

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

شیمی (۱)

رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه دهم

دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

شیمی (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۰
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، شریف کامیابی، نعمت‌الله ارشدی، سیف‌الله جلیلی، عابد بدریان، راضیه بندکار سخی، معصومه شاه‌محمدی اردبیلی و منصور مختاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
حسن حذرخانی، علیرضا عابدین، حسین زمانی سیفی کار و معصومه شاه‌محمدی اردبیلی (اعضای گروه تألیف) - نعمت‌الله ارشدی (پیش‌نویس فصل ۱) - راضیه بندکار سخی و سیف‌الله جلیلی (پیش‌نویس فصل ۲) - منصور مختاری، دوست محمد سمیعی، فرشاد صیرفی زاده، فیروزه منتظری و محمد‌امین نظامی (اعضای گروه مشورتی) - حسن حذرخانی (ویراستار علمی) - محمد دانشگر (ویراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مهدیه صفائی‌نیا (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - مریم کیبوران (طراح جلد) - مریم دهقان‌زاده، فاطمه باقری‌مهر، کبری اجلاتی، زهرا رشیدی مقام، فرشته ارجمند، فربا سیر، ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)
تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۰۲۶۶۵۹۳۵۰، ۰۲۶۶۱۶۱۱۳۸، دورنگار: ۰۲۶۶۱۶۱۳۵۹، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.irttextbook.ir و www.chap.sch.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخت)، تلفن: ۰۵-۱۶۱۱۸۵۰۴۴، دورنگار: ۰۵-۱۶۰۸۹۴۹، صندوق پستی: ۰۵-۱۳۹۳۷۵۱۵

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
چاپ هشتم ۱۴۰۲

نام کتاب:
پدیدآورنده:
 مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:
شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:
چاپخانه:
سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۳۲
ISBN: 978-964-05-2732-0

..... فهرست

مقدمه

فصل اول: کیهان زادگاه الفبای هستی ۱



فصل دوم: رُد پای گازها در زندگی ۴۷



فصل سوم: آب، آهنگ زندگی ۸۵



واژه‌نامه ۱۲۳

منابع ۱۲۶

کیهان زادگاه الغبای هستی



••• «هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ» آیه ۴۰، سوره حديد
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 مجدوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پر فروغ 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 برهم کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند.



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

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

اما پس از عبور از این قلمرو، علم تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش‌های دوم و سوم انجام داده است. این تلاش‌ها سبب شد تا دانش ما درباره جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما درباره کیهان و منشأ آن اطلاعاتی داریم که نیاکانمان حتی نمی‌توانستند آنها را تصور کنند؛ برای نمونه ما به فضا می‌رویم؛ با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده‌ایم؛ در پی یافتن زندگی در دیگر سیاره‌ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می‌کنیم. آشکار است که با گذشت زمان، انسان به پیشرفت‌هایی دست خواهد یافت که امروز در ذهن ما نمی‌گنجد. تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضایپما به نام‌های **وویجر ۱** و **۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی است (شکل ۱).



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

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

عنصرها چگونه پدید آمدند؟

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

آیا می‌دانید

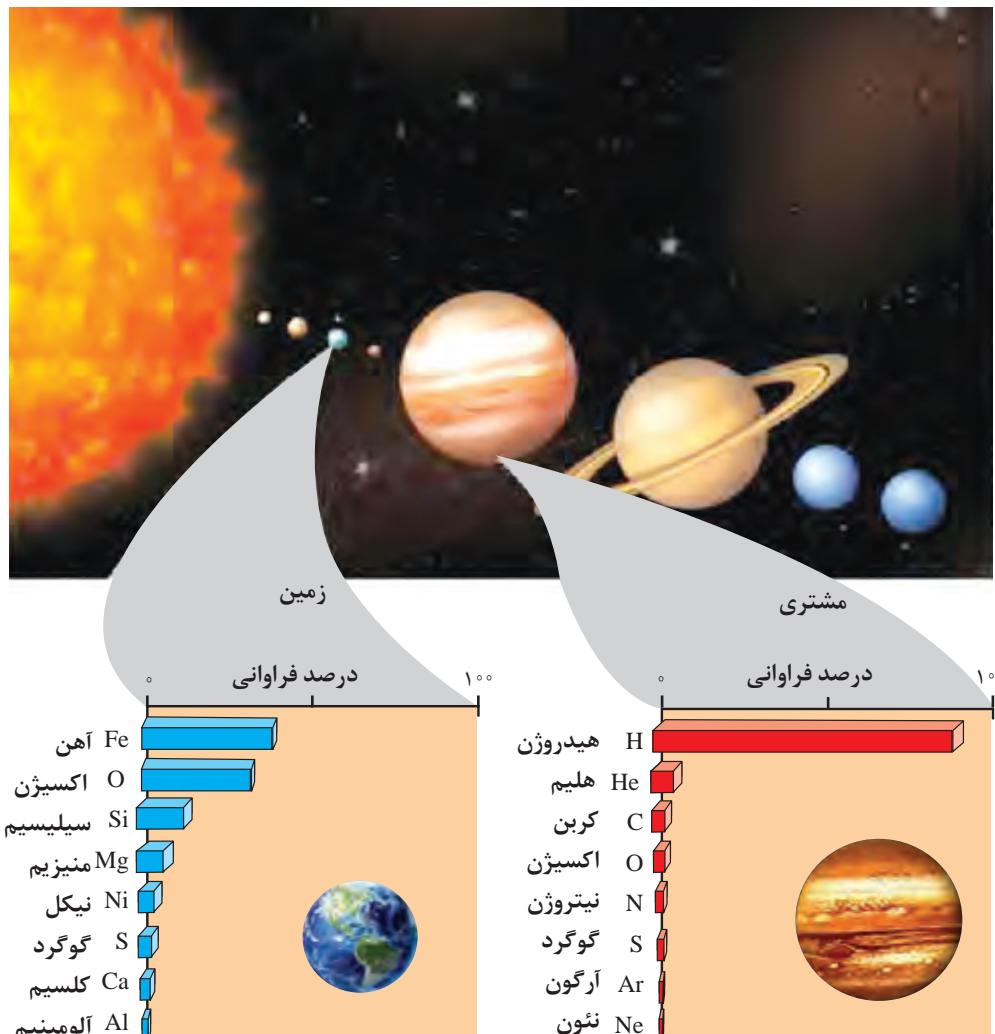
دانشمندان مسلمان علاقه زیاد به آسمان شب و مطالعه ستاره‌ها داشتند. عبدالرحمٰن صوفی یکی از ستاره‌شناسان ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کهکشان «آندرویدا» ارائه داده است. این کهکشان نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است. او همچنین درباره موقعیت ستاره‌ها، اندازه و رنگ آنها در صورت‌های فلکی اطلاعات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

آیا می‌دانید

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

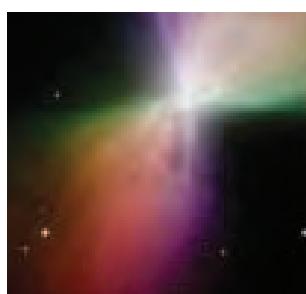
خود را بیازمایید

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



آیا می‌دانید

سحابی بومرنگ، سرددترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای -272°C است که حدود ۵۰۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی سنتاروس (قنطuros)^۱ واقع شده است.



آ) فراوانترین عنصر در هر سیاره، کدام است؟

ب) عناصرهای مشترک در دو سیاره را نام ببرید.

پ) در کدام سیاره، عنصر فلزی وجود ندارد؟

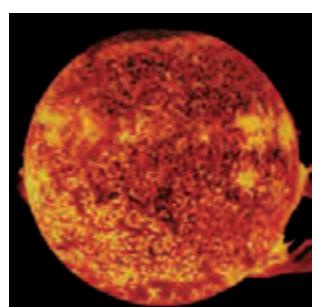
ت) پیش‌بینی کنید سیارهٔ مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟

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

چند نمونه نام ببرید.

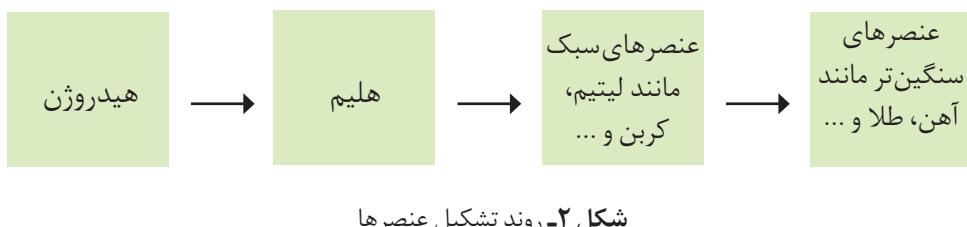
آیا می‌دانید

دماهای سطح خورشید به حدود 6000°C و دماهای درون آن به حدود 1000000°C می‌رسد. در این ستاره به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای در هر ثانیه $5000,000,000$ کیلوگرم از جرم کاسته شده و به انرژی تبدیل می‌شود. آبرت اینشتین رابطه $E=mc^2$ را برای محاسبه انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد. در این رابطه، m جرم ماده برحسب کیلوگرم، c سرعت نور برحسب متر بر ثانیه ($3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$) و E ، انرژی آزاد شده برحسب ژول است. بر این اساس اگر در یک واکنش هسته‌ای 24% گرم ماده به انرژی تبدیل شود، 2.16×10^{11} ژول انرژی تولید خواهد شد. با این توصیف برآورد می‌شود که خورشید می‌تواند تا $5000,000$ سال دیگر نورافشانی کند.



دریافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیاره زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عنصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به طوری که برخی از آنها بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ)^۱ همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون، عنصرهای هیدروژن و هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام سحابی^۲ ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

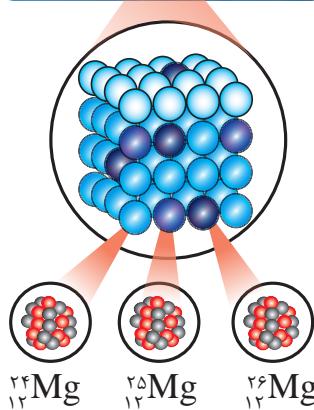
درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین تر پدید می‌آیند. جالب است بدانید که ستاره‌ها^۳ متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده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



شکل ۲- روند تشکیل عنصرها

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

آیا همه اتم‌های یک عنصر پایدارند؟



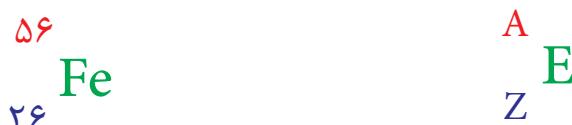
شکل ۳- ایزوتوب‌های منیزیم در یک نمونه طبیعی از آن.

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

شیمی‌دان‌ها ماده‌ای را عنصر می‌نامند که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد، برای نمونه منیزیم و هلیم عنصر به شمار می‌روند زیرا یک نمونه منیزیم حاوی اتم‌های منیزیم و یک نمونه هلیم حاوی اتم‌های هلیم است. جالب است بدانید بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که جرم همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوب)^۱ است (شکل ۳).

خود را بیارما باید

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



نماد شیمیایی اتم آهن

نماد همگانی اتم‌ها

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

نماد ایزوتوب	Z	A	شمار نوترон	شمار الکترون

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

۱ - Isotope

با هم بیندیشیم

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

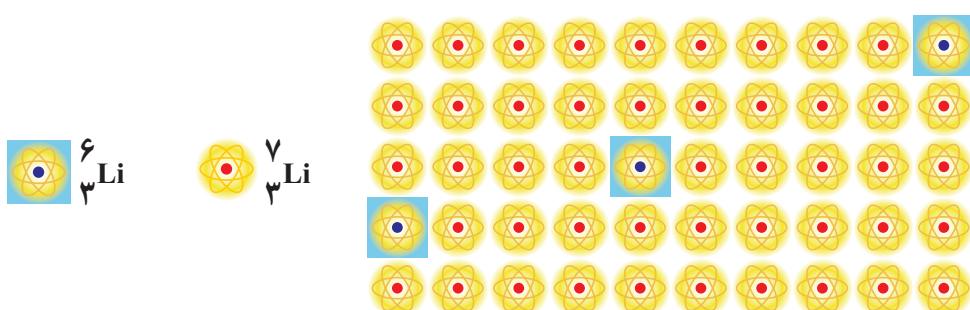
نماد ایزوتوب ویژگی ایزوتوب	^1_1H	^2_1H	^3_1H	^4_1H	^5_1H	^6_1H	^7_1H
نیم عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲	$1/4 \times 10^{-22}$	$9/1 \times 10^{-22}$	$2/9 \times 10^{-22}$	$2/3 \times 10^{-23}$
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	° (ساختگی)	° (ساختگی)	° (ساختگی)	° (ساختگی)

در میان ایزوتوب‌های کربن، ^{14}C خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیاء قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوههای سیبری و تعیین قدمت آن با استفاده از ^{14}C ، مشخص شد که این فرش به ۲۵۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.



- آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوب‌ها وجود دارد؟
- ب) یک نمونهٔ طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوب است؟
- پ) نیم عمر هر ایزوتوب نشان می‌دهد که آن ایزوتوب تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوب هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟
- ت) هستهٔ ایزوتوب‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوب‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوب 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 ایزوتوب هیدروژن دارای این ویژگی است؟
- ج) اگر ایزوتوب‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوب^۱ نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوب‌های هیدروژن، رادیوایزوتوب به شمار می‌رود؟
- چ) درصد فراوانی^۲ هر ایزوتوب 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 ایزوتوب‌های لیتیم را حساب کنید.



تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر



نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ تکنسیم

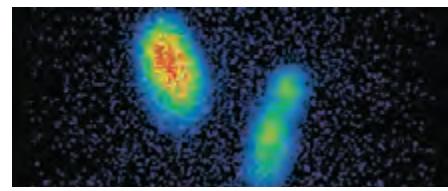
هنگام عکسبرداری از دندان‌ها در رادیولوژی باید با استفاده از پوشش‌های سربی از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرانرژی و خطرناک محافظت کرد.

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

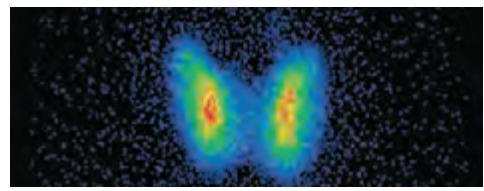
از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزه کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور)^۱ هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ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



(آ)



(ب)



(پ)

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

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

ما می‌توانیم

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



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

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، **غنى سازی ایزوتوپی**^۱ گفته می‌شود؛ فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده گانه کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).

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



شکل ۶- برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

آیا می‌دانید

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



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

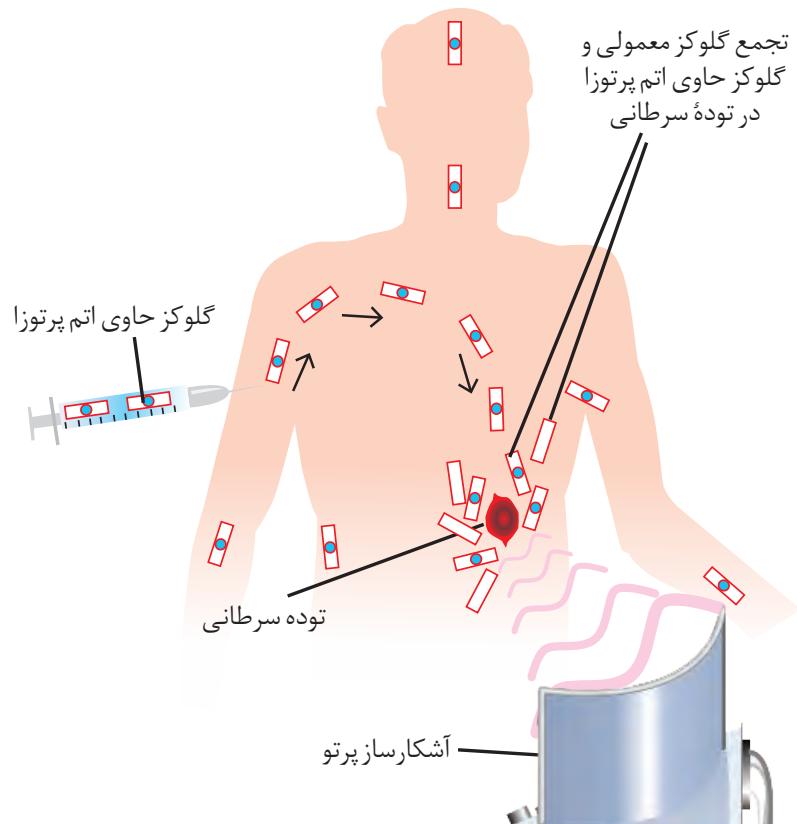
با هم بیندیشیم

- به گلوكز حاوي اتم پرتوza، گلوكز نشان دار می گويند.

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



- دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریدچار 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 مže 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 منفذ و ترک های موجود در سنگ های سازنده پوسته زمین نفوذ می کند.

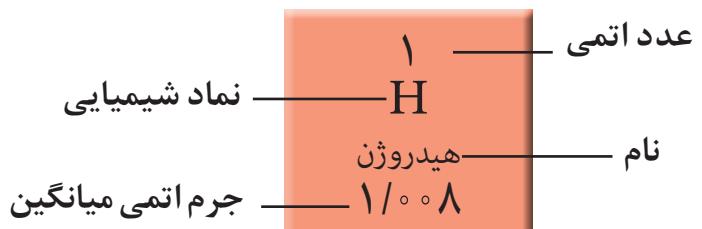
طبقه بندی عنصرها

طبقه بندی کردن یکی از مهارت های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که بررسی و تحلیل را آسان تر می کند. در واقع با استفاده از طبقه بندی، یافته ها و داده ها را به شیوه مناسبی سازماندهی می کنند تا بتوان سریع تر و آسان تر به اطلاعات دسترسی یافت. در درس علوم با اساس طبقه بندی عنصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی دان ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را 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 عنصرها

۶۳ Eu اوروبیم ۱۵۲,۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷,۳۰	۶۵ Tb تریبیم ۱۵۸,۹۰	۶۶ Dy دیسیروزیم ۱۶۲,۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴,۹۰	۶۸ Er اریم ۱۶۷,۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸,۹۰	۷۰ Yb ایتریم ۱۷۳,۰۰
۹۵ Am امریسم [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 عناصرها. 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، Au و Ar است که همگی با حرف A آغاز می‌شود.



۱	H هیدروژن ۱,۰۰۸	۲							
۲	Li لیتیم ۶,۹۴	Be بریلیم ۹,۰۱							
۳	Na سدیم ۲۲,۹۹	Mg منیزیم ۲۴,۳۱							
۴	K پتاسیم ۳۹,۱۰	Ca کلسیم ۴۰,۰۸	Sc اسکاندیم ۴۴,۹۶	Ti تیتانیم ۴۷,۸۷	V وانادیم ۵۰,۹۴	Cr کروم ۵۲,۰۰	Mn منگنز ۵۴,۹۴	Fe آهن ۵۵,۸۵	Co کبالت ۵۸,۹۳
۵	Rb روبیدیم ۸۵,۴۷	Sr استرانسیم ۸۷,۶۲	Y ایتریم ۸۸,۹۱	Zr زیرکونیم ۹۱,۲۲	Nb نیوبیم ۹۲,۹۱	Mo مولیبدین ۹۵,۹۴	Tc تکنسیم -	Ru روتنیم ۱۰۱,۱	Rh روڈیم ۱۰۲,۹۰
۶	Cs سزیم ۱۳۲,۹	Ba باریم ۱۳۷,۳	Lu لوتسیم ۱۷۵,۰	Hf هافنیم ۱۷۸,۵	Ta تاتال ۱۸۰,۹۰	W تتگستن ۱۸۳,۸۰	Re رزمیم ۱۸۶,۲۰	Os اسمیم ۱۹۰,۲۰	Ir ایریدیم ۱۹۲,۰
۷	Fr فرانسیم [۲۲۳]	Ra رادیم [۲۲۶]	Lr لورنسیم [۲۶۲]	Rf رادرفوردیم [۲۶۷]	Db دادنبیم [۲۶۸]	Sg سبورگیم [۲۷۱]	Bh بوریم [۲۷۲]	Hs هاسیم [۲۷۷]	Mt مايتزرم [۲۷۶]

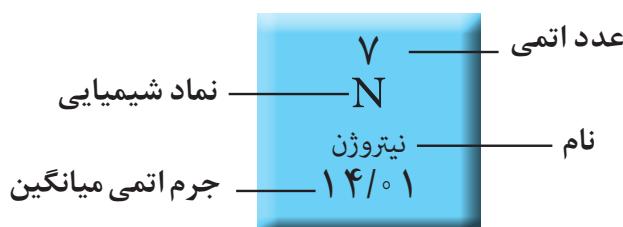
۵۷ La لانthan ۱۳۸,۹	۵۸ Ce سریم ۱۴۰,۱۰	۵۹ Pr پراسائوودیمیم ۱۴۰,۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴,۲۰	۶۱ Pm پرومیتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریم ۱۵۰,۴۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲,۰۰	۹۱ Pa پرووتاکتینیم ۲۳۱,۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸,۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پلوتونیم [۲۴۴]

در جدول دوره‌ای^۱ (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی^۲ سازماندهی شده‌اند، به طوری که جدول دوره‌ای عنصرها از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک ($Z=1$) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ ختم می‌شود. این جدول، ۷ دوره^۳ و ۱۸ گروه^۴ دارد. هر ردیف افقی جدول، که نشان دهنده چیدمان عنصرها بر حسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد؛ در حالی که هر ستون، شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نامیده می‌شود. بدیهی است خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است. با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این‌رو چنین جدولی را جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها نامیده‌اند.

آیا می‌دانید

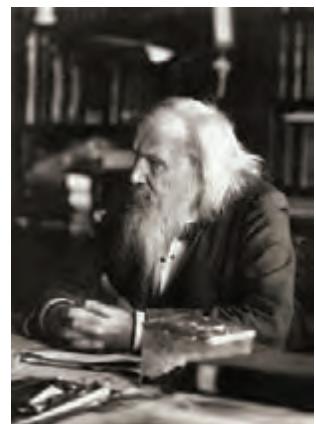
بزرگترین پیشرفت در زمینه دسته‌بندی عنصرهای اکارهای مندلیف (۱۸۳۴-۱۹۰۷ میلادی) به دست آمد. مندلیف یک معلم شیمی اهل روسیه بود که به وجود روند تناوبی میان عنصرها مشابه با شیوه‌ای که امروز می‌شناسیم، پی‌برد.

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



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

نماد عنصر	نام عنصر	شماره گروه	شماره دوره	عدد اتمی
Fe	آهن	۱۴	۸	۲۶
C	کربن	۶	۴	۶
P	فسفر	۵	۳	۱۵
O	اکسیژن	۲	۲	۸
He	هليوم	۱	۱	۲



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

در میان تارنماها

● آیا تاکنون به اطلاعات داده شده در بلیت قطار، هوابیما، 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» درباره دسته‌بندی عنصرها به روش‌های دیگر، اطلاعاتی جمع‌آوری و به کلاس گزارش کنید.

خود را بیازمایید

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

۲- هلیم ($_{2}\text{He}$)، 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) $_{16}\text{S}$ (پ) $_{12}\text{C}$

۳- اتم فلور ($_{9}\text{F}$) در ترکیب با فلزها به یون فلورید (F^-) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از عنصرهای زیر می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلورید 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؟

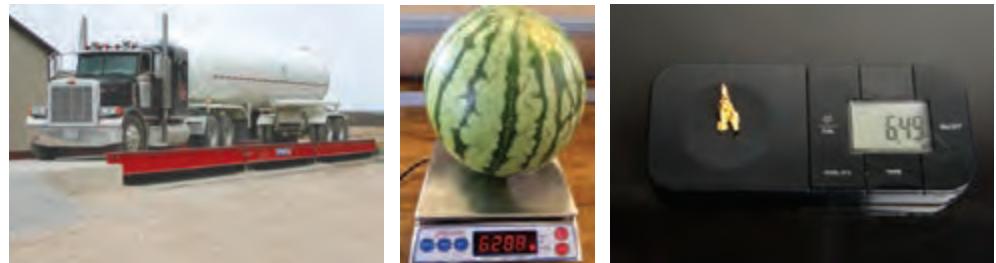
(آ) $_{19}\text{K}$ (ب) $_{21}\text{Ga}$ (پ) $_{7}\text{N}$

آیا می‌دانید

آیوپاک (IUPAC)، اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی است که یکاهای، 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 ترازووهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۹).

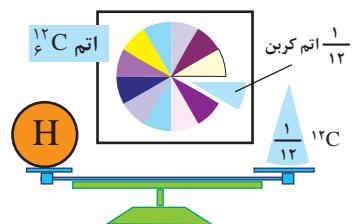


شکل ۹- جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازووهای دقیق‌تر و یکای گرم می‌سنجند.

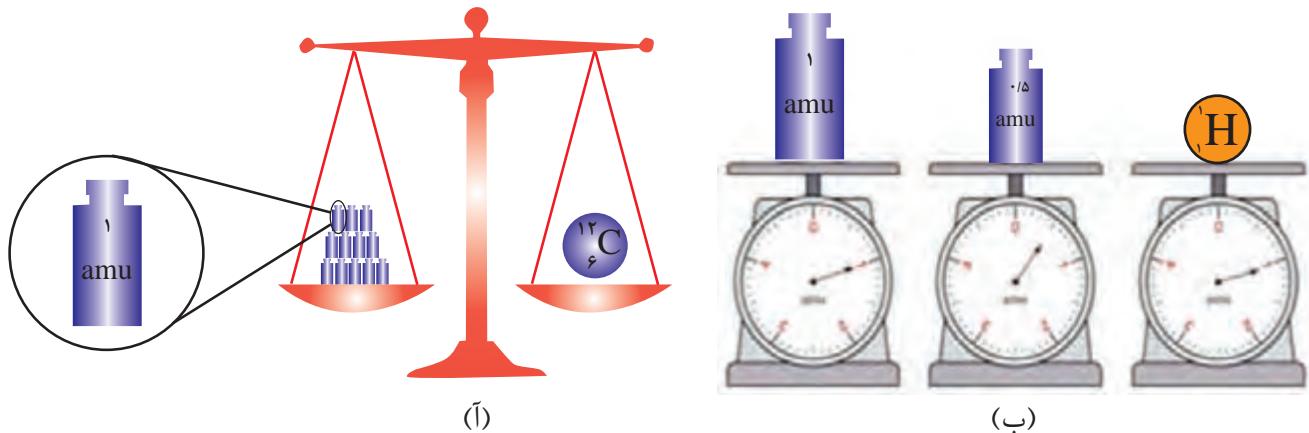
با این توصیف، ترازوهایی که برای اندازه‌گیری جرم مواد گوناگون به کار می‌رود، دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارند؛ برای نمونه، دقت باسکول‌های تی‌تاک صدم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم است. با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر است. آیا می‌توان جرم یک دانه برق 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 پی‌یافتن سنجه‌ای مناسب و در دسترس برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند.

اتم‌ها بسیار ریزنده 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 می‌سنجد که جرم آن $\frac{1}{12}$ جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ است (شکل ۱۰). به این وزنه، یکای جرم اتمی^۱ (amu) می‌گویند.



الگویی دیگر برای نمایش amu



شکل ۱۰-آ) اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را برابر با عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس این عدد را به 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، اتم هیدروژن قرار گیرد، جرم $1/008$ amu به دست می‌آید.

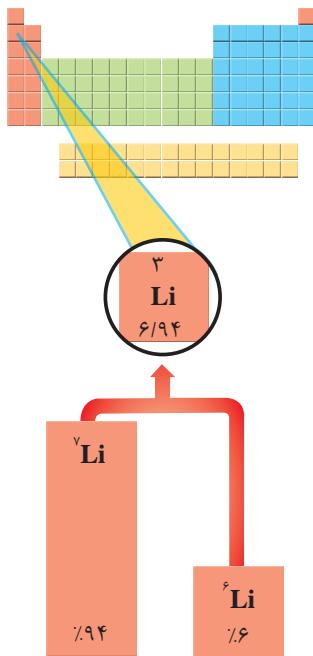
یکای جرم اتمی را با نماد u نیز نشان می‌دهند. برای نمونه جرم اتمی میانگین هیدروژن برابر با $1/008$ u یا $1/008$ amu است.

با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عناصرها 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 $\frac{1}{2000}$ amu است (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتومی

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

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



با این توصیف جرم اتم $^{7}_{\Lambda}Li$ را می‌توان ۷amu 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؟

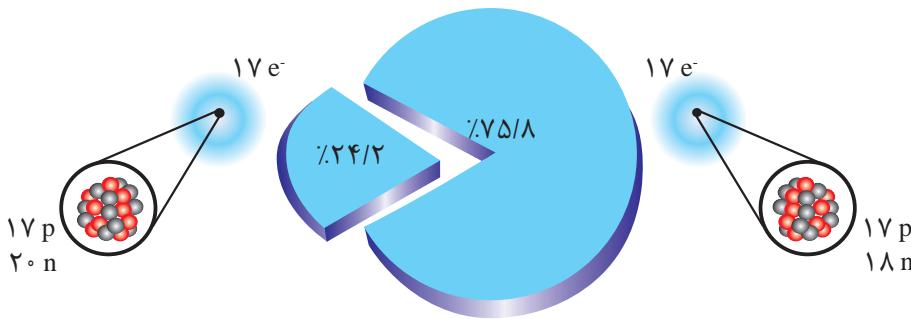
با هم بیندیشیم

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

- ۲- شکل روبرو ایزوتوپ‌های کل را نشان می‌دهد.



آ) جرم اتمی میانگین کل را حساب کنید.

ب) جرم اتمی میانگین به دست آمده را با جرم اتمی کل در جدول دوره‌ای مقایسه کنید.

شمارش ذره‌ها از روی جرم آنها

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



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

با هم بیندیشیم

آ) جدول زیر را کامل کنید.

ماده	جرم ۱ عدد (گرم)	جرم ۵ عدد (گرم)	جرم ۱۰۰۰ عدد (گرم)
کاغذ آ	۴۵۰۰
عدس	۵۶
برنج	۲۲
خاکشیر	۲



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

- برآورده کنید در یک کیسه ۴۰ کیلوگرمی برنج چند دانهٔ برنج وجود دارد؟

آیا می‌دانید

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

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

پیوند با ریاضی

آیا می‌دانید

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



۱- اگر بدانید که میانگین جرم هر اتم هیدروژن $g = 1/66 \times 10^{-24}$ amu است، حساب کنید نمونه یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم دارد؟

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

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



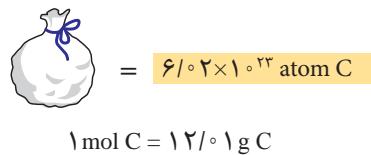
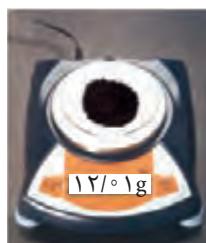
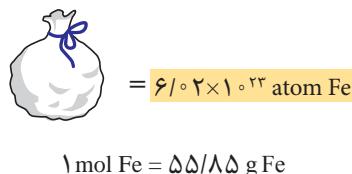
آیا می‌دانید

هر کهکشان در جهان هستی در حدود 4×10^{40} میلیارد ستاره در خود دارد! همچنین شمار کهکشان‌های جهان هستی حدود 10^{13} میلیارد برآورد می‌شود، در این صورت در جهان هستی حدود 8×10^{40} مول ستاره وجود دارد (چرا؟).

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

نقش N_A در شیمی مانند نقش شانه در شمارش تخم مرغ‌هاست با این تفاوت چشمگیر که عدد آووگادرو، عدد بسیار بزرگی است. شیمی‌دان‌ها به $10^{23} \times 6 \times 10^{23}$ 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).

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



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

با استفاده از هم‌ارزی میان کمیت‌ها می‌توان آنها را به یکدیگر تبدیل کرد به طوری که برای هر هم‌ارزی می‌توان دو عامل (کسر) تبدیل^۱ نوشت. در این عامل‌ها، صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکاست؛ برای نمونه از هم‌ارزی $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ می‌توان این دو

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

عامل تبدیل را نوشت:

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

$$\text{تبدیل } 15^{\circ} \text{ متر به سانتی‌متر توجه کنید:}$$

$$? \text{ cm} = 0/15 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 15 \text{ cm}$$

به همین ترتیب برای $C = 12/0.1 \text{ g}$ می‌توان دو عامل تبدیل به صورت زیر نوشت:

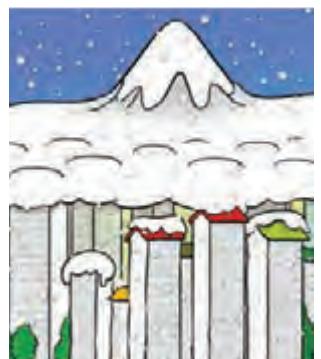
$$\frac{1 \text{ mol C}}{12/0.1 \text{ g C}} \quad \text{و} \quad \frac{12/0.1 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}$$

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

$$? \text{ mol C} = 0/6 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12/0.1 \text{ g C}} = 0.5 \text{ mol C}$$

آیا می‌دانید

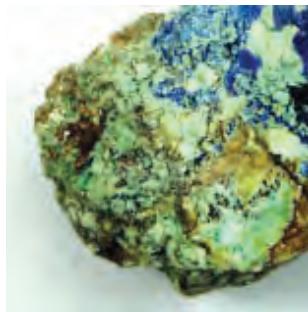
اگر 6.02×10^{23} دانه برف در سطح ایران بیارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قله دنا ($m = 4500$) همه کشور را می‌پوشاند.



آیا می‌دانید

خود را بیازمایید

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 شکل مذاب استخراج کند.



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

آ) ۵ مول الومینیم، چند گرم جرم دارد؟

ب) ۸٪ گرم گوگرد، چند مول گوگرد است؟

۲- دانش‌آموزی برای تعیین شمار اتم‌های موجود در 2% مول فلز روی، محاسبه زیر را به درستی انجام داده است. هر یک از جاهاي خالی را پر کنید.

$$? \text{ atom Zn} = ? / 2 \text{ mol Zn} \times \frac{\dots \text{ atom Zn}}{\dots \text{ mol Zn}} = 1 / 20 \times 10^{23} \text{ atom Zn}$$

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

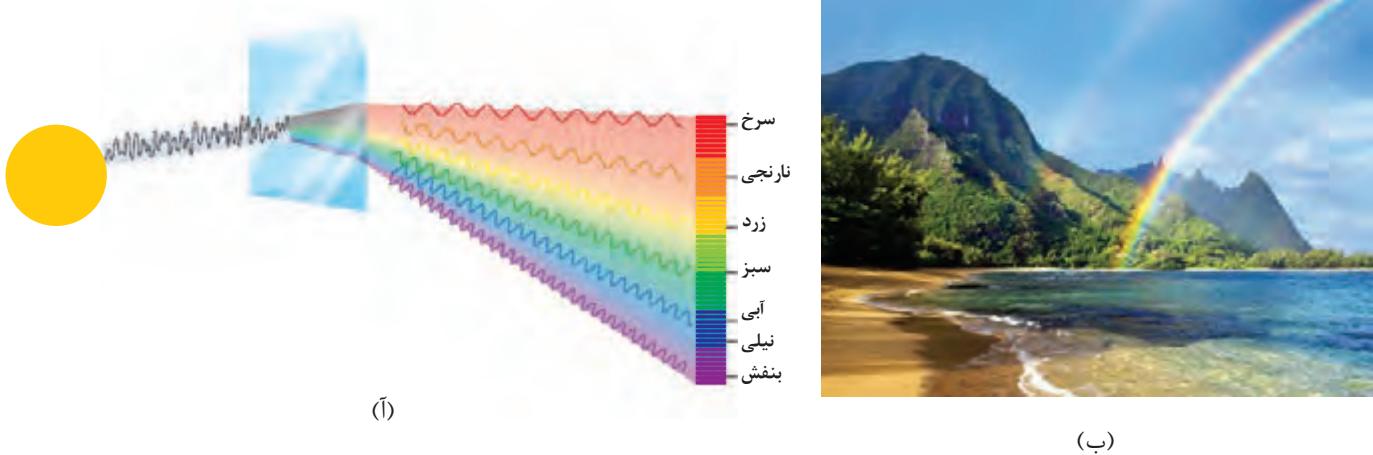
نور، کلید شناخت جهان

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

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.

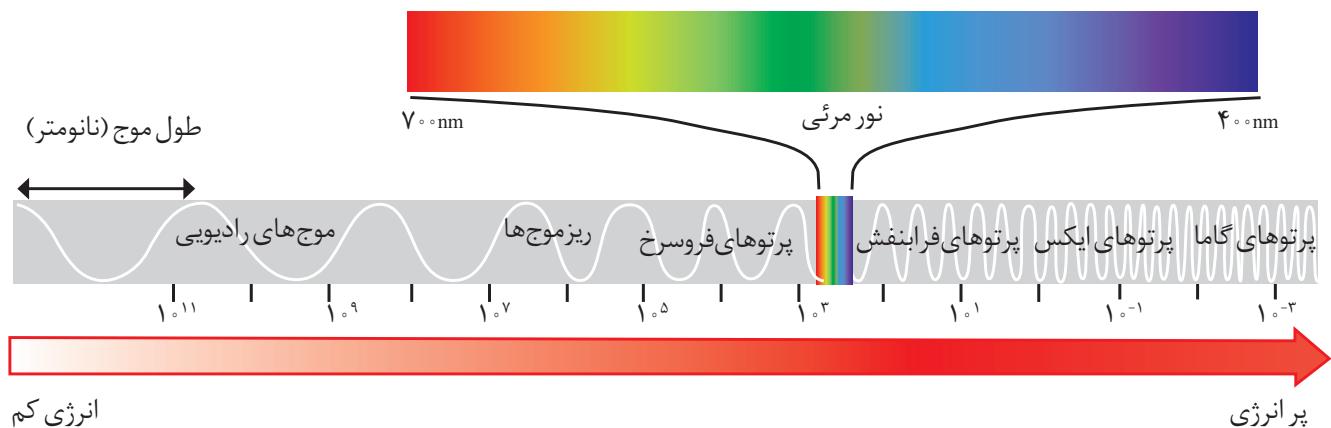
به دلیل اینکه خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند، ویژگی‌های آنها را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. همچنین دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دما‌سنج تعیین کرد؛ زیرا دما‌سنج در این دماها ذوب می‌شود؛ با این توصیف چگونه می‌توان دمای خورشید، اجزای سازندهٔ آن و دمای شعله‌های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

نور^۱، 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^۲ می‌توانند از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی درباره 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).



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

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 بر می‌گیرد، **گسترهٔ موئی^۱** می‌گویند (شکل ۱۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نور خورشید شامل گسترهٔ بسیار بزرگ‌تری از این پرتوهای است. 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 گسترهٔ پرتوهای الکترومغناطیسی است. یکی از ویژگی‌های موج طول موج^۲ است که آن را با λ نشان می‌دهند. با توجه به شکل آن را تعریف کنید.

خود را بیازمایید

آیا می‌دانید

در صورت فلکی شکارچی (Orion)، دمای سطح ستاره سرخ رنگ کمتر از دمای سطح خورشید است، اما دمای سطح ستاره آبی رنگ از دمای سطح خورشید بیشتر است.

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

۸۰ °C پ) ۲۷۵ °C ب) ۱۷۵ °C آ)



کاوش کنید

درباره اینکه «آیا دیگر پرتوهای الکترومغناطیس را می‌توان مشاهده کرد؟» کاوش کنید.

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 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.



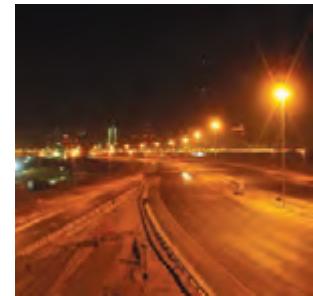
۳- آزمایش را با فشردن دیگر دکمه‌ها تکرار و مشاهده‌های خود را یادداشت نمایید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ توضیح دهید.

۴- از این مشاهده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



نشر نور و طیف نشری

آتش بازی با مواد شیمیایی، نورهای زیبا، چشم نواز 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 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 افشاره روی شعلهٔ بپاشیم، رنگ شعلهٔ تغییر می‌کند؛ برای نمونه رنگ شعلهٔ فلز سدیم و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و زردرنگ، در حالی که رنگ شعلهٔ فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن مشابه و سبزرنگ است (جدول ۲).

جدول ۲- رنگ شعلهٔ 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

- نورزد 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 نوشتۀ‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود.

- شعلهٔ ترکیب‌های سدیم، لیتیم و مس هر یک رنگ منحصر به فردی دارد و رنگ نشسته از هر یک، فقط باریکهٔ بسیار کوتاهی از گسترهٔ طیف مرئی را دربرمی‌گیرد.



مطابق جدول، رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است؛ از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که رنگ سرخ ایجاد شده در یک شعله می‌تواند، نشان‌دهنده وجود عنصر لیتیم در آن باشد. در واقع از روی تغییر رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی‌برد.

شیمی‌دان‌ها به فرایندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد، نشر^۱ می‌گویند. اگر نور نشر شده از یک ترکیب لیتیم دار در شعله را از یک منشور عبور دهیم، الگویی مانند شکل زیر به دست می‌آید که به آن طیف نشری خطی لیتیم^۲ می‌گویند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- 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 عنصر، طیف نشری خطی ویژه‌خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می‌توان از آن طیف برای شناسایی عنصر استفاده کرد.

خود را بیازمایید

طیف نشری خطی زیر از یک عنصر تهیه شده است.



با بررسی طیف‌های نشان داده شده در شکل زیر، مشخص کنید که طیف نشری بالا به کدام عنصر تعلق دارد؟ چرا؟



۱- Emission

۲- Linear Emission Spectra of Lithium

۳- Barcode

- کاربرد طیف‌های نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد خط نماد (بارکد)^۳ روی جعبه یا بسته مواد غذایی و بسیاری کالاهاست. هر نوع کالا، خط نماد ویژه خود را دارد. با خواندن آن به وسیله دستگاه لیرری ویژه‌ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.

آیا می‌دانید

ستاره‌شناسان در سال ۱۸۶۸ میلادی هنگام بررسی طیف نشری در پدیده خورشیدگرفتگی متوجه یک سری خطوط نشری شدند که با هیچ عنصری تا آن زمان همخوانی نداشت. این خطوط کشف عنصر جدیدی را نوید می‌داد. عنصری که هلیم نام گرفت (واژه یونانی هلیوس به معنای خورشید است). در سال ۱۸۹۴ میلادی، ویلیام رامسی شیمی‌دان اسکاتلندي پس از جداسازی N₂ و O₂ 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 اورانیم دار 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.

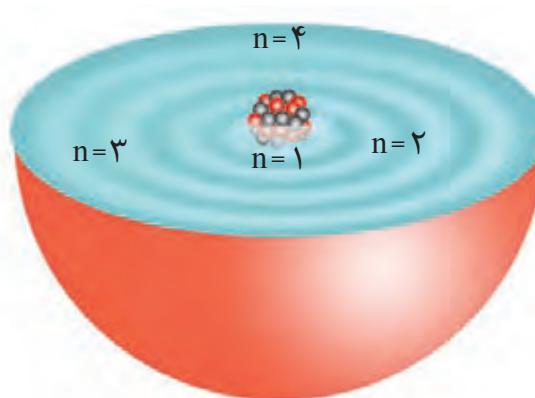
آیا می‌دانید

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



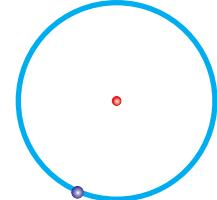
اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است. در گسترهٔ مرئی از طیف نشری خطی به دست آمده از اتم‌های آن، وجود چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین، تأیید شده است. از آنجاکه هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد، 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 عنصرها را نداشت.

دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها 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 شمارهٔ هر لایه را با n نمایش می‌دهند. n عدد کوانتمی اصلی^۱ 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 محدودهٔ یاد شده احتمال حضور بیشتری دارد.

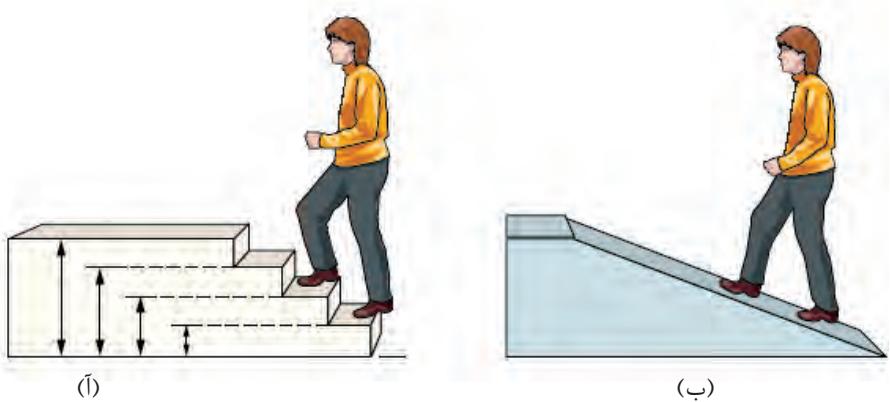


اتم هیدروژن در مدل بور

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



نکته مهم و جالب توجه در این مدل، کوانتمی بودن دادوستد انرژی^۱ هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکtron هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. برای درک بهتر مفهوم کوانتمی بودن انرژی، تصور کنید برای رسیدن به بالای یک بلندی دو راه وجود دارد، (شکل ۱۹).

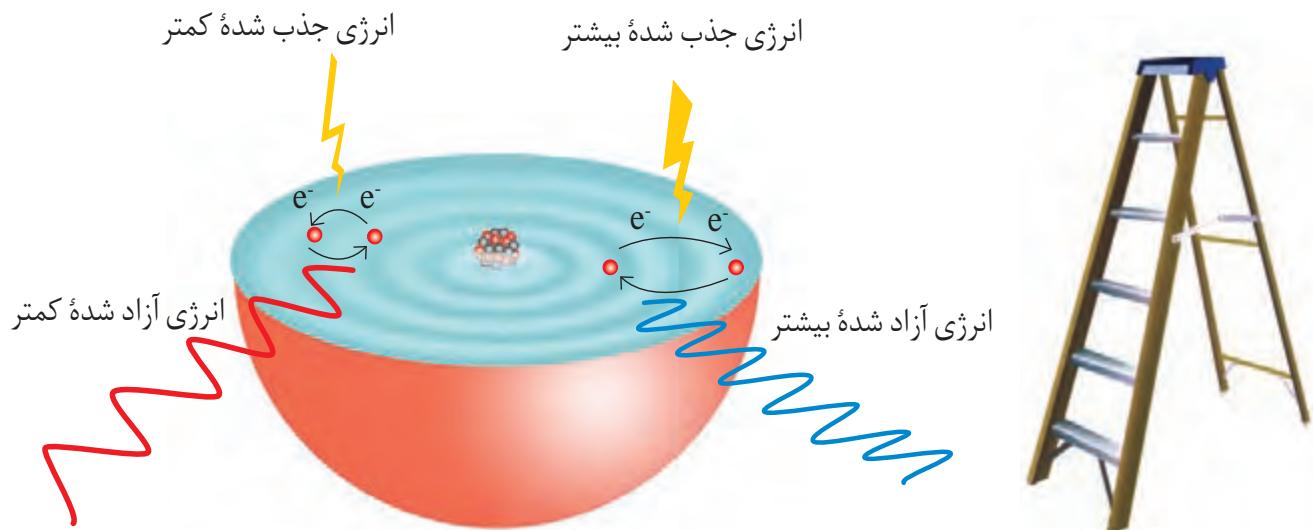


شکل ۱۹- مقایسه مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتمی و (ب) پیوسته

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

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 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.

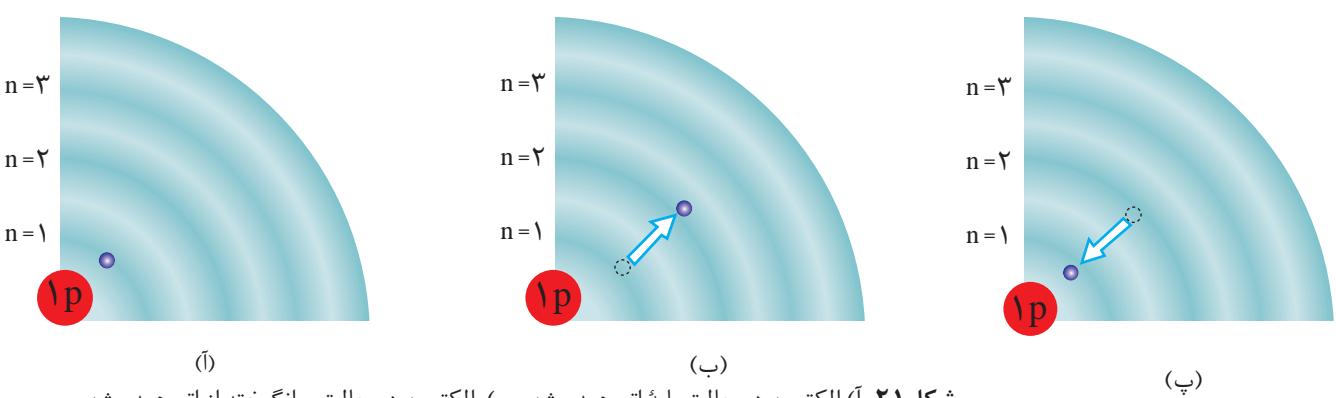
الکترون‌ها در اتم نیز برای گرفتن یا از دستدادن انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان روبه‌رو هستند؛ برای نمونه، هنگامی که به اتم‌های گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می‌شود، الکترون‌ها با جذب انرژی معین از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند. از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



شکل ۲۰- در نتیجه جابه جایی الکترون بین لایه ها، انرژی با طول موج معین جذب یا نشر می شود.

با این توصیف انرژی داد و ستد شده هنگام انتقال الکترون ها در اتم، کوانتموی است و انرژی در پیمانه های معینی، جذب یا نشر می شود؛ به همین دلیل، چنین ساختاری را برای اتم، مدل کوانتموی اتم^۱ نامیده اند. براساس این مدل، الکترون ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می شود اتم در حالت پایه قرار دارد. در این ساختار، انرژی الکترون ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فروزنی می یابد. حال اگر به اتم ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون های آنها با جذب انرژی به لایه های بالاتر انتقال می یابد. به اتم ها در چنین حالتی، اتم های برانگیخته^۲ می گویند

(شکل ۲۱).

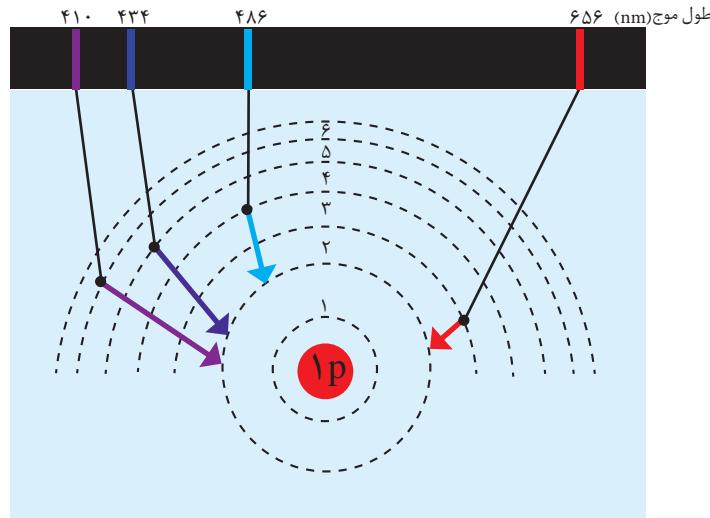


شکل ۲۱- (آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، (ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن و (پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

اتم‌های برانگیخته پرانرژی 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 بوده و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آنها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است و 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. شبیه دانه‌ایی 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.



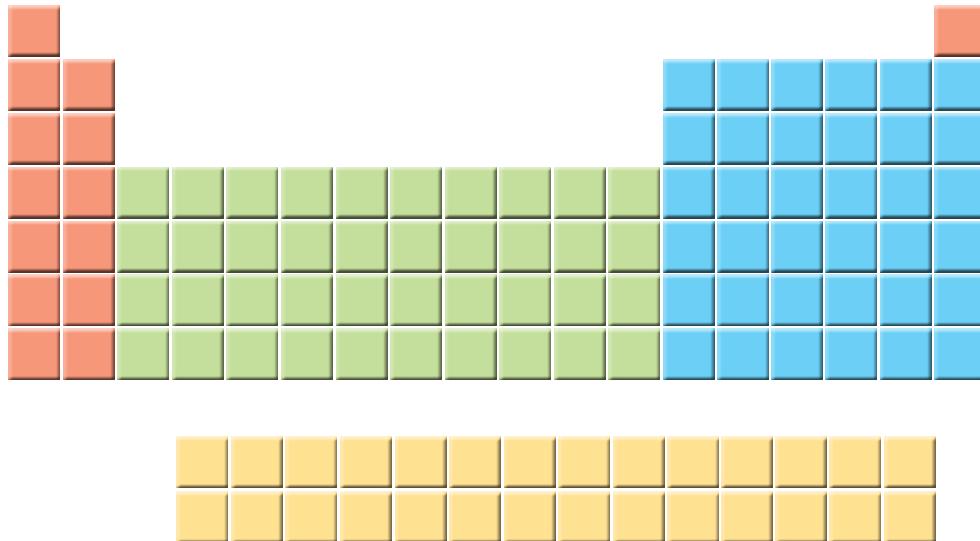
شکل ۲۲- چگونگی ایجاد چهار ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم‌های هیدروژن

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

توزيع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها

عنصرها در جدول دوره‌ای برمبنای عدد اتمی یا شمار الکترون‌های اتم خود، چیده شده‌اند. به طوری که اتم هیدروژن با یک الکترون و اتم هلیم با دو الکترون به ترتیب نخستین و دومین عنصر جدول است. این روند تا عنصر ۱۸ جدول دوره‌ای ادامه می‌یابد و اتم هر عنصر نسبت به اتم عنصر پیش از خود، یک الکtron بیشتر دارد.

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



همان گونه که در جدول مشاهده می‌کنید در دوره اول فقط ۲ عنصر (هیدروژن و هلیم) وجود دارد که در اتم آنها، لایه الکترونی اول ($n=1$) در حال پرشدن است. این لایه، نزدیک‌ترین لایه به هسته است و تنها می‌تواند ۲ الکترون را در خود جای دهد. از آنجا که لایه اول حداقل 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 پرشدن است؛ با این توصیف لایه دوم حداقل با ۸ الکترون پرمی شود (چرا؟). آیا می‌توان بین چیدمان ۸ عنصر دوره دوم در جدول و شیوه پرشدن لایه دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایه الکترونی دوم، لایه‌ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

با هم بیندیشیم

- یک دانشجوی رشته شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر دوره را شمارش کرد. او میان شمار عنصرهای یک دوره و شیوه پرشدن لایه‌های الکترونی در اتم عنصرها، ارتباطی کشف کرد. او نخست عنصرها را در چهار دسته قرار داد و هر یک را با رنگ 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 فرمول بندی می‌کنند تا از آنها بهره گیرند. گاهی از روی روابط و فرمول‌های ریاضی، برخی مفاهیم جدید را پیش‌بینی می‌کنند.

به طوری که میان شمار عنصرها در هر دسته رنگی از هر ردیف (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 در هر ردیف 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^۱ 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،

آ) جمله عمومی (a_1) این دنباله را به دست آورید. ($l \geq 0$)

ب) مقدار مجاز ۱ را برای هر زیرلایه تعیین و جدول زیر را کامل کنید.

زیر لایه ۱	۲ الکترونی	۶ الکترونی	۱۰ الکترونی	۱۴ الکترونی	مقدار مجاز ۱

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

۳- در مدل کوانتومی اتم به هر نوع زیرلایه یک عدد کوانتومی نسبت می‌دهند. این عدد کوانتومی با نماد ۱ نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی^۲ نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

آ) با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

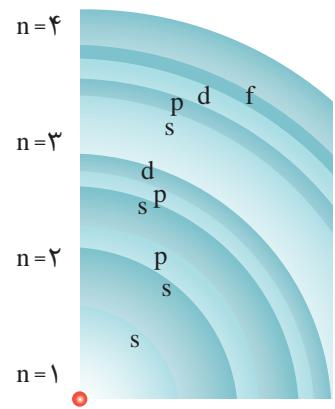
f	d	p	s	نماد زیر لایه
۱۴				حداکثر گنجایش زیر لایه
			۰	مقدار مجاز ۱

ب) پیش‌بینی کنید پنجمین نوع زیرلایه یک اتم، ظرفیت پذیرش حداکثر چند الکtron را خواهد داشت؟

اتم را می‌توان کره‌ای در نظر گرفت که هستهٔ 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 ۶ و الکترون، لایه سوم دارای سه زیرلایه از نوع s ، p و d با گنجایش ۱۰ و الکترون است (جدول ۳).

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

نماد زیرلایه	عدد کوانتمویی فرعی	شمار زیرلایه‌ها	عدد کوانتمویی اصلی
۱s	$l = 0$	۱	$n = 1$
۲s	$l = 0$	۲	$n = 2$
۲p	$l = 1$		
۳s	$l = 0$	۳	$n = 3$
۳p	$l = 1$		
۳d	$l = 2$		



● زیرلایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

آرایش الکترونی اتم

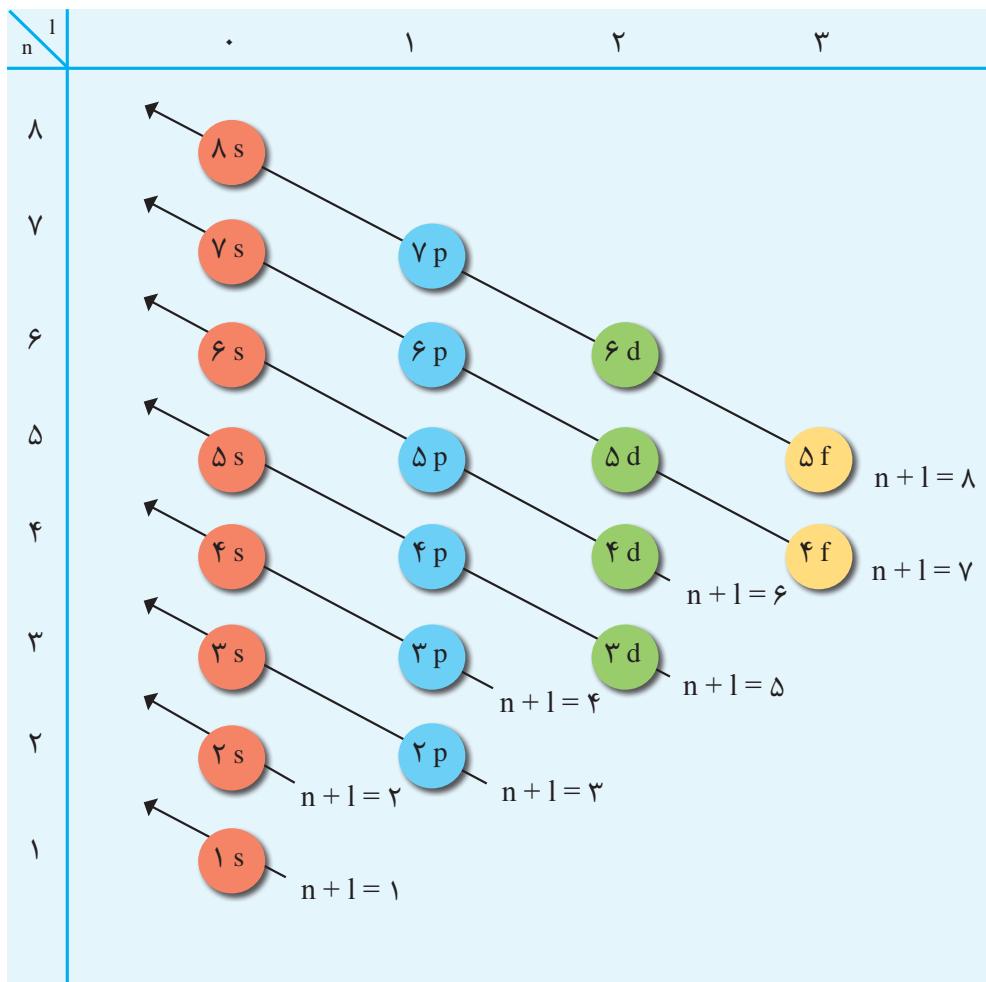
رفتار و ویژگی‌های هر اتم را می‌توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون‌ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطابق مدل کوانتموی برای به دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیرلایه‌ها با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

هنگام پرشدن اتم از الکترون، نخست زیرلایه ۱s و سپس زیرلایه‌های ۲s و ۲p از الکترون پر می‌شود؛ با این توصیف باید در اتم عنصرهای دورهٔ سوم زیرلایه‌های ۳s، ۳p، ۳d و ۴s پرشود. از این رو انتظار می‌رود که این دوره شامل ۱۸ عنصر باشد؛ اما دورهٔ سوم دارای ۸ عنصر است. در واقع در این اتم‌ها تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p در حال پرشدن است و زیرلایه ۳d در دورهٔ بعد شروع به پرشدن می‌کند. این روند نشان می‌دهد که پرشدن زیرلایه‌ها تنها به عدد کوانتموی اصلی (n) وابسته نیست بلکه از یک قاعدة کلی به نام **قاعده آفبا**^۱ پیروی می‌کند.

قاعده 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 هستند و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهند شد (شکل ۲۳).

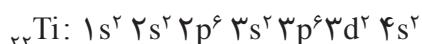
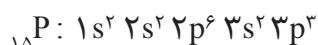
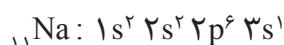
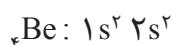
● واژه‌ای آلمانی به معنای **aufbau** ساختن یا افزایش گام به گام است.

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



شکل ۲۳- قاعدة 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 ($Z=4$ ، $Z=11$ ، $Z=15$ ، $Z=20$ ، $Z=22$) به صورت زیر خواهد بود:



خود را بیازمایید

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

آرایش الکترونی	نماد شیمیایی عنصر
	O ^۸
	Ar ^{۱۸}
	Ca ^۲
	As ^{۳۳}
	Se ^{۳۴}

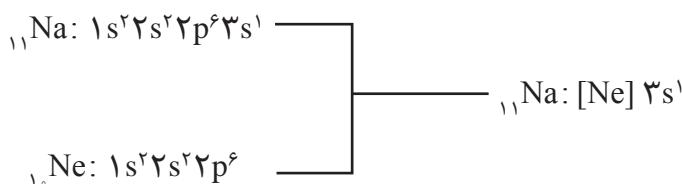
● گفتنی است که قاعده آفبا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را به درستی پیش‌بینی می‌کند؛ اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند.

۲- داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعده آفبا 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 شیوهٔ دیگری نیز می‌توان نوشت که آرایش الکترونی فشرده^۱ خوانده می‌شود؛ برای نمونه آرایش الکترونی فشرده برای اتم سدیم به صورت زیر خواهد بود:

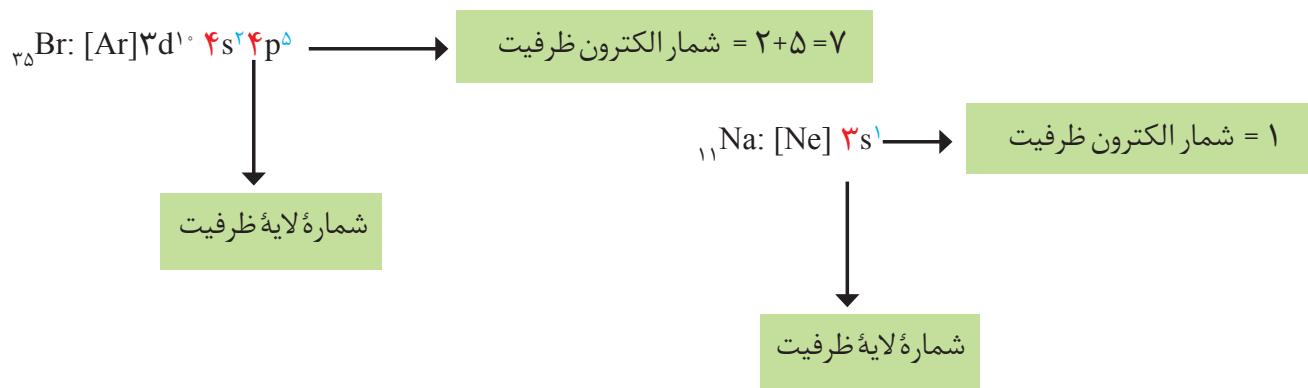


همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم مورد نظر به صورت گستردگی نوشته می‌شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت [نماد شیمیایی گاز نجیب] جایگزین می‌شود.



اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی‌ترین لایه به نام لایهٔ ظرفیت اتم است. لایهٔ ظرفیت^۲ یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی

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



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

خود را بیازمایید

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

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

ب) جدول زیر را کامل کنید.

- در عنصرهای دسته d از دوره چهارم، الکترون‌های ظرفیت شامل الکترون‌ها در زیرلایه‌های $4s$ و $3d$ است.

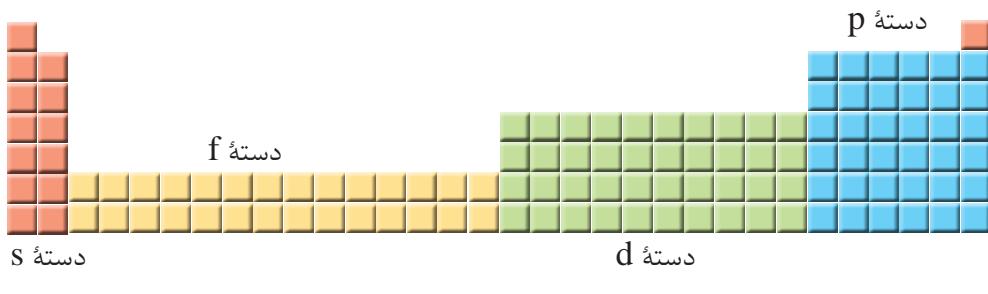
نماد عنصر	آرایش الکترونی فشرده	شماره بیرونی ترین لایه	شمار الکترون‌های ظرفیت	نماد عنصر
$_{3}Li$				
$_{8}O$				
$_{10}Ne$				
$_{12}Si$				
$_{20}Ca$	$[Ar] 4s^2$	$n = 4$	۲	
$_{27}Co$				
$_{35}Br$				

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

- پ) از روی آرایش الکترونی اتم هر عنصر می‌توان موقعیت آن را در جدول تعیین کرد، برای این منظور:
- شماره بیرونی ترین لایه را با شماره دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
 - شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟
 - شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در این حالت بین شماره گروه و شمار 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 برندند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند، از این‌رو پایدارند. به نظر شما آیا بین آرایش الکترونی این اتم‌ها، پایداری و واکنش‌ناپذیری آنها رابطه‌ای هست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش به آرایش الکترونی چهار گاز نجیب توجه کنید:



در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم که در تنها لایهٔ الکترونی خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجهٔ گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایهٔ ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا هشت‌تایی^۱ باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایهٔ ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون- نقطه‌ای^۲ 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 $\text{Na}.$ است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند 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 یک به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و

آرگون به صورت زیر است:

..... $\cdot \ddot{\text{C}} \cdot$ $\cdot \ddot{\text{P}} \cdot$ $: \ddot{\text{Ar}} :$ خود را بیازمایید

آ) جدول زیر را کامل کنید.

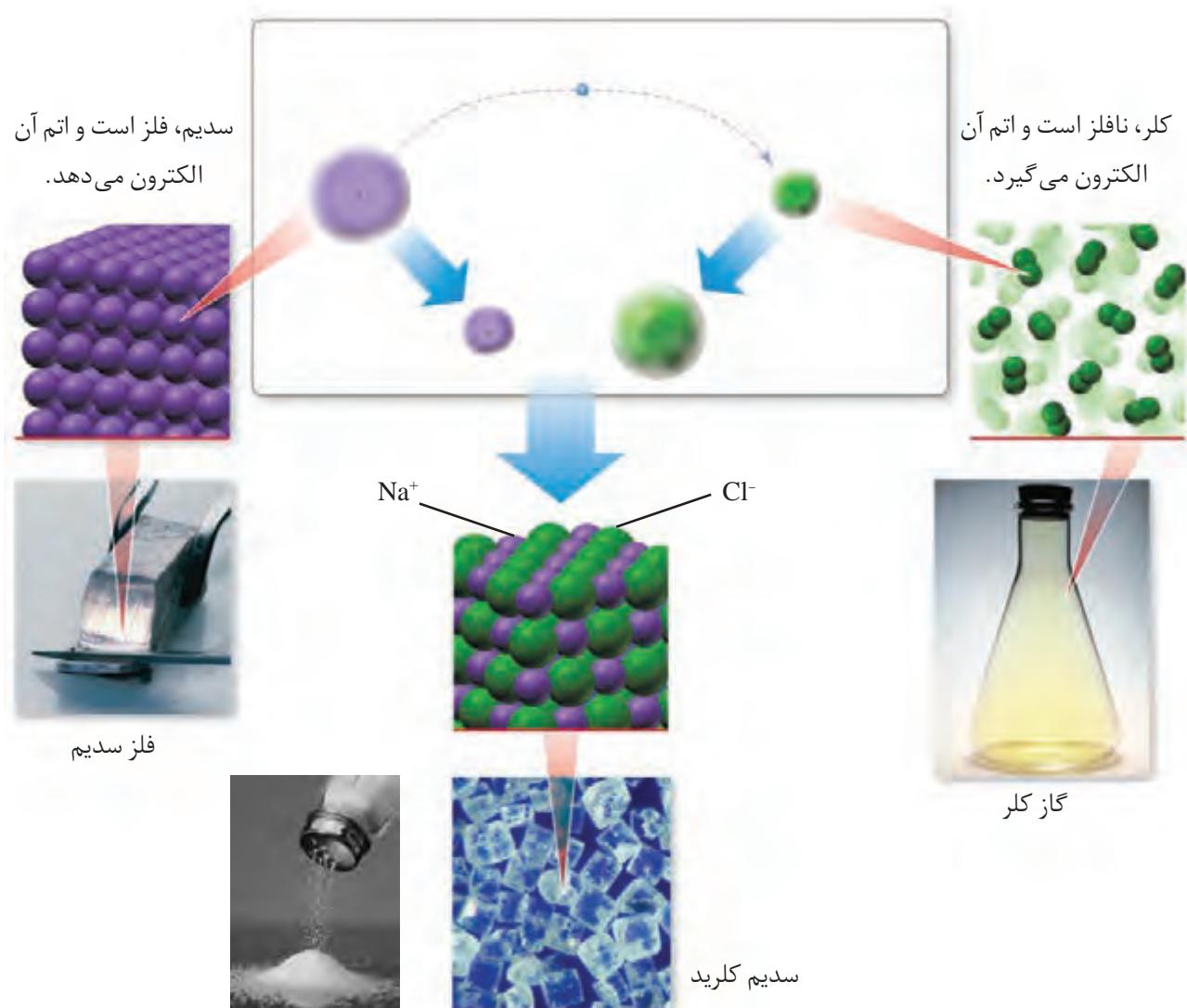
عنصر	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_10\text{Ne}$
آرایش الکترونی فسرده								
شمار الکترون‌ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای								
عنصر	${}_11\text{Na}$	${}_12\text{Mg}$	${}_13\text{Al}$	${}_14\text{Si}$	${}_15\text{P}$	${}_16\text{S}$	${}_17\text{Cl}$	${}_18\text{Ar}$
آرایش الکترونی فسرده								
شمار الکترون‌ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Na.							

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

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

- از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکtron‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند یا هشت‌تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید 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 شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوارکی) 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 (نهون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم دوره خود (آرگون) می‌رسند.

با هم بیندیشیم

آیا می‌دانید

گیلبرت نیوتن لوویس
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

یکی از پیشتازان دانش شیمی و بنیان‌گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید-باز بود. او اوازه فتوون را برای ذرهای سازنده نور پیشنهاد کرد.



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

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

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

- آ) آرایش الکترون- نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با 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 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 پیش‌بینی‌های خود را بررسی کنید.

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

- ۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط‌زندن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.
- آ) اگر شمار الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با $\frac{s}{4}$ باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که $\frac{\text{شماری از}}{\text{همه}} \frac{\text{الکترون‌های ظرفیت خود را}}{\text{از دست بدهد}} \text{ و به } \frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}} \text{ تبدیل شود.}$
- ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{گرفتن}} \frac{\text{الکترون به}}{\text{آنیون}} \text{ کاتیون}$ تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب پس از خود را دارند.

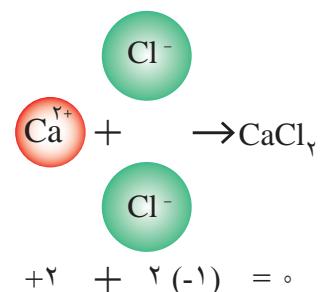
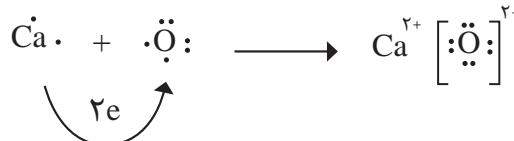
پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$ الکترون به کاتیون $\frac{\text{هایی تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود}}{\text{آنیون را دارد.}}$

۳- پیش‌بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟

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

تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

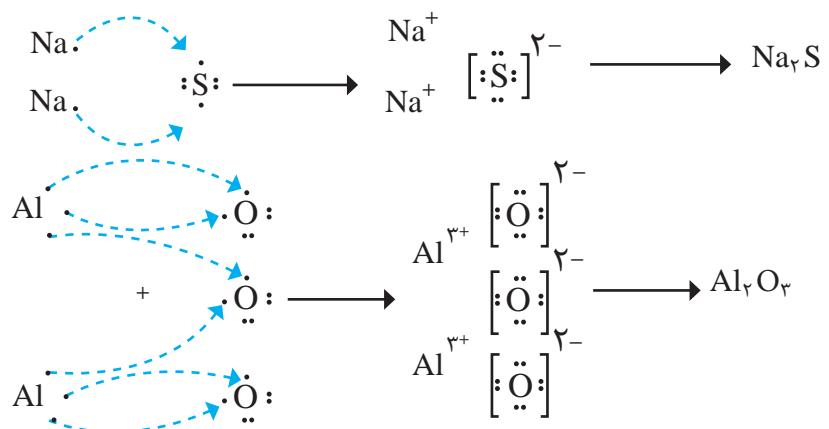
اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه اتم‌های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون 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^۱ 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 سازندهٔ این ترکیب اند و نسبت یون‌های سازندهٔ آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازندهٔ آنها یون است، ترکیب یونی^۲ نام دارند.



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 برهه برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می‌دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازندهٔ آن، ۱ به ۲ است.



۱- روشی برای نوشتتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی ارائه کنید.

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

- (آ) کلسیم برمید
- (ب) پتاسیم نیترید
- (پ) منیزیم سولفید
- (ت) آلمینیم فلورید

۳- با توجه به داده‌های جدول (آ)، شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی را مشخص و سپس جدول (ب) را کامل کنید.

جدول (آ)

نام و نماد شیمیایی آنیون	نام و نماد شیمیایی کاتیون
Br ⁻	یون برمید
I ⁻	یون یدید
N ³⁻	یون نیترید
S ²⁻	یون سولفید
F ⁻	یون فلورید
	یون لیتیم
	یون پتاسیم
	یون منیزیم
	یون کلسیم
	یون آلمینیم

جدول (ب)

نام ترکیب یونی	نماد یون‌های سازنده	فرمول شیمیایی
	O ²⁻ , Mg ²⁺	MgO
	Cl ⁻ , Ca ²⁺	CaCl _۲
	K ⁺ , O ²⁻	K _۲ O
سدیم فسفید	Na ⁺ , P ^{۳-}	Na _۲ P
	Li ⁺ , Br ⁻	LiBr

تبديل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم 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 رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.

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 12° مولکول در فضاهای بین ستاره‌ای شناخته شده است. این مولکول‌ها دو یا چنداتمی 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 مشبت تبدیل می‌شود؛ بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بار الکتریکی مشبت نیز در فضاهای بین ستاره‌ای وجود دارد.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی 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 به‌طوری 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 (شکل ۲۶).

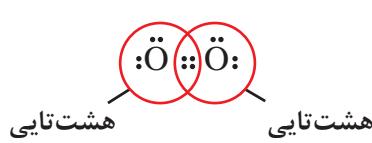
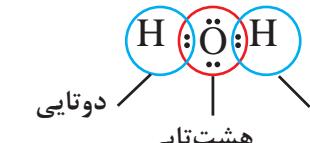


شکل ۲۶-نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول و (ب) مدل فضا پرکن

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2 ، نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی)^۱ است؛ پیوندی که سبب 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 (جدول ۴).

- مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول‌های اکسیژن و آب

$\cdot\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot$ \downarrow $\ddot{\text{O}}\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$ یا $\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}$	$\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\text{H}$ \downarrow $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$ یا $\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$	تشکیل مولکول از اتم‌ها
 هشت‌تایی	 دوتایی هشت‌تایی	آرایش الکترون - بندهای مولکول
 O_2	 H_2O	مدل فضایپرکن نمایش مولکول



(HCl)



(NH₃)



(CH₄)

خود را بیازمایید

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

(آ) هیدروژن کلرید (HCl)

(ب) آمونیاک (NH₃)

(پ) متان (CH₄)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب‌های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای به دست آورید.

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن برابر است. برای نمونه، جرم مولی آب برابر است با: $1\text{ mol}^{-1} = 18/\cdot 16\text{ g} = 18/\cdot 16/\cdot 1000 = 18/\cdot 16/\cdot 1000\text{ g/mol}$

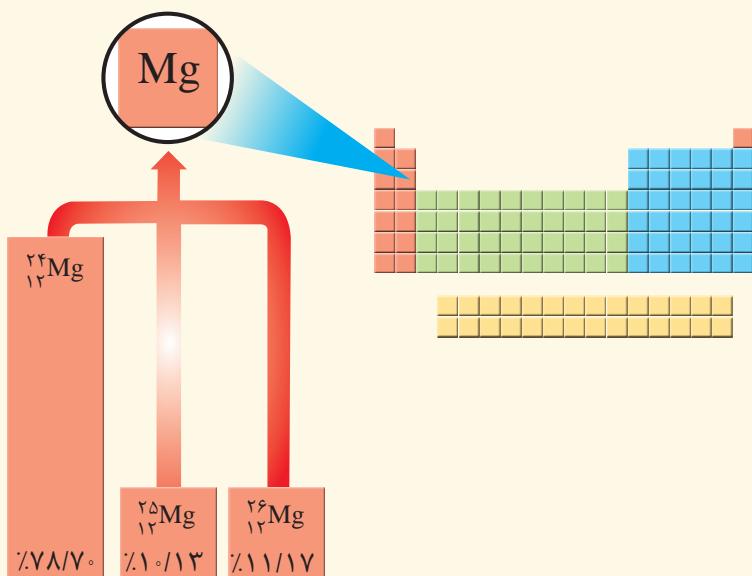
تمرین‌های دوره‌ای



- ۱- بررسی نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ نشان داد که در این شهاب‌سنگ ایزوتوپ‌های ^{57}Fe , ^{58}Fe , ^{54}Fe وجود دارد.
- آ) آرایش الکترونی ^{24}Fe را رسم کنید.
 - ب) موقعیت آهن را در جدول دوره‌ای عنصرها مشخص کنید.
 - پ) آهن به کدام دسته از عنصرهای 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) ^{20}Ca با ^{9}N
 - پ) ^{12}Al با ^{9}F

۳- با توجه به شکل:

آ) جرم اتمی میانگین منیزیم را به دست آورید.



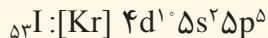
ب) مفهوم هم‌مکانی را توضیح دهید.

- ۴- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و 110° ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیارشور 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 کنید.

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



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

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

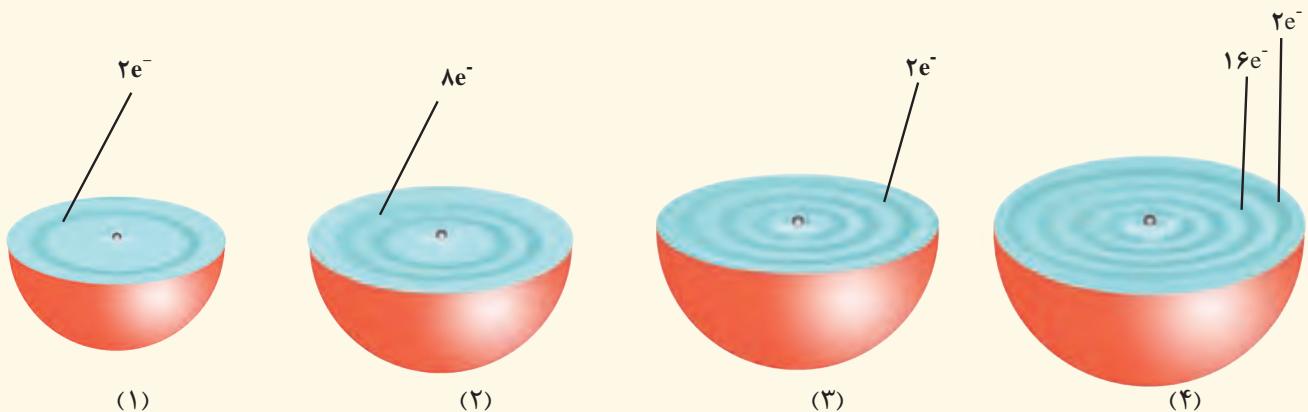
۶- اگر میانگین جرم هر اتم بور (B_h)، در حدود $g^{-23} \times 10^{79}$ باشد، جرم مولی آن را حساب و با جدول دوره‌ای مقایسه کنید.

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در سده شانزدهم میلادی تکه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری آن، مردم می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می‌دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده همچنان به سرب مداد معروف است. در 36% گرم گرافیت خالص، چند مول کربن و چند اتم کربن وجوددارد؟

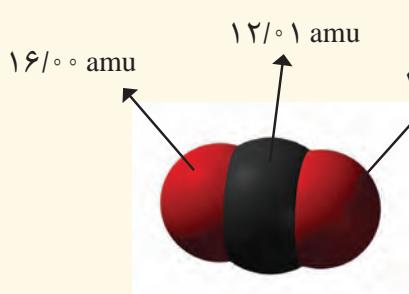
	۱							
H	هیدروژن			۱۵	۱۶	۱۷		
				N	O	F		
				نیتروژن	اکسیژن	فلوئور		
						Cl		
						کلر		
						Br		
						برم		
						I		
						ید		

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

۹- هر یک از شکل‌های زیر بررسی از اتم یک عنصر را نشان می‌دهد؛ 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 پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلوئور چه رفتاری دارد؟
 ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.



- ۱۰- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضایپرکن کربن‌دی‌اکسید مطابق شکل رو به رو 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 کربن‌دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول دوره‌ای به دست آورید.
 ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عناصرها، جرم مولی هر یک از ترکیب‌های زیر را برحسب g mol^{-1} به دست آورید.
 $\text{Cl}_2, \text{HCl}, \text{NaCl}, \text{CaF}_2, \text{SO}_4, \text{Al}_2\text{O}_3$

- ۱۱- به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
 آ) پتاسیم سه ایزوتوپ با نمادهای K^41 ، K^39 ، K^36 دارد، با توجه به جرم اتمی میانگین پتاسیم در جدول دوره‌ای عناصرها مشخص کنید که بیشترین درصد فراوانی مربوط به کدام ایزوتوپ است؟
 ب) برم دو ایزوتوپ با نمادهای Br^{79} (با جرم اتمی $78/92 \text{ amu}$) و Br^{81} (با جرم اتمی $80/92 \text{ amu}$) دارد و جرم اتمی میانگین آن برابر با $79/92 \text{ amu}$ است. آیا نتیجه گیری زیر درست است؟ چرا؟
 «درصد فراوانی ایزوتوپ‌های برم تقریباً برابر است.»

- ۱۲- با مراجعه به جدول دوره‌ای عناصرها، فرمول چند ترکیب یونی دوتایی را بنویسید که فرمول عمومی آنها به شکل زیر باشد (X و Y می‌توانند نماینده عناصرهای گوناگون باشند) (توجه: برای پاسخ دادن به این پرسش، ۱۸ عنصر اول جدول دوره‌ای عناصرها به جز بریلیم (Be)، بور (B) و آلومینیم (Al) را در نظر بگیرید).

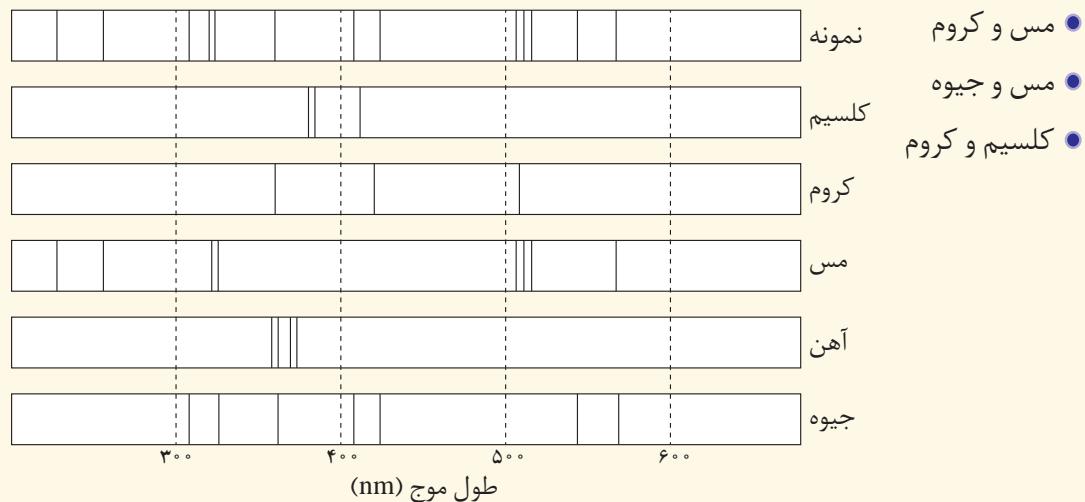
(آ) XY

(ب) X₂Y

(پ) XY₂

(ت) X₃Y

۱۳- آ) 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 نشری گرفتند. شکل زیر الگویی از طیف نشری خطی این سفال و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به آن پیش‌بینی کنید چه فلزهایی در این سفال وجود دارد؟



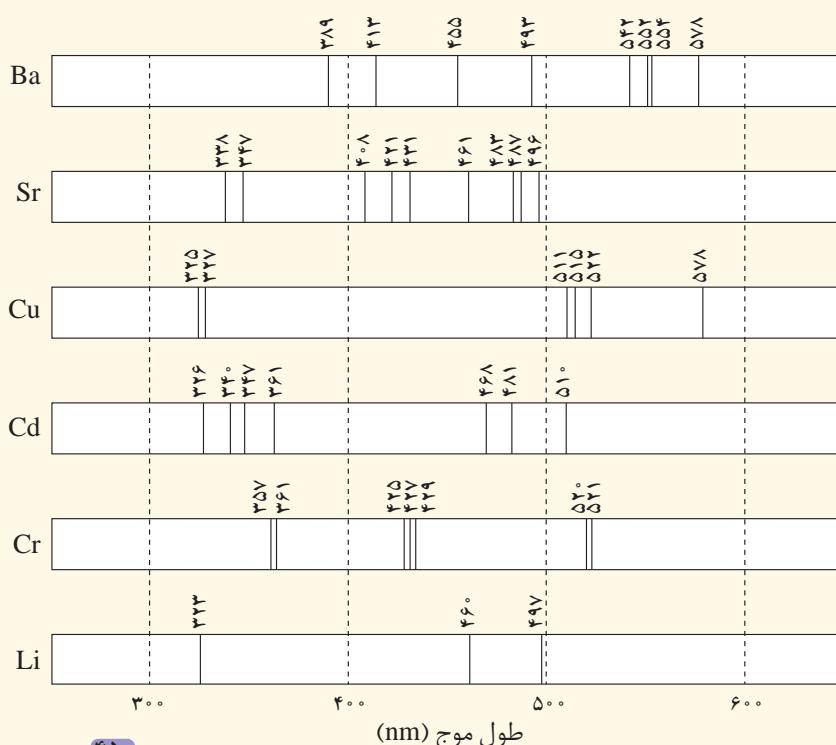
ب) طیف‌های نشری خطی دو نمونه مجهول، طول موج‌های زیر را نشان می‌دهند.

● (نمونه ۱) ۵۷۸ nm و ۵۲۲ nm

● (نمونه ۲) ۵۲۱ nm و ۴۹۶ nm

با توجه به آنها و طیف نشری خطی عنصرهای داده شده در شکل زیر، پیش‌بینی کنید در هر نمونه چه فلزهایی وجود دارد؟

(گاهی تعدادی از خط‌های طیف نشری خطی عنصرها به دلیل شدت کم مشاهده نمی‌شوند.)

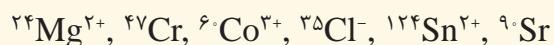


۱۴- عنصر Z یکی از عناصرهای دوره سوم جدول دوره‌ای عناصرهاست که در ساختار آرایش الکترون نقطه‌ای آن سه الکترون تک (جفت نشده) وجود دارد. اتم این عنصر می‌تواند در برخی واکنش‌ها سه الکترون به اشتراک بگذارد و در برخی واکنش‌ها سه الکترون بگیرد. آرایش الکترونی آن را رسم کنید.

۱۵- اتم‌های زیر را برحسب کاهش تعداد نوترون مرتباً کنید.



۱۶- با مراجعه به جدول دوره‌ای عناصرها، در کدام گونه‌های شیمیایی زیر تعداد نوترون‌ها برابر با مجموع «تعداد پروتون‌ها و نصف تعداد الکترون‌ها» است؟



۱۷- درباره اتم مس (^{29}Cu) در حالت پایه، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترونی آن را نوشه و شماره گروه و دوره آن را تعیین کنید.

ب) چند الکترون با عدد کوانتمی $= 1$ و چند الکترون با عدد کوانتمی $= 2 = 1$ دارد؟

پ) در بیرونی‌ترین لایه آن چند الکترون وجود دارد؟

ت) در بیرونی‌ترین زیرلایه آن چند الکترون وجود دارد؟

ث) چند زیرلایه نیمه پر و پر وجود دارد؟

فصل ۲

رِدِّ پای گازها در زندگی



«اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ و...» آیه ۴۸، سوره روم
خداؤند همان کسی است که بادها را می‌فرستد تا ابرها را به حرکت درآورد سپس آنها را در
پهنه آسمان آن‌گونه که بخواهد می‌گستراند و ...

..... زمین در فضا همانندگویی فیروزه‌ای درون هاله‌ای از گازها با شکوه فراوان در چرخش
است؛ هاله‌ای که سرشار از هوای پاک است؛ گرمای خورشید را در خود نگه می‌دارد؛ ساکنان
زمین را از پرتوهای خطرناک کیهانی محافظت و آب را در سرتاسر سیارهٔ ما توزیع می‌کند.
بدین ترتیب زمین با چرخش خود، زندگی را دوام می‌بخشد. تداوم زندگی سالم و پایدار در
این سیاره در گرو رفتار منطقی ما با ساکنان آن است؛ رفتاری که هماهنگ و سازگار با طبیعت
باشد و نظم آن را برهم نزند.

علم شیمی کمک می‌کند تا با بررسی خواص، رفتار و برهم‌کنش گازهای این پوشش آبی رنگ،
راه‌های تداوم زندگی سالم را بیابیم؛ باشد که رد پایی سنگین روی این سیاره زیبا بر جای نگذاریم.



آیا می‌دانید

جرم کل هواکرده در حدود $10^{15} \times 3/5$ تن و وزدیک به 10^{0000} جرم زمین است.

در میان سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی، تنها زمین، اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصلهٔ 500 کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است به طوری که می‌توان گفت ما در کف اقیانوسی از مولکول‌های گازی زندگی می‌کنیم. جاذبهٔ زمین این گازها را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می‌شود (شکل ۱). از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آنها در حال جنبش باشند و در سرتاسر هواکره^۱ توزیع شوند.



شکل ۱- لایهٔ فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود.

اغلب گازها نامرئی هستند به طوری که ما هوا را نمی‌توانیم ببینیم و به طور معمول وجود آن را در پیرامون خود حس نمی‌کنیم، مگر روزهایی که باد می‌وزد یا در مکان‌هایی که هوا به خوبی در جریان است. میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آنها برای ساکنان این سیاره سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فراورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیارهٔ خاکی نیست.

اینک این پرسش‌ها مطرح می‌شود که مواد اصلی پیرامون زمین چیست؟ تا کجاها یافت می‌شود؟ گازها به عنوان بخش عمدۀ این مواد چه رفتارهایی دارند؟ چه واکنش‌هایی میان گازهای هوا رخ می‌دهد؟ این واکنش‌ها بر زندگی ساکنان این سیارهٔ خاکی چه اثری می‌گذارد؟ رفتار انسان‌ها تا چه اندازه بر هواکره و ویژگی‌های آن تأثیر دارد؟ و پرسش‌های دیگری که ممکن است ذهن شما را به خود مشغول کرده باشد. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها با ما در این فصل همراه باشید.

- اگر زمین را به سبب شبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سبب می‌ماند.

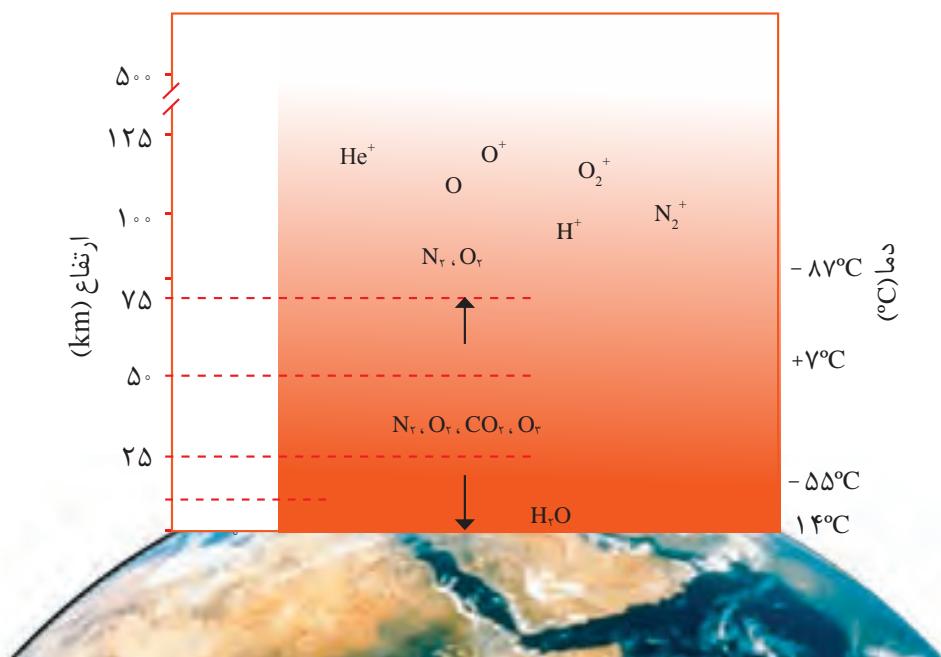
آیا می‌دانید

آب و هوا نتیجهٔ برهم‌کنش میان زمین، هواکره، آب و خورشید است. تغییر آب و هوا تا فاصلهٔ ۱۰–۱۲ کیلومتری از سطح زمین (لایهٔ تروپوسفر) رخ می‌دهد.

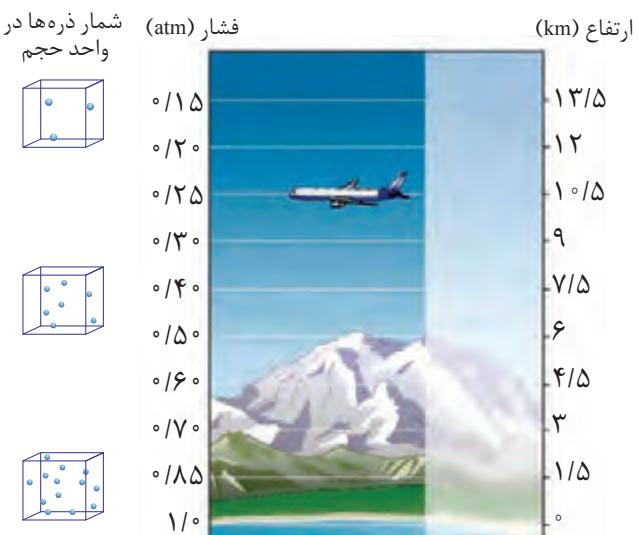


● فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیوارهٔ ظرف است. هواکره نیز به دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد. این فشار در همهٔ جهت‌ها بر بدن ما و به میزان یکسان وارد می‌شود.

- ۱- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازندهٔ هواکره بر حسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است. با توجه به آن:



- (آ) آیا روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست؟ توضیح دهید.
 (ب) آیا به جز اتم و مولکول، ذره‌های دیگری هم در این لایه‌ها هست؟ علت ایجاد آنها را توضیح دهید.
 ۲- دما و فشار هواکره، از جمله عوامل مهم در تعیین ویژگی‌های آن است. با توجه به شکل زیر مشخص کنید با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.



پیوند با ریاضی

تغییر آب و هوای زمین در لایهٔ تروپوسفر^۱ رخ می‌دهد. در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود 6°C افت می‌کند و در انتهای لایه به حدود 55°C (۲۱۸ کلوین) می‌رسد. اگر میانگین دما در سطح زمین در حدود 14°C (۲۸۷ کلوین) در نظر گرفته شود:

(آ) ارتفاع تقریبی لایهٔ تروپوسفر را حساب کنید.

ب) رابطه‌ای برای تبدیل دما، بر حسب درجهٔ سلسیوس به دما بر حسب کلوین پیدا کنید.

هوا معجونی ارزشمند

شاید تجربه کرده باشید که گاهی مغز گردو، بادام، آفتابگردان و ... بو و مزهٔ کهنگی می‌دهد که دلیل این ویژگی، ماندن آنها در هوای آزاد به مدت طولانی است. امروزه در صنعت باسته‌بندی مناسب، می‌توان زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد. جالب است بدانید در استه‌بندی برخی مواد خوراکی از گاز نیتروژن استفاده می‌شود. افزون بر این، گاز نیتروژن کاربردهای دیگری نیز دارد (شکل ۲).



(آ)



(ب)

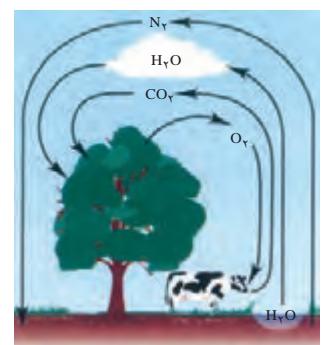


(پ)

شکل ۲- از گاز نیتروژن، (آ) برای پر کردن تایر خودروها، (ب) در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و (پ) برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند (شکل ۳).

اکنون این پرسش مطرح است که آیا هواکره می‌تواند منع ارزشمندی برای تهیهٔ برخی گازها باشد؟ حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. این بخش از هواکره، همان بخشی است که ما در آن زندگی می‌کنیم. پس از تروپوسفر،



شکل ۳- برهم کنش هواکره با زیست‌کرده‌زنده‌گانه‌گوناگون در زیست‌کرده با گازهای موجود در هوا، گره خوده است. گیاهان با بهره‌گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.



بررسی‌های دانشمندان برای هوای به دام افتاده درون بلورهای بیخ در یخچال‌های قطبی و نیز سنگ‌های آتش‌شانی نشان می‌دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون، نسبت گازهای سازندهٔ هواکره تقریباً ثابت مانده است.

آیا می‌دانید

انبیق، وسیله‌ساده‌ای است که جابرین حیان برای تقطیر مواد طراحی کرد. این ظرف برای گرم کردن مخلوطها و نیز جمع آوری و هدایت بخارهای حاصل به کار می‌رفت.



هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. در جدول ۱، درصد حجمی گازهای تشکیل دهندهٔ هوای خشک و پاک در لایهٔ تروپوسفر نشان داده شده است. توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. هر چند این مقدار از جایی به جای دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعتی دیگر تغییر می‌کند.

جدول ۱- نام و درصد حجمی گازهای سازندهٔ هوای پاک و خشک

نام گاز	درصد گاز در هوای پاک
نیتروژن	۷۸/۰ ۷۹
اکسیژن	۲۰/۹۵۲
آرگون	۰/۹۲۸
کربن دی اکسید	۰/۰۳۸۵
نئون	۰/۰۰۱۸
هلیم	۰/۰۰۰۵
کربیتون	۰/۰۰۰۱
زنون و دیگر گازها	ناچیز

جدول ۱ نشان می‌دهد بخش عمدهٔ هواکره را دو گاز نیتروژن و اکسیژن تشکیل می‌دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبهٔ سوم قرار دارد؛ بنابراین می‌توان هوا را منبعی غنی برای تهیهٔ این گازها دانست. در صنعت، این گازها را از **تقطیر جزء به جزء**^۱ هوای مایع تهییه می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- نمایی از یک برج تقطیر برای جداسازی اجزای هوا در پتروشیمی ماهشهر

در این فرایند، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود؛ سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا ${}^{\circ}\text{C}$ (صفر درجهٔ سلسیوس)، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود (چرا؟). در دمای -78°C ، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد در می‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای -20°C ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن **هوای مایع**^۱ می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازندهٔ جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند.



● **آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تبل است؛ زیرا واکنش پذیری ناچیزی دارد. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزء‌های مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.**

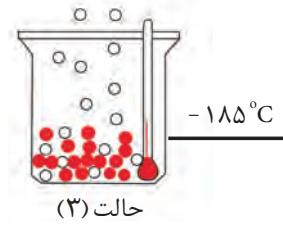
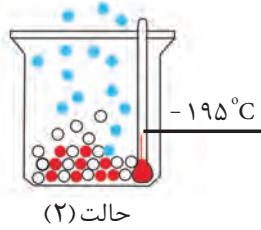
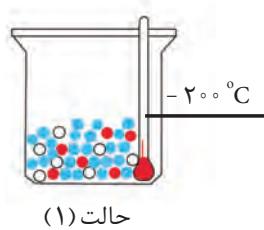
با هم بیندیشیم

نقطهٔ جوش (${}^{\circ}\text{C}$)	گاز
-۱۹۶	نیتروژن
-۱۸۳	اکسیژن
-۱۸۶	آرگون
-۲۶۹	هليوم

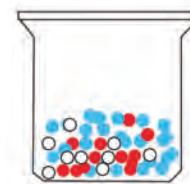
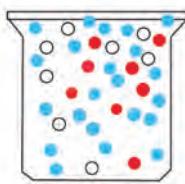
۱- با توجه به جدول رو به رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(آ) نمونه‌ای از هوای مایع با دمای -20°C - تهیه شده است، اگر این نمونه تقطیر شود، ترتیب جداسازی گازها را مشخص کنید.

ب) دانش‌آموزی جداشدن برخی گازهای از هوای مایع مطابق شکل زیر طراحی کرده است. مشخص کنید هر گوی رنگی، نشان‌دهندهٔ کدام گاز است؟ چرا؟



پ) در دمای -80°C ، اجزای سازندهٔ هوای مایع به کدام شکل وجود دارند؟ چرا؟



ت) توضیح دهید چرا تهیهٔ اکسیژن صدرصد خالص در این فرایند دشوار است؟

۲-آ) هرگاه یک لوله آزمایش خشک و سرد را مطابق شکل های زیر درون یک مایع با دمای 20°C قرار دهیم، مایع بی رنگی درون لوله آزمایش جمع می شود. این مایع چگونه تشکیل شده است؟ توضیح دهید.



ب) اگر لوله آزمایش را از درون این مایع بسیار سرد بیرون آورده و در هوای اتاق قرار دهیم و بلا فاصله یک کبریت شعله ور را به دهانه آن نزدیک کنیم، شعله خاموش می شود. از این مشاهده چه نتیجه ای می گیرید؟

پ) اگر پس از گذشت چند دقیقه کبریت نیمه افروخته را به دهانه لوله نزدیک کنیم، کبریت شعله ور می شود. چرا؟



- (برای مشاهده آزمایش به این رمزینه سریع پاسخ مراجعه کنید).

پیوند با صنعت

هلیم به عنوان سیکترین گاز نجیب، بی رنگ و بی بو است که کاربردهای فراوانی در زندگی دارد (شکل ۵).



شکل ۵- از هلیم، افزون بر پر کردن بالنهای هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کپسول غواصی و مهمتر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاههای تصویربرداری مانند MRI^۱ استفاده می شود.

هلیم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوای مقدار بیشتری در لایه های زیرین پوسته زمین وجود دارد، از این رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب ترند.

هلیم از واکنش های هسته ای در ژرفای زمین تولید می شود. این گاز پس از نفوذ به لایه های زمین، وارد میدان های گازی می شود. یافته های تجربی نشان می دهد که حدود ۷ درصد حجمی

آیا می‌دانید

مجموع ذخایر هلیم در جهان ۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. بیشتر این ذخایر در امریکا، الجزایر، روسیه، ایران و قطر یافت می‌شود. سالانه ۱۷۵ میلیون مترمکعب هلیم در جهان تولید می‌شود. ایران، پس از روسیه، دومین ذخایر گاز طبیعی جهان را دارد. از این رو کشور ما جزو کشورهایی است که از ذخیره هلیم زیادی برخوردار است.



شکل ۶ - هلیم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هوا کرده می‌شود.

جدا از هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفت‌های نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند و همچنان، هلیم از دیگر کشورها وارد می‌شود. امید است گسترش دانش علوم پایه و فنی و مهندسی سبب تربیت دانش‌آموختگان و متخصصانی شود تا بتوانیم از منابع خدادادی و ثروت‌های ملی، بهره مناسب ببریم.

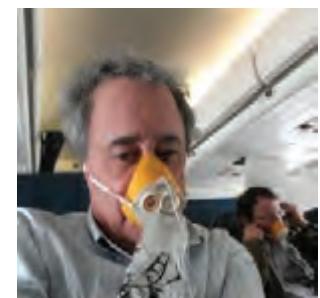
اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هوای کره

اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هوای کره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. به طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ‌زن، فساد مواد غذایی و... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب کره، در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. در هوای کره نیز این گاز به طور عمده به شکل مولکول‌های دواتمی وجود دارد؛ هرچند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوای کره با هم تفاوت دارد.

خود را بیازمایید

در جدول زیر، فشار گاز اکسیژن هوا در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین داده شده است:

ارتفاع از سطح زمین (km)	فشار گاز اکسیژن ($\times 10^{-2}$ atm)
۰	۰
۰/۳	۲۰/۹

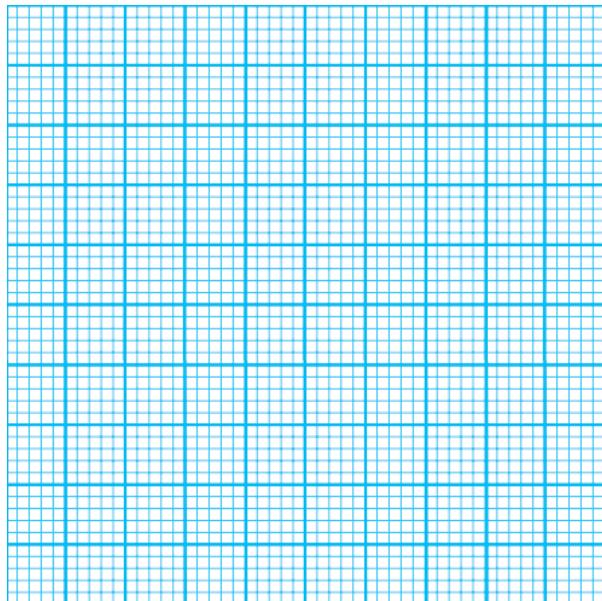


● چرا هواپیماها با خود اتفاقکی از گاز اکسیژن حمل می‌کنند؟

آ) نمودار فشار گاز اکسیژن را بر حسب ارتفاع، روی کاغذ میلی‌متری داده شده رسم کنید.



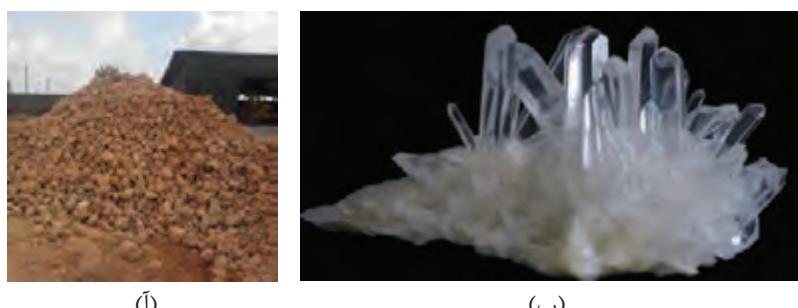
● کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند.



- ب) با توجه به نمودار، با افزایش ارتفاع در هواکره فشار گاز اکسیژن چه تغییری می‌کند؟
پ) با استفاده از نمودار، فشار این گاز را در ارتفاع ۲/۵ کیلومتری پیش‌بینی کنید.
ت) با استفاده از یک نرم‌افزار رسم نمودار، این نمودار را رسم و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها

اکسیژن در سنگ کره به شکل اکسیدهای گوناگون نیز یافت می‌شود. برای نمونه فلز آلومینیم به شکل بوکسیت (Al_2O_3 به همراه ناخالصی) و سیلیسیم به شکل سیلیس (SiO_2) در طبیعت وجود دارد (شکل ۷).



شکل ۷-آ) سنگ معدن آلومینیم و ب) سیلیس



شکل ۸- سنگ معدن حاوی FeO و Fe_2O_3

شاید تصور کنید که فلزها تنها یک نوع اکسید در طبیعت دارند، جالب است بدانید که افزون بر فلزهایی مانند طلا و پلاتین که به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند، فلزهایی نیز وجود دارند که با بیش از یک نوع اکسید در طبیعت شناخته شده‌اند. آهن نمونه‌ای از آنهاست. این فلز در ترکیب با اکسیژن دونوع اکسید با فرمول‌های شیمیایی FeO ، Fe_2O_3 تولید می‌کند (شکل ۸). آیا می‌دانید این ترکیب‌ها را چگونه باید نام‌گذاری کرد؟

با هم بیندیشیم

در جدول زیر، نام و فرمول شیمیایی برخی اکسیدهای فلزی داده شده است.

فرمول	نام	فرمول	نام
Na ₂ O	سدیم اکسید	Fe ₂ O ₃	آهن (III) اکسید
MgO	منیزیم اکسید	Cu ₂ O	مس (I) اکسید
FeO	آهن (II) اکسید	CuO	مس (II) اکسید

I	یک
II	دو
III	سه
IV	چهار
V	پنج

۱- با بررسی داده‌های جدول:

- آ) کدام فلزها بیش از یک نوع اکسید تشکیل داده‌اند؟
- ب) نماد کاتیون را در اکسیدهای آهن و مس مشخص کنید.
- پ) چه رابطه‌ای بین نام ترکیب با بار الکتریکی این کاتیون‌ها وجود دارد؟
- ت) شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی را که در آنها کاتیون بارهای الکتریکی متفاوتی دارد، توضیح دهید.

۲- جدول زیر را کامل کنید.

	آهن (III) فلوئورید		پتاسیم سولفید		آلومینیم فلوئورید	نام ترکیب
						فرمول شیمیایی
Cu ₂ S		MgBr ₂		CaO		

- ۳- هرگاه بدانید که اتم عنصر کروم در ترکیب‌های خود اغلب به شکل کاتیون Cr^{3+} یا Cr^{2+} یافت می‌شود، فرمول و نام شیمیایی اکسیدهای و کلریدهای آن را بنویسید.

واکنش عناصر با اکسیژن، تنها به فلزها محدود نمی‌شود بلکه نافلزها نیز با آن واکنش می‌دهند و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شوند. در واقع اکسیدهای نافلزی، دسته‌های دیگری از ترکیب‌های شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند. ترکیب‌هایی مانند CO_2 , SO_2 و NO_2 , نمونه‌هایی از اکسیدهای نافلزی هستند. با توجه به اینکه هر زیروند در فرمول شیمیایی، نمایانگر شمار اتم‌های آن عنصر در ترکیب است، شیمی‌دان‌ها برای بیان شماره‌های از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی شده در جدول روبرو را به کار می‌برند. برای نمونه، به فرمول و نام شیمیایی ترکیب زیر توجه کنید:



دی نیتروژن تترا اکسید

تعداد	پیشوند
۱	مونو
۲	دی
۳	تری
۴	تترا
۵	پنتا
۶	هگزا

نام شیمیایی این ماده، الگویی برای نام‌گذاری این نوع ترکیب‌ها است. بدین‌ترتیب که نخست، شمار و نام عنصری گفته می‌شود که در سمت چپ فرمول شیمیایی نوشته شده است. سپس شمار و نام عنصر دوم با پسوند «ید» بیان می‌شود.

خود را بیازمایید



نام ترکیب‌ها در ستون نخست و فرمول شیمیایی ترکیب‌ها در ستون دوم را بنویسید.

(آ) NO_2 ج) دی‌نیتروژن تری‌اکسید

(ب) CO چ) کربن دی‌سولفید

(پ) SO_2 ح) گوگرد تری‌اکسید

(ت) PCl_3 خ) کربن تتراتری‌کلرید

(ث) SiBr_4 د) نیتروژن تری‌فلوئورید



● مدل فضای پرکن چند مولکول

با هم بیندیشیم

در آرایش الکترون-نقطه‌ای (ساختار لوویس)، الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها طوری کنار آنها چیزهای می‌شوند که همه اتم‌های سازنده ترکیب از قاعده هشت‌تایی پیروی کنند. اینک با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای کربن دی‌اکسید و بررسی موارد زیر، روشی برای رسم ساختار لوویس مولکول‌ها بیابید.



● اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند مونو پیش از نام این عنصر چشم‌پوشی می‌شود.

۱- شمار کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده را حساب کنید. برای این کار، شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده را با هم جمع کنید.

۲- ساختارهای ممکن که در آنها، اتم‌های کربن و اکسیژن با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به هم متصل شده‌اند به صورت زیر است:



● در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می‌شود (به جز اتم هیدروژن)، اتم مرکزی است و اتم‌های دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می‌شوند.

۳- الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌ها را با جفت نقطه نشان دهید، به طوری که پیرامون هر اتم در مجموع، هشت الکtron (پیوندی + ناپیوندی) وجود داشته باشد.

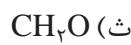
۴- از میان ساختارهایی که رسم کرده‌اید، آنکه ویژگی‌های زیر را دارد، ساختار لوویس درست ترکیب را نشان می‌دهد:

- مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول، برابر با مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده آن باشد.

- همه اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده باشند (اتم هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهد، از این رونتها با دو الکtron پایدار می‌شود).

راهنمایی: در رسم ساختار لوویس، هنگامی که اتم‌های یکسانی به اتم مرکزی متصل‌اند، نمایش پیوند دوگانه برپیوند سه‌گانه مقدم است.

اکنون با روشی که آموخته‌اید، ساختار لوویس هر یک از مولکول‌های زیر را رسم کنید.



● هرگاه اتم عنصرهای گروه ۱۷، اتم کناری باشند، تنها یک پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند.

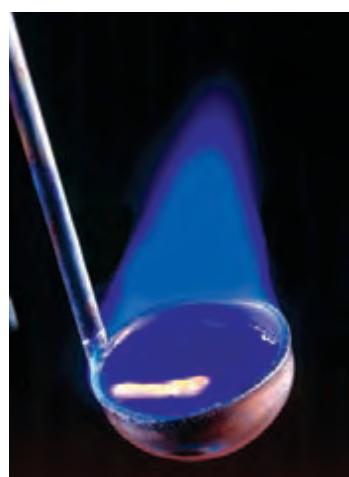
● بررسی ساختار لوویس گونه‌هایی که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند و گونه‌هایی که بیش از یک اتم مرکزی دارند، جزو هدف‌های این کتاب نیست. بنابراین طرح پرسش از این موارد، در ارزشیابی پایانی منوع است.

اکسیدها در فراورده‌های سوختن

دریافتید که اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ به طوری که شیمی‌دان‌ها از این ویژگی برای تهیه بسیاری از مواد بهره می‌گیرند، برای نمونه در صنعت برای تهیه سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با اکسیژن به SO_2 تبدیل می‌کنند. واکنشی که به سوختن گوگرد معروف است. جالب است بدانید که برخی عنصرهای فلزی و نافلزی دیگر نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. شکل‌های ۹ و ۱۰ نمونه‌هایی از این واکنش‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۹- اغلب فلزها در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند.
آ) سوختن پودر آهن، ب) سوختن سدیم



شکل ۱۰- سوختن آ) منیزیم، ب) گوگرد

اینک می‌توان گفت سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. افزون بر برخی عناصرها؛ دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند. برای نمونه، زغال سنگ در حضور اکسیژن می‌سوزد و افزون بر تولید گازهای CO_2 ، SO_2 و بخار آب، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند (شکل ۱۱).

نور و گرما + کربن دی اکسید + گوگرد دی اکسید + بخار آب \rightarrow اکسیژن + زغال سنگ



(ا)



(ب)

شکل ۱۲- آ) رنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است و ب) رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله‌ای گازسوز به درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.



شکل ۱۱- سوختن زغال سنگ در هوا

نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، **سوختن کامل**^۱ انجام می‌شود و گاز کربن دی اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص^۲ است (شکل ۱۲).

کربن مونوکسید^۳، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود.

از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰٪ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلجه می‌کند به طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

آیا می‌دانید

براساس گزارش‌های رسمی کشور، سالانه در حدود ۱۰۰۰ نفر بر اثر گاز گرفتگی، جان خود را از دست می‌دهند. از این‌رو، ضروری است همه شهروندان درباره راههای جلوگیری از گاز گرفتگی در مکان‌های گوناگون، اطلاعات کافی مناسب و کارآمد داشته باشند.

در میان تارنماها

۱- بیشتر مرگ و میرهای ناشی از گاز گرفتگی به دلیل رعایت نکردن اصول ایمنی هنگام استفاده از وسایل گرمایشی است. درباره روش‌های استاندارد انتقال گازهای حاصل از سوختن سوخت‌ها به بیرون از خانه و روش‌های جلوگیری از گاز گرفتگی، اطلاعات جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید.

۲- امروزه در برخی خانه‌ها از دستگاهی برای اعلام نشت گاز کربن مونوکسید استفاده می‌کنند (شکل ۱۳). با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره شیوه کار این دستگاه گزارشی تهیه و در کلاس ارائه کنید.



شکل ۱۳- نوعی دستگاه حسگر
کربن مونوکسید

خود را بیازمایید

یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری است. به نظر شما این روش بر استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده چه تأثیری خواهد داشت؟ توضیح دهید.



استفاده از آرگون در جوشکاری

رفتار اکسیدهای فلزی و نافلزی

اکسیدهای فلزی و نافلزی، به دلیل تنوع رفتار، کاربردهای فراوانی در زندگی دارند. برای نمونه برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسیدفلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دستریس گیاه تغییر کند. همچنین از کلسیم اکسید برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۴).

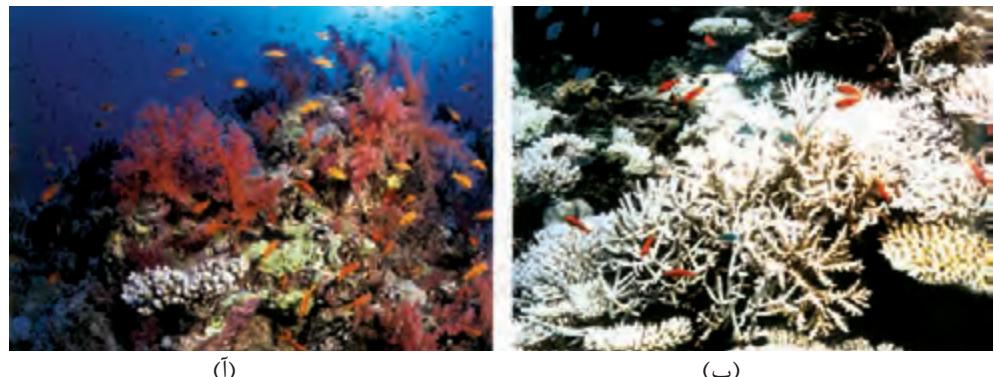


شکل ۱۴- افروden آهک به زمین‌های کشاورزی و دریاچه‌های اسیدی



● اثر هیدروکلریک اسید بر روی
برگ گیاه

در درس علوم آموختید که مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد (شکل ۱۵).

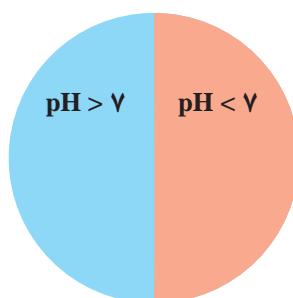


شکل ۱۵- آ) مرجان‌های سالم و ب) اثر CO_2 بر مرجان‌ها

کاوش کنید

درباره «رفتار شیمیایی اکسیدهای فلزی و نافلزی» کاوش کنید.

- ۱- درون بشری تانیمه آب بریزید؛ مقداری آهک به آن بیفزایید و مخلوط را خوب به هم بزنید.
- ۲- یک تکه کاغذ pH بردارید و آن را به محلول آب آهک آغشته نمایید. چه مشاهده می‌کنید؟
- ۳- یک بطری محتوی آب گازدار بردارید و کاغذ pH را به آن آغشته نمایید. چه رنگی می‌شود؟
- ۴- از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- پیش بینی کنید با افزودن هر یک از مواد زیر به آب، محلول به دست آمده چه خاصیتی دارد؟ هر ماده را درون دایره و در جای مناسب بنویسید.



MgO (آ)

SO_2 (ب)

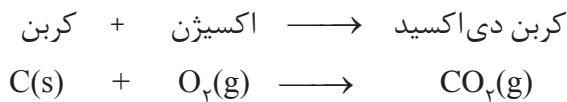
CO_2 (پ)

Na_2O (ت)

به طور کلی، اکسیدهای فلزی را اکسیدهای بازی^۱ و اکسیدهای نافلزی را اکسیدهای اسیدی^۲ می‌نامند؛ زیرا از واکنش اغلب آنها با آب به ترتیب باز و اسید تولید می‌شود.

واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم

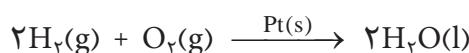
در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آنها را با یک معادله نشان می‌دهند. در این معادله، واکنش‌دهنده‌ها در سمت چپ و فراورده‌ها در سمت راست نوشته می‌شوند؛ برای مثال، سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:



- تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.



معادله نخست، نوشتراری^۱ و معادله دوم، نمادی^۲ نامیده می‌شود. معادله نمادی، افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آنها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند؛ برای نمونه، معادله شیمیایی زیر بیان می‌کند که این واکنش در حضور کاتالیزگر پلاتین انجام می‌شود:



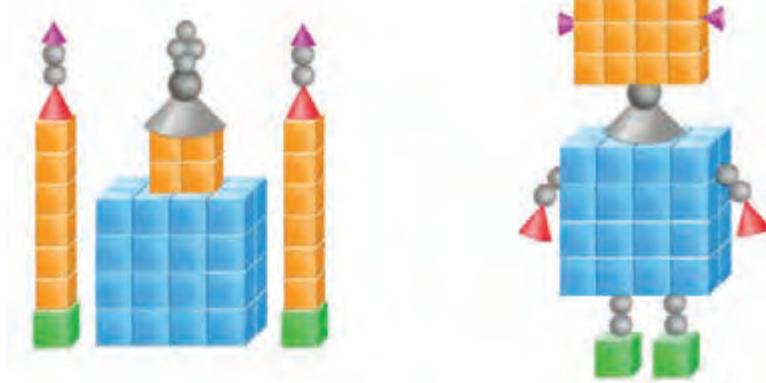
یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آنها از **قانون پایستگی جرم**^۳ پیروی می‌کنند.

- هنگامی که به شکر گرماده می‌شود، چهار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

با هم بیندیشیم

معنا	نماد
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محلول آبی	(aq)

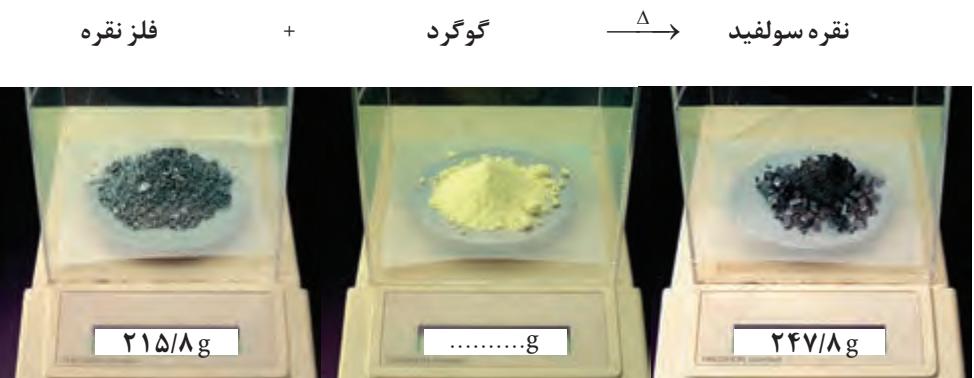
- نمادهای به کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی.



- در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد.

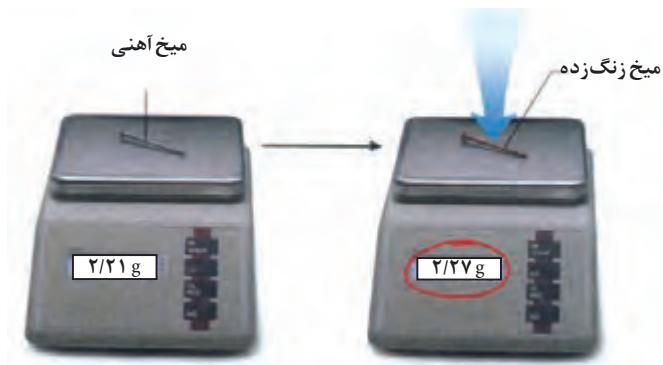
معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد.	→
واکنش دهنده ها برای گرم شدن واکنش می دهند.	Δ →
واکنش در فشار 2 atm .	$2 \text{ atm} \rightarrow$
واکنش در دمای 120°C .	$120^\circ\text{C} \rightarrow$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می شود.	$\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$

۲- جای خالی را پر کنید.



● معنای برخی نمادهای معادله های شیمیایی

۳- میخ آهنی در هوای مرطوب زنگ می زند. با توجه به جرمی که ترازووها نشان می دهند، قانون پایستگی جرم را در این واکنش توضیح دهید.

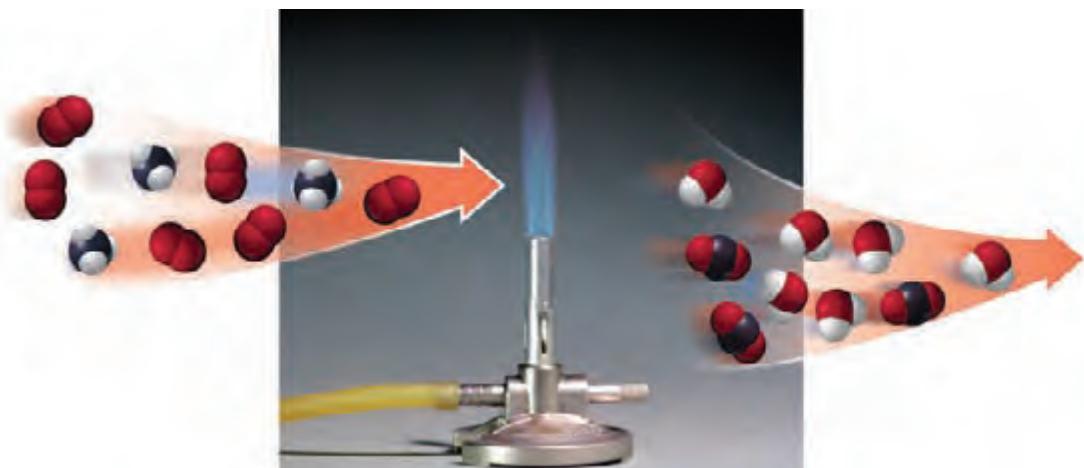


۴- درباره درستی جمله زیر در کلاس گفت و گو کنید.
« جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. »

موازن کردن معادله واکنش های شیمیایی

در واکنش های شیمیایی، اتمی از بین نمی رود و به وجود هم نمی آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم های واکنش دهنده ها به شیوه های دیگری به هم متصل می شوند و فراورده ها را به وجود می آورند. این ویژگی نشان می دهد که جرم مواد، پیش از واکنش برابر با جرم مواد، پس از واکنش است؛ به دیگر سخن، جرم مواد شرکت کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است. مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است،

(شکل ۱۶).



شکل ۱۶- سوختن متان. برابری شمار اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن در واکنش دهنده‌ها با فراورده‌ها

برای این واکنش می‌توان معادله نمادی به صورت زیر نوشت:



در این معادله، شمار اتم‌های کربن در واکنش دهنده‌ها (متان) برابر با ۱ و در فراورده‌ها (کربن دی‌اکسید) نیز با ۱ برابر است؛ اما شمار اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در دو سوی معادله، برابر نیست. حال برای اینکه شمار اتم‌های این دو عنصر نیز در دو سوی معادله، برابر شود، باید به O_2 و H_2O ضریب ۲ داده شود؛ در این صورت، معادله موازن شده به دست می‌آید.



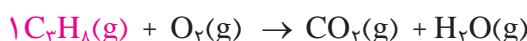
با توجه به معادله موازن شده می‌توان نتیجه گرفت که برای موازن کردن هر معادله نمادی، باید برای هر یک از واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی قرارداد تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

براساس یکی از ساده‌ترین روش‌های موازن‌های روش‌وارسی^۱ (روش‌وارسی) اغلب به ترکیبی که دارای بیشترین شمار اتم است، ضریب ۱ می‌دهند سپس با توجه به شمار اتم‌های این ترکیب، ضرایبی را به دیگر مواد می‌دهند تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

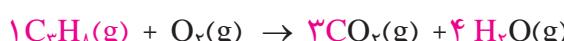
برای نمونه، معادله نمادی سوختن کامل پروپان به صورت زیر است:



برای موازن، به C_3H_8 ضریب ۱ بدهید.



اینک شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در سمت چپ مشخص شده است. حال اگر به H_2O ضریب ۴ و به CO_2 ضریب ۳ بدهید، شمار اتم‌های C و H در دو طرف برابر می‌شود.



- در معادله‌های شیمیایی موازن شده، نیازی به نوشتن ضریب ۱ نیست.

در پایان، چون شمار اتم‌های اکسیژن در سمت راست، تعیین شده و برابر با 10 اتم است، اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب 5 بدهید، شمار اتم‌های همه عنصرها در دو سوی معادله برابر می‌شوند.

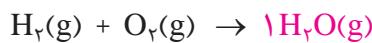


همان طور که مشاهده کردید، هنگام موازن کردن، نباید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضریب‌ها در معادله موازن شده، باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

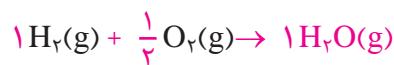
برای نمونه به روش موازنۀ معادله واکنش سوختن گاز هیدروژن دقت کنید.



در اینجا برای موازن به H_2O ، ضریب 1 می‌دهیم.



حال شمار اتم‌های H و O در سمت راست معادله مشخص شده است. اگر به H_2 ضریب 1 و به O_2 ضریب $\frac{1}{2}$ بدهیم، شمار اتم‌های هر دو عنصر در دو سوی معادله برابر می‌شود.

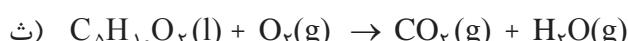
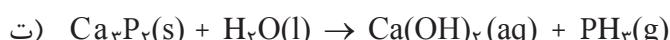
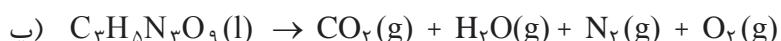
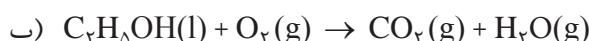


در پایان برای از بین بردن ضریب کسری اکسیژن، همه ضریب‌ها را در عدد 2 ضرب می‌کنیم.



خود را بیار مایید

معادله واکنش‌های زیر را موازن کنید:

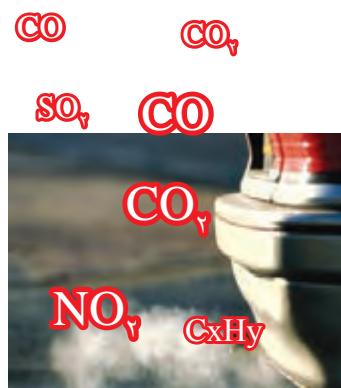


چه بر سر هواکره می‌آوریم؟

سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد؛ برای مثال، نوع وسیله نقلیه‌ای که برای رفتن به مدرسه، محل کار، سفر و ... استفاده می‌کنیم، غذایی که می‌خوریم، وسایل گردشی و حتی مدت زمانی که موهای خود را با شوار خشک می‌کنیم به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، مقداری کربن دی‌اکسید وارد هواکره می‌کند و در صد گازهای هواکره را تغییر می‌دهد. در واقع سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هر یک از انسان‌ها بر کره زمین و هواکره باشد. ردپا^۱ اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. یکی از این ردپاهای، ردپای کربن دی‌اکسید است. برای اینکه مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی‌اکسید به وسیلهٔ گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود. حال هر چه مقدار کربن دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیادتر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود؛ زیرا زمان لازم برای تعديل این اثر به وسیلهٔ پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.



شکل ۱۷- سوزاندن سوخت فسیلی در هواپیماها، حجم انبوهی کربن دی‌اکسید تولید می‌کند.



- در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود.

- کربن دی‌اکسیدی که وارد هواکره شده، در آن جایه‌جا می‌شود و می‌تواند هوای شهرهای دیگر را نیز آلوده کند. بنابراین هر رفتار ما بر زندگی همه مردمان جهان اثرخواهد گذاشت.



- هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه می‌شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی‌ها چیست؟

ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵
برق مصرفی در سال (کیلووات ساعت)	منبع تولید برق	مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در ماه (کیلوگرم)	مقدار کربن دی‌اکسید تولید شده در سال (کیلوگرم)	شمار درخت لازم برای پاکسازی هواکره
$y=4800$	زغال سنگ	$\%9 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	نفت خام	$\%7 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	گاز طبیعی	$\%36 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	باد	$\%1 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	گرمای زمین	$\%3 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
	انرژی خورشید	$\%5 \times y = \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

آ) ستون‌های یک، سه و چهار جدول را کامل کنید.

- ب) استفاده از کدام منبع برای تولید برق، کربن دی‌اکسید بیشتری تولید خواهد کرد؟
پ) چرا میزان کربن دی‌اکسید تولید شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد؟ توضیح دهید.



ت) حساب کنید که چند درخت تنومند نیاز است تا کربن دی اکسید وارد شده به هوا کره در اثر برق مصرفی خانه‌شما، مصرف و هواپاک‌سازی شود.

- یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵ کیلوگرم کربن دی اکسید مصرف می‌کند.

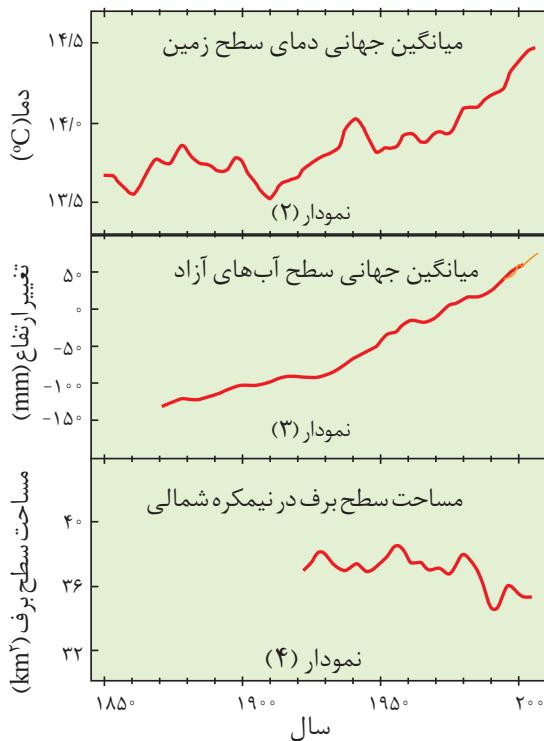
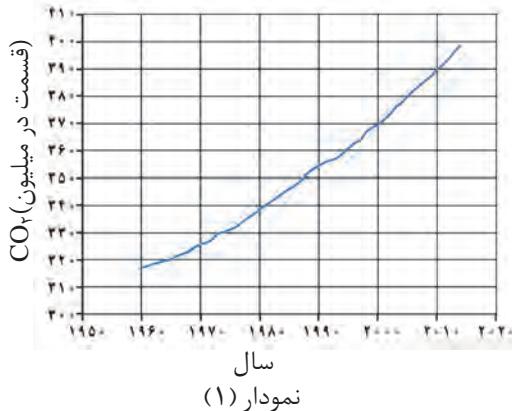


- ردپای کربن دی اکسید نشان می‌دهد در تولید یک محصول یا بر اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هوا کره می‌شود.
- شکستن شاخه درختان مانند شکستن بال فرشتگان است. پیامبر گرامی اسلام (ص)

دانشمندان با استفاده از بالون‌های هواشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گویچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند. شواهد نشان می‌دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش دما سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون زمین تغییر کند. اکنون می‌پرسید چه عواملی سبب ایجاد این تغییر می‌شود؛ آیا گازهای موجود در هوا کره در آن نقش دارند؟ آیا رفتار و سبک زندگی ما سبب این تغییرها شده یا پدیده‌های طبیعی عامل آن هستند؟

با هم بیندیشیم

آمارها نشان می‌دهند که سالانه میلیاردها تن کربن دی اکسید به هوا کره وارد می‌شود به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای رو به رو تغییر مقدار میانگین کربن دی اکسید در هوا کره، میزان بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر میانگین دمای کره زمین و میانگین مساحت سطح برف در نیمکره شمالی را نشان می‌دهند.



آیا می‌دانید

بویه‌های تجهیزات شناوری هستند که به منظور تشخیص مسیرهای ایمن دریایی، تعیین دمای آب، سرعت و جهت وزش باد و ... در مسیرهای آبی قرار داده می‌شوند. آنها داده‌های ثبت شده را از طریق ارتباطات ماهواره‌ای به مراکز هواشناسی ارسال می‌کنند.



آیا می‌دانید

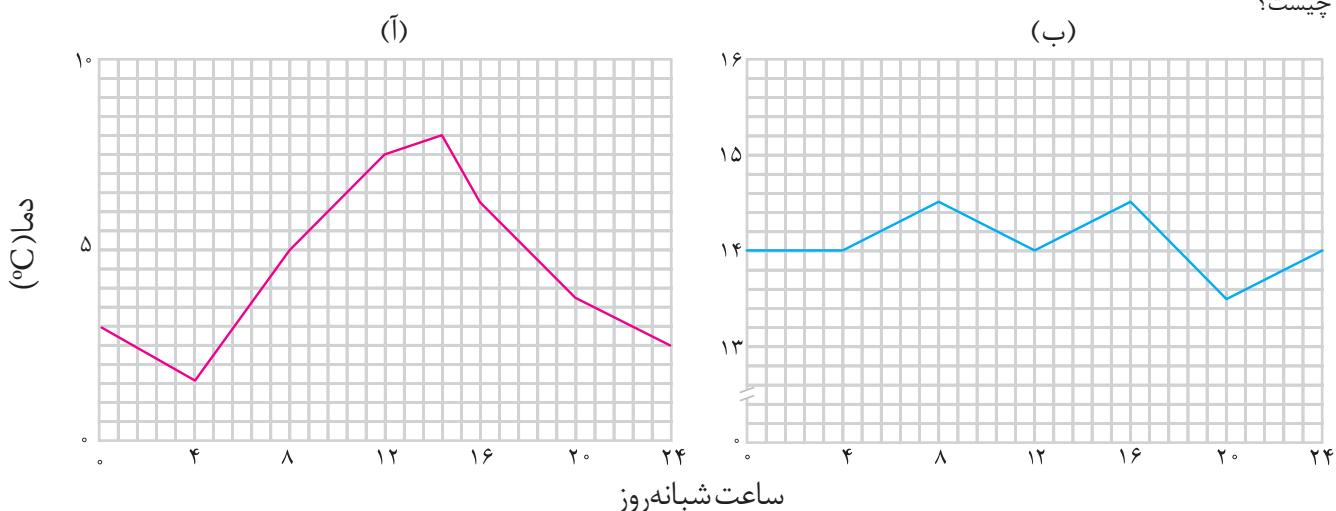
دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند دمای کره زمین تا سال ۲۱۰ درجه سلسیوس افزایش ۱/۸ خواهد یافت.



اثر گلخانه‌ای^۱

آیا می‌دانید گلخانه و کشت گلخانه‌ای چیست؟ گلخانه برای چه هدفی و چگونه ساخته می‌شود؟ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آنها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آنها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در چهار فصل سال بهویژه در زمستان، فراورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و... کشت می‌شود (نمودار ۱).

گلخانه، گیاه‌یا میوه‌را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. آیا می‌دانید نقش لایه پلاستیکی در گرم‌نگه‌داشتن گلخانه چیست؟

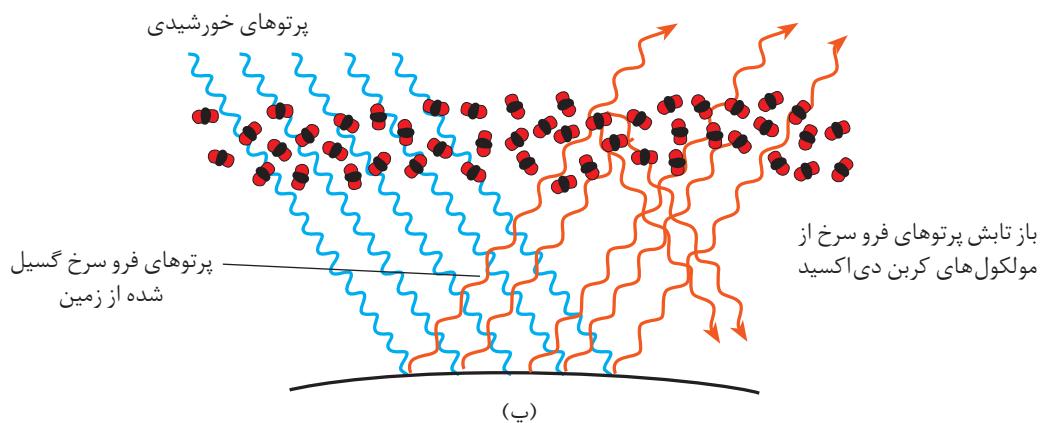


نمودار ۱- تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد. کدام منحنی مربوط به درون و کدام یک به بیرون گلخانه مربوط است؟ چرا؟

نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر

و طول موج آنها بلندتر است (شکل ۱۸). اکنون می‌توانید توضیح دهید چگونه لایه پلاستیکی سبب گرم شدن گلخانه می‌شود. همان‌طور که دریافتید کره زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است.

این لایه برای زمین همانند لایه پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن کره زمین می‌شود، به طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کره زمین به 18°C - کاهش می‌یافتد. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هوایکره برمی‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هوایکره مانند CO_2 , H_2O و... مانع از خروج آنها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هوایکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت.



شکل ۱۸- رفتار زمین در برابر پرتوهای خورشیدی، آ) نمایی از گرمایی جذب و بازتاب شده به وسیله زمین، ب) مقایسه هوایکره زمین و لایه محافظه گلخانه و پ) عملکرد مولکولهای CO_2 در برابر تابش خورشیدی

شیمی سبز، راهی برای محافظت از هوا کره

شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جستجوی فرایندها و فراورده‌هایی هستند که به کمک آنها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد. در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردپاهای سنگینی روی کره زمین بر جای می‌گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد.

تولید سوخت سبز

سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می‌آید. این مواد زیست تخریب‌پذیرند، از این رو به وسیله جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند.

اتanol و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.



مزارع سویا در کشور استرالیا که برای تولید سوخت سبز زیر کشت می‌روند.

شیمی

آیا می‌دانید

شرکت‌های بزرگ خودروسازی در دنیا با بهره‌گیری از دانش علوم پایه و مهندسی، کربن‌دی‌اکسید تولید شده از خودروها را به ازای طی یک کیلومتر از ۱۶۵ گرم به ۱۳۰ گرم کاهش داده‌اند. آنها در تلاش‌اند تا این مقدار را به ۱۰۵ گرم کاهش دهند. امید است متخصصان کشور ما نیز با تکیه بر دانش و فناوری بتوانند به موفقیت‌های خوبی در این زمینه دست یابند.

تبديل CO_2 به مواد معدنی

برای این منظور کربن‌دی‌اکسید تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند.



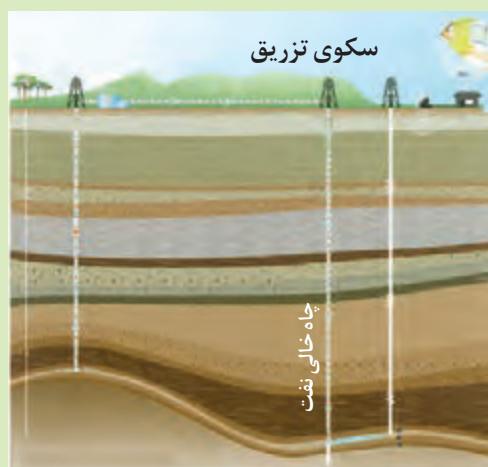
تولید پلاستیک‌های سبز

پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب پذیر)، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آنها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک‌ها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.



دفن کردن کربن دی اکسید

کربن دی اکسید را می‌توان به جای رها کردن در هوایکره در مکان‌های عمیق و امن در زیر زمین ذخیره و نگهداری کرد. سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند.



راه‌های پیشنهادی گوناگون محافظت از هوایکره. هر یک از راه‌های پیشنهادی چه مزایا، معایب و مشکلاتی دارند؟

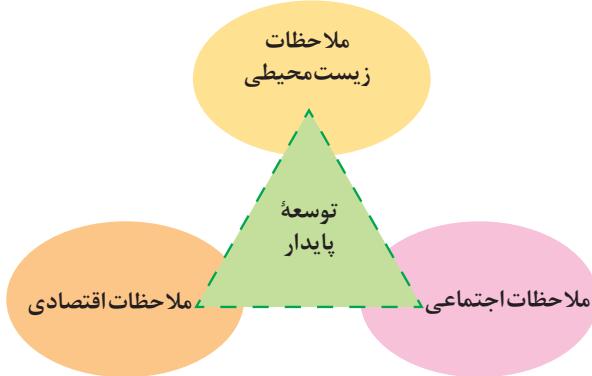
سبز

تولید خودرو
و سوخت با
کیفیت بسیار خوب

با مراجعه به منابع علمی معتبر مانند تارنمای انجمن شیمی ایران و دیگر کشورهای دربارهٔ اصل شیمی سبز، اطلاعاتی جمع‌آوری و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

با هم بیندیشیم

با توجه به تصویر زیر:



توسعهٔ پایدار^۱ یعنی اینکه در تولید هر فراورده، همهٔ هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن در نظر گرفته شود.

آ) چرا برخی از کشورها در پی تولید پلاستیک‌های زیست‌تخربی پذیرند در حالی که قیمت تمام شدهٔ تولید پلاستیک‌ها با پایهٔ نفتی در کارخانه کمتر است؟

ب) توضیح دهید چرا طراحان و متخصصان در شرکت‌های بزرگ تولید خودرو و هوایپیما، هزینه‌های هنگفتی صرف می‌کنند تا موتورهایی با انتشار کمترین مقدار CO₂ بسازند؟

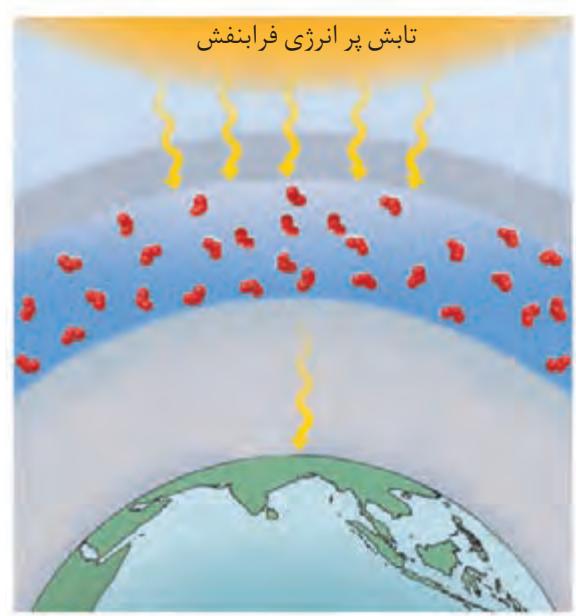
ازوون، دگر شکلی از اکسیژن در هواکره

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عنصر اکسیژن به شکل دیگری نیز در هواکره یافت می‌شود که به اوزون شهرت دارد. اوزون، گازی با مولکول‌های سه اتمی در لایه‌های بالایی هواکره (استراتوسفر) مانند پوششی کرهٔ زمین را احاطه کرده، هر چند که مقدار آن در هواکره ناچیز است (شکل ۱۹).

شیمی سبز مجموعه‌ای از اصول و روش‌ها با هدف کاهش استفاده و تولید مواد خطرناک در واکنش‌های شیمیایی است. در واقع، این شاخه از علم شیمی هماهنگ با اهداف سه‌گانهٔ محیط‌زیست‌پایدار، اقتصاد پایدار و جامعه‌پایدار است.

اقتصاد اتمی یکی از اصول دوازده‌گانهٔ شیمی سبز است که با توجه به قانون پایستگی جرم، به‌دبیال کاهش پسماندهای ناشی از واکنش‌های شیمیایی است؛ پسماندهایی که منجر به افزایش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. برای مثال، ایپوپروفن یک داروی ضد درد است که سال‌هاست در یک فرایند شش مرحله‌ای و با بازده کمتر از ۴۰ درصد تولید می‌شود. به تازگی شیمی‌دانان سبز، روشی سه‌مرحله‌ای برای تولید این دارو پیشنهاد داده‌اند که نه تنها سبب کاهش مصرف مواد اولیه شده، بلکه بازده واکنش را به ۹۹ درصد رسانده است. در این روش، تمام پسماندهای تولید شده یا بازیافت می‌شوند یا به عنوان فراورده‌های جانبی سودمند به فروش می‌رسند. بنابراین، آموزش شیمی سبز می‌تواند دانش و آگاهی موردنیاز برای دستیابی به جهانی پایدار را فراهم کند.





- اصطلاح لایه اوزون^۱ به منطقه مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد.

شکل ۱۹- مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمدۀ ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیانبار این تابش در امان بمانند.

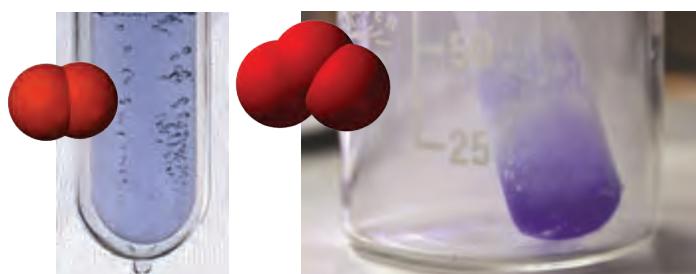
خود را بیازمایید

با توجه به دگر شکل‌های اکسیژن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) ساختار لوویس هر یک را رسم کنید.

ب) با توجه به شکل و جدول زیر خواص فیزیکی آنها را مقایسه کنید.

- دگر شکل (آلوتروپ)^۲ به هر یک از شکل‌های مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود.



نام دگر شکل	فرمول شیمیایی	جرم مولی	نقطه جوش (°C)
اکسیژن	O ₂	۳۲	-۱۸۳
اووزون	O ₃	۴۸	-۱۱۲

پ) در صنعت از گاز اوزون برای گندздایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. آیا از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است؟ چرا؟

ت) توضیح دهید آیا تفاوت رفتار این دو ماده را می‌توان به این موضوع نسبت داد که:

«ساختار هر ماده، تعیین کنندهٔ خواص و رفتار آن است.»

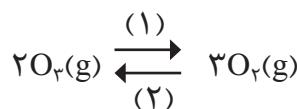
همان‌طور که دیدید در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پرانرژی فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

ذره‌های تولید شده می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود.

با تکرار پیوسته این دو واکنش، لایه اوزون بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش را جذب می‌کند و تابش‌های کم انرژی تر فروسرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

با هم بیندیشیم

مجموعه واکنش‌های لایه اوزون را می‌توان با معادله زیر نمایش داد:



آ) شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت^۱ و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت^۲ می‌گویند. اگر در لایه اوزون تنها واکنش (۱) یا (۲) انجام شود، چه فاجعه‌ای رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب) واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن برگشت‌پذیر است. با این توصیف، واکنش برگشت‌پذیر^۳ و برگشت ناپذیر^۴ را تعریف و چند مثال از آنها در زندگی بیان کنید.

پ) با توجه به برگشت‌پذیری واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، نقش محافظتی و ثابت‌ماندن مقدار اوزون را در لایه استراتوسفر توضیح دهید.



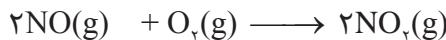
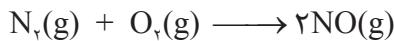
در باتری‌های قابل شارژ، واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر رخ می‌دهد.

جالب است بدانید که اوزون در لایه تروپوسفر نیز یافت می‌شود. از آنجا که اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، این ماده، آلاینده‌ای سمی و خطرناک به شمار می‌آید به طوری که وجود آن

آیا می‌دانید

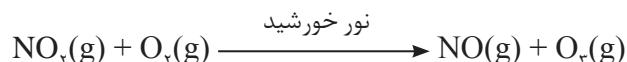
شیمی‌دان هواکرها متخصصی است که ترکیب شیمیایی هواکرها را می‌شناسند؛ همچنین از برهم‌کنش گازها، مایع‌ها و جامد‌های موجود در هواکره با سطح زمین و موجودات زنده‌ای که روی آن زندگی می‌کنند، آگاه است.

در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است. اکنون این پرسش مطرح است که اوزون تروپوسفری از کجا می‌آید؟ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازندهٔ هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- جایی که رعد و برق ایجاد شده، دما به اندازه‌ای بالاست که اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شوند.

از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آنجا که گاز نیتروژن دی اکسید به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده کلان‌شهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود (شکل ۲۱). در این هوای آلوده و در حضور نور خورشید، واکنش زیر رخ می‌دهد و مقداری گاز اوزون تولید می‌گردد. این اوزون، همان اوزون تروپوسفری است.



شکل ۲۱- نمایی از هوای آلوده شهر تهران

برای شناخت بهتر هواکره و یافتن راه حل‌های مناسب برای محافظت از آن باید رفتار و ویژگی‌های ذره‌های سازندهٔ هوا کره و واکنش میان آنها را به خوبی مطالعه کرد.

رفتار گازها

پخش شدن بوی نان تازه، گلاب و دود اسپند در فضای خانه، نشان می‌دهد که مولکول‌های یک ماده گازی در هوا منتشر شده و به یاخته‌های بویایی ما رسیده است. ماده به حالت گاز شکل و حجم معینی ندارد، بلکه به شکل ظرف محتوی آن درمی‌آید و همهٔ فضای ظرف را اشغال می‌کند. از این‌رو، حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف محتوی آن برابر است (شکل ۲۲).



● بوی گل‌های رز و محمدی ناشی از انتشار مولکول‌های گازی از آنها است.



(ا)



(ب)



(پ)

شکل ۲۲- آ) شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد، ب) مایع‌ها به شکل ظرف محتوی آنها درمی‌آیند و پ) به محض باز کردن شیر در لوله رابط بین دو ظرف، گاز در هر دو محفظه پخش می‌شود.

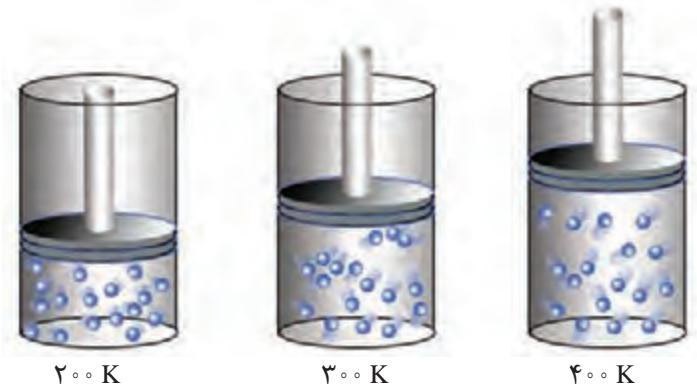
در درس علوم دریافتید که گاز برخلاف جامد و مایع تراکم‌پذیر است. به‌طوری که اگر به یک نمونه گاز درون سرنگ یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.



- برای توصیف یک نمونه گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال $\frac{1}{2}$ مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونه گاز است.



- قرار دادن بادکنک‌های پر شده از هوا، درون نیتروژن مایع سبب می‌شود که حجم آنها به شدت کاهش یابد (چرا؟).

آ) با افزایش دما، حجم گاز چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ب) بین حجم یک نمونه گاز و دمای آن در فشار ثابت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

- شکل زیر دو نمونه از یک گاز را در دما و فشار ثابت نشان می‌دهد. تفاوت حجم این دو را توضیح دهید.



دریافتید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هریک از این کمیت‌ها، حجم گاز تغییر می‌کند. برای یافتن رابطه بین حجم و مقدار یک نمونه گاز باید دما و فشار ثابت باشد. براساس قرارداد، شیمی‌دان‌ها دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر را به عنوان شرایط استاندارد (STP)^۱ در نظر گرفته‌اند. در جدول ۲، حجم چند نمونه گاز در این شرایط نشان داده شده است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های چند نمونه گاز در STP

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
گاز	H _۲	Ne	CO _۲	O _۲	He
ظرف محتوی گاز					
(mol)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۱/۰
(L)	۵/۶	۵/۶	۱۱/۲	۱۱/۲	۲۲/۴
(g)	۰/۵۰	۵/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۴/۰

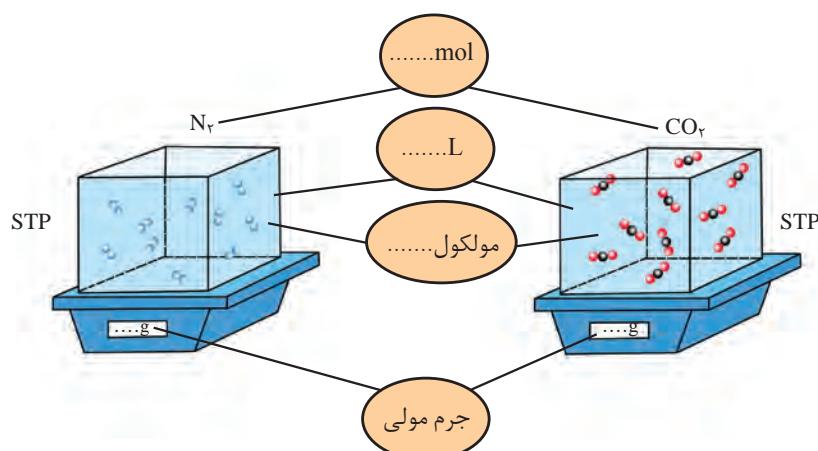
در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این بیان نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط آوگادرو رائه و بعدها به قانون آوگادرو^۱ مشهور شد.

مطابق داده‌های جدول در این شرایط با افزایش شمار مول‌های هر گاز، حجم آن افزایش می‌یابد. از این‌رو حجم یک نمونه گاز با شمار مول‌های آن رابطه‌ای مستقیم دارد. طبق این رابطه حجم یک مول گاز در STP برابر با ۲۲/۴ لیتر است؛ به دیگر سخن، حجم مولی گازها در STP برابر با ۲۲/۴ لیتر است.

خود را بیازمایید

۱- هر ذره را هم ارز با ۱/۰ مول در نظر بگیرید و در شکل زیر جاهای خالی را پر کنید.

$$(N = ۱۴/۰/۱, C = ۱۲/۰/۱, O = ۱۶/۰/۰ \text{ g mol}^{-1})$$



۸ آیا می‌دانید

جابر بن حیان بنیان‌گذار علم شیمی است. او در سال ۱۰۰ هجری شمسی (۷۲۱ میلادی) در شهر طوس از توابع خراسان دیده به جهان گشود. پدر جابر داروسازی مشهور بود، از این‌رو، وی به داروسازی و کیمیاگری علاقه‌مند شد. جابر برای فراگیری قرآن و عجفرصادق (ع) به کوفه مهاجرت کرد. سفری که بی‌تر دید موجب شکوفایی استعدادهای وی شد.

جابر همواره بر اجرای نظاممند فعالیتهای تجربی و آزمایشگاهی تأکید داشت. او انواع ابزار آزمایشگاهی را طراحی و فرایندهای اساسی مانند تقطیر و تبلور را پایه‌گذاری کرد. از او رساله و کتاب‌های «گوناگونی مانند رنگ‌ها»، «کتاب جامع خواص شیمیایی»، «جرائمها و اندازه‌گیری‌ها» و «ترکیب شیمیایی» به جای مانده است. این کتاب‌های سال‌ها پس از جابر به عنوان منابع معتبر علمی در اروپا بررسی و ترجمه شد. بسیاری از دانشمندان بر این باورند که محتوای کتاب‌های جابر اثر رفیقی بر دیدگاه کیمیاگران اروپایی داشت و بعداً سبب تحولات شگرفی در دانش شیمی شد.

- به هر یک از ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازن شده، ضریب استوکیومتری می‌گویند.

۲- هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می‌کشد و هر بار ۵ لیتر هوای ریه‌ها وارد می‌شود.

آ) در یک شبانه روز چند لیتر هوای چند لیتر اکسیژن وارد شش‌ها می‌شود؟

ب) چند مول اکسیژن در یک شبانه روز وارد شش‌ها می‌شود؟ (شرایط STP فرض کنید).

از هر گاز چقدر؟

واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد به طوری که هر یک از فرایندهای تهیه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است. یکی از این واکنش‌ها، تبدیل گاز گوگرد دی اکسید به گوگرد تری اکسید است.



در معادله موازن شده این واکنش، دو مول گاز گوگرد دی اکسید با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول گاز گوگرد تری اکسید تولید می‌شود؛ با این توصیف می‌توان گفت نسبت مولی اکسیژن مصرف شده به گوگرد تری اکسید تولید شده، ۱ به ۲ است؛ به دیگر سخن نسبت‌های کمی زیر برقرار است:

$$\frac{1\text{ mol O}_2}{2\text{ mol SO}_3} \quad \text{و} \quad \frac{2\text{ mol SO}_3}{1\text{ mol O}_2}$$

به هر یک از این نسبت‌ها یک عامل (کسر) تبدیل می‌گویند که می‌توان با استفاده از آنها شمار مول‌های هر ماده شرکت کننده در واکنش را از شمار مول‌های دیگری به دست آورد.

نمونه حل شده

برای تولید ۸ مول گاز گوگرد تری اکسید به چند مول گاز اکسیژن نیاز است؟

پاسخ:

$$? \text{ mol O}_2 = 8 \text{ mol SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol SO}_3} = 4 \text{ mol O}_2$$

به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت کننده (واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، استوکیومتری^۱ واکنش می‌گویند. دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فرآورده به چه مقدار از هر واکنش دهنده نیاز است.

با هم بیندیشیم

معادله واکنش اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن به صورت زیر است:



● به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.

آ) بدن انسان در هر شبانه روز به طور میانگین $\frac{2}{5}$ مول گلوکز مصرف می‌کند. برای مصرف

این مقدار گلوکز به چند مول اکسیژن نیاز است؟

ب) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند لیتر گاز اکسیژن در STP است؟

راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1\text{ mol O}_2}{22/4\text{ LO}_2} \quad \text{و} \quad \frac{22/4\text{ LO}_2}{1\text{ mol O}_2}$$

پ) این مقدار اکسیژن هم ارز با چند گرم اکسیژن است؟

راهنمایی: برای حل می‌توان یکی از عامل‌های تبدیل زیر را به کار برد:

$$\frac{1\text{ mol O}_2}{32\text{ g O}_2} \quad \text{و} \quad \frac{32\text{ g O}_2}{1\text{ mol O}_2}$$

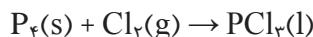
ت) دانش‌آموزی برای یافتن جرم آب تولید شده از اکسایش $\frac{2}{5}$ مول گلوکز از عامل‌های تبدیل در روند زیر استفاده کرده است. هر یک از جاهای خالی را با کمیت مناسب پر کنید.



ث) گاز حاصل از اکسایش کامل این مقدار گلوکز در STP چند لیتر حجم دارد؟

خود را بیازمایید

فسفر تری کلرید یک ماده تجاری مهم است که در تهیه حشره‌کش‌ها کاربرد فراوانی دارد. این ترکیب مطابق معادله شیمیایی زیر تهیه می‌شود.



آ) معادله شیمیایی را موازن کنید.

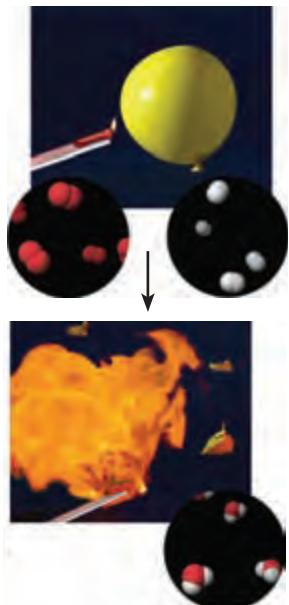
ب) از واکنش ۹۹۲ گرم فسفر (P_4) با مقدار کافی از گاز کلر، چند گرم فسفر تری کلرید به دست می‌آید؟

پ) برای واکنش کامل ۶۰ گرم فسفر (P_4) چند لیتر گاز کلر در شرایط STP نیاز است؟

آیا می‌دانید

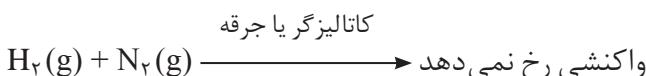
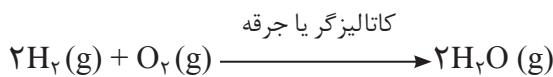
سالانه مردم سراسر جهان حدود ۵ میلیارد قرص آسپرین برای کاهش تب، التهاب و تپش‌های قلبی مصرف می‌کنند. این قرص‌ها با بهره‌گیری از استوکیومتری واکنش در شرکت‌های دارویی تولید می‌شود.

تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت



شکل ۲۴- سوختن گاز هیدروژن

گاز نیتروژن فراوان‌ترین جزء سازندهٔ هوا کره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است؛ برای نمونه مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می‌شود و آب تولید می‌کند (شکل ۲۴) اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد.

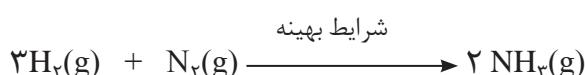


از این رو گاز نیتروژن به جوّبی اثر شهرت یافته و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند.

خود را بیازمایید

- ۱- شاید دیده باشید که برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا مطابق شکل روبرو از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند. توضیح دهید استفاده از این گاز به جای هوا چه فایده‌ای دارد؟
- ۲- گاز نیتروژن دارای مولکول‌های دو اتمی است. ساختار لوویس مولکول آن را رسم کنید.

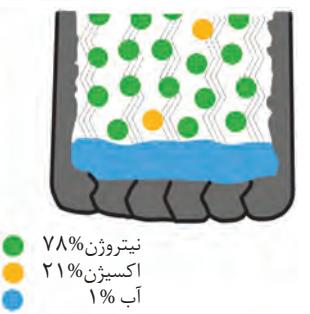
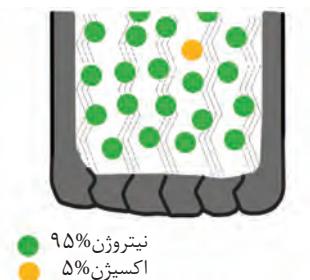
هر چند گاز نیتروژن واکنش پذیری ناچیزی دارد، اما امروزه در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می‌کنند که آمونیاک یکی از مهم‌ترین آنهاست. اکنون این پرسش مطرح است که از نیتروژن با واکنش پذیری ناچیز، چگونه شیمی‌دان‌ها آمونیاک و ترکیب‌های دیگر را تهیه می‌کنند. یافتن پاسخ این پرسش به اندازه‌ای اهمیت داشت که دانشمندی به نام **فریتس هابر** در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای H_2 و N_2 ، برندهٔ جایزهٔ نوبل شیمی شد. هابر واکنش زیر را مبنای پژوهش‌های خود قرار داد:



بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود، به‌طوری که:

• واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

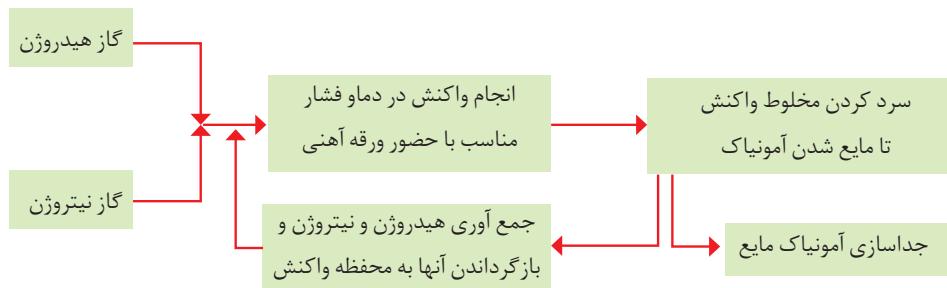
هابر واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی یک ورقهٔ آهنی (کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب عبور داده شود با انجام واکنش، مقدار قابل



در درس علوم دیدید که کشاورزان کودهای شیمیایی نیتروژن دار را به خاک می‌افزایند. یکی از این کودها، آمونیاک است که به طور مستقیم به خاک تزریق می‌شود.

توجهی آمونیاک تولید می‌شود؛ اما همهٔ واکنش دهنده‌ها به فراورده تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت‌پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری روبه‌رو بود:

- چگونه می‌توان فراوردهٔ واکنش (آمونیاک) را از مخلوط واکنش جدا کرد.
- او با بررسی نقطهٔ جوش این مواد، راه حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد. طرح زیر، راه حل هابر را نشان می‌دهد (نمودار ۲).



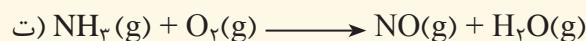
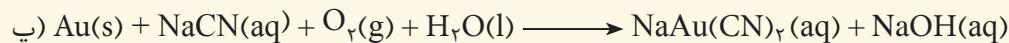
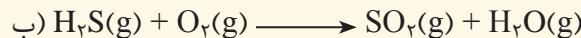
نقطهٔ جوش (°C)	ماده
-253	H ₂
-196	N ₂
-33	NH ₃

نمودار ۲- نمای تولید آمونیاک در صنعت به روش هابر

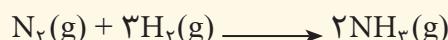
تمرین‌های دوره‌ای



۱- واکنش‌های زیر را موازن نه کنید.



۶- معادله موازن شده واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:

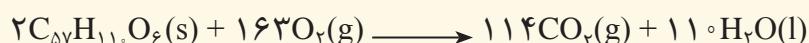


آ) برای تهیه $42/5$ کیلوگرم آمونیاک به چند مول گاز هیدروژن نیاز است؟

ب) برای تولید 336° لیتر آمونیاک در STP به چند گرم گاز هیدروژن و چند گرم گاز نیتروژن نیاز است؟



۷- شتر جانوری است که می‌تواند چندین روز را بدون نوشیدن آب در هوای گرم بیابان سپری کند. در این شرایط، چربی ذخیره شده در کوهان این جانور مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افزون بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می‌کند:



جرم آب تولید شده از اکسایش یک کیلوگرم چربی را حساب کنید.

۸- واکنش آلومینیم با آمونیوم پرکلرات مطابق معادله شیمیایی زیر انجام می‌شود.



(معادله شیمیایی، موازن نشده است).

آ) از واکنش $2/16$ کیلوگرم آلومینیم با مقدار کافی از آمونیوم پرکلرات چند لیتر گاز نیتروژن در STP تولید می‌شود؟

ب) نسبت جرمی آلومینیم کلرید تولید شده به آلومینیم اکسید تولید شده چند است؟

۵- گاز شهری به طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است به صورت ناقص می‌سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید، نور و گرما تولید می‌کند.

آ) معادله واکنش سوختن ناقص متان را بنویسید و موازنه کنید.

ب) حجم گاز CO حاصل از سوختن ناقص ۴۸ گرم متان در STP چند لیتر است؟

۶- در برخی کشورها از اتانول (C_2H_5OH) به عنوان سوخت سبز به جای سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود.

آ) معادله واکنش سوختن کامل اتانول را بنویسید و موازنه کنید.

ب) استفاده از اتانول به جای سوخت‌های فسیلی چه اثری بر میزان آلاینده‌هایی دارد که به هواکره وارد می‌شود؟ توضیح دهید.

۷- جدول زیر داده‌هایی را درباره خودروهای یک کشور توسعه یافته نشان می‌دهد.

G	F	E	D	C	B	A	برچسب آلاینده‌گی خودرو
۲۲۵	۱۹۰-۲۲۵	۱۷۰-۱۹۰	۱۵۵-۱۷۰	۱۴۰-۱۵۵	۱۲۰-۱۴۰	کمتر از ۱۲۰	گستره انتشار گاز کربن دی‌اکسید (گرم) به ازای طی یک کیلومتر

آ) نوعی خودرو در این کشور به ازای طی یک کیلومتر، ۱۰۵ گرم گاز کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند. برچسب این خودرو را تعیین کنید.

ب) هر خودرو به طور میانگین سالانه مسافتی حدود ۱۸۰۰۰ کیلومتر طی می‌کند. حساب کنید سالانه چند کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید بر اثر استفاده از هر خودرو وارد هواکره می‌شود؟

پ) فرض کنید این کشور در راستای توسعه پایدار سالانه دو نوع مالیات از مالکان خودرو دریافت می‌کند. مالیات سالانه برابر با ۱۰۰ یورو و مالیات متغیر که به میزان گاز کربن دی‌اکسید تولید شده از خودرو بستگی دارد. اگر خودروهای دارای برچسب A از پرداخت مالیات متغیر معاف باشند، خودرو با برچسب E سالانه چند یورو مالیات می‌پردازد؟ (راهنمایی: هر خودرو به ازای تولید هر صد کیلوگرم CO_2 اضافی دو یورو مالیات متغیر می‌پردازد.)

آب، آهنج زندگی



••• «أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ» آية ۶۸، سوره واقعه

آیا به آبی که می‌نوشید، اندیشیده‌اید؟

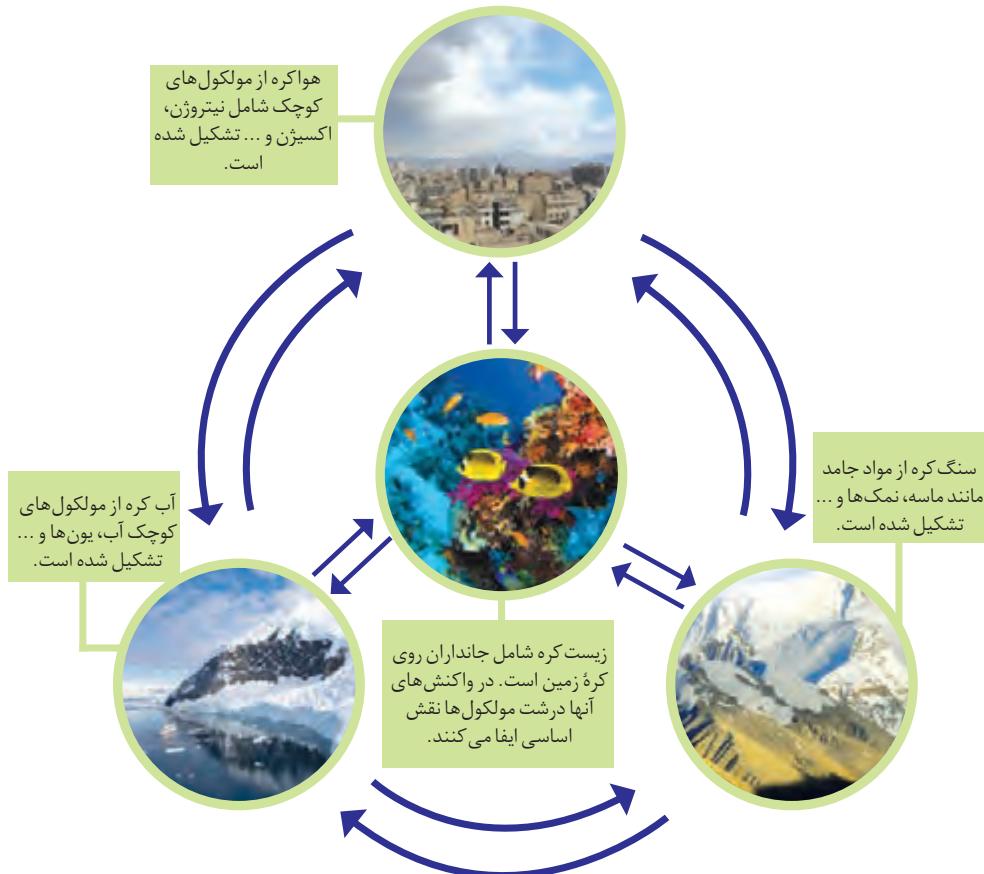
..... سیاره ما با جوئی سرشار از اکسیژن و سطحی پوشیده از آب فراوان همانند سفینه‌ای مجهز و بسیار بزرگ است. سفینه‌ای که میلیاردها مسافر خود را با منابع عظیم آب و آذوقه که در سرتاسر آن گسترده شده است، رایگان به سفر آفاق می‌برد. این مروارید آبی در سامانه خورشیدی، امن‌ترین جا برای زندگی ما و دیگر جانداران و نیز پهناورترین زیستگاه برای آبزیان به شمار می‌رود. در این سیاره آبی رنگ یکی از زیباترین جلوه‌های آفرینش، آب است. آبی که با گذر از هر راهی در زمین از روی هزاران هزار سنگ و سنگریزه بی‌هیچ مِنتی همراهانی را با خود تا دور دست می‌برد و در گذر پر پیچ و خم خود به هر جا، حتی درون یاخته‌های موجودات زنده نیز راه می‌یابد.

با اینکه آب در جای جای گیتی، نماد زندگی است، اما امروزه این واژه یک زنگ خطر و بیدار باش برای اصلاح رفتار ما در راستای حفظ و مصرف بهینه از منابع آن است.



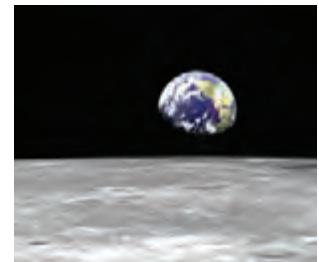
زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود؛ زیرا نزدیک به ۷۵ درصد سطح آن را آب پوشانده است؛ به گونه‌ای که جرم کل آب‌های روی کره زمین در حدود 1.5×10^{18} تن برآورد می‌شود (شکل ۱). بخش عمده این آب در اقیانوس‌ها و دریاهای توزیع شده است، به گونه‌ای که اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم آب، همه سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند. آب اقیانوس‌ها و دریاهای مخلوطی همگن است که اغلب مزه‌ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است. برآوردها نشان می‌دهند که 5×10^{16} تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاهای وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره نیز وارد آب کرده می‌شوند. از آنجا که جرم کل مواد حل شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاهای و اقیانوس‌ها خارج شوند.

کره زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب کرہ، سنگ کرہ و زیست کرہ است (شکل ۲).



شکل ۲- زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های گوناگون آن با یکدیگر برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی دارند.

درین این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود؛ برای نمونه سالانه حجم عظیمی از آب دریاهای بخار و وارد هواکره می‌شود و به صورت بارش در آب کرہ یا



شکل ۱- تصویر کره زمین که از سطح کره ماه گرفته شده است.

آیا می‌دانید

جرم زمین در حدود 6×10^{21} تن است، در حالی که جرم آب روی سطح زمین در حدود $\frac{1}{4000}$ برابر جرم زمین است.

آیا می‌دانید

چرخه آب سالانه 4.2×10^{14} تن آب را در سراسر کره زمین جابه جا می‌کند.



سنگ کره فرود می‌آید. جانداران آبزی سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید را وارد هواکره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. فعالیت‌های آتشفشاری سبب می‌شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هواکره شوند. لاشه جانوران و گیاهان براثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب کرده، هواکره یا سنگ کره می‌شوند. همچنین جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب‌های کربن دار را وارد بخش‌های گوناگون کره زمین می‌کنند.

خود را بیازمایید

آیا می‌دانید

شیمی‌دان دریا به بررسی واکنش‌های شیمیایی که در اقیانوس‌ها و آب‌های ساحلی روی می‌دهد، توجه دارد. او با استفاده از دانش شیمی به مطالعه تولید مواد شیمیایی طبیعی از آب دریا، تأثیر آنها بر چرخه اقیانوس، معادن، کانی‌ها و اثر فعالیت‌های انسانی می‌برد. شیمی‌دان دریا می‌تواند از این دانش برای مطالعه حیات در دیگر سیاره‌ها نیز بهره ببرد.

۱- در مورد مواد موجود در آب دریا به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) چند نمونه از این مواد را نام ببرید.

ب) این مواد از کجا می‌آیند؟ توضیح دهید.

۲- این عبارت را که «زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست» توضیح دهید.

۳- در جدول زیر نام، نماد شیمیایی و مقدار برخی یون‌های حل شده در آب دریا نشان داده شده است.

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید	
نماد یون								Br ⁻	CO ₃ ²⁻
میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵	

آ) کاتیون عنصرهای کدام گروه‌های جدول دوره‌ای در آب دریا وجود دارند؟

ب) مقدار کدام آئیون در آب دریا از دیگر آئیون‌ها بیشتر است؟

پ) مقدار کدام کاتیون در آب دریا از دیگر کاتیون‌ها بیشتر است؟

ت) وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل اتحال نمک‌های گوناگون در آن است. نام و فرمول چند ترکیب شیمیایی دوتایی را بنویسید که اتحال آنها باعث ورود یون‌های کلرید و سدیم در آب دریا می‌شود.

۴- اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبرو خواهند شد. با توجه به شکل صفحه بعد دلیل کمبود آب برای مردم جهان را توضیح دهید.

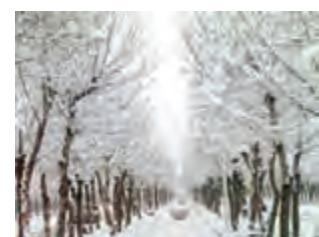
آیا می‌دانید

آسیا پهناورترین قاره با داشتن بیش از ۶۰ درصد جمعیت جهان، خشکترین قاره است. کشور ما با داشتن حدود یک درصد از جمعیت جهان، تنها ۲۶٪ درصد از منابع آب شیرین جهان را در اختیار دارد. پژوهش‌ها و برآورده‌های انسان می‌دهند که یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشور ما در آینده‌ای نزدیک، کمبود آب شیرین خواهد بود؛ چالشی که با مدیریت درست منابع آب می‌توان پیامدهای آن را کاهش داد. امروزه در جهان تزدیک به ۱,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰ نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند.



بیشتر آب‌های روی زمین شور است و نمی‌توان از آنها در کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد؛ از این‌رو تهیه آب شیرین و آشامیدنی، همچنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه‌های از چالش‌های اساسی در سطح جهان است. از سوی دیگر اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و ... منابع ارزشمندی برای تهیه و استخراج مواد شیمیایی گوناگون، تولید فراورده‌های پروتئینی، مواد و وسایل تزیینی، تهیه داروهای گوناگون و ... هستند. بنابراین ضروری است با افزایش دانش شیمی خود بتوان پاسخ پرسش‌های زیر را یافت.

خواص فیزیکی و شیمیایی آب چیست؟ چرا برخی نمک‌ها در آب دریا حل می‌شوند اما، برخی دیگر حل نمی‌شوند؟ آیا مواد شیمیایی موجود در آب دریا با یکدیگر، آبزیان و جانداران دریایی واکنش می‌دهند؟ مواد حل شده در آب دریا از کجا می‌آیند؟ کدام ویژگی آب سبب شده است تا زندگی در آب کره در زمستان و با وجود بیخ زدن آب ادامه یابد؟ امید است با آموزش شیمی، شهروندانی آگاه و مسئولیت‌پذیر تربیت شوند که با تکیه بر دانش، از منابع خدادادی به طور مناسب بهره‌برداری و استفاده نموده و در عین حال از ایجاد ردپاهای سنگین و بزرگ بر روی بخش‌های گوناگون کره زمین جلوگیری نمایند.



- آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیه آب خالص است. فرایندی که نقطه‌بر و فراورده آن آب مقطمر نام دارد.

همراهان ناپیدای آب



شکل ۳- دو نمونه از آب‌های شیرین

دریاها مخلوطی همگن از انواع یون‌ها و مولکول‌ها در آب هستند. نوع و مقدار مواد حل شده در دریاها با یکدیگر تفاوت دارند، زیرا آب‌هایی که به دریاها می‌ریزند در مسیر خود از زمین‌هایی گذر می‌کنند که مواد شیمیایی گوناگون دارند.

اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آبی زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است (شکل ۳). آیا آب‌ها خالص‌اند یا ناخالص؟ آیا آب‌های معدنی که از رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس تهییه می‌شوند، ناخالصی دارند؟

۰ کاوش کنید

درباره «وجود برخی یون‌ها در آب» کاوش کنید.

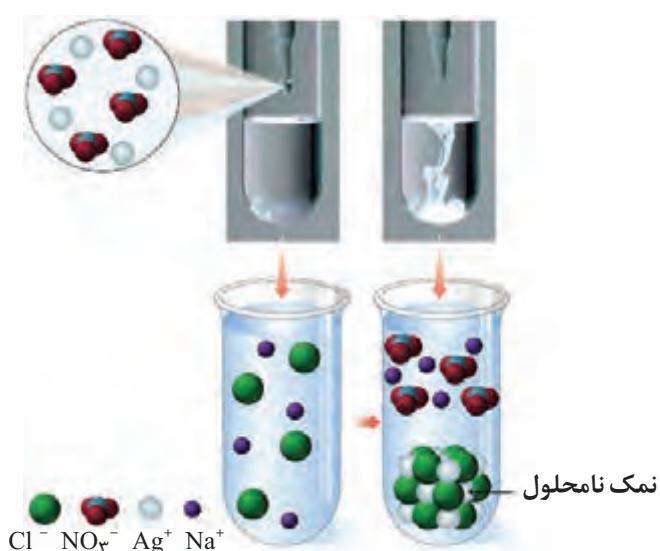
ابزار، وسائل و مواد مورد نیاز: چند لوله آزمایش، قطره چکان، قاشقک، آب مقطر، نقره

نیترات، سدیم فسفات، سدیم کلرید، سدیم سولفات، باریم کلرید و کلسیم کلرید.

آزمایش ۱- آ) یک لوله آزمایش بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور کوچک سدیم کلرید به آن بیفزایید. لوله آزمایش را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

ب) لوله آزمایش دیگری بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور نقره نیترات به آن بیفزایید. لوله آزمایش را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

پ) اکنون با استفاده از قطره چکان، چند قطره از محلول نقره نیترات تهییه شده را درون محلول سدیم کلرید بریزید. مشاهده خود را بنویسید. از این آزمایش چه نتیجه‌های می‌گیرید؟ ت) با توجه به شکل زیر، معادله شیمیایی واکنش را بنویسید و آن را موازنه کنید.



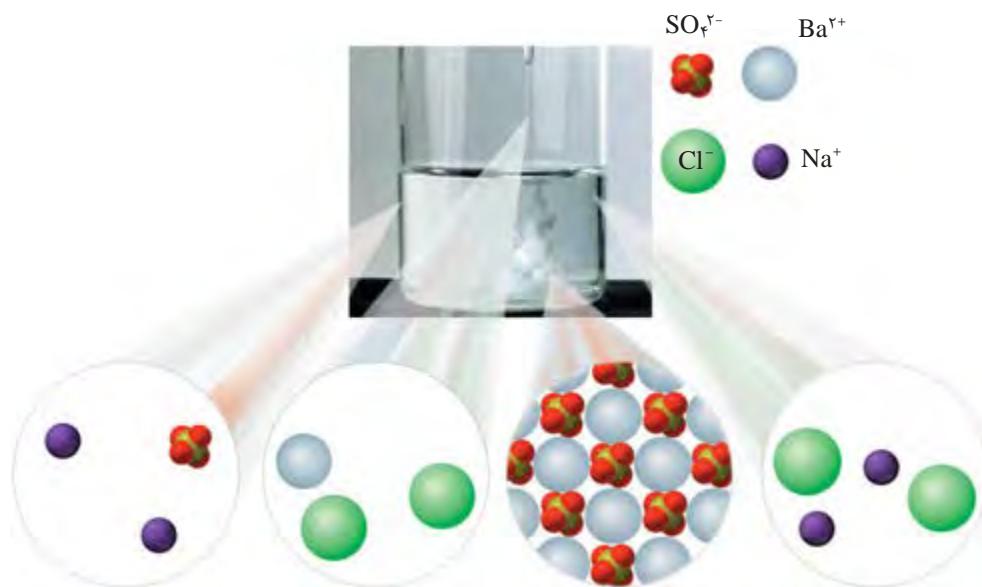
آزمایش ۲-آ) آزمایش ۱ را با سدیم فسفات (Na_3PO_4) و کلسیم کلرید تکرار کنید. مشاهده خود را بنویسید.

ب) هرگاه بدانید که کلسیم فسفات، $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ و سدیم کلرید فراوردهای واکنش هستند، معادله شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنہ کنید.

آزمایش ۳- دانش آموزی برای شناسایی یون باریم در محلول آبی، آزمایشی طراحی کرده است. شکل زیر نمایی از آن را نشان می‌دهد.

آ) این آزمایش را انجام دهید.

ب) معادله شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنہ کنید.



آزمایش ۴- از یک منبع آب آشامیدنی (آب شیر، آب معدنی، آب چشمه یا آب قنات) دو نمونه تهیه کنید، سپس با انجام آزمایش، وجود یون‌های کلرید و کلسیم را در آنها بررسی کنید.

آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده که حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است (شکل ۴). برخی از این یون‌ها به طور طبیعی در آب حل شده و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کم و مناسب یون فلورید می‌افزایند زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

- در برخی از آب‌های آشامیدنی مقدار یون‌های حل شده به قدری زیاد است که مزء آب را تغییر می‌دهد.

- تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل شونده‌های آنها است.



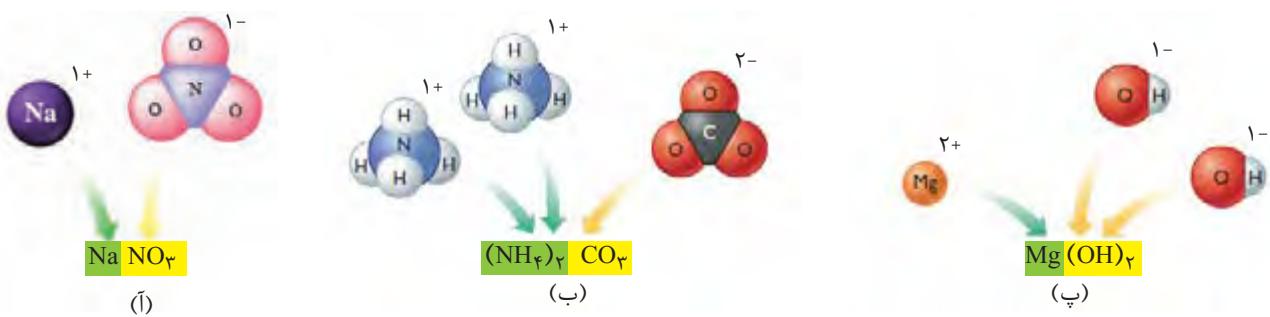
شکل ۴- برخی یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین، مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد.

برخی از یون‌های موجود در آب آشامیدنی، مانند Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} و F^- تک‌اتمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات (NO_3^-) و یون سولفات (SO_4^{2-}) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را **یون‌های چند اتمی**^۱ می‌نامند. پتانسیم‌سولفات، ترکیبی یونی است که هر واحد آن شامل دو یون تک‌اتمی پتانسیم و یک یون چند اتمی سولفات است (شکل ۵).



شکل ۵- یون‌های سازنده پتانسیم سولفات و فرمول شیمیایی آن (توجه کنید در یون چند اتمی SO_4^{2-} ، بار الکتریکی -۲ به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق به کل یون است).

برای نوشتن فرمول شیمیایی این ترکیب‌ها، نخست نماد کاتیون را سمت چپ و فرمول شیمیایی آنیون را در سمت راست می‌نویسند. با توجه به اینکه یک ترکیب یونی خنثی است، بر این اساس شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص می‌کنند و به صورت زیروند در سمت راست هر یون قرار می‌دهند (شکل ۶).



شکل ۶- نام و فرمول شیمیایی آ) سدیم نیترات، ب) آمونیوم کربنات و پ) منیزیم هیدروکسید

خود را بیازمایید

۱- جدول زیر را کامل کنید.

آئیون کاتیون \ آئیون	Cl^- یون کلرید	NO_3^- یون نیترات	SO_4^{2-} یون سولفات	CO_3^{2-} یون کربنات	OH^- یون هیدروکسید
Li^+			Li_2SO_4		
یون لیتیم			لیتیم سولفات		
Mg^{2+}					$\text{Mg}(\text{OH})_2$
یون منیزیم					منیزیم هیدروکسید
Fe^{2+}					
یون آهن (II)					
Al^{3+}					
یون آلومینیم					
NH_4^+				$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	NH_4OH
یون آمونیوم				آمونیوم کربنات	آمونیوم هیدروکسید

۲- گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند S، P، N... نیاز دارند. آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

آ) از انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، چند یون تولید می‌شود؟ توضیح دهید.

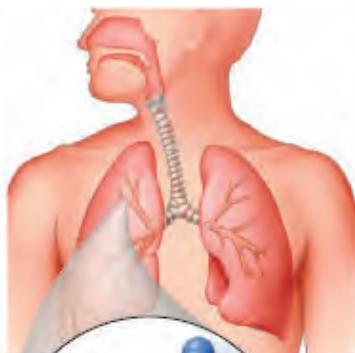
ب) ساختار لوویس یون‌های آمونیوم و سولفات را رسم کنید.

محلول و مقدار حل شونده‌ها

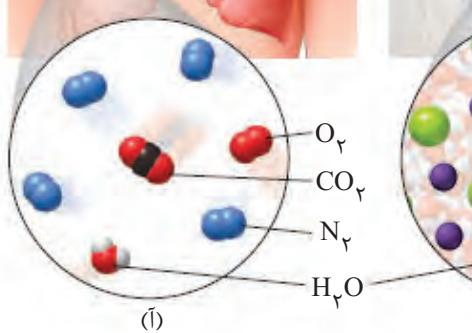
• همه ساله خانه خدارا با گلاب ناب

کاشان سست و شومی دهنده.

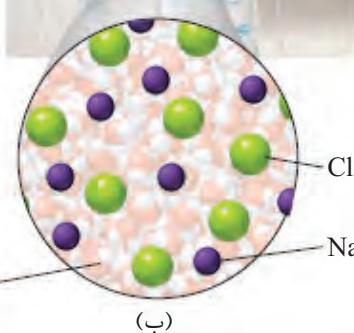
محلول^۱، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده بوده که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. محلول‌ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).



(پ)



(آ)



(ب)



(ت)

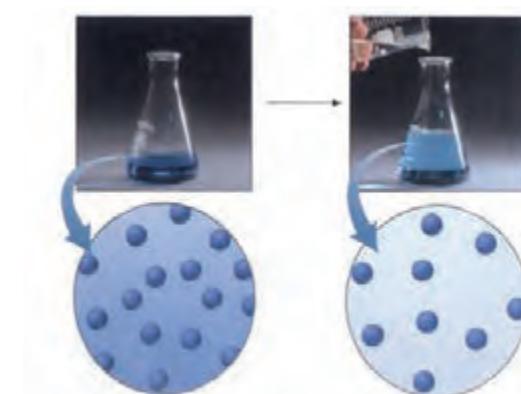
● در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

شکل ۷- برخی محلول‌ها و کاربرد آنها. (آ) هوای پاکی که تنفس می‌کنیم، محلولی از گازهای است، (ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، (پ) ضدیخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و (ت) گلاب محلولی همگن از چند ماده آبی در آب است.

برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. هنگامی که گفته می‌شود محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده‌ها در آن زیاد است (شکل ۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشد که چای شیرین من خیلی غلیظ است. این گفته نشان می‌دهد که یا مقدار شکر موجود در چای شما زیاد بوده یا چای شما بسیار پرنگ بوده است (شکل ۹).



شکل ۹- در چای غلیظ، شمار ذرهای حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



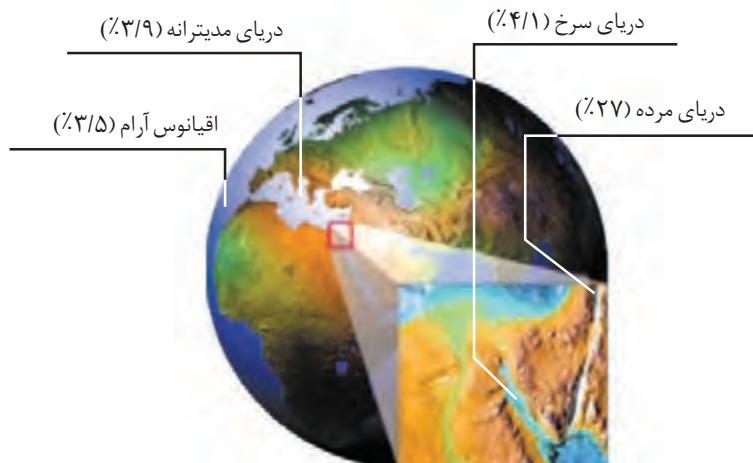
شکل ۸- نمای ذرهای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس(II) سولفات

آیا می‌دانید

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با $\text{pH}=7/5$ گزارش شده است. کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل Na^+ ، Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، K^+ و آئیون‌های موجود در آن به طور عمده شامل SO_4^{2-} ، Cl^- و HCO_3^- است. مقدار Na^+ و Cl^- در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوارکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردپای سنگینی بر زیست بوم منطقه بر جای خواهد گذاشت.



مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون نیز با هم تفاوت دارد (شکل ۱۰). برای نمونه در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند. دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این رو دریاچه ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.



شکل ۱۰- مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

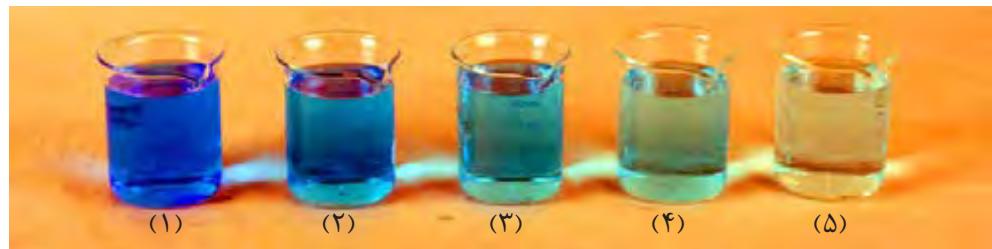
در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال^۱** و **حل شونده^۲** تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

شیمی دان‌ها **غلظت** یک محلول را مقدار حل شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعريف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل شونده در آنها در گستره‌ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا سه مورد از انواع غلظت محلول‌ها بررسی می‌شود.

قسمت در میلیون

هر گاه $5/5$ گرم مس (II) سولفات را در $99/5$ گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق‌تر کنیم، محلولی

بسیار کم رنگ پدید می‌آید که گویی رنگ ندارد. ظاهر بی‌رنگ آن نشان می‌دهد که محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل شونده در آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- در هر 1° گرم محلول شماره ۵، حدود 5×10^{-6} گرم مس (II) سولفات وجود دارد.

برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام قسمت در میلیون (ppm)^۱ استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. ppm از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

توجه کنید در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

آیا می‌دانید

سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ۱/۲۲ ppm اعلام کرده است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون F^- باعث ایجاد حال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون فلوئورید، لکه‌ها قهوه‌ای شده، به تدریج فرو رفتگی ایجاد می‌شود.

نمونه حل شده

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم 200 g ، میلی گرم یون فلوئورید وجود دارد. غلظت یون F^- در این نمونه چند ppm است؟

پاسخ:

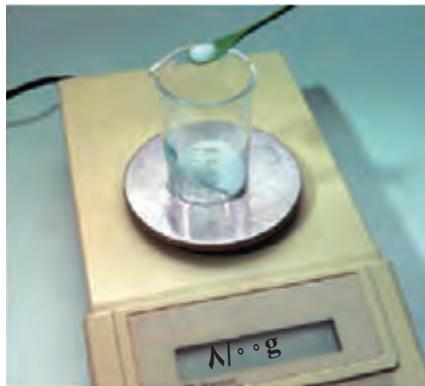
$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{5 \times 10^{-5} \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 10^6 = 0.25 \text{ ppm}$$

در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر علمی، درباره اینکه «غلظت یون نیترات (NO_3^-) در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد» اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید.

با هم بیندیشیم

مربی آزمایشگاه پس از قرار دادن بشر روی ترازو، جرم آن را روی صفر تنظیم کرده و سپس با افزودن مقدار معینی پتاسیم کلرید (حل شونده) و آب (حلال)، محلولی تهیه می‌کند. با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) جرم حل شونده، محلول و حلال را تعیین کنید.

ب) برای تهیه 100 g از این محلول به چند گرم حل شونده و چند گرم حلال نیاز است؟

پ) غلظت پتاسیم کلرید در این محلول 16 درصد جرمی است. با این توصیف، مفهوم درصد جرمی را توضیح دهید.

ت) رابطه‌ای برای محاسبه درصد جرمی محلول بیابید.

ث) بر روی ظرف حاوی محلول شست و شوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید $9/6$ درصد» نوشته شده است. معنی این عبارت را توضیح دهید.

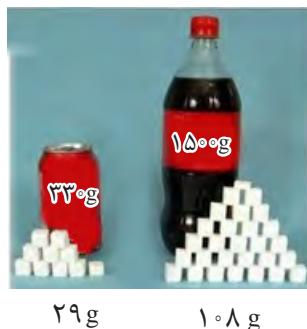
آیا می‌دانید

بستر اقیانوس‌ها و دریاها مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گوناگون را دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کلوخه‌های کف اقیانوس‌ها تا 24 درصد منگنز (Mn)، 14 درصد آهن (Fe) و مقدار کمتری مس (Cu)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) دارد. به همین دلیل گروه‌های اکتشافی زیادی در سراسر دنیا وجود دارند که به بررسی ترکیب شیمیایی بستر اقیانوس‌ها و دریاها می‌پردازند. همچنین جالب است بدانید که اکتشاف این منابع به مرز آبی کشورها محدود نمی‌شود.

خود را بیازمایید

۱- جدول زیر غلظت برخی یون‌های دریانشان می‌دهد، آن را کامل کنید.

نام یون	نماد یون	میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	%W/W	غلظت یون	ppm
یون کلرید	Cl^-	۱۹۰۰	.....	.....	.....
یون سدیم	Na^+	۱۰۵۰	.....	.....	.....
یون سولفات	SO_4^{2-}	۲۶۵۵	.....	.....	.....
یون منیزیم	Mg^{++}	۱۳۵	.....	.....	.....
یون کلسیم	Ca^{++}	۴۰	.....	.....	.....
یون پتاسیم	K^+	۳۸	.....	.....	.....



۲۹g ۱۰۸g

۲- جرم کل آب‌های زمین در حدود 1×10^{18} تن است. اگر مقدار نمک‌های حل شده در این آب‌ها برابر باشد، حساب کنید چند تن از انواع نمک در آنها وجود دارد؟

۳- با توجه به شکل، درصد جرمی قند موجود در هر یک از نوشابه‌های گازدار را تعیین کنید.

پیوند با صنعت

دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا در حدود 5×10^{16} تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد (شکل ۱۲).

آیا می‌دانید

سالانه ۱۵۰ میلیون تن نمک خوارکی در جهان و در صنایع گوناگون مصرف می‌شود. این نمک را از آب دریا یا معادن نمک تهیه می‌کنند. یکی از مهم‌ترین منابع سدیم کلرید، صحرایی بزرگ از نمک واقع در کشور بولیوی است. این صحراء از تبخیر آب دریاچه میان چین به جای مانده است. مساحت این صحراء حدود ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع است. برآورد شده است که در این صحراء، ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ تن نمک وجود دارد که سالانه ۲۵۰۰۰ تن نمک از آن استخراج می‌شود.



- جداسازی حل‌شونده از محلول به شکل بلورهای جامد را تبلور می‌نامند.



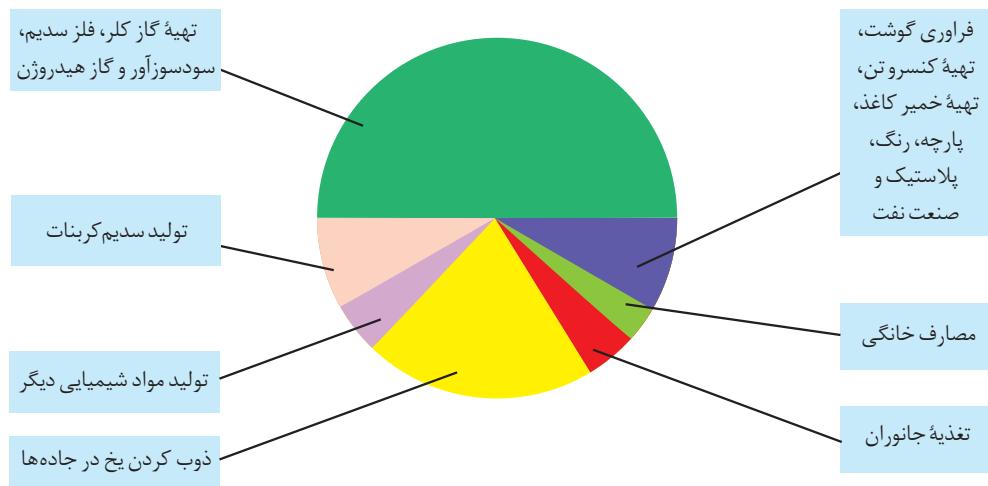
شکل ۱۲- گرمای شدید، سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاهای شده، در نتیجه بلورهای جامد زیبایی تشکیل می‌شود. بلورهایی که شامل انواع نمک‌ها هستند.

مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی از آن جدا کرد. برای نمونه سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور^۱ از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- استخراج و جداسازی سدیم کلرید به روش تبلور

نمک خوارکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد (نمودار ۱).



نمودار ۱- کاربردهای NaCl

فلز منیزیم ماده ارزشمند دیگری است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریاست. منیزیم در آب دریا به شکل $\text{Mg}^{++}(\text{aq})$ وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحله نخست منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول Mg(OH)_2 رسوب می دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می کنند.



غلظت مولی (مولار)

غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می‌شود، برای نمونه سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود، محلول ۵ درصد جرمی استنیک اسید در آب است. همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

با این توصیف نباید چنین تصور شود که تهیه محلول‌ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را بر حسب مول بیان می‌کنند در واقع مبنای محاسبه‌های کمی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می‌رسد بیان غلظتی از محلول پر کاربردتر خواهد بود که با مول‌های ماده حل شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را **غلظت مولی^۱ (مولار)** می‌نامند.

- هنگام بیماری، توازن غلظت برخی گونه‌ها در خون به هم می‌خورد. از این رو انجام آزمایش‌های پزشکی و تعیین غلظت گونه‌های موجود در خون و دیگر محلول‌های بدن از ضروری‌ترین کارهای در مراکز درمانی برای رسیدگی به یک بیمار است.

با هم بیندیشیم

● محلول مولار سدیم هیدروکسید

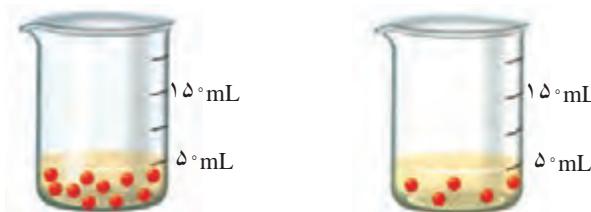
نشان می‌دهد که در هر لیتر از این محلول، 1 mol سدیم هیدروکسید حل شده است. از این رودر 1 mol در 1 L لیتر از این محلول، 1 mol و در 1 L لیتر از آن، 1 mol سدیم هیدروکسید حل شده وجود دارد.



● دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوكومتر). این دستگاه میلی‌گرم گلوکز را در هر دسی‌لیتر (dL) از خون نشان می‌دهد. غلظت مولی گلوکز در این نمونه از خون چند مولار است؟

$$(1\text{ dL} = 100\text{ mL})$$

- ۱- شکل زیر دو محلول از یک نوع حل شونده را در آب نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



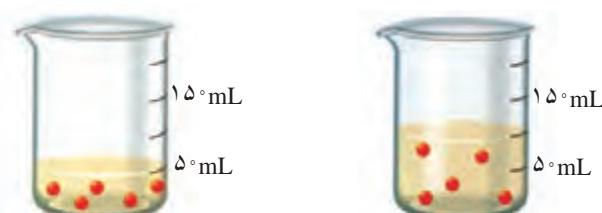
- آ) کدام کمیت در این محلول‌ها یکسان است؟
ب) کدام کمیت در این محلول‌ها متفاوت است؟
پ) اگر هر ذرهٔ حل شونده در شکل هم‌ارز با 1 mol باشد، نسبت مول‌های حل شونده به حجم محلول (برحسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به دست آورید.
ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و یکای آن را مشخص کنید.

ث) براساس غلظت مولی محاسبه شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

- ۲- با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.
آ) با افزودن مقداری حل شونده به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول افزایش کاهش می‌یابد.



- ب) با افزودن مقداری حل شونده به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول افزایش کاهش می‌یابد.



نمونهٔ حل شده

برای تهیهٔ 25°mL محلول پتاسیم یدید 0.2 mol/L (مول بر لیتر) به چند مول حل شونده نیاز است؟

پاسخ:

$$\text{روش نخست:} \quad \frac{\text{مول های حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})}$$

$$0.2 \text{ mol L}^{-1} = \frac{n(\text{KI})}{0.25 \text{ L}} \rightarrow n = 0.2 \text{ mol L}^{-1} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$$

روش دوم: محلول 0.2 mol/L پتاسیم یدید نشان می‌دهد که در هر لیتر از محلول آن 0.2 mol KI حل شده است که از آن می‌توان به عامل تبدیل $\frac{0.2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}}$ دست یافت.

$$? \text{ mol KI} = 0.25 \text{ L KI(aq)} \times \frac{0.2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L KI(aq)}} = 0.05 \text{ mol KI}$$

آیا نمک‌ها به یک اندازه در آب حل می‌شوند؟

آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به 3% درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون بر زمینهٔ زن‌شناختی می‌تواند به دلیل تغذیهٔ نامناسب، کم‌تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنتیات و نیز اختلالات هورمونی ایجاد شود. آیا بین میزان حل شدن نمک‌ها در آب و تشکیل سنگ کلیه رابطه‌ای وجود دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، دانستن و درک مفهوم انحلال پذیری ضروری است.

شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل شونده را که در 100°C گرم حلال و دمای معین حل می‌شود، انحلال‌پذیری^۱ آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژه «بیشترین» نشان‌دهندهٔ رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی‌تواند حل شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند. جدول ۱، انحلال‌پذیری برخی مواد را در آب و 25°C نشان می‌دهد.

جدول ۱- انحلال‌پذیری برخی مواد در آب (25°C)

نام حل شونده	فرمول شیمیایی	انحلال‌پذیری ($\frac{\text{گرم حل شونده}}{100\text{ g H}_2\text{O}}$)
شکر	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	۲۰۵
سدیم نیترات	NaNO_3	۹۲
سدیم کلرید	NaCl	۳۶
کلسیم سولفات	CaSO_4	۰/۲۳
کلسیم فسفات	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	5×10^{-4}
نقره کلرید	AgCl	$2/1 \times 10^{-4}$
باریم سولفات	BaSO_4	$1/9 \times 10^{-4}$

آیا می‌دانید

بیماری نقرس به دلیل رسوب کردن نمک متبلور سدیم اورات در مفاصل به ویژه انگشتان دستها و پاها است. این نمک دارای بلورهای تیز و سوزنی شکل است که باعث ایجاد درد شدیدی در این مفاصل می‌شود. این عیوب هنگامی پدید می‌آید که مقدار این نمک از انحلال‌پذیری آن در 37°C و در خوناب (پلاسمای خون) بیشتر باشد.



آیا می‌دانید

در برخی نقاط جهان چشمه‌های آب گرم برای رسیدن به سطح زمین با عبور از میان سنگ‌های آهکی مقداری از این سنگ‌ها را در خود حل می‌کند. آب این چشمه‌ها با رسیدن به سطح زمین و کاهش دمای آن، چشم‌اندازهای زیبایی پدید می‌آورند، زیرا انحلال‌پذیری CaCO_3 در آب و دمای در حدود $4^{\circ}\text{C} \times 7\text{ g}$ است و هر مقدار بیشتر از آن به صورت جامد از محلول سیر شده جدا می‌شود.



جدول ۱، نشان می‌دهد که در 25°C در 100 g آب، هر مقدار کمتری از 36 g سدیم‌کلرید می‌تواند در آب حل شود، اما یک محلول سیر نشده پدید می‌آید. در حالی که در این دما، حداقل 36 g سدیم‌کلرید می‌تواند در 100 g آب حل شود تا 136 g محلول سیر شده به دست آید. بدیهی است که در این دما برای تهیه محلول سیر شده‌ای از کلسیم سولفات باید 23 g از آن را در 100 g آب حل نمود.

خود را بیازمایید

۱- اگر 190 g سدیم نیترات را در 25°C درون 200 g آب بریزیم، پس از تشکیل محلول سیر شده:

آ) چند گرم محلول به دست می‌آید؟

ب) چند گرم سدیم نیترات در ته ظرف باقی می‌ماند؟

۲- اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند، با این توصیف:

آ) مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال‌پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

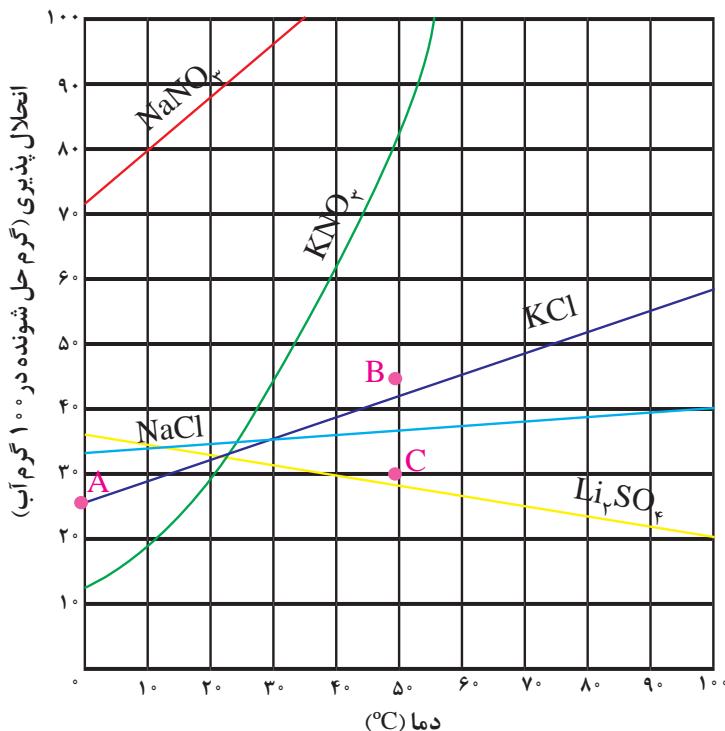
ب) در افرادی که به تشکیل سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، مقدار این نمک‌ها در ادرار از انحلال‌پذیری آنها کمتر است یا بیشتر؟ چرا؟

۳- شیمی‌دان‌ها مواد حل شونده جامد را براساس انحلال‌پذیری در آب و دمای اتاق به صورت زیر دسته‌بندی می‌کنند:



هر یک از ترکیب‌های جدول ۱ را در این دسته‌بندی جای دهید.

دریافتید که انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آنها و دما بستگی دارد اما تأثیر دما بر میزان انحلال‌پذیری آنها یکسان نیست به طوری که انحلال‌پذیری برخی نمک‌ها با افزایش دما، افزایش یافته و برخی دیگر کاهش می‌یابد (نمودار ۲).



نمودار ۲- انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونی در آب برحسب دما

نمودار ۲، نمودار «انحلال پذیری - دما» نامیده می‌شود که برای هر نمک براساس آزمایش و از داده‌های تجربی آن به دست آمده است. مطابق این نمودار با افزایش دما، انحلال پذیری اغلب نمک‌ها افزایش می‌یابد.

با هم بیندیشیم

با توجه به نمودار ۲، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- انحلال پذیری لیتیم سولفات در 85°C چند گرم است؟ در چه دمایی انحلال پذیری آن برابر با 28g است؟
- هریک از نقطه‌های B و C نسبت به منحنی انحلال پذیری KCl نشان‌دهنده چه نوع محلولی است؟ توضیح دهید.
- هنگامی که 133g محلول سیرشده لیتیم سولفات را از دمای 20°C تا دمای 70°C می‌کنیم، چه رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.
- انحلال پذیری کدام ترکیب یونی کمتر به دما وابسته است؟ چرا؟
- روی نمودار انحلال پذیری KCl، عرض از مبدأ آن نام دارد. این نقطه نشان‌دهنده چیست؟ توضیح دهید.

- ۱- دانش آموزی از منابع علمی، انحلال پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون (θ) به معنای انحلال پذیری گرفته شده است.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S(\frac{\text{g NaNO}_3}{100\text{ g H}_2\text{O}})$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

او توانست با استفاده از داده های این جدول، معادله « $S = 72 + 0.8\theta$ » را به دست آورد.

آ) توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟

ب) انحلال پذیری سدیم نیترات را در 7°C پیش بینی کنید.

- ۲- با توجه به جدول زیر، معادله ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

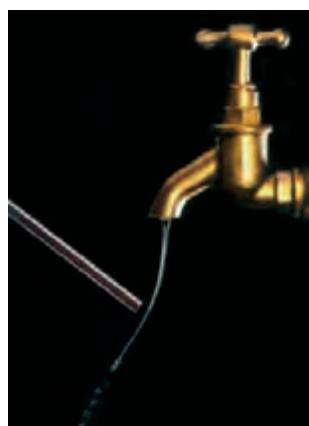
$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۲۰	۴۰	۶۰
$S(\frac{\text{g KCl}}{100\text{ g H}_2\text{O}})$	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

- ۳- با مقایسه دو معادله به دست آمده برای سدیم نیترات و پتاسیم کلرید:

آ) تأثیر دما بر انحلال پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.

ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال پذیری سدیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

رفتار آب و دیگر مولکول ها در میدان الکتریکی



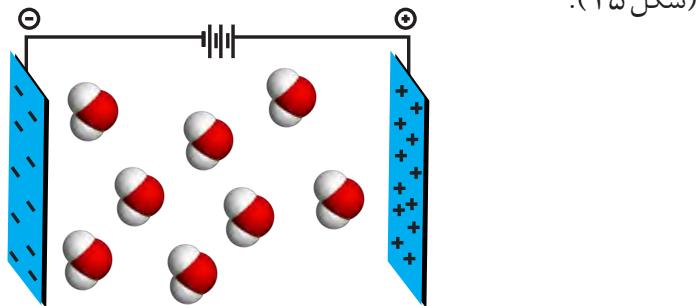
شکل ۱۴- انحراف باریکه آب به وسیله میله شیشه ای مالش داده شده به موى سر.

آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می شود. وجود و تبدیل این حالت ها به یکدیگر زندگی را در سیاره آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی های گوناگون و شگفت انگیزی دارد. از جمله آنها توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطه جوش بالا و غیر عادی است. اما دلیل این ویژگی ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می رسد.

در درس علوم با آزمایش انحراف باریکه آب به وسیله شانه یا میله شیشه ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکه آب از راستای طبیعی خود منحرف می شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میله شیشه ای از لحظه بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موى خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول های آب به سوی آن جذب می شوند (چرا؟).

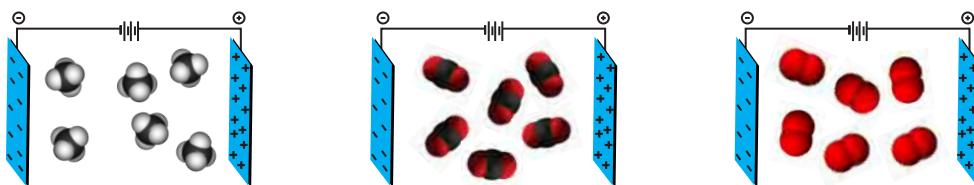
این رفتار مولکول‌های آب از ویژگی‌های ساختاری آن سرچشمه می‌گیرد. شکل مولکول آب خمیده (V شکل) بوده و در آن هر اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی یگانه به اتم مرکزی (اکسیژن) متصل است.

نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکول آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آن دارد. هنگامی که این مولکول‌ها در یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، جهت‌گیری می‌کنند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

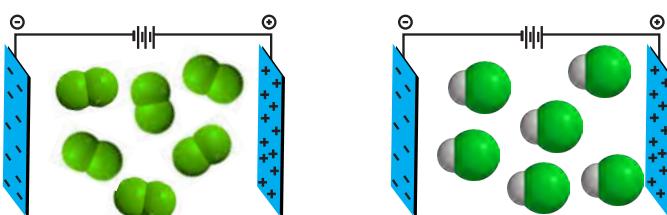
نحوه جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی نشان می‌دهد که اتم اکسیژن، سر منفی و اتم‌های هیدروژن، سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. شیمی‌دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، **مولکول‌های دوقطبی** یا **قطبی^۱** می‌گویند. این درحالی است که مولکول‌های سازندهٔ ترکیب‌هایی مانند گاز اکسیژن (O_2)، کربن دی اکسید (CO_2) و متان (CH_4) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند (شکل ۱۶). چنین مولکول‌هایی، **ناقطبی** نامیده می‌شوند.



شکل ۱۶- رفتار مولکول‌های O_2 , CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی

با هم بیندیشیم

۱- شکل زیر مولکول‌های F_2 و HCl با جرم مولی نزدیک به یکدیگر در یک میدان الکتریکی نشان می‌دهد.



- آ) کدام یک دارای مولکول‌های قطبی است؟ چرا؟
- ب) اگر نقطهٔ جوش F_2 و HCl به ترتیب برابر با $-188^{\circ}C$ و $-85^{\circ}C$ باشد، نیروهای بین‌مولکولی در کدام‌یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.
- پ) جملهٔ زیر را با خط‌زن و ازه‌های نادرست، کامل کنید.
- در مواد مولکولی با جرم مولی مشابه، ماده با مولکول‌های ناقطبی قطبی، نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

- ۲- جرم مولی گاز‌های نیتروژن (N_2) و کربن مونوکسید (CO) برابر است، بر این اساس:
- آ) پیش‌بینی کنید مولکول‌های دوانمی کدام گاز در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند؟ چرا؟
- ب) کدام یک در شرایط یکسان آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟ توضیح دهید.

خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

I_2	Br_2	Cl_2	ماده
ویژگی			
جامد	مایع	گاز	حالت فیزیکی ($25^{\circ}C$)
۲۵۴	۱۶۰	۷۱	جرم مولی ($g\ mol^{-1}$)

- آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند؟ چرا؟
- ب) نیروهای بین‌مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.
- پ) جملهٔ زیر را با خط‌زن و ازه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ جرم مولی، دمای جوش $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌یابد.

- به برهمنش‌های میان مولکول‌های سازندهٔ یک ماده، نیروهای بین‌مولکولی^۱ می‌گویند؛ نیروهایی که ذره‌های سازندهٔ گاز به یکدیگر وارد می‌کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد به حالت مایع و جامد را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند.

نیروهای بین‌مولکولی آب، فراتر از انتظار

نیروهای بین‌مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهمنش‌ها هستند. اما برهمنش مولکول‌ها در مایع‌ها بیشتر است و در جامدها، برهمنش‌ها میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد. از این رو در شرایط یکسان، نیروهای بین‌مولکولی در حالت جامد قوی‌تر از حالت مایع و آن‌هم به مراتب قوی‌تر از حالت گازی است. البته باید توجه داشت که نیروهای بین‌مولکولی به طور عمده به میزان قطبی بودن مولکول‌ها و جرم آنها وابسته است.

جدول ۲ برخی ویژگی‌های آب را در مقایسه با هیدروژن سولفید نشان می‌دهد.

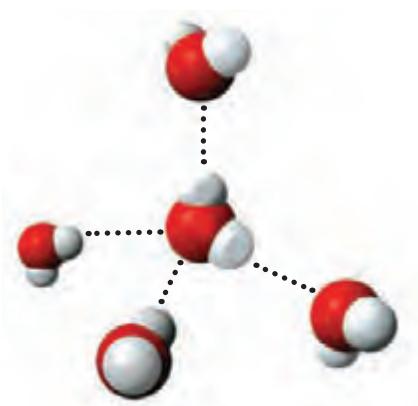
جدول ۲- مقایسه برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (فشار = ۱ atm)

ماده	شیمیایی	فرمول	مدل فضای پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی (gmol ⁻¹)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطه جوش (°C)
آب	H ₂ O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰	
هیدروژن سولفید	H ₂ S		قطبی	۳۴	گاز	-۶	

مطابق جدول، هر دو ماده مولکول‌های خمیده و قطبی دارند، اما آب با جرم مولی نزدیک به نصف جرم مولی هیدروژن سولفید، دمای جوش غیرعادی و بالاتری از آن دارد به طوری که تفاوتی برابر با 16°C را نشان می‌دهد. گویی نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب از آنچه انتظار می‌رود، قوی‌تر است. اما چرا؟ دلیل این تفاوت را در کجا باید جستجو کرد؟

با جهت‌گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی آشنا شدید. این ویژگی مبنای اندازه‌گیری کمیتی به نام **گشتاور دوقطبی**^۱ است؛ کمیتی تجربی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد. برای نمونه گشتاور دوقطبی مولکول‌های مانند O₂، CO₂ و CH₄ برابر با صفر است (چرا؟)، در حالی که گشتاور دوقطبی مولکول‌های H₂O و H₂S به ترتیب برابر با ۱/۸۵D و ۱/۹۷D است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. از این رو نیروهای جاذبه میان مولکول‌های H₂O به اندازه‌ای قوی است که در شرایط اتاق می‌تواند این مولکول‌ها را کنار یکدیگر نگه دارد و آب به حالت مایع باشد (شکل ۱۷).

- گشتاور دوقطبی (μ) مولکول‌هارا با یکای دبای (D) گزارش می‌کنند.



شکل ۱۷- پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های H₂O

- به جز پیوندهای هیدروژنی، نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروهای وان دروالس^۲ می‌گویند.

از آنجا که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، در یک نمونه آب که دارای شمار بسیاری مولکول H_2O است، سرمتشت هر مولکول، سرمنفی مولکول همسایه را جذب می‌کند. از این رو در مجموعه‌ای از مولکول‌های آب، هر اتم هیدروژن با یک نیروی جاذبه قوی از سوی اتم اکسیژن درمولکول همسایه جذب می‌شود. این نیروهای جاذبه قوی میان مولکول‌های آب که در آن هیدروژن نقش کلیدی ایفا می‌کند، پیوندهای هیدروژنی^۱ نامیده می‌شود. آیا تنها میان مولکول‌های H_2O پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول‌های دیگر نیز می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

آیا می‌دانید

میان مولکول‌های HF به حالت مایع پیوندهای هیدروژنی وجود دارد. این نیروها به اندازه‌ای قوی هستند که مولکول‌های این ماده در حالت بخار نیز به صورت مجموعه‌های دوتایی، سه‌تایی و گاهی چندتایی با پیوندهای هیدروژنی به هم متصل‌اند.

آیا می‌دانید

ابوبکر محمدبن زکریای رازی (۳۰۹ - ۲۴۳ هجری شمسی) شیمی‌دان، ریاضی‌دان، فیلسوف، ستاره‌شناس و پژوهشگر ایرانی است. اوی ترکیب‌های شیمیایی متعددی را تهییه کرد که از آن میان می‌توان به اثanol اشاره کرد. با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره این شخصیت بر جسته ایرانی- اسلامی اطلاعات جمع آوری کرده، نتیجه را به صورت روزنامه‌دیواری در کلاس ارائه دهد.



با هم بیندیشیم

- دو جدول زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

نقطه جوش (°C)	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	ترکیب مولکولی	نقطه جوش (°C)	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	ترکیب مولکولی
-۳۳/۵	۱۷	NH_3	۱۹	۲۰	HF
-۸۷/۵	۳۴	PH_3	-۸۵	۳۶/۵	HCl
-۶۲/۵	۷۸	AsH_3	-۶۷	۸۱	HBr

آ) در میان ترکیب‌های هر جدول انتظار دارید مولکول‌های کدام ماده توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را داشته باشد؟ توضیح دهید.

ب) جمله زیر را با خط زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

پیوند هیدروژنی، قوی ترین ضعیف ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم

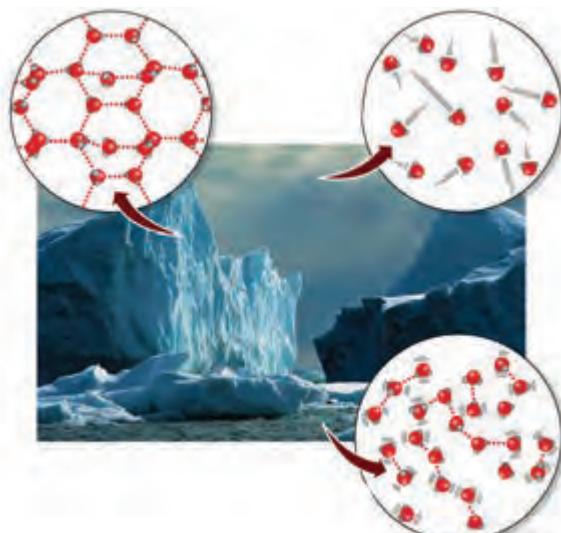
هیدروژن به یکی از اتم‌های F ، Cl ، Br با پیوند اشتراکی متصل است.

۲- اثانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند. به کمک داده‌های جدول زیر پیش‌بینی کنید هریک از نقطه‌جوش‌های $56^{\circ}C$ و $78^{\circ}C$ مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟

ترکیب آلی	فرمول شیمیایی	جرم مولی ($gmol^{-1}$)
اثanol	C_2H_5OH	۴۶
استون	CH_3CCH_3	۵۸

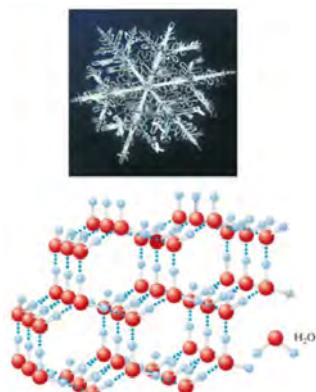
آیا می‌دانید

ابرهارامی توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع درنظر گرفت. آب موجود در ابرها به طور عمده به صورت ریز قطره‌های است. برآورد می‌شود که حدود ۱۵٪/۰۰ در شرایط مناسب می‌تواند ریز قطره باران را بسازند؛ با این یک قطره باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آنها گذر می‌کنند.



شکل ۱۸- حالت‌های فیزیکی آب

در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بعد گسترش یافته است. شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود این حلقه‌های شش ضلعی است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- حلقه‌های شش ضلعی مبنای شکل دانه‌های برف.

آیا می‌دانید

کندوی زنبور عسل از حلقه‌های شش ضلعی تشکیل شده است. به همین دلیل استحکام قابل ملاحظه‌ای دارد.



با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) با نوشتن دلیل، چگالی جرم یکسانی از آب و یخ را در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر مقایسه کنید.

ب) چرا دیواره یاخته‌ها در بافت کلم بر اثر یخ زدن تخریب می‌شوند؟

آب و دیگر حلال‌ها



- هوا و آب دریا از جمله محلول‌هایی هستند که از یک حلال و چند حل شونده تشکیل شده‌اند.

آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است، زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی را در خود حل کند. آب و محلول‌های آبی^۱ در زندگی جانداران نقش حیاتی دارند. اما همه محلول‌ها آبی نیستند زیرا افزون بر آب، حلال‌های دیگری نیز وجود دارند. جدول ۳، سه ترکیب آلی را نشان می‌دهد که به عنوان حلال به کار می‌روند.

جدول ۳- سه حلال آلی و برخی ویژگی‌های آنها

نام حلال	فرمول شیمیایی	μ (D)	کاربرد
اتانول	C_2H_6O	>۰	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	C_2H_6O	>۰	حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14}	≈	حلال مواد ناقطبی و رقیق‌کننده رنگ (تینر)

به محلول‌هایی که حلال آنها آلی است، محلول‌های غیرآلی^۲ می‌گویند. شکل ۲۰، دو نمونه از این محلول‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- دو نمونه محلول غیرآلی (آ) محلول یُد در هگزان و (ب) بنزین خودرو

خود را بیازمایید

آیا حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر هر یک از مخلوط‌های زیر یکسان و یکنواخت است؟ چرا؟



آ) آب و هگزان



ب) آب و یخ

● پیوند با زندگی

● آیا می‌دانید

ماده اصلی تشکیل دهنده بسیاری از خوراکی‌ها آب است. جدول زیر درصد آب در برخی خوراکی‌ها را نشان می‌دهد.

خوراکی	درصد جرمی آب
سبزیجات	۸۸
هویج	۹۴
کرفس	۹۱
میوه‌ها	۸۶
طالبی	۹۰
پرتقال	۷۱
توت فرنگی	۶۰
گوشت/ماهی	۷۱
مرغ پخته شده	۶۱
همبرگر کباب شده	۷۱
ماهی سالمون	۷۸
فراورده‌های لبنی	۸۷
پنیر	
شیر	



شکل ۲۱- بخش عمدۀ اغلب خوراکی‌ها آب تشکیل می‌دهد.

● آیا می‌دانید

در ادرار یک فرد سالم با برنامه غذایی عادی، ۹۶ درصد آب و ۴ درصد مواد آلی و معدنی وجود دارد.

کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟

تاکنون آموختید که برخی حل شونده‌ها در برخی حلال‌ها حل می‌شوند و محلول تشکیل می‌دهند، در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می‌سازند. برای نمونه، افزودن استون به آب یا اندکی یُد به هگزان منجر به تشکیل محلول می‌شود اما، افزودن هگزان به آب، مخلوطی ناهمگن پدید می‌آورد.

- در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشمپوشی است.

با هم بیندیشیم

گشتاور دوقطبی (D)	ماده
> ۰	آب
> ۰	استون
= ۰	یُد
= ۰	هَگزان

۱- با توجه به مقدار گشتاور دوقطبی هر ماده، موارد زیر را توجیه کنید.

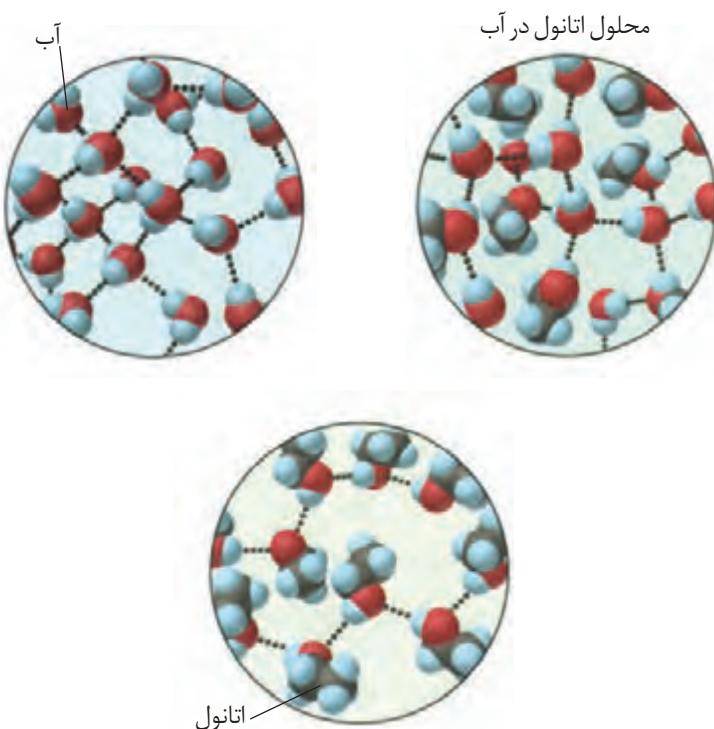
- آ) انحلال استون در آب
ب) انحلال یُد در هَگزان
پ) حل نشدن هَگزان در آب

۲- آیا جمله «شبیه، شبیه را حل می‌کند» درست است؟ توضیح دهید.

۳- آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:
(میانگین جاذبه‌های در حل خالص و حل شونده خالص) <(جادبه‌های حل شونده با حل خالص در محلول)>
با این توصیف با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

- اگر مولکول‌های حل را با A و ذره‌های حل شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبه میان آنها را در حالت خالص با A...A...B برای محلول B در A رابطه زیر برقرار است.

$$(A...B) > \frac{(A...A) + (B...B)}{2}$$



آ) نیروهای بین مولکولی در هریک از چه نوعی است؟ چرا؟

ب) در مربع زیر علامت < یا > قرار دهید.

میانگین نیروی جاذبه میان مولکول‌های

آب خالص و اتانول خالص



نیروی جاذبه میان مولکول‌ها

در محلول اتانول در آب

پ) چرا شیمی دان‌ها انحلال اتانول در آب را انحلال مولکولی می‌نامند؟ توضیح دهید.

فرایند اتحال نمک‌ها در آب

با اتحال مولکولی آشنا شدید. اتحالی که در آن مولکول‌های حل شونده، ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند، گویی ساختار مولکول‌های حل شونده در محلول دچار تغییر نشده است. اتحال استون یا اتانول در آب و نیز اتحال یُد در هگزان از این نوع هستند. اما همهٔ فرایندهای اتحال چنین نیستند، برای نمونه به فرایند اتحال سدیم کلرید در آب توجه کنید(شکل ۲۲). سدیم کلرید یک ترکیب یونی با بلورهای مکعبی است که در آن یون‌های Na^+ و Cl^- با آرایشی منظم در سه بعد جای گرفته‌اند. هنگامی که بلور کوچکی از این مادهٔ جامد در آب وارد می‌شود، مولکول‌های قطبی آب از سرهای مخالف به یون‌های بیرونی بلور نزدیک شده، نیروی جاذبه‌ای میان آنها برقرار می‌شود. این نیروی جاذبه، یون-دوقطبی^۱ نام دارد؛ نیروی جاذبه‌ای که باعث جدا شدن یون‌ها از شبکه شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده شوند. این یون‌های آبپوشیده^۲ در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد، به طوری که محلول آب نمک را می‌توان محلولی محتوی یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ دانست.

همان‌گونه که در شکل ۲۲ پیداست، در این فرایند اتحال، مادهٔ حل شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازندهٔ شبکهٔ بلور یونی، تفکیک و آبپوشیده شده‌اند. این فرایند، اتحال یونی به شمار می‌رود.



شکل ۲۲- فرایند اتحال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

آیا تاکون به تنفس ماهی‌های درون آبزی دان (آکواریوم)^۳، توجه کرده‌اید؟ آیا می‌دانید آبزیان اکسیژن لازم را برای سوخت و ساز از کجا تأمین می‌کنند؟ همهٔ جانوران از جمله ماهی‌ها برای



- اکسیژن کافی و محلول در آب برای ادامه زندگی ماهی‌ها ضروری است.

زنده ماندن به اکسیژن (O_2) نیازمندند. آنها با عبور دادن آب از درون آبشش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می‌کنند. با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی در آب حل می‌شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. آیا می‌دانید انحلال‌پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

۰ کاوش کنید

درباره «اثر دما بر انحلال‌پذیری گازها در آب» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانه مدرج، قیف، آب، یخ، قرص جوشان.

آزمایش ۱-آ) ظرف پلاستیکی را بردارید و مخلوط آب و یخ را تا نیمه درون آن بریزید.

ب) یک قرص جوشان را نصف کنید و با استفاده از تکه‌ای خمیربازی آن را به دیواره داخلی قیف بچسبانید.



پ) استوانه مدرج را از آب پر کنید و کف دست خود را روی دهانه آن قرار دهید. حال استوانه را وارونه کرده و مانند شکل، درون ظرف محتوى آب قرار دهید (استوانه مدرج را با دست نگهدارید).

ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به گونه‌ای قرار دهد که لوله قیف در زیر دهانه استوانه مدرج قرار گیرد. مشاهده‌های خود را بنویسید.

آزمایش ۲- آزمایش ۱ را با آب گرم تکرار کنید. مشاهده‌های خود را باداشت و جدول زیر را کامل کنید.

حجم گاز جمع شده درون استوانه مدرج (میلی لیتر)		آزمایش
آزمایش ۲	آزمایش ۱	
		بار اول
		بار دوم
		بار سوم
		میانگین

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟
- ۲- آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو آزمایش یکسان است؟ چرا؟
- ۳- حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش کمتر است؟
- ۴- از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.
- ۵- چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟
- ۶- چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

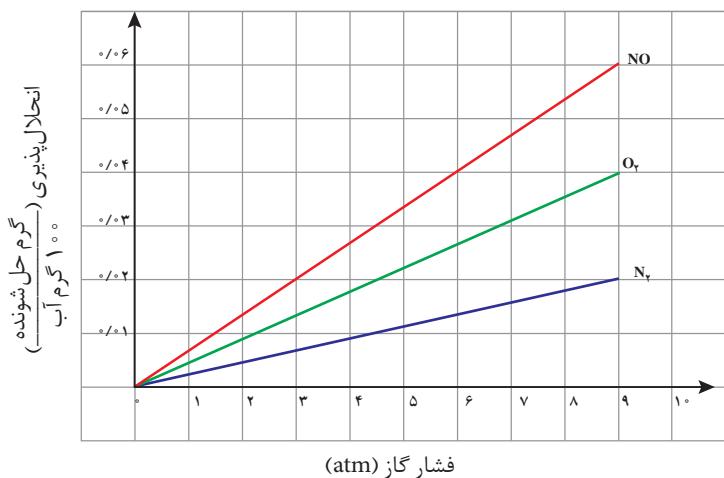
● درباره اینکه «مقدار نمک موجود در آب دریا بر میزان انحلال‌پذیری گازها اثر دارد» کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش طراحی و اجرا کنید و از داده‌های آن نتیجه درست و قابل اطمینان بگیرید).

با هم بینندیشیم

- ۱- نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای 20°C نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

آیا می‌دانید

هنگامی که یک غواص در عمق آب از هوا فشرده درون کپسول تنفس می‌کند، به دلیل فشار زیاد، غلظت گاز نیتروژن به میزان قابل توجهی در خون او بالا می‌رود. در این شرایط اگر غواص سریع به سطح آب بیاید، نیتروژن حل شده در خون او آزاد می‌شود. درنتیجه، حباب‌هایی در خون او تشکیل می‌شود که مانع از رسیدن اکسیژن به مغز می‌شود. این پدیده باعث ایجاد یک عارضه دردناک و گاهی کشنده می‌شود. امروزه در غواصی از کپسول محتوی اکسیژن و هلیوم استفاده می‌شود.



آ) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال‌پذیری گازها نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب) نتیجه‌گیری از این نمودار قانون هنری^۱ نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.

پ) شب نمودار برای کدام گاز تندتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲- با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی CO_2 برخلاف NO صفر است:

آ) پیش‌بینی کنید در دما و فشار معین، انحلال‌پذیری کدام گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟

ب) آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال‌پذیری گاز

CO_2 بیشتر از NO است. چرا؟

پیوند با زندگی



شکل ۲۳- تأمین یون‌های موردنیاز بدن

آیا تاکنون دیده یا شنیده‌اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه سواران و دوندگان پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی‌های ویژه‌ای مصرف می‌کنند؟ آیا می‌دانید هر یک از این نوشیدنی‌ها حاوی چه موادی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع‌ها به ورزشکاران توصیه می‌شود؟

بدن ما سامانه‌پیچیده و متعددی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نکردنی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می‌کنند. این هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگونی مانند Na^+ , K^+ , Cl^- , ... است.

پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دویدن، احساس خستگی

به دلیل کاهش چشمگیر این یون‌ها در مایع‌های بدن است. از این‌رو نوشیدن محلول‌هایی حاوی این یون‌ها ضروری است. (شکل ۲۳).

آیا می‌دانید

مارهای سیاه مناطق گرمسیری با تزریق زهری که کانال‌های پتاسیم را در سلول‌های عصبی مسدود می‌کند، شکار خود را از پای در می‌آورند.



ردپای آب در زندگی

آیا می‌دانید روزانه چند لیتر آب مصرف می‌کنید؟ آیا مصرف آب، تنها شامل میزان آبی است که می‌نوشید؟ هر فرد، روزانه در حدود 35° لیتر آب مصرف می‌کند. این مقدار آب افزون بر نوشیدن، شامل پخت و پز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و است. مصرف آب به فعالیت‌های روزانه هر شخص محدود نمی‌شود، بلکه روزانه در صنایع گوناگون، حجم بسیار زیادی آب استفاده می‌شود. در میان صنایع، صنعت کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که برای تولید هر وسیله، کالا یا فراورده مقدار معینی آب نیاز است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- ردپای آب برای تولید برخی فراورده‌ها

همانند ردپای کربن دی‌اکسید، برای هر فرد، ردپای آب نیز تعریف می‌شود. درواقع، ردپای آب نشان می‌دهد که هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود. این میزان، همه آبی را که در تولید کالاهای ارائه خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود، نشان می‌دهد. برای مثال اگر شما سالانه 15° کیلوگرم گندم مصرف کنید، ردپای آب شما در تولید این مقدار گندم برابر با 2745° لیتر خواهد بود. با حساب کردن همه آب مصرفی در زندگی سالانه هر فرد می‌توان میانگین ردپای آب او را برآورد کرد. هر چه ردپای آب ایجاد شده، سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و زودتر به پایان می‌رسند. برآوردهای پژوهشگران نشان می‌دهد که میانگین ردپای آب برای هر فرد در یک سال در حدود 100000° لیتر است.

آیا می‌دانید

ردپای آب در جهان برای یک سال در حدود $10^{15} \times 7$ لیتر است. این ردپا برای کشورهایی مانند چین و هند به دلیل جمعیت زیاد و در کشورهای توسعه یافته به دلیل حجم فعالیت‌های صنایع گوناگون، سنگین‌تر و بزرگ‌تر است.



آیا می‌دانید

براساس پژوهش‌های سازمان جهانی غذا، در دهه ۱۹۹۶-۲۰۰۵ میلادی، برای تولید هر تن گندم در جهان به طور میانگین ۱۸۳° مترمکعب آب مصرف شده است. ردپای آب در تولید هر کیلوگرم گندم حدود ۱۸۳° لیتر است.

هرچه میزان مصرف گندم در یک کشور بیشتر باشد، ردپای آب سنگین‌تر است. با توجه به اینکه کشور ما در منطقه کم آب قاره آسیا قرار دارد، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در حفظ منابع آب اهمیت شایانی دارد.

این ردپا شامل همه آب‌های مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، بهداشت، خانه، مدرسه، دانشگاه و... است که همگی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی تأمین می‌شود. توجه کنید که آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ به طوری که ممکن است آبی برای شستشو مناسب باشد اما آشامیدنی نباشد. هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها، منبع بسیار بزرگی برای تهیه آب به شمار می‌آیند، اما به اندازه‌ای شور هستند که باید قبل از مصرف، نمک‌زدایی و تصفیه شوند.

پیوند با زندگی

هنگامی که حبوبات و میوه‌های خشک را برای مدتی درون آب قرار می‌دهیم، متورم می‌شوند در حالی که خیار در آب شور چروکیده می‌گردد (شکل ۲۵). آیا تاکنون اندیشه‌اید که در این پدیده‌ها چه رخداده؟

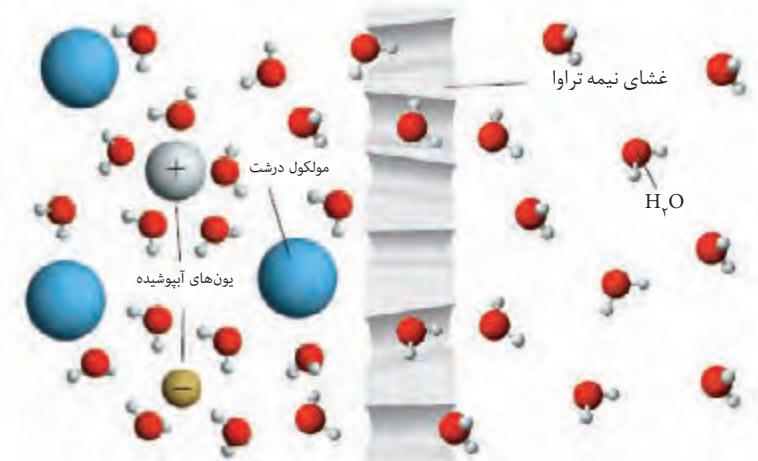


شکل ۲۵- نمونه‌هایی از پدیده اسمز در زندگی روزانه

دیواره‌یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌هایی بسیار ریز دارد که ذره‌های سازنده مواد می‌توانند از آن گذر کنند. به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. این دیواره‌ها غشای نیمه تراوا^۱ نامیده می‌شوند (شکل ۲۶).



- هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خود به خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه، میوه آبدار و متورم می‌شود. گذرندگی (اسمز)^۲ نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.

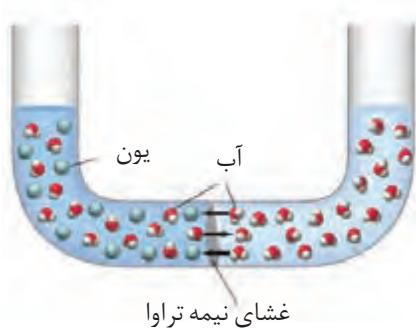


شکل ۲۶- غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

با هم بیندیشیم

آیا می‌دانید

۱- مطابق شکل زیر، حجم‌های برابری از آب دریا و آب مقطر به‌وسیلهٔ یک غشای نیمهٔ تراوا از یکدیگر جدا شده‌اند.



آ) اگر این غشا مانع گذر یون‌های سدیم و کلرید شود، با گذشت زمان چه رخ می‌دهد؟

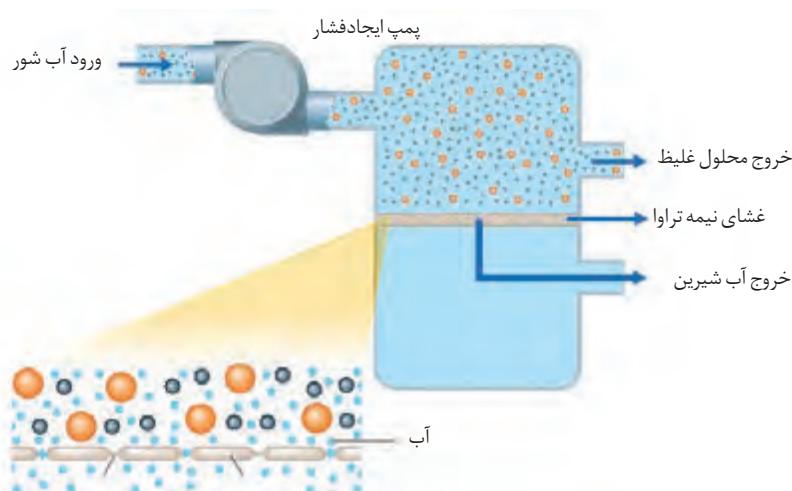
ب) آیا با این روش می‌توان آب دریا را نمک‌زدایی و آب شیرین تهیه کرد؟ چرا؟

پ) براساس شکل روبرو، اگر بر پیستون نیرو وارد کنیم چه رخ می‌دهد؟ چرا؟



ت) چرا فرایند انجام شده در قسمت «پ» را اسمز وارونه (معکوس)^۱ می‌نامند؟

۲- با توجه به شکل زیر، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را توضیح دهید.



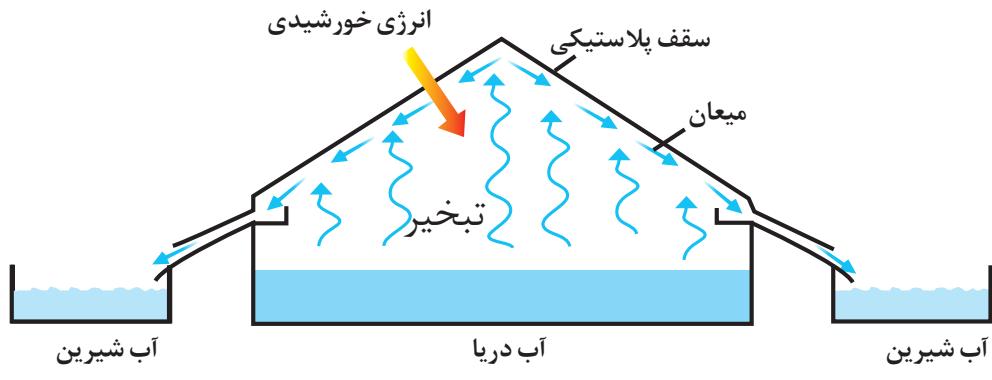
در بستر دریاهای، چشم‌هایی وجود دارند که آب آنها شیرین و آشامیدنی هستند. ملوانان و ناخدايان سنتی کشور ایران و کشورهای حاشیه خلیج فارس تا همین اواخر آب آشامیدنی مورد نیاز خود را در سفرهای دریایی از همین چشم‌های تأمین می‌کردند. برای این منظور یک غواص با مشک خالی به زیر دریا می‌رفت و مشک را از محل چشم‌های زیر دریا پر از آب می‌کرد و به بالا می‌آورد. دو هزار سال پیش، یک جغرافی دان رومی به نام استرابو دربارهٔ چشم‌های آب‌شیرین موجود در دریای مدیترانه، در جایی که سوریه امروزی قرار دارد، مطالبی نوشته است. استفاده از آب‌های شیرین جهت مصرف کشتی‌ها و شهرها در بحرین نمونهٔ دیگری از این موارد است که به قرن دوم پس از میلاد بر می‌گردد. امروزه منابع آب شیرین زیر بستر دریا به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای سال‌های آینده بشر شناخته می‌شود. گفته می‌شود که تقریباً چیزی معادل آب رودخانه‌های جهان که به دریاهای وارد می‌شود، به صورت چشم‌های زیر دریا وارد دریاهای می‌شود. به همین دلیل امروزه بیش از گذشته نسبت به شناخت و بهره‌برداری از این آب‌ها توجه می‌شود.

خود را بیازمایید

آیا می‌دانید

در شمال جزیره قشم، نیروگاه و تأسیسات آب شیرین احداث شده است که هم‌زمان آب و برق تولید می‌کند. این مجتمع به دست توانایی کارشناسان و متخصصان ایرانی در شرکت گروه مپنا ساخته شده و در سال ۱۳۹۳ هجری شمسی به بهره‌برداری رسیده است. بازده این مجتمع 8° درصد است و با ظرفیت تولید 5° مگاوات برق و شیرین‌سازی 18000 مترمکعب آب شیرین می‌کند.

۱- شکل زیر روشی برای تهیه آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد.



آ) این روش چه نام دارد؟

ب) روند تهیه آب شیرین را در این روش توضیح دهید.

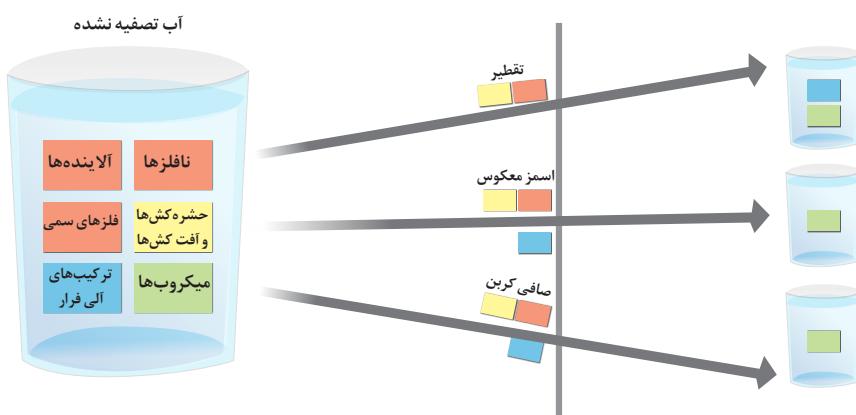
آیا می‌دانید

برخی شرکت‌ها و فروشنده‌گان دستگاه‌های تصفیه آب برای نشان دادن اینکه در آب شهری، چه میزان از یون‌های گوناگون وجود دارد، آزمایشی مانند شکل زیر انجام می‌دهند.



در این آزمایش با عبور جریان برق از درون آب آشامیدنی و انجام واکنش، برخی یون‌ها از تیغه‌های فلزی وارد آب شده و سبب تغییر رنگ آن می‌شوند. توجه کنید که این آزمایش، میزان یون‌های موجود در آب را به درستی نشان نمی‌دهد.

۲- شکل زیر برخی روش‌های تصفیه یک نمونه آب را نشان می‌دهد، با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با انجام تقطیر، کدام مواد موجود در آب از آن جدا می‌شوند؟ توضیح دهید.

ب) با عبور آب از صافی کربن، کدام آلاینده‌ها حذف می‌شوند؟

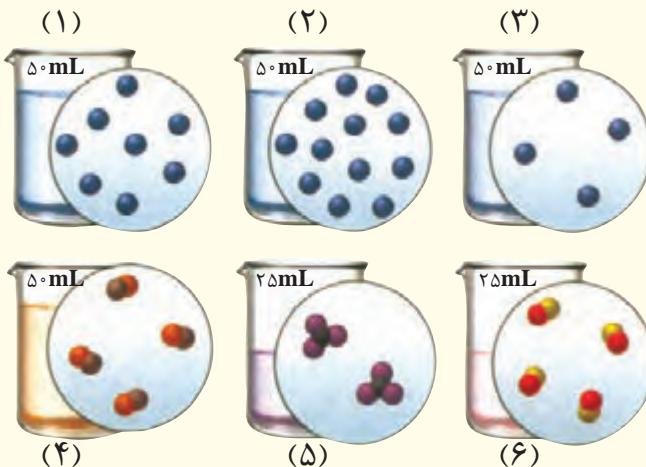
پ) با روش اسمز معکوس، کدام مواد را می‌توان از آب جدا کرد؟

ت) آب به دست آمده از کدام روش‌ها، آلاینده کمتری دارد؟

ث) چرا آب تصفیه شده در این روش‌ها را باید پیش از مصرف کلرزنی کرد؟

تمرین‌های دوره‌ای

۱- اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذره حل شونده هم‌ارز با 2 mol باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام محلول غلیظتر است؟ چرا؟

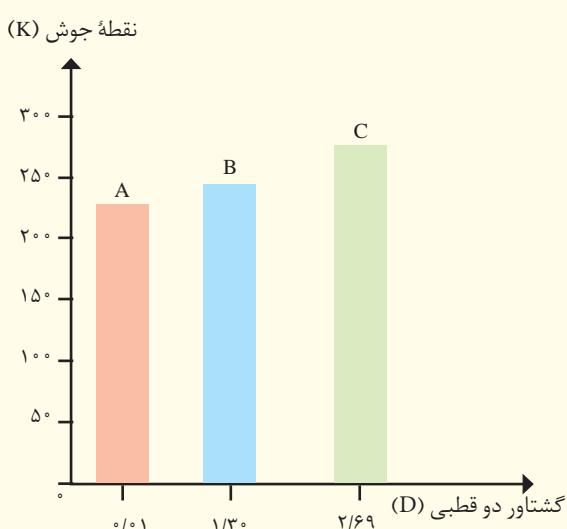
ب) غلظت مولی کدام محلول‌ها با هم برابر است؟

پ) غلظت مولی محلول به دست آمده از مخلوط کردن محلول (۱) و (۳) را حساب کنید.

ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن 11 mL آب به آن حساب کنید.

ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال 2 mol حل شونده به دست آورید (از تغییر حجم چشمپوشی کنید).

۲- ادامه زندگی اغلب ماهی‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که غلظت اکسیژن محلول در آب بیشتر از 5 ppm باشد. با انجام محاسبه مشخص کنید که آیا 9 kg آب حاوی $67/5\text{ میلی‌گرم اکسیژن}$ محلول برای ادامه زندگی ماهی‌ها مناسب است؟



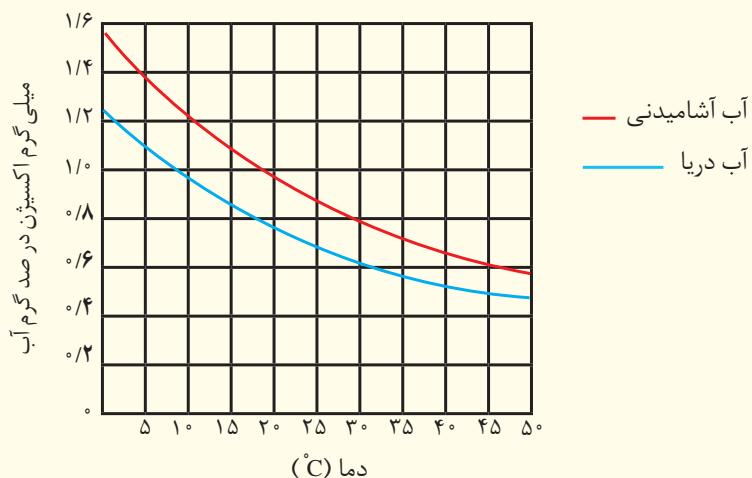
۳- با توجه به نمودار رو به رو به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید. جرم مولی هر سه ماده آلی A، B، C با یکدیگر برابر است.

آ) جهت‌گیری و منظم شدن مولکول‌های کدام ترکیب در میدان الکتریکی محسوس‌تر است؟ چرا؟

ب) سه ترکیب داده شده را بر اساس کاهش قدرت نیروهای بین مولکولی مرتب کنید؟

پ) پیش‌بینی کنید کدام ماده در شرایط یکسان انحلال‌پذیری بیشتری در هگزان دارد؟ چرا؟

۴- در نمودار زیر انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است.



آ) در دمای 5°C انحلال پذیری گاز اکسیژن چقدر است؟

ب) با افزایش دما چه تغییری در مقدار حل شدن گاز اکسیژن مشاهده می شود؟

پ) آیا می توان گفت با افزایش مقدار نمک در آب، انحلال پذیری گاز اکسیژن کاهش می یابد؟ توضیح دهید.

۵- هر یک از شکل های زیر نمایی از آغاز و پایان آزمایشی برای درک مفهوم انحلال پذیری سه ماده در آب و دمای 25°C است. نتیجه هریک از این آزمایش ها را بنویسید.

آغاز افزودن تدریجی کل شونده	۱ گرم شکر	۱۰ قطره روغن	۱۰ قطره اتانول	آغاز
	۳۰۰ گرم شکر حل نشده	قطره های بیشتر روغن	قطره های بیشتر اتانول	پایان
(آ)	۹۵g	لایه روغن	لایه اتانول	(آ)
				(ب)

۶- هر یک از شکل‌های زیر، کاربردی از یک ترکیب یونی را نشان می‌دهد.



آ) کدام شکل کاربرد کلسیم سولفات و کدام شکل کاربرد آمونیوم نیترات را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب) اگر انحلال پذیری کلسیم سولفات و آمونیوم نیترات در آب و دمای 20°C به ترتیب برابر با $2/5\text{ و }5/6$ گرم باشد، در صد جرمی محلول سیرشده هریک را در این دما حساب کنید.

۷- کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصله دورتر حس کنند. اگر یک قطره ($1/10$ گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم 10×10^4 لیتر پخش شود، این کوسه‌ها بوی خون را حس می‌کنند. حساب کنید حس بویایی این کوسه‌ها به حداقل چند ppm خون حساس است؟ (جرم یک لیتر آب دریا را یک کیلوگرم در نظر بگیرید).

