (Fe) و روی (Zn) را در جدول دوره‌ای عنصرها تعیین کنید.

۳- عنصرهای جدول دوره‌ای را می‌توان در چهار دسته به صورت زیر جای داد:



اساس این دسته‌بندی را توضیح دهید.

ساختار اتم و رفتار آن

از مدت‌ها پیش شیمی‌دان‌ها پی بردند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند، از این رو پایدارند. به نظر شما آیا بین ساختار الکترونی این اتم‌ها، پایداری و واکنش‌ناپذیری آنها رابطه‌ای هست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش به آرایش الکترونی چهار گاز نجیب توجه کنید:



در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم که در تنها لایه الکترونی

خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایه ظرفیت اتمی، هشت تایی باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی هشت تایی نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام الکترون - نقطه‌ای ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت Na است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت برای مثال از سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر نقطه به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



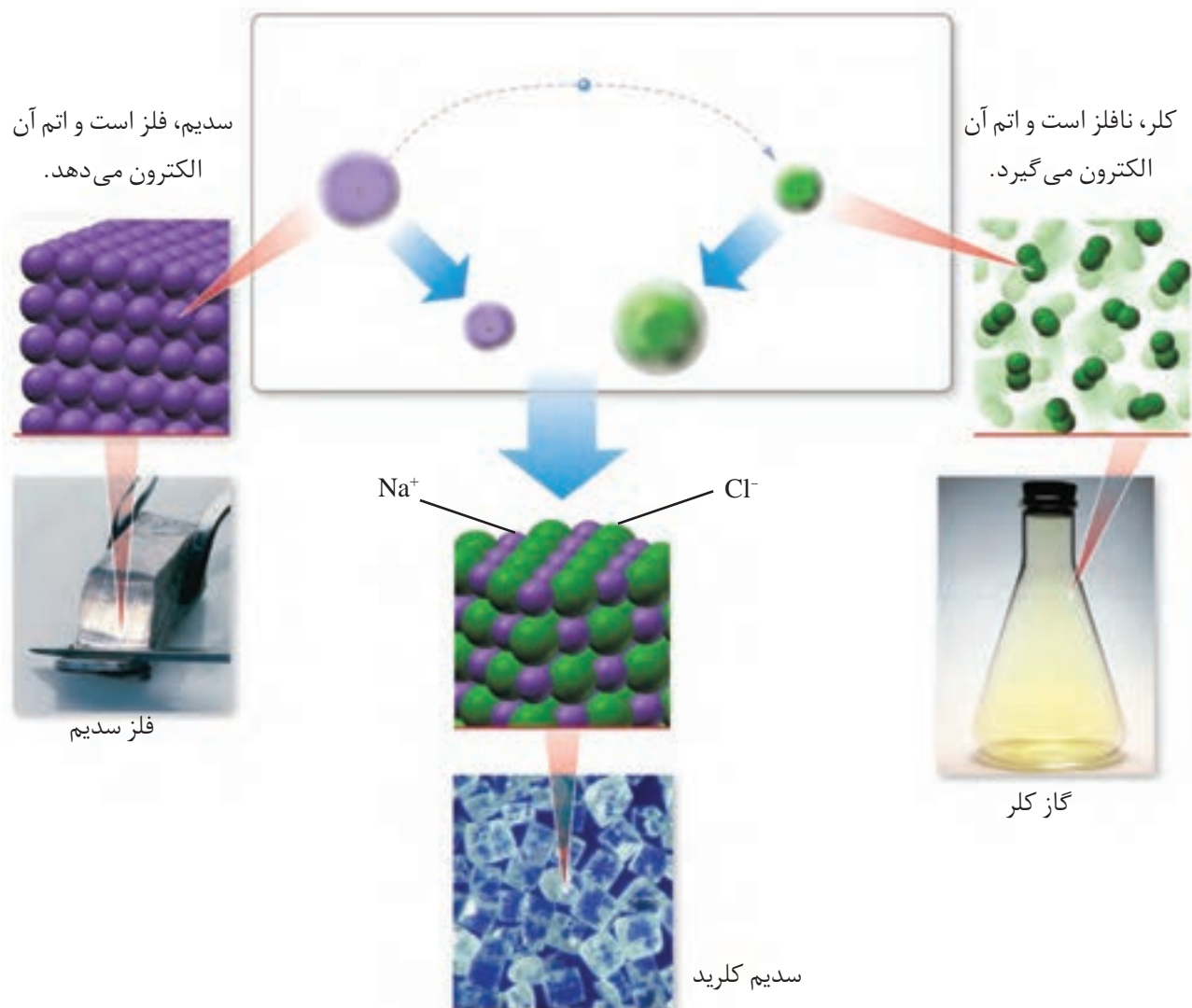
خود را بیازمایید

(آ) جدول زیر را کامل کنید.

عنصر	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای								
عنصر	${}^{11}\text{Na}$	${}^{12}\text{Mg}$	${}^{13}\text{Al}$	${}^{14}\text{Si}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{16}\text{S}$	${}^{17}\text{Cl}$	${}^{18}\text{Ar}$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Na.							

(ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.
 (پ) بین شماره گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان هشت تایی شدن لایه ظرفیت و دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و پایدارتر شوند. در علوم سال نهم دیدید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود (آرگون) می‌رسند.

آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

لوویس یکی از پیشتاژان دانش شیمی و بنیان گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید- باز بود. او واژه فوتون را برای ذره‌های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیک‌دان امریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی‌کند.

با هم ببیندیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

۱							۱۸	
H·							He:	
۲							۱۳	
Li·	Be·							۱۴
			B·	C·	N·	O·	F·	Ne:
۱۵							۱۶	
Na·	Mg·							۱۷
			Al·	Si·	P·	S·	Cl·	Ar:

آ) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم گازهای نجیب، مقایسه و پیش بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش‌های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟

ب) بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب این اتم‌ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. جدول زیر یون‌های شناخته شده از این اتم‌ها را نشان می‌دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش بینی‌های خود را بررسی کنید.

۱							۱۸	
							He	
۲							۱۳	
Li ⁺								۱۴
				N ^{۳-}	O ^{۲-}	F ⁻	Ne	
۱۵							۱۶	
Na ⁺	Mg ^{۲+}							۱۷
			Al ^{۳+}		P ^{۳-}	S ^{۲-}	Cl ⁻	Ar
۱۸							۱۹	
K ⁺	Ca ^{۲+}							۲۰
						Br ⁻	Kr	

۲- در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

آ) اگر تعداد الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با $\frac{\text{سه}}{\text{چهار}}$ باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که $\frac{\text{تعدادی از}}{\text{همه}}$ الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به $\frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}}$ تبدیل شود.

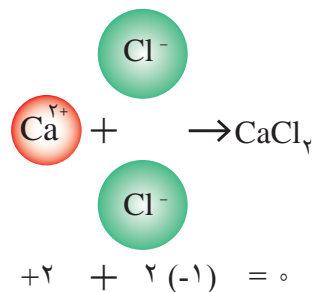
ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با گرفتن از دست دادن الکترون به کاتیون / آنیون تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب پیش از خود را دارند.

پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با به دست آوردن الکترون به کاتیون / آنیون هایی تبدیل می‌شود که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

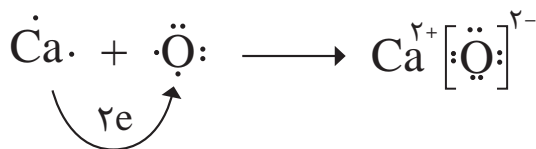
۳- پیش بینی کنید اتم عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یون‌هایی تبدیل می‌شود؟

تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه این دو اتم در شرایط مناسب در کنار هم قرار گیرند با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می‌شوند. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی CaO نشان می‌دهند. این فرمول شیمیایی نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب اند و نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازنده آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.



• فرمول شیمیایی کلسیم کلرید



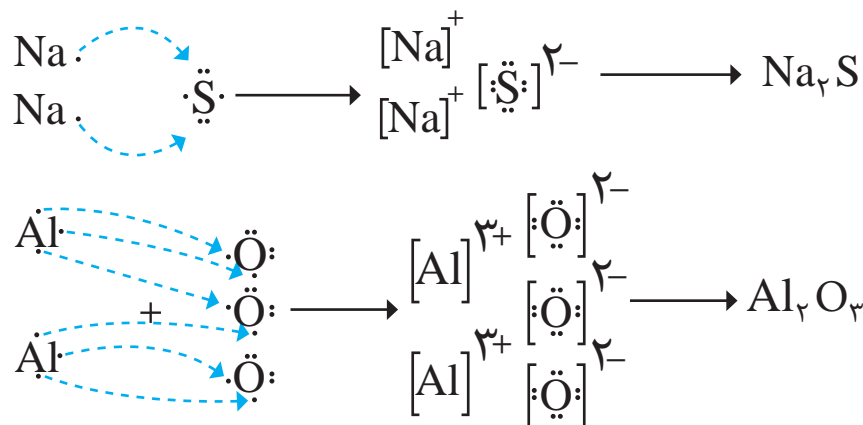
با هم ببیندیشیم

● **یون تک اتمی**، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای مثال یون های Na^+ و Cl^- تک اتمی هستند.

● ترکیب های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده اند، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می شود.

● ترکیب یونی شامل تعداد بسیار زیادی یون با آرایش منظم است که در ساختار آنها مولکولی وجود ندارد؛ از این رو در متون علمی برای آنها واژه مولکول را به کار نمی برند.

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.



۱- روشی برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی ارائه کنید.

۲- فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.

- (آ) کلسیم کلرید
(ب) پتاسیم نیتريد
(پ) منیزیم سولفید
(ت) آلومینیم برمید

● از دست دادن یا گرفتن الکترون نشانه ای از رفتار شیمیایی اتم است.

۳- با توجه به داده های جدول زیر، شیوه نام گذاری ترکیب های یونی دوتایی را مشخص و جدول صفحه بعد را کامل کنید.

نام و نماد شیمیایی آنیون		نام و نماد شیمیایی کاتیون	
Br^-	یون برمید	Li^+	یون لیتیم
I^-	یون یدید	K^+	یون پتاسیم
N^{3-}	یون نیتريد	Mg^{2+}	یون منیزیم
S^{2-}	یون سولفید	Ca^{2+}	یون کلسیم
F^-	یون فلوئورید	Al^{3+}	یون آلومینیم

فرمول شیمیایی	نماد یون‌های سازنده	نام ترکیب یونی
MgO	O^{2-}, Mg^{2+}	
$CaCl_2$	Cl^-, Ca^{2+}	
K_2O	K^+, O^{2-}	
Na_3P	Na^+, P^{3-}	سدیم فسفید
LiBr	Li^+, Br^-	

تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در علوم سال نهم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازنده آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها نیز رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای واکنش‌پذیری اتم‌هاست؟

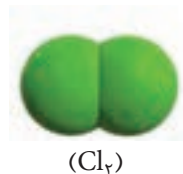
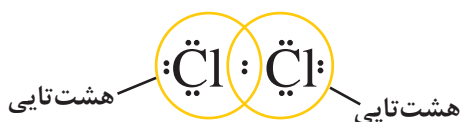
برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر، که خاصیت رنگ‌بری و گندزایی دارد از مولکول‌های دو اتمی (Cl_2) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.



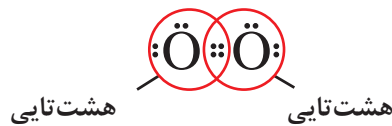
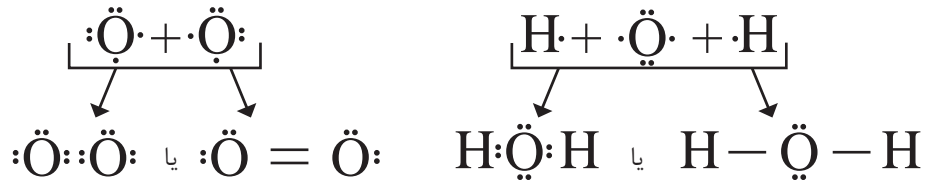
آیا می‌دانید

اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در نقاط بسیار دوری از کیهان ثابت کنند. طیف‌سنجی، دانشی است که کمک شایانی به این پژوهش‌ها کرده است. تاکنون بیش از 120° مولکول در فضاها بین ستاره‌ای شناخته شده است. این مولکول‌ها دو یا چند اتمی است. بسیاری از مولکول‌های یافت شده در زمین نیز هست؛ اما مولکول‌هایی هم شناخته شده است که در زمین وجود ندارد. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شود؛ بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بارالکتریکی مثبت نیز در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارد.

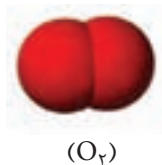
• ترکیب‌های شیمیایی که در ساختار خود مولکول دارند، ترکیب‌های مولکولی نامیده می‌شوند.

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2 ، نشان‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی* (کووالانسی) است؛ پیوندی که باعث اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌تواند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازد (شکل ۲۶).

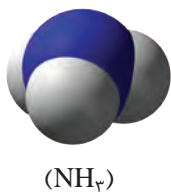
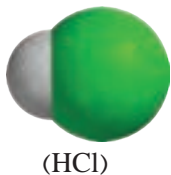
• به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند.



• جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای مثال، جرم مولی آب، H_2O ، برابر با $16 + 2 = 18$ است.



شکل ۲۶- چگونگی تشکیل مولکول دواتمی اکسیژن و مولکول سه‌اتمی آب



• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول‌ها

خود را بیازمایید

آرایش الکترون - نقطه‌ای را برای هر یک از مولکول‌های زیر رسم کنید.

آ) هیدروژن کلرید (HCl)

ب) آمونیاک (NH_3)

پ) متان (CH_4)

تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- بررسی نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ نشان داد که در این شهاب‌سنگ ایزوتوپ‌های ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe وجود دارد.
 - (آ) آرایش الکترونی ^{56}Fe را رسم کنید.
 - (ب) موقعیت آهن را در جدول دوره‌ای عناصر مشخص کنید.
 - (پ) آهن به کدام دسته از عناصر جدول تعلق دارد؟
 - (ت) آیا آرایش الکترونی ایزوتوپ‌های آهن یکسان است؟ چرا؟
- ۲- با استفاده از آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها در هر مورد، روند تشکیل، نام و فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش اتم‌های داده شده را مشخص کنید.

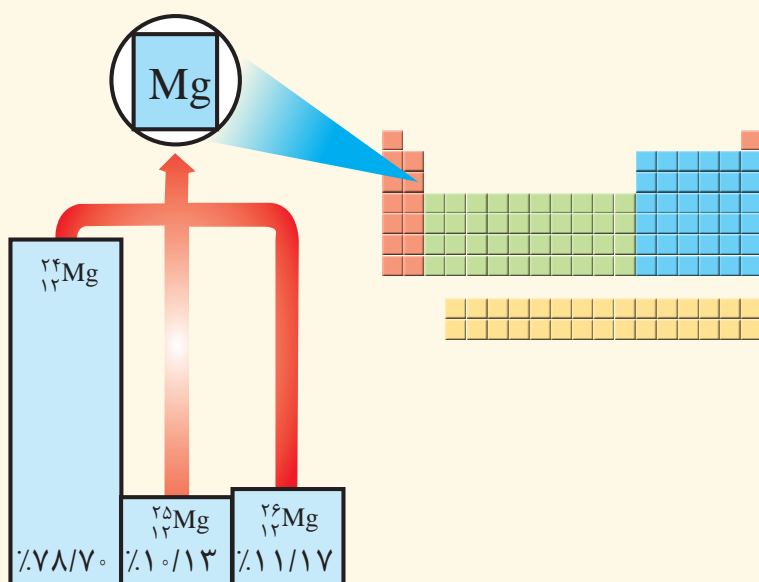
(آ) ^{19}K با ^{9}F

(ب) ^{12}Mg با ^{7}N

(پ) ^{13}Al با ^{9}F

۳- با توجه به شکل:

(آ) جرم اتمی میانگین، منیزیم را به دست آورید.



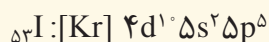
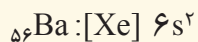
(ب) مفهوم هم‌مکانی را توضیح دهید.

- ۴- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و 110° ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیار شور مانند شکل زیر شروع به درخشیدن می‌کند. علت ایجاد نور رنگی را توضیح دهید.



- این آزمایش توسط یک شیمی‌دان در شرایط ایمن و درون آزمایشگاه انجام شده است، از انجام چنین آزمایش‌هایی در بیرون از آزمایشگاه و در نبود معلم، خودداری شود.

۵- آرایش الکترونی اتم های باریم و ید به شما داده شده است؛ با توجه به آن:



آ) پیش بینی کنید که هر یک از اتم های باریم و ید در شرایط مناسب به چه یون هایی تبدیل می شود؟

ب) فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش باریم با ید را بنویسید.

۶- خورشید روزانه 10^{22} ژول انرژی به سوی زمین گسیل می دارد.

آ) در یک سال، خورشید چند ژول انرژی به سوی زمین گسیل می دارد؟

ب) اگر انرژی تولید شده در خورشید از رابطه $E = mc^2$ به دست آید، حساب کنید سالانه چند گرم از جرم خورشید کاسته می شود؟

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در قرن شانزدهم میلادی قطعه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری گرافیت، مردم در آن زمان می پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده همچنان به سرب مداد معروف است. در 36°C گرم گرافیت خالص، چند مول کربن و چند اتم کربن وجود دارد؟

۱							
۱	H						
	هیدروژن						
				۱۵	۱۶	۱۷	
				۷	۸	۹	
				N	O	F	
				نیتروژن	اکسیژن	فلوئور	
						۱۷	
						Cl	
						کلر	
						۳۵	
						Br	
						برم	
						۵۳	
						I	
						ید	

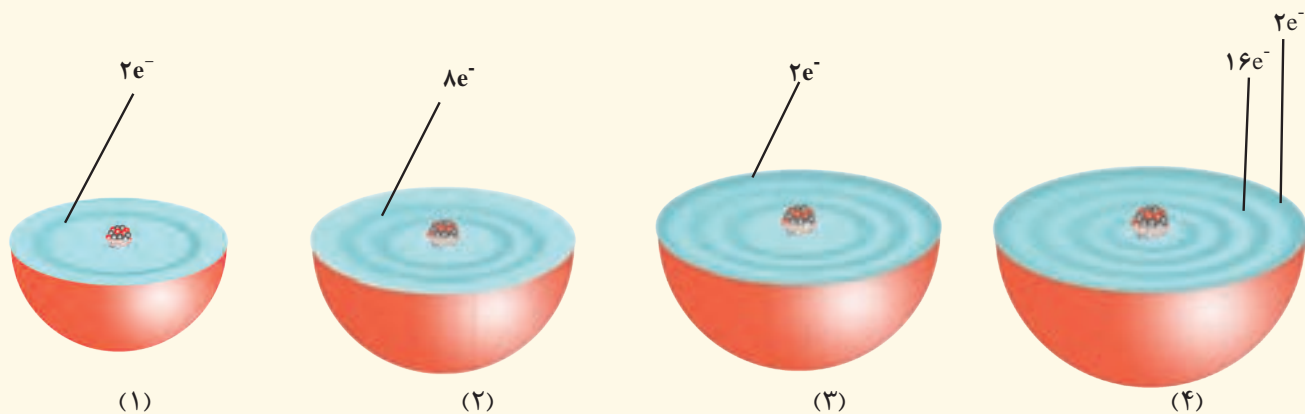
۸- در جدول روبه رو عنصرهایی نشان داده شده

است که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول های

دو اتمی وجود دارند. با استفاده از آرایش الکترون -

نقطه ای، ساختار این مولکول ها را رسم کنید.

۹- هر یک از شکل های زیر برشی از اتم یک عنصر را نشان می دهد؛ با توجه به آن:

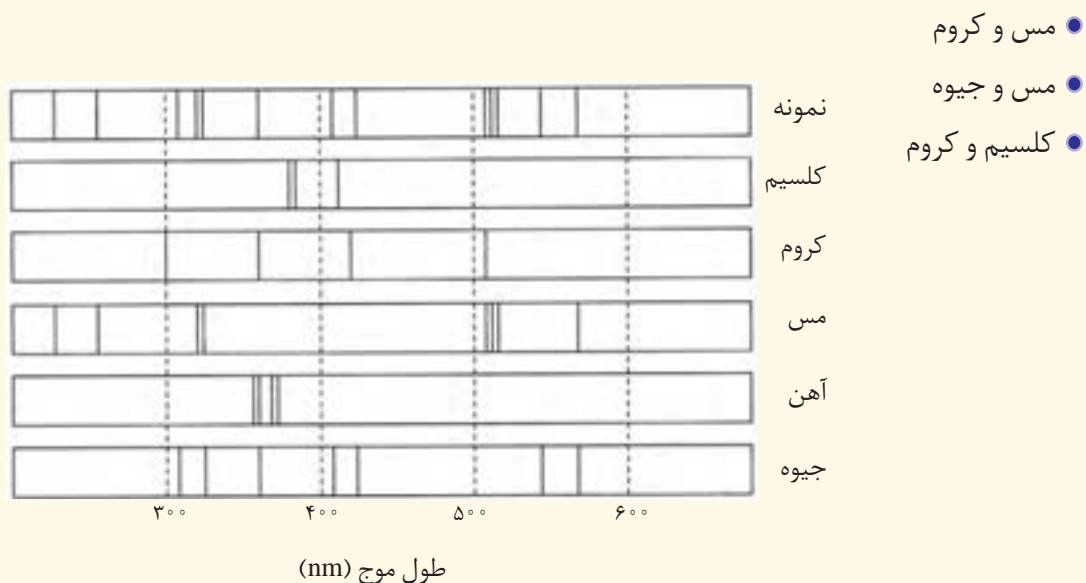


آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

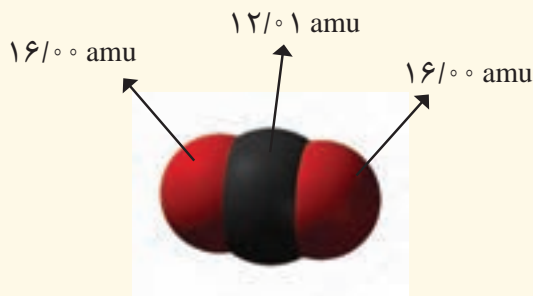
ب) کدام اتم (ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلئور چه رفتاری دارد؟
ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

۱۰- پژوهشگران در حفاری یک شهر قدیمی، تکه‌ای از یک ظرف سفالی پیدا کردند. آنها برای یافتن نوع عنصرهای فلزی آن به آزمایشگاه شیمی مراجعه کردند و از این نمونه طیف نوری گرفتند. شکل زیر طیف نوری خطی این سفال و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به طیف‌های داده شده مشخص کنید چه فلزهایی در این سفال وجود دارد؟



۱۱- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید مطابق شکل زیر توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu به درستی محاسبه کند.



آ) روش کار او را توضیح دهید.

ب) جرم یک مول از مولکول نشان داده شده چند گرم است؟ چرا؟

پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول دوره‌ای به دست آورید.

ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عنصرها، جرم مولی هر یک از ترکیب‌های زیر را برحسب g mol^{-1} به دست آورید.
 Cl_2 ، HCl ، NaCl ، CaF_2 ، SO_2 ، Al_2O_3