فصل ۱

کیهان زادگاه الفبای هستی

«هوَ الَّذی خَلَقَ السَّمواتِ و الأرضَ فی سِتَّةِ أیّام» آیه ۴، سوره حدید

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

شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستارهٔ 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 بی کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تابانند، پیوسته با ما سخن می گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند. از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ ذره‌های سازندهٔ جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است.

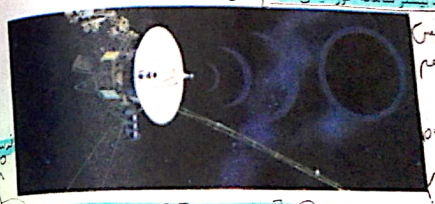
زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با مطالعهٔ خواص و رفتار ماده، همچنین برهم‌کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.

Scanned by CamScanner

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که هستی چگونه پدید آمده است؟ جهان چگونه شکل گرفته است؟ پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟ روبه‌رو بوده و تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. مسلماً پاسخ به اولین پرسش‌ها که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است ـ در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مرجع چارچوب اعتقادی و بینش خویش و در پرتو آموزه‌های وحیانی می‌تواند به پاسخی جامع دست یابد.

امّا پس از عبور از این قلمرو، علم تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش‌های سوم انجام داده است. این تلاش‌ها سبب شد تا دانش ما دربارهٔ جهان مادی افزایش یابد و ما دربارهٔ کیهان و مسائل آن اطلاعاتی داریم که نیاکان‌مان حتی حتی نمی‌توانستند آنها را تصور کنند.

برای نمونه ما به فضا می‌رویم، با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده‌ایم و تاریخی دو فصایما به نام **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای یافتن زندگی در دیگر سیاره‌ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می‌کنیم. آشکار که با گذشت زمان، انسان به پیشرفت‌هایی دست خواهد یافت که امروزه در دهه‌ها می‌گذ تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طو شناخت بیشتر سامانه خورشیدی است (شکل ۱).



شکل ۱. عکس کره زمین از فاصله تقریبی ۶ میلیارد کیلومتری، آخرین تصویری که ووییجر ارسال کرد از سامانهٔ خورشیدی را زادگاه خود گرفت.

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسا نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آنها و ترکیب درصد این مواد باش

عنصرها چگونه پدید آمدند؟

یکی از پرسش‌های مهمی که شیمی‌دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونگی پیدای عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعهٔ کیهان به ویژه سامانهٔ خورشیدی برای پاسخ این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازندهٔ برخ سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی و مقایسهٔ آن با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به در بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

خود را بیازمایید

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

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 سیارهٔ مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟

ث) آیا به‌جز عنصرهای نشان داده شده در شکل، عنصرهای دیگری در زمین یافت می‌شود؟ چند نمونه نام ببرید.

آیا می‌دانید

سحابی بوم رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای ۲۷۳°C- است که حدود ۵۰۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فروپاشی گرانشی ستاره‌ای به وجود آمده است.

آیا می‌دانید

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

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

دریافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیارهٔ زمین و مشتری متفاوت است.

عنصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده است. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان در چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به‌طوری که برخی از آنها بر این باورند که با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون، عنصرهای هیدروژن و هلیم تولید شدند و مجموعه‌های گازی به نام سحابی ایجاد کردند. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش کهکشان‌ها شد.

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

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهند. 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 تشکیل 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 فضا پراکنده شده است. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانهٔ تولید عنصرها دانست (شکل ۲).

هیدروژن → هلیم → عنصرهای سبک مانند لیتیم، کربن و ... → عنصرهای سنگین‌تر مانند آهن، طلا و ...

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:

$$E = mc^2$$

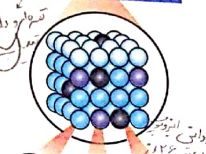
در این رابطه m جرم ماده بر حسب کیلوگرم، c سرعت نور (3×10^8 متر بر ثانیه) و E انرژی آزاد شده را بر حسب ژول نشان می‌دهد ($1\,J = 1\,kg\,m^2\,s^{-2}$).

آ) تجربه نشان داده است که در تبدیل هیدروژن به هلیم، ۰/۰۰۲۴ گرم ماده به انرژی

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

آیا می‌دانید؟

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به ما است که دمای سطح آن به حدود ۶۰۰۰°C و دمای درون آن به حدود ۱۰۰۰۰۰۰۰°C می‌رسد. انرژی گرمایی و نورانی خیره کنندهٔ آن، حاصل از واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیم تبدیل می‌شود به‌طوری 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 پرافشانی کند.



$^{24}_{12}Mg$ $^{25}_{12}Mg$ $^{26}_{12}Mg$

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

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

$$0/0024\,g \times \frac{1\,kg}{1000\,g} = 2/4 \times 10^{-6}\,kg$$

$$E = 2/4 \times 10^{-6}\,kg \times (3 \times 10^8\,m.s^{-1})^2 = 21/6 \times 10^{10}\,J$$

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.)

$$21/6 \times 10^{10}\,J \times \frac{1\,g}{247\,J} = 87 \times 10^6\,g\,Fe \rightarrow 87 \times 10^{-3}\,kg$$

آیا همهٔ اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که همهٔ 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، عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) و عدد جرمی (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 Z و A هر کدام، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

$^{56}_{26}Fe$

نماد شیمیایی اتم آهن

نماد همگانی اتم‌ها

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

ویژگی / نماد ایزوتوپ	A	Z	تعداد الکترون	تعداد نوترون
$^{24}_{12}Mg$	۲۴	۱۲	۱۲	۱۲
$^{25}_{12}Mg$	۲۵	۱۲	۱۲	۱۳
$^{26}_{12}Mg$	۲۶	۱۲	۱۲	۱۴

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 عنصرها تنها یک مکان را اشغال می کنند؛ این در حالی است که همین ایزوتوپ‌ها در برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

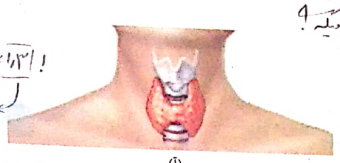
* مصوب فرهنگستان

Scanned by CamScanner

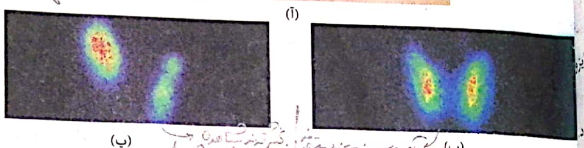
● نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ مس

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، انگیزهٔ کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) نخستین عنصری بود که در **واکنشگاه*** (**راکتور**) هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).



(آ)



(ب) (پ)

شکل ۴ـ آ) غدهٔ پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان ب) تصویر غدهٔ تیروئید سالم
پ) تصویر غدهٔ تیروئید ناسالم

● از تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) برای تصویربرداری غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید یا (I^-) که حاوی $^{99}_{43}Tc$ است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

همهٔ ^{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 پس 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).

* مصوب فرهنگستان

با هم بیندیشیم

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

	^1_1H	^2_1H	^3_1H	^4_1H	^5_1H	^6_1H	^7_1H
پایدار یا ناپایدار	پایدار	پایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار
نیمه‌عمر			۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۳}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز				

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

ب) یک نمونهٔ 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؟

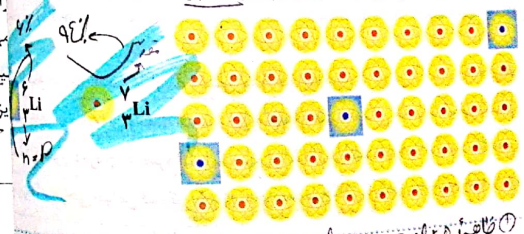
ت) هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و **اغلب** بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟

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) ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، **رادیوایزوتوپ** نامیده می‌شود. چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

ج) **درصد فراوانی** هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهندهٔ چیست؟ توضیح دهید.

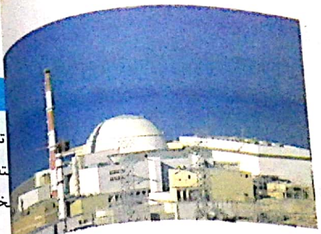
۲ـ شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.



آیا می‌دانید

کربن‌۱۴ (^{14}C) خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند. برای نمونه پژوهشگران می‌پندارند که کشور مصر مهد صنعت فرشبافی بوده است، اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه‌های آلتای سیبری 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.

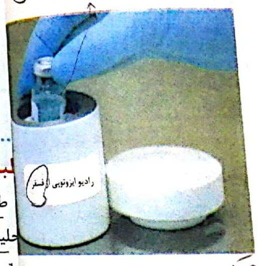
Scanned by CamScanner

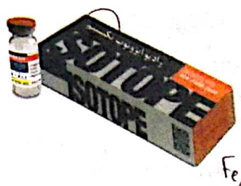


شکل ۵- یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آنها در تولید انرژی الکتریکی است.

این ایزوتوپ $^{235}_{92}U$ بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۰/۷ درصد کمتر ا
دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ
این عنصر افزایش دهند. به این فرایند، **غنی‌سازی ایزوتوپی** گفته می‌شود. فرایند
یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایرا
فهرست ده گانهٔ کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخ
انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).

- کیمیاگری (تبدیل عنصرهای دیگر به طلا) آرزوی دیرینهٔ بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینهٔ تولید آن به‌اندازه‌ای زیاد است که صرفهٔ اقتصادی ندارد.





شکل ۶- برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

- اتم $^{59}_{26}Fe$ یک رادیوایزوتوپ است که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.

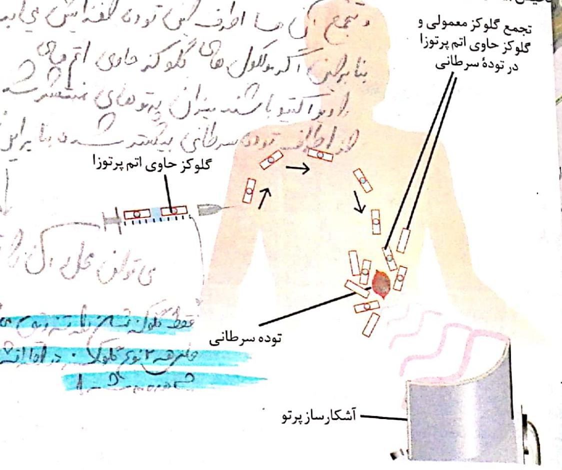
پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

- به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند.

با هم بیندیشیم

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

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



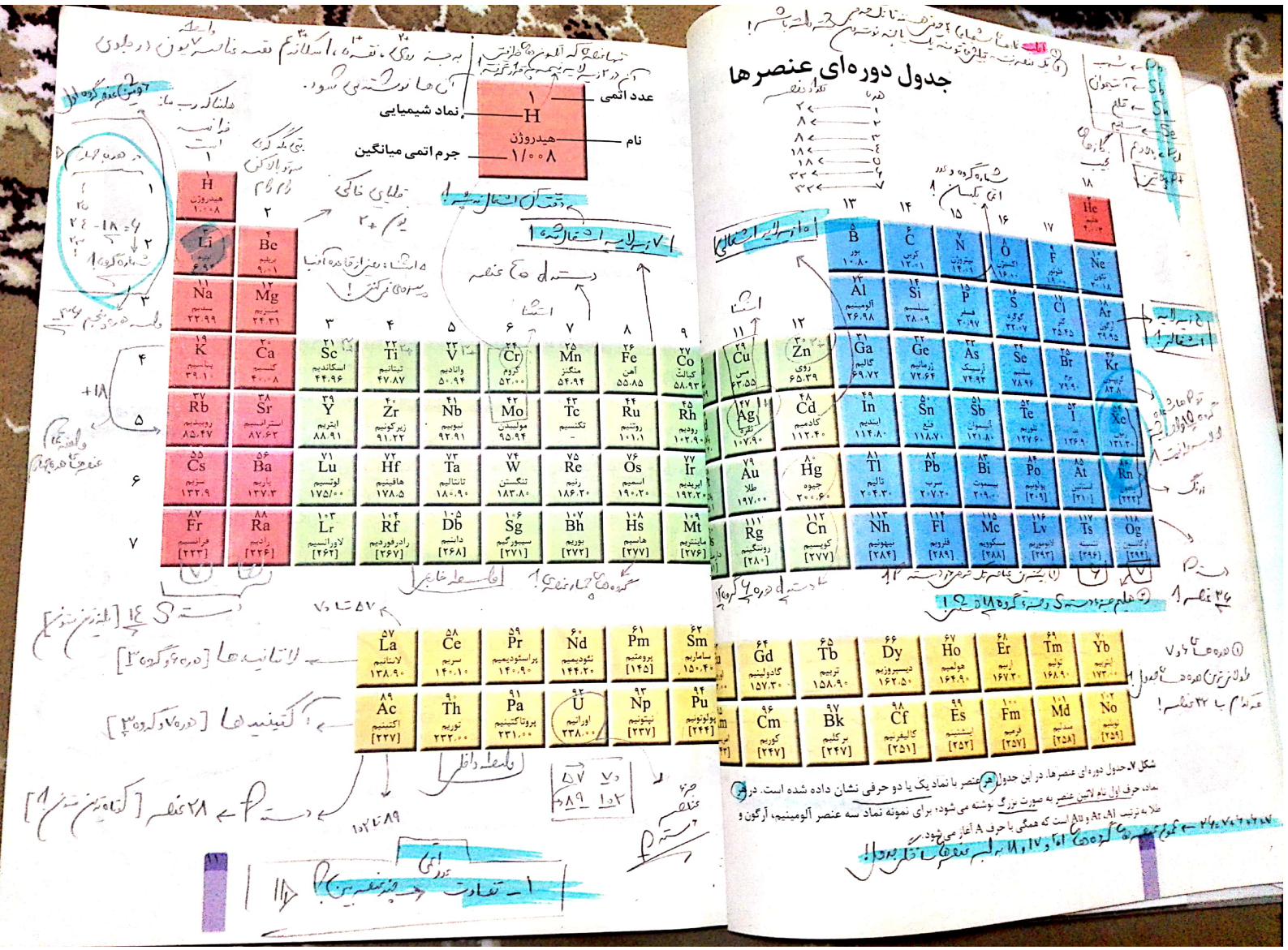
آیا می دانید

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

طبقه‌بندی عنصرها

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

Scanned by CamScanner



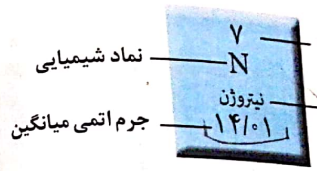
شکل ۷. جدول دوره‌ای عنصرها. در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می‌شود؛ برای نمونه نماد سه عنصر آلومینیم، آرگون و ... به ترتیب Ar ،Al و Ag است که همگی با حرف A آغاز می‌شوند.

Scanned by CamScanner

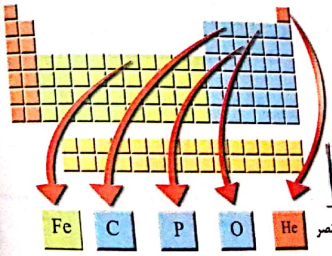
در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش **عدد اتمی** (که پیش‌تر به آن اشاره شده)، به‌طوری که جدول دوره‌ای عنصرها از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک (۱) و به عنصر شمارهٔ ۱۱۸ ختم می‌شود. این جدول، **۷ دوره** و **۱۸ گروه** دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نامیده می‌شود. در حالی که هر ستون، شامل عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت بدیهی است خواص شیمیایی عنصرهایی مشابه است و گروه نامیده می‌شود.

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

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



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



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

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

● 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

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

خود را بیازمایید

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عنصرهای آلومینیم (۱۳Al)، کلسیم (۲۰Ca)، گنز (۲۵Mn) و سلنیم (۳۴Se) را تعیین کنید:

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

آ) ۱۸Ar ب) ۶C پ) ۱۶S

۳- اتم فلوئور (۹F) در ترکیب با فلزها به یون فلوئورید (F^-) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از نصرهای زیر، می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلوئورید تشکیل دهد؟ چرا؟

آ) ۳۷Rb ب) ۳۵Br پ) ۱۵P

۴- از اتم آلومینیم (۱۳Al)، یون پایدار Al^{3+} شناخته شده است. پیش‌بینی کنید اتم کدام یک عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه Al^{3+} در ترکیب‌ها تبدیل شود؟

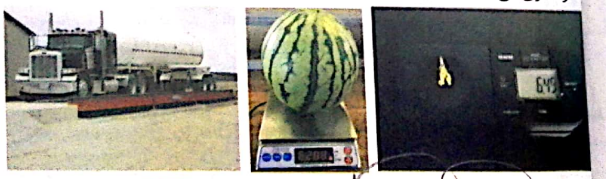
آ) ۱۹K ب) ۳۱Ga پ) ۷N

● موقعیت یا مکان هر عنصر در جدول دوره‌ای، شمارهٔ گروه و دورهٔ آن را نشان می‌دهد.

● آیوپاک (IUPAC)، اتحادیهٔ بین‌المللی شیمی محض و کاربردی است که یکاها، نمادها، قراردادها، 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 دازه‌گیری می کنند (شکل ۹).



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

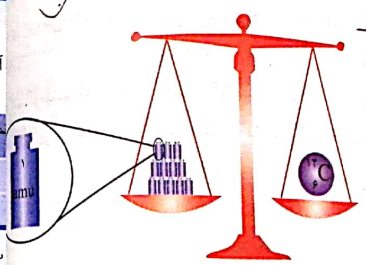
● آیا تاکنون به اطلاعات داده شده در بلیت قطار، هواپیما، اتوبوس یا تابلوی نمایش زمان حرکت آنها دقت کرده‌اید؟ در هر یک از آنها، برخی از نمادها، خلاصه‌نویسی‌ها، واژه‌های مخفف و مجموعه‌ای از شناسه‌ها به کار رفته است. اگر با این نشانه‌ها آشنا نباشید، برای یافتن اطلاعات مفید سردرگم خواهید شد.

Scanned by CamScanner

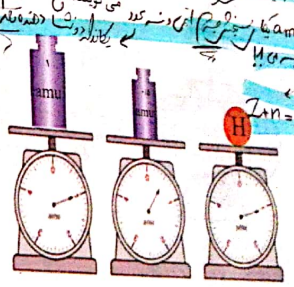
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌روند، اندازه‌گیری متفاوتی دارد؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا یک دهم کیلوگرم و دقت ترازوی تا یک صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک مهره را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر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

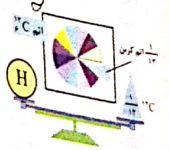
دانشمندان برای اینکه بتوانند خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را در محیطی مانند بدن انسان، محیط‌زیست، محیط آزمایش و... بررسی و اثر آن را گزارش کنند، باید بدانند که چه جرمی از اتم‌ها یا مولکول‌های آن ماده وارد محیط شده است؛ از این‌رو آنها همواره در پی یافتن سنجه‌ای مناسب و در دسترس برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها 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 ایزوتوپ کربن-۱۲ است (شکل ۱۰). به‌این وزنه، یکای جرم اتمی می‌گویند.



(آ)





● الگویی دیگر برای نمایش amu

شکل ۱۰ـ 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؛ به‌این ترتیب مقیاسی به‌دست می‌آید که به کمک آن می‌توان جرم همهٔ اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد. ب) اگر در این ترازوی فرضی به جای ایزوتوپ کربن-۱۲، ${}^{1}_{1}H$ قرار گیرد، جرم ۱/۰۰۸ amu 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 و جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{2000}$ amu است (جدول ۱).

$\frac{1}{2000} = 0.0005 = 5 \times 10^{-4}$

جدول ۱ـ برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

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

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

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

با این توصیف جرم اتم ${}^{7}_{3}Li$ 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

۱ـ با توجه به شکل به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) جدول زیر را کامل کنید.

نماد ایزوتوپ	درصد فراوانی در طبیعت	عدد جرمی (A)	جرم اتمی میانگین
${}^{6}_{3}Li$	۶	۶	
${}^{7}_{3}Li$	۹۴	۷	

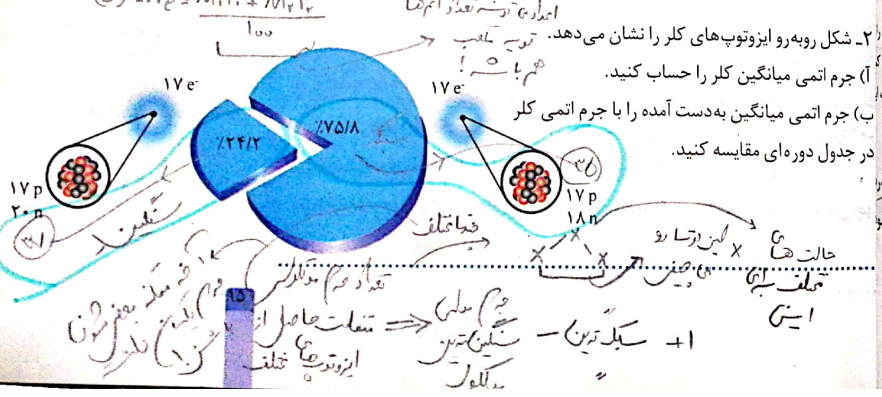
ب) جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عنصرهاست.

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

۲ـ شکل روبه‌رو ایزوتوپ‌های کلر را نشان می‌دهد.

آ) جرم اتمی میانگین کلر را حساب کنید.

ب) جرم اتمی میانگین به‌دست آمده را با جرم اتمی کلر در جدول دوره‌ای مقایسه کنید.



Scanned by CamScanner

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

پیوند با ریاضی

۱ـ دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد
$1amu = 1/66 \times 10^{-24} g$ ازه‌گیری می‌کنند. اگر بدانید که جرم یک اتم هیدروژن برابر با
ت، حساب کنید در نمونهٔ یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم هیدروژن وجود دارد؟

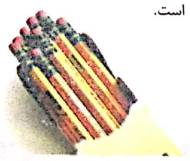
۲ـ به عدد به دست آمده در پرسش ۱، **عدد آووگادرو** می‌گویند و آن را با N_A نشان
دهند. اکنون مشخص کنید اگر به تعداد N_A اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم
چند گرم است؟

آیا می دانید

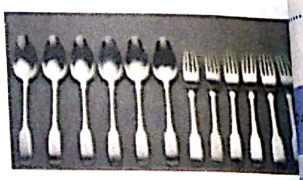
برخی فضاپیماها با خود طیف‌سنج جرمی حمل می‌کنند و از آن برای شناسایی عنصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می‌گیرند.

آیا می دانید

هر قراص مداد، ۱۴۴ عدد مداد است.



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



شکل ۱۲ـ استفاده از شانه، دست و قُراص به ترتیب برای شمارش تخم مرغ، قاشق و چنگال و مداد، محاسبه سان‌تر می‌کند.

نقش N_A در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تعداد تخم‌مرغ‌هاست با این تفاوت شمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. (شیمی‌دان‌ها به $6/02 \times 10^{23}$ از هر

آیا می دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود ۴۰۰ میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین تعداد کهکشان‌های جهان هستی حدود ۱۳۰ میلیارد برآورد می‌شود، در این صورت در جهان هستی حدود ۰/۰۸ مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

شمارش ذره‌ها از روی جرم آنها

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

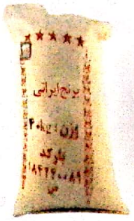
شکل ۱۱ـ شمارش تک‌تک دانه‌های خاکشیر، برنج و موادی که اندازهٔ دانه‌های آنها بسیار ریز است دشوار، وقت‌گیر و اغلب انجام نشدنی است.

● اگر جرم هر میوه ۴/۲۹ گرم باشد، برآورد کنید در این ظرف چند میوه وجود دارد؟ (جرم ظرف برابر با ۲۵/۰۳ گرم است).

با هم بیندیشیم

آ) جدول زیر را کامل کنید.

ماده	جرم ۱۰۰۰ عدد (گرم)	جرم ۵۰ عدد (گرم)	جرم ۱ عدد
کاغذ A۴	۴۵۰۰		
عدس	۵۶		
برنج	۲۲		
خاکشیر	۲		



● برآورد کنید در یک کیسهٔ ۴۰ کیلویی برنج تقریباً چند دانهٔ برنج وجود دارد؟

ب) به نظر شما جرم یک عدد از کدام ماده را می‌توان با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری کرد

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 جدول برابر است؟ توضیح دهید.

Scanned by CamScanner

یک مول از آن ذره می گوییم (طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم عدد

ذره، **یک مول** از آن ذره می گوییم (طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم عدد نامیده می شود (شکل ۱۳).

$= ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ atom Fe

۱ mol Fe = ۵۵/۸۵ g Fe

$= ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ atom C

۱ mol C = ۱۲/۰۱ g C

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

● آمدئو آوگادرو (۱۸۵۶-۱۷۷۶) ملادی) شیمی‌دان پرآوازهٔ ایتالیایی که به افتخار او شمار ذره‌های موجود در یک مول ماده، عدد آوگادرو نام‌گذاری شده است.

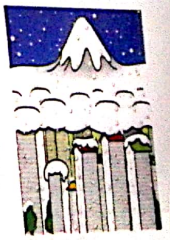
با استفاده از هم‌ارزی میان کمیت‌ها می‌توان آنها را به یکدیگر تبدیل کرد. به این کار برای هر هم‌ارزی می‌توان دو **عامل (کسر) تبدیل** نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج شامل عددی همراه با یکاست؛ برای نمونه از هم‌ارزی $۱\,m = ۱۰۰\,cm$ می‌توان این تبدیل را نوشت:

$$\frac{۱۰۰\,cm}{۱\,m} \quad \text{و} \quad \frac{۱\,m}{۱۰۰\,cm}$$

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

تبدیل ۰/۱۵ متر به سانتی‌متر توجه کنید:

$$?\,cm = ۰/۱۵\,m \times \frac{۱۰۰\,cm}{۱\,m} = ۱۵\,cm$$



به همین ترتیب برای $۱\,mol\ C = ۱۲/۰۱\ g\ C$، می‌توان دو عامل تبدیل به ما نوشت:

$$\frac{۱۲/۰۱\,g\,C}{۱\,mol\,C} \quad \text{و} \quad \frac{۱\,mol\,C}{۱۲/۰۱\,g\,C}$$

بنابراین برای تبدیل جرم ۰/۶ گرم کربن به مول‌های آن می‌توان نوشت:

$$?\,mol\,C = ۰/۶\,g\,C \times \frac{۱\,mol\,C}{۱۲/۰۱\,g\,C} \simeq ۰/۰۵\,mol\,C$$

● اگر $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ دانهٔ برف در سطح ایران ببارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قلهٔ دنا (۴۵۰۰m) همهٔ کشور را می‌پوشاند.

خود را بیازمایید

۱- با استفاده از $۱\,mol\,Al = ۲۷\,g\,Al$، $۱\,mol\,S = ۳۲\,gS$ و عامل‌های تبدیل مناسب حساب کنید:

آ) ۵ مول آلومینیم چند گرم جرم دارد؟

ب) ۰/۰۸ گرم گوگرد چند مول گوگرد است؟

۲- دانش‌آموزی برای تعیین تعداد اتم‌های موجود در ۰/۲ مول فلز روی، محاسبهٔ زیر را به درستی انجام داده است. هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$?\,atom\,Zn = ۰/۲\,mol\,Zn \times \frac{\ldots\ldots\,atom\,Zn}{\ldots\ldots\,mol\,Zn} = ۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Zn$$

۳- حساب کنید $۹/۰۳\times۱۰^{۲۰}$ 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؟

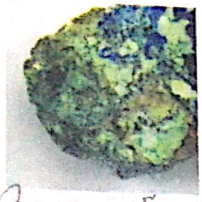
به دلیل اینکه خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند، ویژگی‌های آنها را می‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. همچنین دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با دماسنج‌هایی مانند دماسنج تعیین کرد؛ زیرا دماسنج در این دماها ذوب می‌شود؛ با این توصیف چگونه می‌توان دمای خورشید، اجزای سازندهٔ آن و دمای 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؟ انشمندان با دستگاهی به نام **طیف سنج** می‌توانند از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، طلاعات ارزشمندی دربارهٔ آنها به‌دست آورند. اینکه نور چیست؟ چگونه تولید می‌شود؟ امل 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 س از بارش هنوز در هوا پراکنده است، تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد ی کند. این گسترهٔ رنگی، شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است (شکل ۱۴).

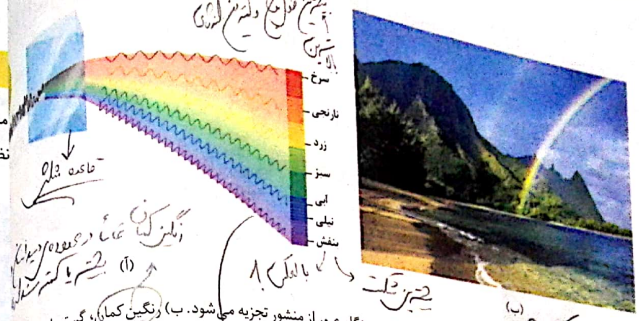
آیا می دانید

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.



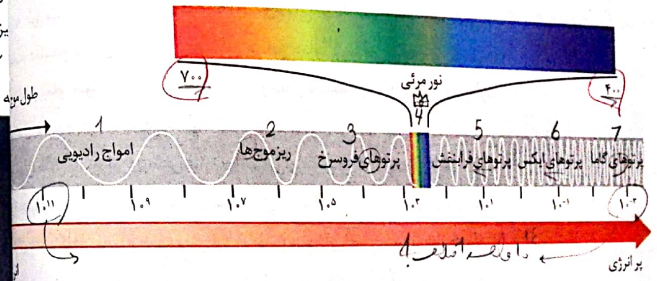
● نور کلیدی است که با استفاده از آن می‌توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد و شاید بتوان گفت که نور، کلید قفل صندوقچه رازهای جهان است.

Scanned by CamScanner



شکل ۱۴ـ آ) نور خورشید هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود. ب) رنگین کمان، گستره‌ای از رنگ‌ها را در برمی‌گیرد.

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

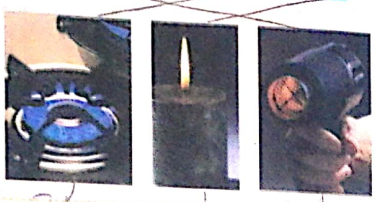


شکل ۱۵ـ نور مرئی تنها بخش کوچکی از گسترهٔ پرتوهای الکترومغناطیسی است. یکی از ویژگی‌های پرتوهای الکترومغناطیسی، **طول موج** است که آن را با ۸ نشان می‌دهند. با توجه به شکل آن را تعریف کنید.

خود را بیازمایید

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

آ) ۱۷۵۰°C ب) ۲۷۵۰°C پ) ۸۰۰°C

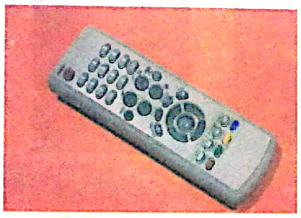


کاوش کنید

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

۱ـ 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؟

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



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

۴ـ از این مشاهده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آیا می دانید

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.

آیا می دانید

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 فروسرخ** نام دارد. این دماسنج با جذب پرتوهای فروسرخ نشر شده از جسم داغ، دمای آنها را نشان می‌دهد.

Scanned by CamScanner

نشر نور و طیف نشری

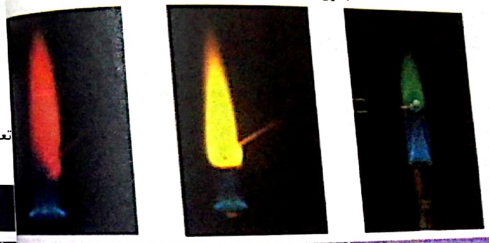
آتش‌بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم نواز و شادی بخشی در آسمان می‌سازد که از آن در جشن‌های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی‌های المپیک می‌شود (شکل ۱۶).

شکل ۱۶ـ هر یک از این حرفه‌های زیبا، ناشی از وجود یک مادهٔ شیمیایی معین در مواد آتش‌زاست.

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

جدول ۲- رنگ شعله برخی فلزها و نمک‌های آنها

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



مطابق جدول، رنگ شعلهٔ فلز لیتیم و همهٔ ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است؛ ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که رنگ سرخ ایجاد شده در یک شعله می‌تواند، نشان‌دهندهٔ وجود عنصر لیتیم در آن باشد. در واقع از روی تغییر رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد.

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

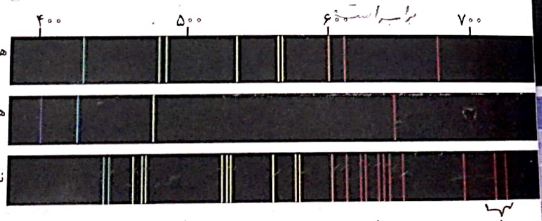
شکل ۱۷ـ طیف نشری خطی لیتیم

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

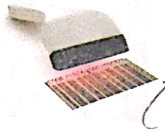
خود را بیازمایید

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؟



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



آیا می دانید

درسال 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 **هلیم** نام گرفت (واژهٔ 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 باقیماندهٔ هوا، آرگون را به‌عنوان 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.

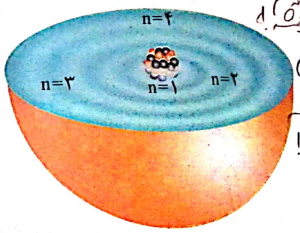
به این ترتیب هلیم نیز در زمین کشف شد و ویژگی‌های آن مورد مطالعه قرار گرفت.

Scanned by CamScanner

کشف ساختار اتم

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

دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، **ساختار لایه‌ای برای اتم** ارائه کردند (شکل ۱۸). در این مدل، اتم را درنظر 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 به ترتیب به سمت بیرون، شماره‌گذاری می‌کنند و شمارهٔ هر لایه را با n نمایش می‌دهند. در **کوانتومی اصلی** نامیده می‌شود که برای لایهٔ اول $n=1$، برای لایهٔ دوم $n=2$، ... و برای هفتم $n=7$ است.



شکل ۱۸ـ ساختار لایه‌ای اتم

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

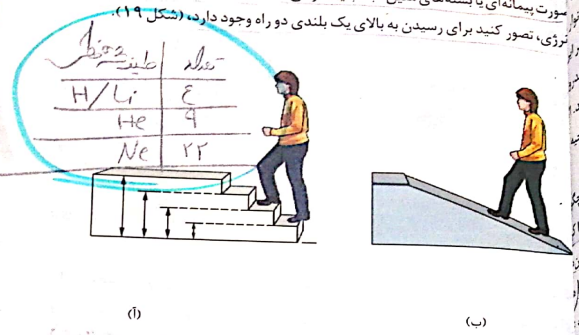
ایا می دانید

نیلز بور (۱۹۶۲-۱۸۸۵) فیزیک‌دان دانمارکی در سال ۱۹۲۲ جایزهٔ 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

نکتهٔ مهم و جالب توجه در این مدل، **کوانتومی بودن دادوستد انرژی** هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایهٔ دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایهٔ 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).



(آ) (ب)

شکل ۱۹ـ مقایسهٔ 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 پلهٔ 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 پلهٔ بعدی بالا بکشد؛ زیرا اگر انرژی به کار رفته کمتر از این مقدار انرژی باشد، دیگر نمی‌توان به پلهٔ بالاتر رسید (شکل ۱۹ـ 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 ۱۹ـ 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 دست‌دادن 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 لایهٔ بالاتر انتقال می‌یابند. از سوی دیگر هر چه مقدار انرژی جذب شده بیشتر باشد، الکترون‌ها به لایه‌های بالاتری انتقال می‌یابند (شکل ۲۰).

● خرمن گندم از دور به‌صورت توده‌ای یکپارچه، زردرنگ و زیباست؛ اما دیدن آن از نزدیک دانه‌های جدا از هم را نشان می‌دهد. پیوستگی تودهٔ 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.

Scanned by CamScanner

انرژی جذب شدهٔ بیشتر

انرژی جذب شدهٔ کمتر

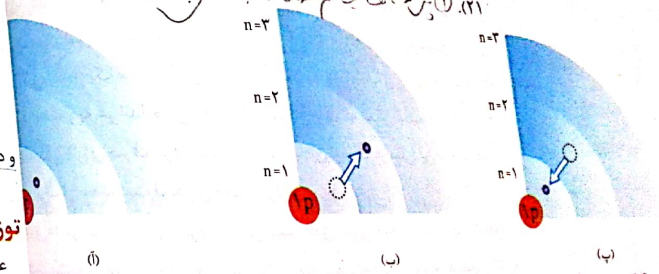
انرژی آزاد شدهٔ بیشتر

انرژی آزاد شدهٔ کمتر

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

● هیچ کس نمی‌تواند حالتی میان لایه‌های این نوشتار بایستد، همان‌گونه که الکترون‌ها میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای دارند. این شیوهٔ نوشتاری دریافت یا از دست‌دادن انرژی را شیوهٔ کوانتومی می‌نامند.

با این توصیف انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون‌ها در اتم، کوانتومی است. انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود؛ به‌همین دلیل، چنین ساختاری را **مدل کوانتومی اتم** نامیده‌اند. براساس این مدل، الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به‌طوری که گفته می‌شود اتم در **پایه** قرار دارد. در این ساختار، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته افزایش 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).

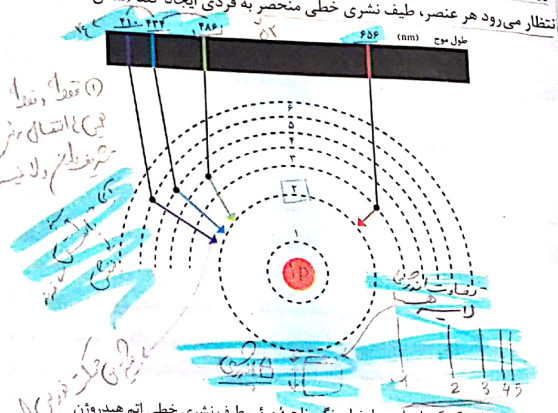


شکل ۲۱- آ) الکترون در حالت پایهٔ اتم هیدروژن، ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

اتم‌های برانگیخته پرانرژی‌تر، 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 هستهٔ هر اتم ویژهٔ 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 ناحیهٔ مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن

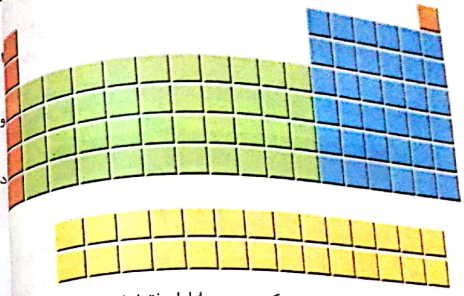
با تعیین دقیق طول موج نوارهای یادشده می‌توان تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم یافت.

توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها

عنصرها در جدول دوره‌ای برمبنای عدد اتمی یا تعداد الکترون‌های اتم خود، چیده شده‌اند. به‌طوری که اتم هیدروژن با یک الکترون و اتم هلیم با دو الکترون به ترتیب اولین و دومین عنصرجدول 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.

Scanned by CamScanner

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



همان گونه که در جدول مشاهده می‌کنید در دورهٔ اول فقط ۲ عنصر هیدروژن و
وجود دارد که اتم هر کدام تنها دارای یک لایهٔ الکترونی است (n = ۱). این لایه، نزدیک
لایه به هسته است و تنها می‌تواند ۲ الکترون را در خود جای دهد. از آنجا که لایهٔ اول حد
۲ الکترون گنجایش دارد، شاید بتوان گفت به همین دلیل در دورهٔ اول فقط ۲ عنصر و
دارد؛ اما اتم عنصرهای دورهٔ دوم، دارای دو لایهٔ الکترونی است (n = ۲). در اتم این عنص
دو لایه دارای الکترون بوده به‌طوری که لایهٔ اول پر شده و لایهٔ دوم در حال پرشدن
با این توصیف لایهٔ دوم حداکثر با ۸ الکترون پرمی‌شود (چرا؟). آیا می‌توان بین چند
عنصر دورهٔ دوم در جدول و شیوهٔ پر شدن لایهٔ دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایهٔ الکت
دوم، لایه‌ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

با هم بیندیشیم

۱ـ یک دانشجوی رشتهٔ شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر د
را شمارش کرد. او میان تعداد عنصرهای یک دوره و شیوهٔ پرشدن لایه‌های الکترونی در
عنصرها، ارتباطی کشف کرد. او نخست عنصرها را در چهار دسته قرار داد و هر یک را با ر
مشخص کرد؛ سپس فرض نمود که هر لایه، خود از بخش‌های کوچک‌تری تشکیل شده ا

به طوری که میان تعداد عنصرها درهر دستهٔ 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) لایهٔ 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؟

۲ـ او گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها را به‌عنوان چهار جملهٔ نخست یک **دنباله** به‌صورت زیر
در نظر گرفت:

۲، ۶، ۱۰، ۱۴، .....

آ) **جملهٔ 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	۰	۱	۲	۳

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:

$l = ۰, ۱, \ldots\ldots$ و $n-1$

با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

نماد زیر لایه	s	p	d	f
حداکثر گنجایش زیر لایه	۲	۶	۱۰	۱۴
مقدار مجاز l	۰	۱	۲	۳

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

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

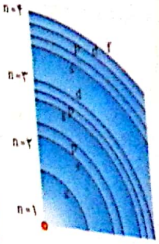
● نماد هر زیرلایهٔ معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به دیگر سخن هر زیرلایه را می‌توان با نماد nl نمایش داد؛ برای نمونه در زیر لایهٔ 2p، $n = ۲$ و $l = ۱$ است.

Scanned by CamScanner

اتم را می‌توان کره‌ای درنظر گرفت که هستهٔ بسیار کوچک و سنگینی در مرکز آن قرار 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 دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون، لایهٔ دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون، لایهٔ 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 لایهٔ الکترونی نخست

عدد کوانتومی اصلی	تعداد زیرلایه	عدد کوانتومی فرعی	تعداد زیرلایه
$n=1$	۱	$l=0$	۱s
$n=2$	۲	$l=0$	۲s
		$l=1$	۲p
$n=3$	۳	$l=0$	۳s
		$l=1$	۳p
		$l=2$	۳d



● زیرلایه‌های موجود در چهار لایهٔ الکترونی

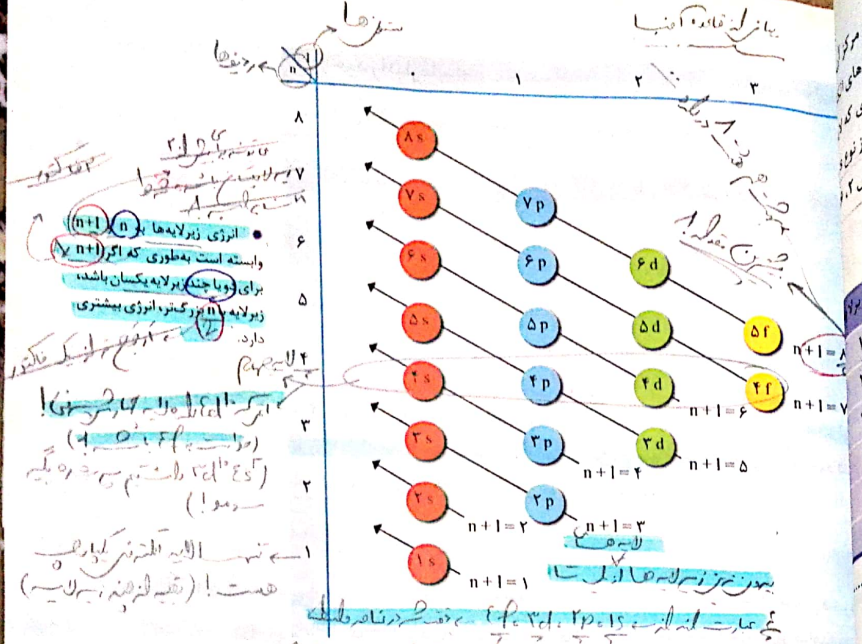
آرایش الکترونی اتم

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

هنگام پرشدن اتم از الکترون، نخست زیرلایهٔ ۱s و سپس زیرلایه‌های ۲s و ۲p از الکترون پر می‌شود؛ با این توصیف باید در اتم عنصرهای دورهٔ سوم زیرلایه‌های ۳s، ۳p و ۳d پر شود و از این‌رو انتظار می‌رود که این دوره شامل ۱۸ عنصر باشد؛ اما دورهٔ سوم دارای ۸ عنصر است. در واقع در این اتم‌ها تنها دو زیرلایهٔ ۳s و ۳p در حال پرشدن است و زیرلایهٔ ۳d در دورهٔ 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 قاعدهٔ کلی به نام **قاعدهٔ آفبا** پیروی می‌کند.

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

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



شکل ۲۳- قاعدهٔ آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های الکترونی در اتم را نشان می‌دهد. انرژی هر زیرلایه به $n+l$ بستگی دارد.

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

$_{4}Be: 1s^2\ 2s^2$

$_{11}Na: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$

$_{15}P: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$

$_{22}Ti: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^2\ 4s^2$

Scanned by CamScanner

خود را بیازمایید

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

نماد شیمیایی عنصر	آرایش الکترونی
$_{8}O$	
$_{18}Ar$	
$_{20}Ca$	
$_{33}As$	
$_{34}Se$	

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

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

$_{11}Na: [Ne]\ 3s^1$

همان گونه که مشاهده می‌شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم موردنظر به‌صورت گسترده نوشته می‌شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی، که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است، با عبارت **[نماد شیمیایی گاز نجیب]** جایگزین می‌شود.

$_{11}Na: [Ne]\ 3s^1$ ← $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ / $1s^2 2s^2 2p^6$

اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی‌ترین لایه اشغال شده است. **لایهٔ ظرفیت** اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار

... را تعیین می‌کند. به الکترون‌های این لایه، **الکترون‌های ظرفیت اتم** می‌گویند (شکل ۲۴).

$_{35}Br: [Ar]3d^{10}\ 4s^2 4p^5$ → تعداد الکترون ظرفیت = ۲+۵ = ۷

$_{11}Na: [Ne]\ 3s^1$ → تعداد الکترون ظرفیت = ۱

شمارهٔ لایهٔ ظرفیت

شکل ۲۴ـ آرایش الکترونی و تعیین الکترون‌های ظرفیت در اتم سدیم و برم

خود را بیازمایید

آ) با مراجعه به جدول دوره‌ای عنصرها، جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	$_{3}Li$	$_{8}O$	$_{10}Ne$	$_{14}Si$	$_{20}Ca$	$_{27}Co$	$_{35}Br$
شمارهٔ گروه	۱	۱۶	۱۸	۱۴	۲	۹	۱۷
شمارهٔ دوره	۲	۲	۲	۳	۴	۴	۴

• در عنصرهای دستهٔ d از دورهٔ چهارم، لایهٔ ظرفیت شامل زیرلایه‌های 4s و 3d است.

ب) جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	آرایش الکترونی فشرده	شماره لایهٔ ظرفیت	تعداد الکترون‌های ظرفیت
$_{3}Li$			
$_{8}O$			
$_{10}Ne$			
$_{14}Si$			
$_{20}Ca$	$[Ar]\ 4s^2$	n = ۴	۲
$_{27}Co$			
$_{35}Br$			

Scanned by CamScanner

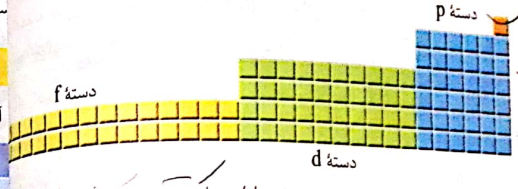
پ) از روی آرایش الکترونی اتم هر عنصر می‌توان موقعیت آن را در جدول تعیین

این منظور:

- شمارهٔ لایهٔ ظرفیت را با شمارهٔ دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه می‌گیرید؟
- شمارهٔ گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟
- شمارهٔ گروه کدام عنصرها با تعداد الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در
- بین شمارهٔ گروه و تعداد الکترون‌های ظرفیت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.
- برای عنصرهای دستهٔ d، شمارهٔ دوره و گروه را چگونه می‌توان از روی آرایش به‌دست آورد؟ توضیح دهید.

۲ـ موقعیت عنصرهای کربن($_{6}C$)، آلومینیم ($_{13}Al$) ، آهن ($_{26}Fe$) و روی ($_{30}Zn$) در جدول دوره‌ای عنصرها تعیین کنید.

۳ـ عنصرهای جدول دوره‌ای را می‌توان در چهار دسته به‌صورت 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
یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش
بسیار کمی دارند، از این‌رو پایدارند. به نظر شما آیا بین ساختار الکترونی این اتم‌ها
و واکنش‌ناپذیری آنها رابطه‌ای هست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش به آرایش الکترو

گاز نجیب توجه کنید:

: $1s^2$

: [He] $2s^2\,2p^6$

: [Ne] $3s^2\,3p^6$

[Ar] $3d^{10}\,4s^2\,4p^6$

در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم) که در تنها لایهٔ

● 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.

ود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی

یهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به‌طوری که اگر لایهٔ ظرفیت اتمی، **هشت‌تایی** باشد، آن

۴ واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایهٔ ظرفیت اتمی هشت‌تایی نباشد، آن

۴ واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام **الکترون ـ نقطه‌ای** ارائه کرد که

آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛

ای نمونه، آرایش الکترون ـ نقطه‌ای سدیم به‌صورت Na. است.

برای رسم آرایش الکترون ـ نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت برای مثال

سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای

قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد

ه هر نقطه به‌صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون ـ نقطه‌ای اتم‌های کربن،

سفر و آرگون به‌صورت زیر است:

$\cdot\dot{C}\cdot$ $\quad$ $\cdot\dot{P}\cdot$ $\quad$ $:\ddot{A}r:$

خود را بیازمایید

آ) جدول زیر را کامل کنید.

عنصر	$_{4}Li$	$_{4}Be$	$_{5}B$	$_{6}C$	$_{7}N$	$_{8}O$	$_{9}F$	$_{10}Ne$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون ـ نقطه‌ای								

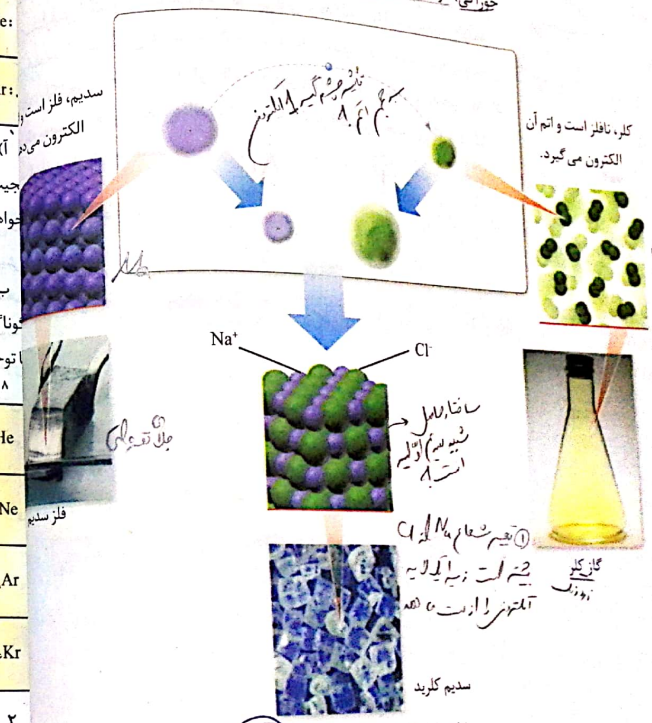
عنصر	$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
آرایش الکترونی فشرده								
تعداد الکترون‌های ظرفیت								
آرایش الکترون ـ نقطه‌ای	Na.							

ب) آرایش الکترون ـ نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.

پ) بین شمارهٔ گروه و آرایش الکترون ـ نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

Scanned by CamScanner

رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به‌طوری که هشت‌تایی شدن لایهٔ ظرفیت و دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش 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 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 با دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

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

با هم بیندیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

۱						۱۸
$H\cdot$	۲		۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	$He:$
$Li\cdot$	$Be\cdot$		$\cdot\dot{B}\cdot$	$\cdot\dot{C}\cdot$	$\cdot\ddot{N}\cdot$	$:\ddot{O}\cdot$	$:\ddot{F}\cdot$	$:\ddot{Ne}:$
$Na\cdot$	$Mg\cdot$		$\cdot Al\cdot$	$\cdot Si\cdot$	$\cdot\ddot{P}\cdot$	$:\ddot{S}\cdot$	$:\ddot{Cl}\cdot$	$:\ddot{Ar}:$

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

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

۱						۱۸
×	۲		۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	$_2He$
Li^+	×		×	×	N^{3-}	O^{2-}	F^-	$_{10}Ne$
Na^+	Mg^{2+}		Al^{3+}	×	P^{3-}	S^{2-}	Cl^-	$_{18}Ar$
K^+	Ca^{2+}		×	×	×	×	Br^-	$_{36}Kr$

۲- در هر مورد با خط‌زدن واژهٔ نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

آ) اگر تعداد الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با سه / چهار باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که تعداد / همهٔ الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به کاتیون / آنیون تبدیل شود.

آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس (۱۸۷۵-۱۹۴۶)

لوویس یکی از پیشتازان دانش شیمی و بنیان‌گذار نظریهٔ تشکیل پیوند شیمیایی و نظریهٔ الکترونی اسید ـ باز بود. او واژهٔ فوتون را برای ذره‌های سازندهٔ نور پیشنهاد کرد.

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

Scanned by CamScanner

ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با از دست دادن الکترون به

پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با به دست آوردن

دارد.

۳ـ پیش‌بینی کنید اتم عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شمارهٔ ۷ و ۱۲ جدول

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

اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب

از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه این دو اتم در شرایط مناسب در کنار هم قرار گیرند

واکنش می‌دهند به‌طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می

میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبهٔ

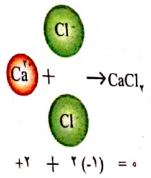
برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که **پیوند یونی** نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این

کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی CaO نشان می‌دهند. این فرمول

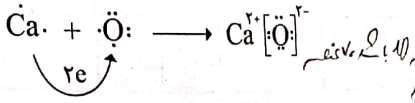
نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازندهٔ این ترکیب‌اند و نسبت یون‌های

آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازندهٔ آنها یون است، ترکیب

نام دارند.

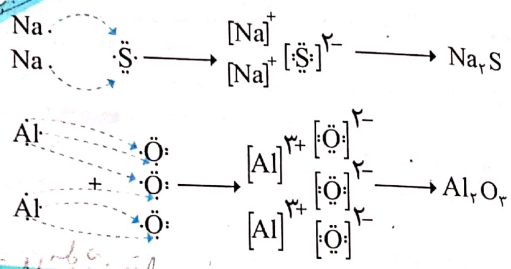


● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید



با هم بیندیشیم

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. از این ویژگی می‌توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.



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

● ترکیب‌های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده‌اند، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می‌شود.

● ترکیب یونی شامل تعداد بسیار زیادی یون با آرایشی منظم است که در ساختار آنها مولکولی وجود ندارد؛ از این‌رو در متون علمی برای آنها واژهٔ مولکول را به کار نمی‌برند.

۱ـ روشی برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی ارائه کنید.

۲ـ فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های زیر را بنویسید.

آ) کلسیم کلرید ب) پتاسیم نیترید

پ) منیزیم سولفید ت) آلومینیم برمید

۳ـ با توجه به داده‌های جدول زیر، شیوهٔ نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی را مشخص و جدول صفحهٔ بعد را کامل کنید.

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

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

Scanned by CamScanner

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

تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا همهٔ اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در علوم پا

آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و

سازندهٔ آن‌ها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب

مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها نیز رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاک

واکنش‌پذیری اتم‌هاست؟

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

$:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\ddot{C}}}l\cdot$

گاز کلر، که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی (Cl_2) تشکی

است. با توجه به آرایش الکترون ـ نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به

زیر نشان داد:

$$:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\ddot{C}}}l\cdot + \cdot\dot{\underset{\cdot\cdot}{\ddot{C}}}l: \longrightarrow :\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}:\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}: \quad \text{یا} \quad :\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}-\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به‌طو

دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون ـ نقطه‌ای به هر دوی آن‌ها تعلق دارد.

وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.

هشت‌تایی — هشت‌تایی

(مولکول Cl_2)

آیا می‌دانید

اختر شیمی‌دان‌ها 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 ۱۲۰ مولکول در فضاهای بین ستاره‌ای شناخته شده‌است. این مولکول‌ها دو یا چندتایی است. بسیاری از مولکول‌های یافت شده در زمین نیز هستند؛ اما مولکول‌هایی هم شناخته شده است که در زمین وجود ندارند. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شود؛ سپس این یون‌ها با الکترون‌های آزاد در فضاهای بین ستاره‌ای وجود دارد.

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 می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (شکل ۲۶).

$$:\ddot{O}\cdot + \cdot\ddot{O}: \quad \text{یا} \quad :\ddot{O}::\ddot{O}: \text{ یا } :\ddot{O}=\ddot{O}: \qquad H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot H \quad \text{یا} \quad H:\ddot{O}:H \text{ یا } H-\ddot{O}-H$$

هشت‌تایی — هشت‌تایی

دوتایی — هشت‌تایی — دوتایی

(O_2) (H_2O)

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

(HCl) (NH_3) (CH_4)

مدل فضاپرکن برای برخی مولکول‌ها

خود را بیازمایید

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

آ) هیدروژن کلرید (HCl)

ب) آمونیاک (NH_3)

پ) متان (CH_4)

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

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

جرم مولی یک ماده یا مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای مثال، جرم مولی آب، H_2O، برابر با $2\times1 + 16 = 18g$ است.

Scanned by CamScanner

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

$_{56}Ba$:[Xe] $6s^2$

$_{53}I$:[Kr] $4d^{10}5s^25p^5$

آ) پیش‌بینی کنید که هر یک از اتم‌های باریم و ید در شرایط مناسب به چه یون‌هایی تبدیل می‌شود؟

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

۶ـ خورشید روزانه 10^{22} ژول انرژی به سوی زمین گسیل می‌دارد.

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

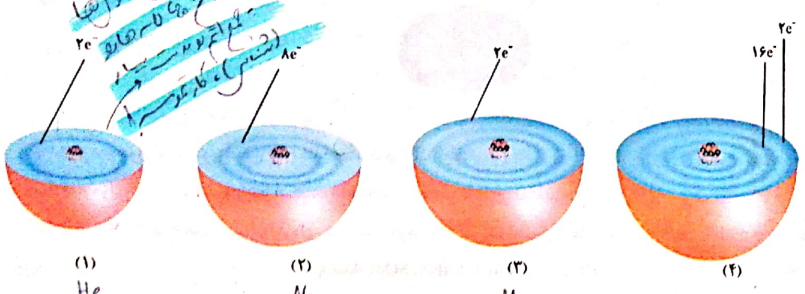
ب) اگر انرژی تولید شده در خورشید از رابطهٔ $E=mc^2$ به‌دست آید، حساب کنید سالانه چند گرم از جرم خورشید کاسته می‌شود؟

۷ـ گرافیت (گر شکلی) از کربن است. در قرن شانزدهم میلادی قطعهٔ بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری گرافیت، مردم در آن زمان می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می‌دانیم که جنس گرافیت است، اما این مادهٔ همچنان به سرب مداد معروف است. در ۰/۳۶ گرم گرافیت خالص، چند مول از مداد از جنس گرافیت است، اما این مادهٔ همچنان به سرب مداد معروف است. در ۰/۳۶ گرم گرافیت خالص، چند مول اتم کربن و چند اتم کربن وجوددارد؟

۸ـ در جدول روبه‌رو عنصرهایی نشان داده شده است که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دو اتمی وجود دارند. با استفاده از آرایش الکترون - نقطه‌ای، ساختار این مولکول‌ها را رسم کنید.

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

۹ـ هر یک از شکل‌های زیر برشی از اتم یک عنصر را نشان می‌دهد؛ با توجه به آن:



(۱) (۲) (۳) (۴)

تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ بررسی نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ نشان داد که در این شهاب‌سنگ ایزوتوپ‌های ^{54}Fe ،^{56}Fe ،^{57}Fe وجود دارند.

آ) آرایش الکترونی $_{26}Fe$ را رسم کنید.

ب) موقعیت آهن را در جدول دورهای عنصرها مشخص کنید. در کدام دوره و گروه هست؟

پ) آهن به کدام دسته از عنصرهای جدول تعلق دارد؟ چرا؟

ت) آرایش الکترونی ایزوتوپ‌های آهن یکسان است؟ چرا؟

۲ـ با استفاده از آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها در هر مورد، روند تشکیل، نام و فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش اتم های داده شده را مشخص کنید.

آ) $_{19}K$ با $_9F$

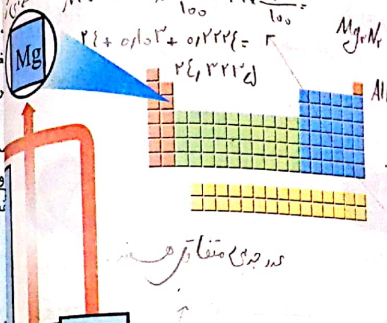
ب) $_{12}Mg$ با $_7N$

پ) $_{13}Al$ با $_9F$

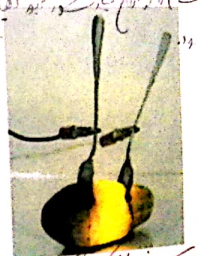
۳ـ با توجه به شکل:

آ) جرم اتمی میانگین منیزیم را به‌دست آورید.

ب) مفهوم هم‌مکانی را توضیح دهید.



۴ـ هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و ۱۱۰ ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیارشور مانند شکل زیر درخشیدن می کند. 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.

Scanned by CamScanner

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

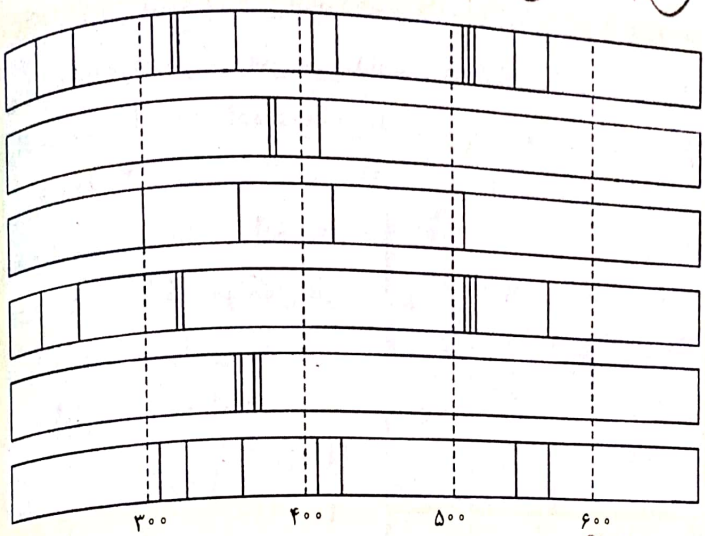
ب) کدام اتم(ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

پ) آرایش الکترون-نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلوئور چه

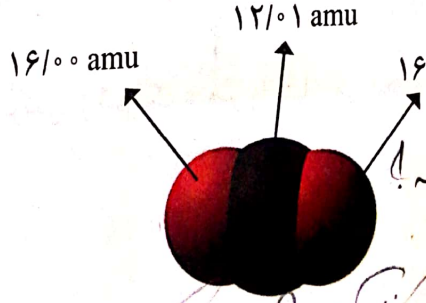
ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به‌طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

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

- مس و کروم
- مس و جیوه
- کلسیم و کروم



۱۱- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید مطابق شکل زیر توانست، جرم یک مولکو
برحسب amu به‌درستی 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 به‌دست آورید.

ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عنصرها، جرم مولی هریک از ترکیب‌های زیر را برحسب $g.mol^{-1}$ آورید.

Cl_2 ، HCl ، $NaCl$، CaF_2 ، SO_3 ، Al_2O_3

Scanned by CamScanner