فصل ۳

آب، آهنگ زندگی

«اَفَرَاَیْتُمُ الْمآءَ الَّذی تَشْرَبونَ» آیهٔ ۶۸، سورهٔ واقعه

آیا به آبی که می‌نوشید، اندیشیده‌اید؟

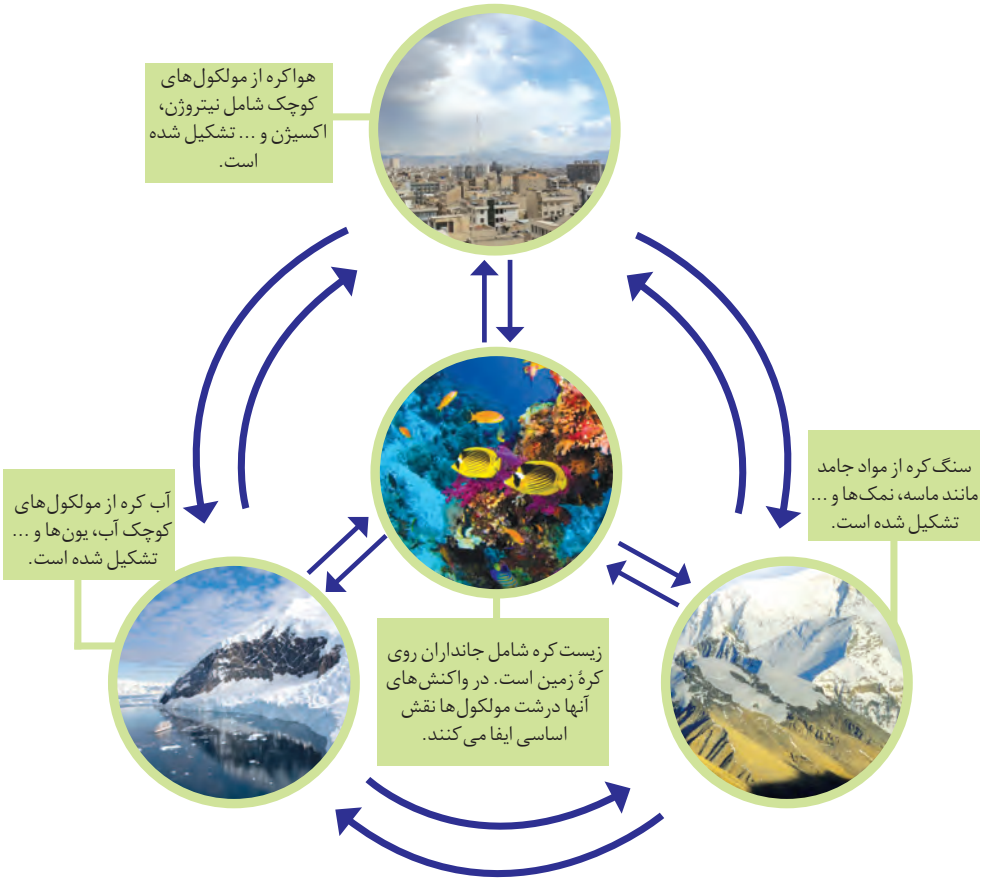
سیاره ما با جوّی سرشار از اکسیژن و سطحی پوشیده از آب فراوان همانند سفینه‌ای مجهز و بسیار بزرگ است. سفینه‌ای که میلیاردها مسافر خود را با منابع عظیم آب و آذوقه که در سرتاسر آن گسترده شده است، رایگان به سفر آفاق می‌برد. این مروارید آبی در سامانهٔ خورشیدی، امن‌ترین جا برای زندگی ما و دیگر جانداران و نیز پهناورترین زیستگاه برای آبزیان به شمار می‌رود. در این سیارهٔ 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 مِنّتی 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 جای‌جای 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 کرهٔ زمین در حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}$ تن برآورد می‌شود (شکل ۱). بخش عمدهٔ این آب در اقیانوس‌ها و دریاها توزیع شده است، به‌گونه‌ای که اگر کرهٔ‌زمین را مسطح در نظر بگیریم آب، همهٔ سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند.

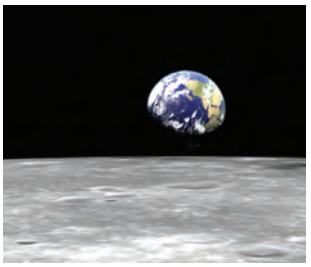
آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن است که اغلب مزه‌ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است. برآوردها نشان می‌دهند که ۵×۱۰^{۱۶} تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره نیز وارد آب کره می‌شوند. از آنجا که جرم کل مواد حل شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شوند.

کرهٔ زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است (شکل ۲).



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

درون این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود؛ برای نمونه



شکل ۱ـ تصویر کرهٔ زمین که از سطح کرهٔ ماه گرفته شده است.

آیا می‌دانید

جرم زمین در حدود ۶×۱۰^{۲۱} تن است، در حالی که جرم آب روی سطح زمین در حدود $\frac{۱}{۴۰۰۰}$ برابر جرم زمین است.

آیا می‌دانید

چرخهٔ آب سالانه $۴/۲ \times ۱۰^{۱۴}$ تن آب را در سراسر کرهٔ زمین جابه‌جا می‌کند.

سالانه حجم عظیمی از آب دریاها بخار و وارد هواکره می‌شود و به‌صورت بارش در آب‌کره یا سنگ‌کره فرود می‌آید. جانداران آبزی سالانه میلیاردها تن کربن‌دی‌اکسید را وارد هواکره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. فعالیت‌های آتشفشانی سبب می‌شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هواکره شوند. لاشهٔ جانوران و گیاهان براثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب‌کره، هواکره یا سنگ‌کره می‌شوند. همچنین جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب‌های کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کرهٔ زمین می‌کنند.

خود را بیازمایید

۱ـ 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.

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

۳ـ 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	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
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 آنیون در آب دریا از دیگر آنیون‌ها بیشتر است؟

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

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

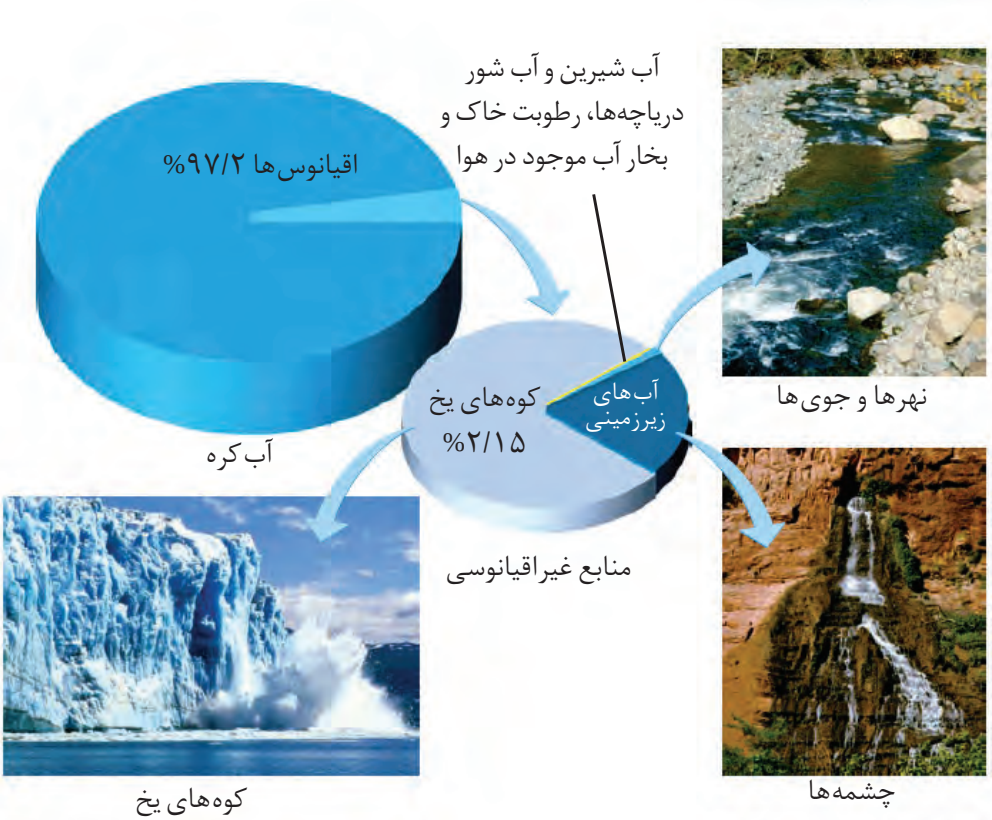
۴ـ اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد. با توجه به شکل صفحه بعد دلیل کمبود آب برای مردم جهان را توضیح دهید.

آیا می‌دانید

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

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 ۰/۲۶ درصد از منابع آب شیرین جهان را در اختیار دارد. پژوهش‌ها و برآوردها نشان 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 نزدیک 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 تهیهٔ آب شیرین و آشامیدنی، همچنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه‌ها یکی 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، تهیهٔ 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 یخ 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 کرهٔ زمین جلوگیری نمایند.

آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همهٔ مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیهٔ آب خالص است. فرایندی که **تقطیر**[1] و فراوردهٔ آن **آب مقطر** نام دارد.

۱_ Distillation

همراهان ناپیدای آب

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 این آب‌ها خالص‌اند یا ناخالص؟ آیا آب‌های معدنی که از رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس تهیه می‌شوند، ناخالصی دارند؟

شکل ۳ـ دو نمونه از آب‌های شیرین

کاوش کنید

درباره «**وجود برخی یون‌های موجود در آب**» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: چند لولهٔ آزمایش، قطره چکان، قاشقک، آب مقطر، نقره نیترات، سدیم فسفات، سدیم کلرید، سدیم سولفات، باریم کلرید و کلسیم کلرید.

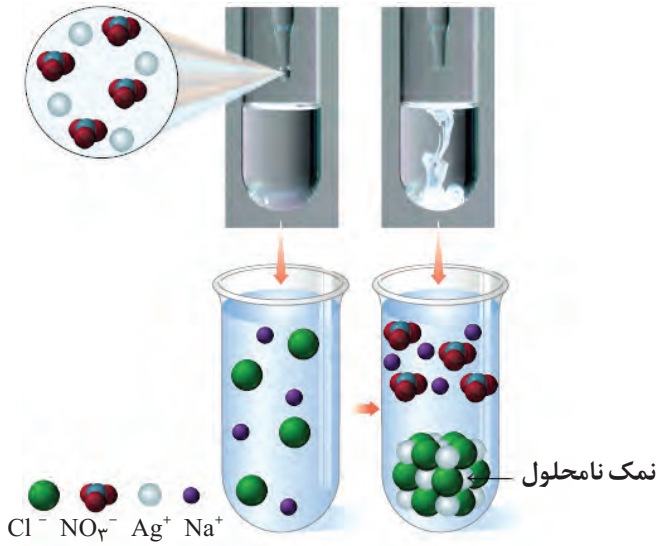
آزمایش ۱ـ آ) یک لولهٔ آزمایش بردارید و تا یک سوم حجم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور کوچک سدیم کلرید به آن بیفزایید. لولهٔ آزمایش را تکان دهید. مشاهدهٔ خود را بنویسید.

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

پ) اکنون با استفاده از قطره‌چکان، چند قطره از محلول نقره‌نیترات تهیه شده را درون محلول سدیم کلرید بریزید. مشاهدهٔ خود را بنویسید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ت) با توجه به شکل زیر، معادلهٔ شیمیایی واکنش را بنویسید و آن را موازنه کنید.

رسوب سفید نقره کلرید از واکنش محلول نقره نیترات با محلول سدیم کلرید تشکیل می‌شود.



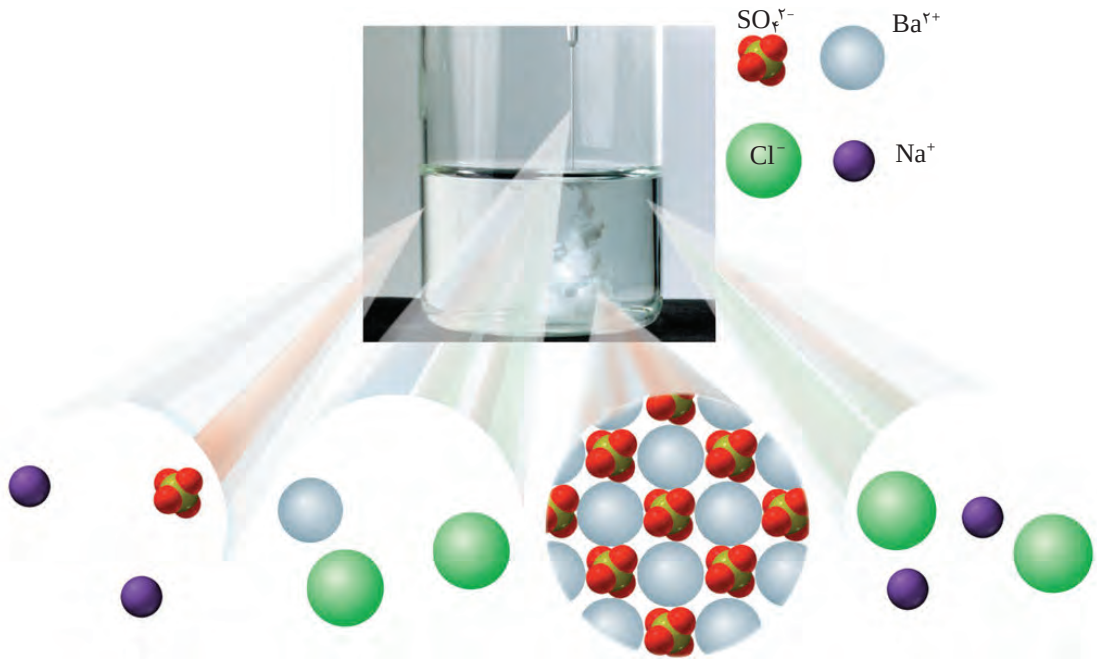
آزمایش ۲ـ آ) آزمایش ۱ را با سدیم فسفات (Na_3PO_4) و کلسیم کلرید تکرار کنید. مشاهدهٔ خود را بنویسید.

ب) هرگاه بدانید که کلسیم فسفات، $Ca_3(PO_4)_2$ و سدیم کلرید فراورده‌های واکنش هستند، معادلهٔ شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.

آزمایش ۳ـ دانش‌آموزی 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) معادلهٔ شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.



آزمایش ۴ـ 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 به‌طور 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 فلوئورید می‌افزایند زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

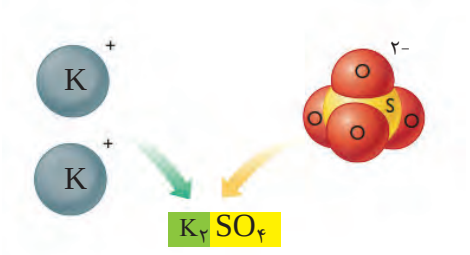
● در برخی از آب‌های آشامیدنی مقدار یون‌های حل شده به قدری زیاد است که مزهٔ آب را تغییر می‌دهد.

تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل‌شونده‌های آنها است.

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

یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است، یون چنداتمی نام دارد.

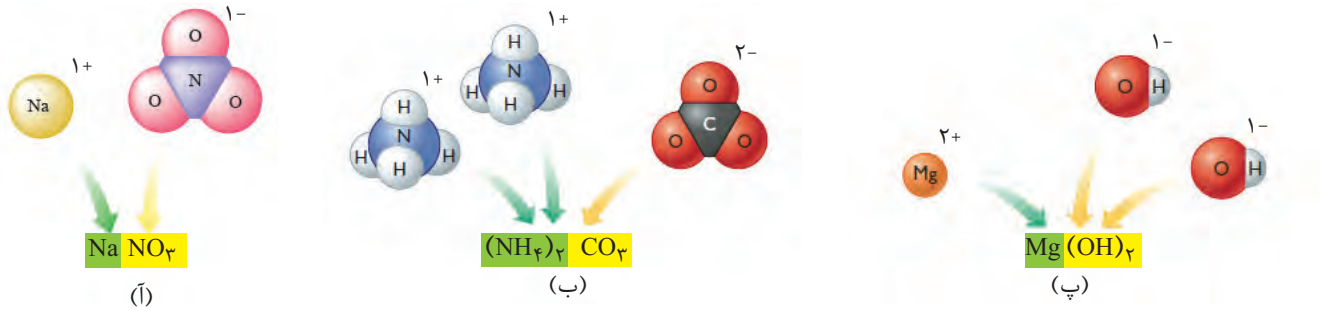
برخی از یون‌های موجود در آب آشامیدنی، مانند Ca^{2+}، Cl^-، Na^+ و F^- تک‌اتمی هستند، درحالی‌که برخی دیگر مانند یون نیترات (NO_3^-) و یون سولفات (SO_4^{2-}) از چند اتم تشکیل شده‌اند. این یون‌ها را **یون‌های چند اتمی**[۱] می‌نامند. پتاسیم‌سولفات، ترکیبی یونی است که هر واحد آن شامل دو یون تک اتمی پتاسیم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



شکل ۵ـ یون‌های سازندهٔ پتاسیم 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 به‌صورت زیروند در سمت راست هر یون قرار می‌دهند (شکل ۶).

۱ـ Polyatomic Ions



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

خود را بیازمایید

۱ـ جدول زیر را کامل کنید.

آنیون / کاتیون	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+}					$Mg(OH)_2$
یون منیزیم					منیزیم هیدروکسید
Fe^{2+}					
یون آهن (II)					
Al^{3+}					
یون آلومینیم					
NH_4^+				$(NH_4)_2CO_3$	NH_4OH
یون آمونیوم				آمونیوم کربنات	آمونیوم هیدروکسید

۲ـ گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند N، P، S و ... نیاز دارند. آمونیوم‌سولفات 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.

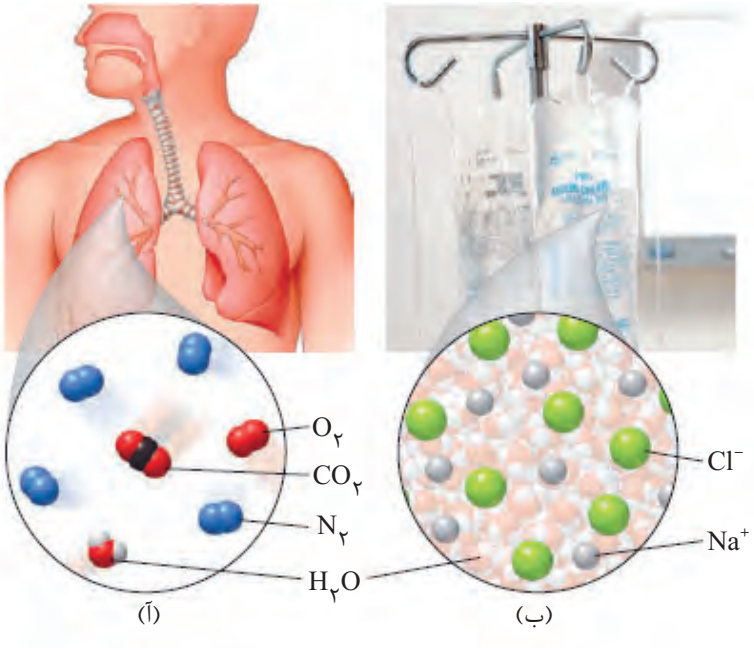
محلول و مقدار حل شونده‌ها

همه ساله خانهٔ خدا را با گلاب ناب کاشان شست‌وشو می‌دهند.

محلول[1]، 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)

(ت)



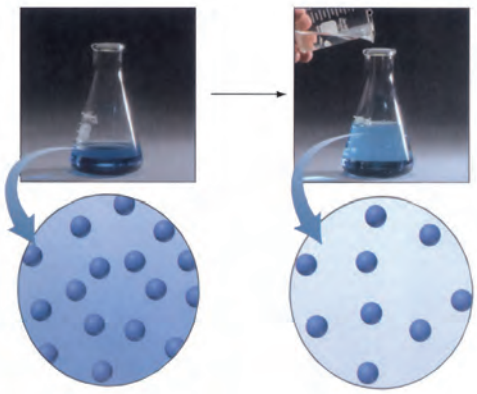
(آ) (ب)

شکل ۷ـ برخی محلول‌ها و کاربرد آنها. آ) هوای پاکی که تنفس می‌کنیم، محلولی از گازهاست، ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و ت) گلاب مخلوطی همگن از چند مادهٔ آلی در آب است.

در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت 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 شونده(ها) در آن زیاد است (شکل۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشید 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 پررنگ بوده است (شکل ۹).

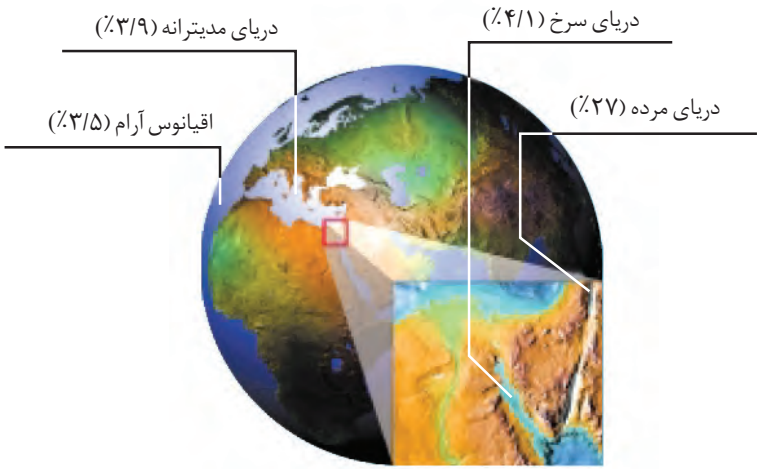
شکل ۹ـ در چای غلیظ، شمار ذره‌های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.



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

۱ـ Solution

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 حل‌شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به‌راحتی روی آن شناور بماند. دریاچهٔ 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 دریاچهٔ ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به‌شمار می‌آید.



شکل ۱۰ـ مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال**[1] و **حل‌شونده**[2] تشکیل شده است. درواقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل‌شونده 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.

شیمی‌دان‌ها **غلظت** یک محلول را مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل‌شونده 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

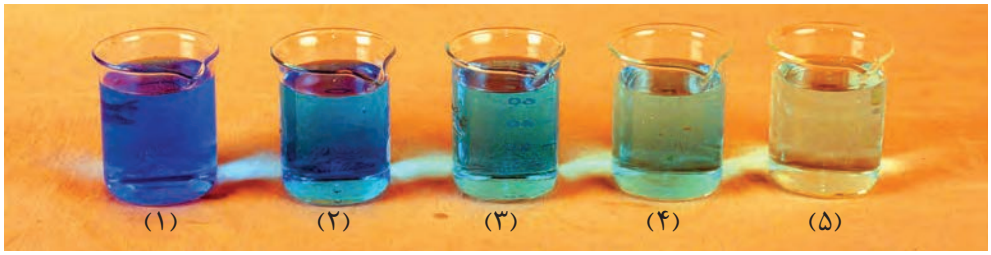
هرگاه ۰/۵ گرم مس (II) سولفات را در ۹۹/۵ گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به‌دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق‌تر کنیم، محلولی

آیا می‌دانید

دریاچهٔ ارومیه دومین دریاچهٔ شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچهٔ ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با pH=۷/۵ گزارش شده است.
کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل Na^+ ، K^+، Ca^{2+}، Li^+ و Mg^{2+} و آنیون‌های موجود در آن به‌طور عمده شامل Cl^-، SO_4^{2-} و HCO_3^- است. مقدار Na^+ و Cl^- در آب دریاچهٔ ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزهٔ آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردپای سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.

۱ـ Solvent
۲ـ Solute

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



شکل ۱۱ـ در هر ۱۰۰ گرم محلول شمارهٔ ۵، حدود ۰/۰۰۰۰۵ 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)**[1] استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. ppm از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

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

نمونهٔ حل شده

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم ۲۰۰ گرم، ۰/۰۵ میلی‌گرم یون فلوئورید وجود دارد. غلظت یون F^- در این نمونه چند ppm است؟

پاسخ:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۵}\,\text{g}}{۲۰۰\,\text{g}} \times ۱۰^{۶} = ۰/۲۵\,\text{ppm}$$

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.

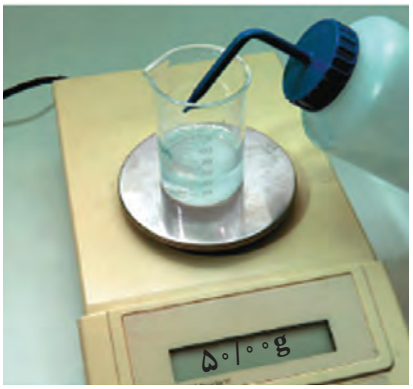
آیا می‌دانید

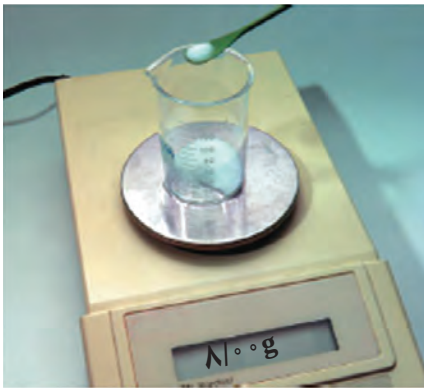
سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ۱/۲۲ppm–۰/۷ اعلام کرده‌است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون F^- باعث ایجاد خال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون فلوئورید، لکه‌ها قهوه‌ای شده، به‌تدریج فرو رفتگی ایجاد می‌شود.

۱ـ Part Per Million

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 می کند. با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.





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

ب) برای تهیه ۱۰۰ گرم از این محلول به چند گرم حل شونده و چند گرم حلال نیاز است؟

پ) غلظت پتاسیم کلرید در این محلول ۱۶ 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 شست‌وشوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد» نوشته شده است. معنی این عبارت را توضیح دهید.

● درصد جرمی را با نماد ٪w/w نشان می‌دهند که هم ارز با شمار قسمت‌های حل شونده در ۱۰۰ قسمت از محلول است.

خود را بیازمایید

۱ـ جدول زیر غلظت برخی یون‌ها را در یک نمونه از آب دریا نشان می‌دهد، آن را کامل کنید.

نام یون	نماد یون	میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	غلظت یون	
			٪w/w	ppm
یون کلرید	Cl^-	۱۹۰۰۰	.....	.....
یون سدیم	Na^+	۱۰۵۰۰	.....	.....
یون سولفات	SO_4^{2-}	۲۶۵۵	.....	.....
یون منیزیم	Mg^{2+}	۱۳۵۰	.....	.....
یون کلسیم	Ca^{2+}	۴۰۰	.....	.....
یون پتاسیم	K^+	۳۸۰	.....	.....

آیا می‌دانید

بستر اقیانوس‌ها و دریاها مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گوناگون را دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کلوخه‌های کف اقیانوس‌ها تا ۲۴ درصد منگنز (Mn)، ۱۴ 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.

۲ـ جرم کل آب‌های زمین در حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}$ تن است. اگر مقدار نمک‌های حل شده در این آب‌ها برابر با ۳/۵ درصد باشد، حساب کنید چند تن از انواع نمک در آنها وجود دارد؟

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

۲۹g ۱۰۸g

پیوند با صنعت

دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا در حدود ۵×۱۰^{۱۶} تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲ـ گرمای شدید، سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاها 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 ۱۳ـ استخراج و جداسازی سدیم کلرید به روش تبلور

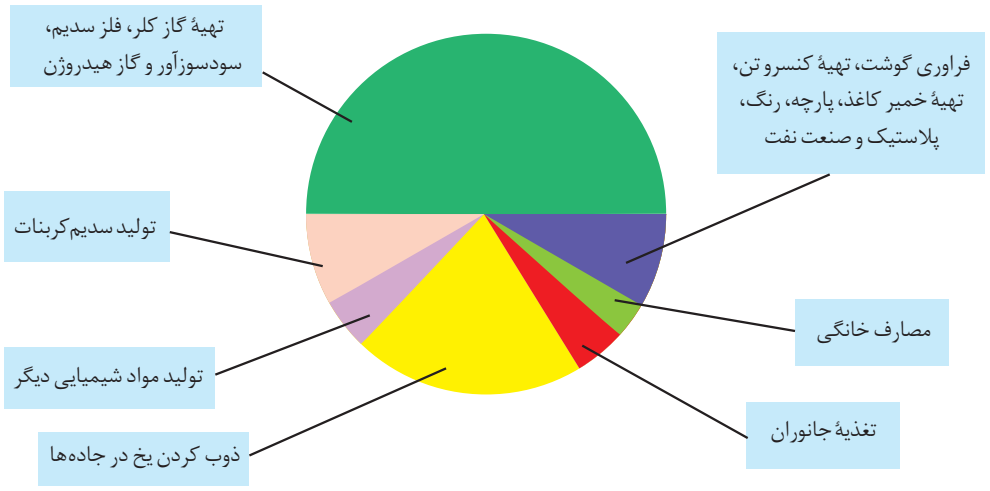
نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد (نمودار ۱).

آیا می‌دانید

سالانه ۱۵۰ میلیون تن نمک خوراکی 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 صحرا از تبخیر آب دریاچهٔ مین‌چین به جای مانده است. مساحت این صحرا حدود ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع است. برآورد شده است که در این صحرا، ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تن نمک وجود دارد که سالانه ۲۵۰۰۰ تن نمک از آن استخراج می‌شود.

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

۱ـ Crystalization



نمودار ۱ـ کاربردهای NaCl

فلز منیزیم مادهٔ ارزشمند دیگری است که در تهیهٔ آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیهٔ این فلز آب دریاست. منیزیم در آب دریا به شکل $Mg^{2+}(aq)$ وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحلهٔ نخست منیزیم را به‌صورت ماده جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کنند.

$$MgCl_2(l) \longrightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$$

غلظت مولی (مولار)

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

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

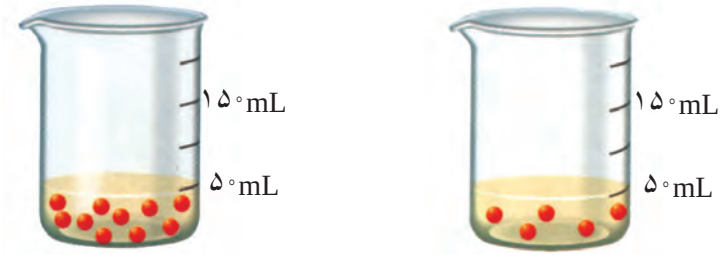
با این توصیف نباید چنین تصور شود که تهیهٔ محلول‌ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می‌کنند در واقع مبنای محاسبه‌های کمّی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می‌رسد بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر خواهد بود که با مول‌های مادهٔ حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را **غلظت مولی**[1] **(مولار)** می‌نامند.

۱ـ Molar Concentration

با هم بیندیشیم

۱ـ شکل زیر دو محلول از یک نوع حل‌شونده 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؟

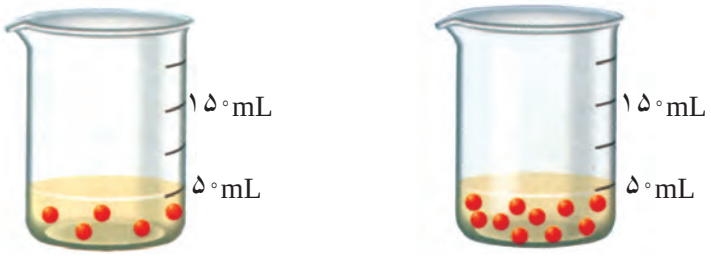
پ) اگر هر ذرهٔ حل‌شونده در شکل هم‌ارز با ۰/۰۰۱ مول باشد، نسبت مول‌های حل‌شونده به حجم محلول (برحسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به‌دست آورید.

ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و یکای آن را مشخص کنید.

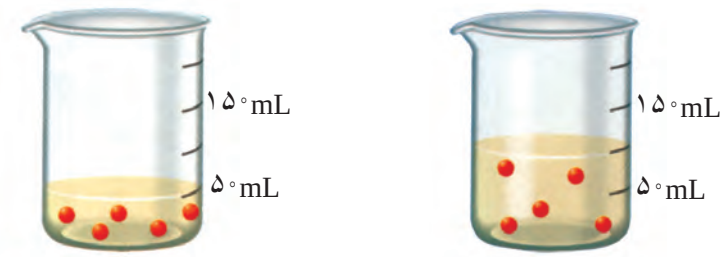
ث) براساس غلظت مولی محاسبه‌شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

۲ـ با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.

آ) با افزودن مقداری $\frac{\text{حلال}}{\text{حل‌شونده}}$ به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌یابد.



ب) با افزودن مقداری $\frac{\text{حلال}}{\text{حل‌شونده}}$ به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌یابد.



● محلول مولار سدیم هیدروکسید نشان می‌دهد که در هر لیتر از این محلول، ۱mol سدیم هیدروکسید حل شده است. از این رو در ۰/۱ لیتر از این محلول، ۰/۱ مول و در ۱۰ لیتر از آن، ۱۰ مول سدیم هیدروکسید حل شده وجود دارد.

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

(۱dL = ۱۰۰mL)

نمونهٔ حل شده

برای تهیهٔ ۲۵۰ mL محلول پتاسیم یدید ۰/۲ مول بر لیتر (مولار) به چند مول حل شونده نیاز است؟

پاسخ:

روش نخست: $\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول‌های حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{n\,(\text{mol})}{V\,(\text{L})}$

$$0/2\ \text{mol}\,\text{L}^{-1} = \frac{n\,(\text{KI})}{0/25\,\text{L}} \longrightarrow n = 0/2\ \text{mol}\ \text{L}^{-1} \times 0/25\,\text{L} = 0/05\,\text{mol}$$

روش دوم: محلول ۰/۲ مولار پتاسیم یدید نشان می‌دهد که در هر لیتر از محلول آن ۰/۲ مول 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 ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. این بیماری افزون بر زمینهٔ ژن‌شناختی می‌تواند به دلیل تغذیهٔ نامناسب، کم‌تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات 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 ۱۰۰ گرم حلال و دمای معین حل می‌شود، **انحلال‌پذیری**[1] آن ماده می‌نامند. در این عبارت، واژهٔ «بیشترین» نشان‌دهندهٔ رسیدن محلول به حالت سیرشده است، محلولی که نمی‌تواند حل‌شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند. جدول ۱، انحلال‌پذیری برخی مواد را در آب و ۲۵°C نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ انحلال‌پذیری برخی مواد در آب (۲۵°C)

نام حل‌شونده	فرمول شیمیایی	انحلال‌پذیری ($\frac{\text{گرم حل شونده}}{100\,\text{g H}_2\text{O}}$)
شکر	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۲۰۵
سدیم نیترات	$NaNO_3$	۹۲
سدیم کلرید	NaCl	۳۶
کلسیم سولفات	$CaSO_4$	۰/۲۳
کلسیم فسفات	$Ca_3(PO_4)_2$	5×10^{-4}
نقره کلرید	AgCl	$2/1\times10^{-4}$
باریم سولفات	$BaSO_4$	$1/9\times10^{-4}$

۱ـ Solubility

جدول ۱، نشان می‌دهد که در ۲۵°C در ۱۰۰g آب، هر مقدار کمتری از ۳۶g سدیم‌کلرید می‌تواند در آب حل شود، اما یک محلول سیر نشده پدید می‌آید. در حالی که در این دما، حداکثر ۳۶g سدیم‌کلرید می‌تواند در ۱۰۰g آب حل شود تا ۱۳۶g محلول سیر شده به‌دست آید. بدیهی است که در این دما برای تهیهٔ محلول سیر شده‌ای از کلسیم سولفات باید ۰/۲۳g از آن را در ۱۰۰g آب حل نمود.

خود را بیازمایید

۱ـ اگر ۱۹۰g سدیم نیترات را در ۲۵°C درون ۲۰۰g آب بریزیم، پس از تشکیل محلول سیر شده:

آ) چند گرم محلول به‌دست می‌آید؟

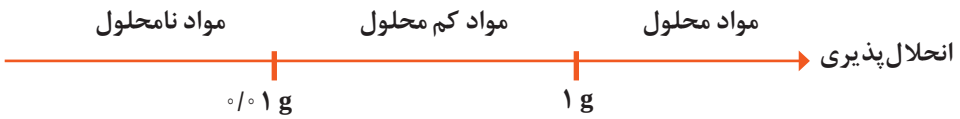
ب) چند گرم سدیم نیترات در ته ظرف باقی می‌ماند؟

۲ـ اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم‌دار درکلیه‌ها 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؟

۳ـ شیمی‌دان‌ها مواد حل شوندهٔ 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.

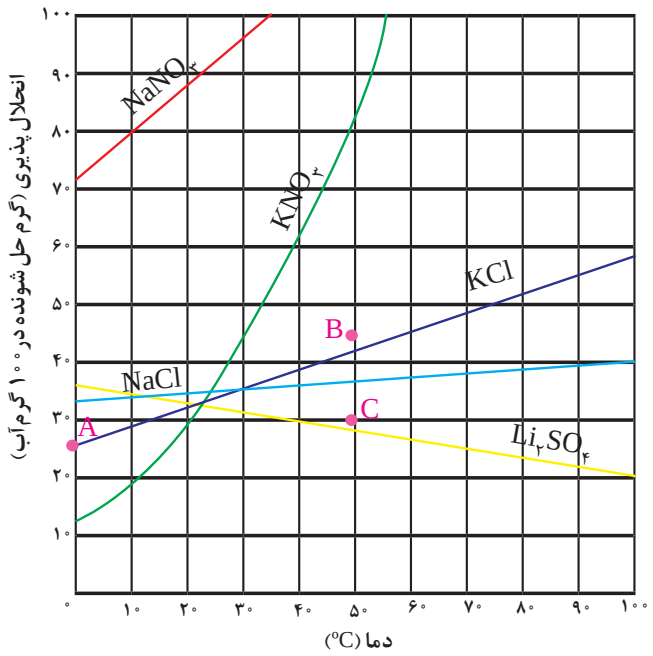
دریافتید که انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آنها و دما بستگی دارد اما تأثیر دما بر میزان انحلال‌پذیری آنها یکسان نیست به‌طوری که انحلال‌پذیری برخی نمک‌ها با افزایش دما، افزایش یافته و برخی دیگر کاهش می‌یابد (نمودار ۲).

آیا می‌دانید

بیماری نقرس به‌دلیل رسوب کردن نمک متبلور سدیم اورات در مفاصل به‌ویژه انگشتان دست‌ها و پاهاست. 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 ۳۷°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 ۲۵°C در حدود ۷×۱۰^{-۴} گرم است و هر مقدار بیشتر از آن به‌صورت جامد از محلول سیر شده جدا می شود.



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

نمودار ۲، نمودار «انحلال‌پذیری ـ دما» نامیده می‌شود که برای هر نمک براساس آزمایش و از داده‌های تجربی آن به‌دست آمده است. مطابق این نمودار با افزایش دما، انحلال‌پذیری اغلب نمک‌ها افزایش می‌یابد.

با هم بیندیشیم

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

آ) انحلال‌پذیری لیتیم سولفات در $85^{\circ}C$ چند گرم است؟ در چه دمایی انحلال‌پذیری آن برابر با $28g$ است؟

ب) هریک از نقطه‌های B و C نسبت به منحنی انحلال‌پذیری KCl نشان‌دهندهٔ چه نوع محلولی است؟ توضیح دهید.

پ) هنگامی که $133g$ محلول سیرشدهٔ لیتیم سولفات را از دمای $20^{\circ}C$ تا دمای $70^{\circ}C$ گرم می‌کنیم، چه رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

ت) انحلال‌پذیری کدام ترکیب یونی کمتر به دما وابسته است؟ چرا؟

ث) نقطهٔ A روی نمودار انحلال‌پذیری KCl، عرض از مبدأ آن نام دارد. این نقطه نشان‌دهندهٔ چیست؟ توضیح دهید.

پیوند با ریاضی

۱ـ دانش‌آموزی از منابع علمی، انحلال‌پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون (θ) مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

$\theta(^{\circ}C)$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S(\frac{g\,NaNO_3}{100\,g\,H_2O})$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

او توانست با استفاده از داده‌های این جدول، معادلهٔ «$S = 0/8\,\theta + 72$» را به‌دست آورد.

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

ب) انحلال‌پذیری سدیم نیترات را در $70^{\circ}C$ پیش‌بینی کنید.

۲ـ با توجه به جدول زیر، معادله‌ای برای انحلال‌پذیری پتاسیم کلرید برحسب دما به‌دست آورید.

$\theta(^{\circ}C)$	۰	۲۰	۴۰	۶۰
$S(\frac{g\,KCl}{100\,g\,H_2O})$	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

۳ـ با مقایسهٔ دو معادلهٔ به‌دست‌آمده برای سدیم‌نیترات و پتاسیم کلرید:

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

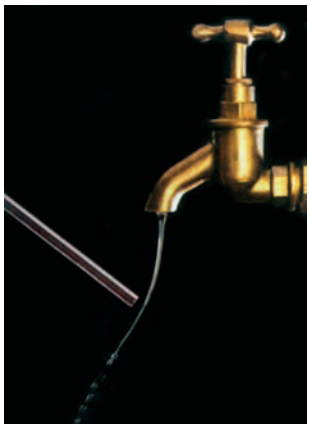
ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال‌پذیری سدیم‌نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

● حرف S از واژه Solubility به‌معنای انحلال‌پذیری گرفته شده است.

رفتار آب و دیگر مولکول‌ها در میدان الکتریکی

آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود. وجود و تبدیل این حالت‌ها به یکدیگر زندگی را در سیارهٔ آبی ممکن و دلپذیر ساخته است. آب ویژگی‌های گوناگون و شگفت‌انگیزی دارد. از جملهٔ آنها توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطهٔ جوش بالا و غیر عادی است. اما دلیل این ویژگی‌ها چیست و چه اثری بر زندگی موجودات زنده دارد؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، بررسی ساختار مولکولی آب ضروری به نظر می‌رسد.

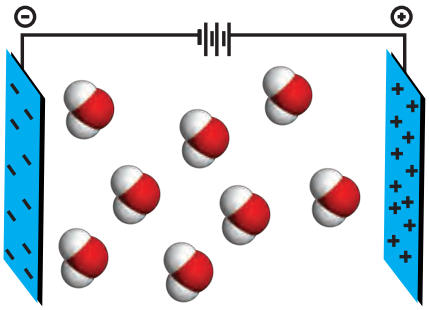
در درس علوم با آزمایش انحراف باریکهٔ آب به وسیلهٔ شانه یا میلهٔ شیشه‌ای مالش‌داده شده به موهای خشک آشنا شدید (شکل ۱۴)؛ آزمایشی که در آن باریکهٔ آب از راستای طبیعی خود منحرف می‌شود. آیا دلیل این انحراف را به یاد دارید؟ میلهٔ شیشه‌ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد. در این شرایط مولکول‌های آب به سوی آن جذب می‌شوند (چرا؟).



شکل ۱۴ـ انحراف باریکهٔ آب به‌وسیلهٔ میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده به موی سر.

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 خمیدهٔ مولکول آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آن دارد. هنگامی که این مولکول‌ها در یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، جهت‌گیری می‌کنند (شکل ۱۵).



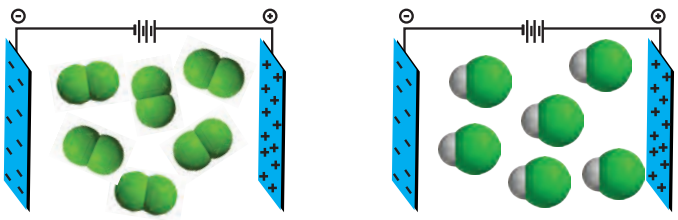
شکل ۱۵ـ جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

نحوهٔ جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی نشان می‌دهد که اتم اکسیژن، سَرِ منفی و اتم‌های هیدروژن، سرِ مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. شیمی‌دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، **مولکول‌های دوقطبی** یا **قطبی**[1] 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 ۱۶ـ رفتار مولکول‌های O_2، CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی

با هم بیندیشیم

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



۱ـ Polar Molecules

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 خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با جرم مولی $\frac{\text{مشابه}}{\text{متفاوت}}$، ماده با مولکول‌های $\frac{\text{قطبی}}{\text{ناقطبی}}$، نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

۲ـ جرم مولی گازهای نیتروژن (N_2) وکربن مونوکسید (CO) برابر است، بر این اساس:

آ) پیش‌بینی کنید مولکول‌های دواتمی 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.

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

آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟

ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.

پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

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

نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

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

● به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازندهٔ یک ماده، **نیروهای بین‌مولکولی**[1] 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.

۱ـ Intermolecular Forces

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

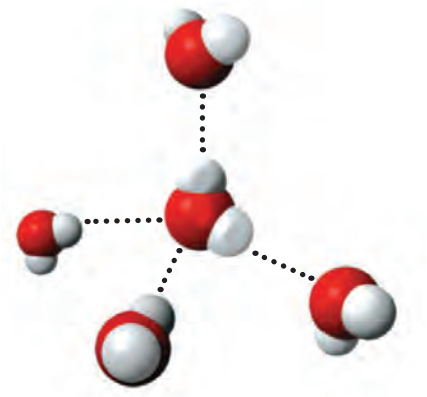
جدول ۲ـ مقایسهٔ برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (فشار= ۱atm)

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطهٔ جوش (°C)
آب	H_2O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	H_2S		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

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 به‌طوری که تفاوتی برابر با ۱۶۰°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**[1] است؛ کمیتی تجربی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد. برای نمونه گشتاور دوقطبی مولکول‌هایی مانند O_2، CO_2 و CH_4 برابر با صفر است (چرا؟)، در حالی که گشتاور دوقطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر با ۱/۸۵D و ۰/۹۷D است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن‌سولفید است. از این رو نیروهای جاذبه میان مولکول‌های H_2O 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) مولکول‌ها را با یکای **دبای** (**D**) گزارش می‌کنند.



شکل ۱۷ـ پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های H_2O

۱ـ Dipole Moment

از آنجا که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، در یک نمونه آب که دارای شمار بسیاری مولکول H_2O است، سرمثبت هر مولکول، سرمنفی مولکول همسایه را جذب می کند. از این رو در مجموعه‌ای از مولکول‌های آب، هر اتم هیدروژن با یک نیروی جاذبهٔ قوی از سوی اتم اکسیژن درمولکول همسایه جذب می‌شود. این نیروهای جاذبهٔ قوی میان مولکول‌های آب که در آن هیدروژن نقش کلیدی ایفا می کند، **پیوندهای هیدروژنی**[1] نامیده می‌شود.

آیا تنها میان مولکول‌های H_2O پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول‌های دیگر نیز می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

با هم بیندیشیم

۱ـ دو جدول‌زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	نقطهٔ جوش ($^\circ C$)
HF	۲۰	۱۹
HCl	۳۶/۵	-۸۵
HBr	۸۱	-۶۷

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	نقطهٔ‌جوش ($^\circ C$)
NH_3	۱۷	-۳۳/۵
PH_3	۳۴	-۸۷/۵
AsH_3	۷۸	-۶۲/۵

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 خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

پیوند هیدروژنی، $\frac{\text{قوی‌ترین}}{\text{ضعیف‌ترین}}$ نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های $\frac{\text{F و Cl ، Br}}{\text{F و N ، O}}$ با پیوند اشتراکی متصل است.

۲ـ اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به‌کار 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 ($gmol^{-1}$)
اتانول	C_2H_5OH	۴۶
استون	$CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3$	۵۸

● به جز پیوندهای هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین‌مولکولی، **نیروهای وان‌درووالس**[2] می گویند.

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 به‌صورت مجموعه‌های دوتایی، سه‌تایی و گاهی چندتایی با پیوندهای هیدروژنی به‌هم متصل‌اند.

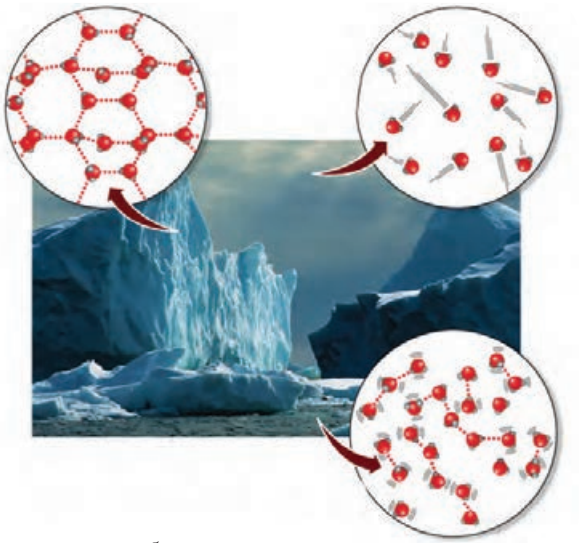
آیا می‌دانید

ابوبکر محمدبن زکریای رازی (۳۰۹ - ۲۴۳ هجری شمسی) شیمی‌دان، ریاضی‌دان، فیلسوف، ستاره‌شناس و پزشک ایرانی است. وی ترکیب‌های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می‌توان به اتانول اشاره کرد. با مراجعه به منابع علمی معتبر دربارهٔ این شخصیت برجستهٔ ایرانی- اسلامی اطلاعات جمع‌آوری کرده، نتیجه را به‌صورت روزنامهٔ دیواری در کلاس ارائه دهید.

۱ـ Hydrogen Bonds ۲ـ Van der Waals Forces

پیوندهای هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

آب را در سه حالت فیزیکی جامد (یخ)، مایع و بخار در نظر بگیرید (شکل ۱۸). مولکول‌های H_2O در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آنها وجود ندارد. در این حالت، مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. در حالت مایع، با اینکه مولکول‌ها با یکدیگر پیوندهای هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند. برخلاف آب، ساختار یخ منظم است. در یخ، مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند. درواقع در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ـ حالت‌های فیزیکی آب

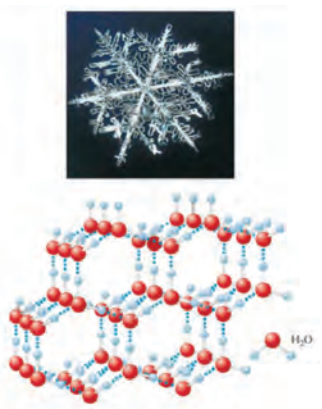
در ساختار یخ، آرایش مولکول‌های آب به‌گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل را به‌وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود این حلقه‌های شش‌ضلعی است (شکل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

خود را بیازمایید

با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آیا می‌دانید

ابرها را می‌توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع درنظر گرفت. آب موجود در ابرها به‌طور عمده به‌صورت ریزقطره‌هاست. برآورد می‌شود که حدود ۱۵/۰۰۰/۰۰۰ ریزقطره در شرایط مناسب می‌توانند یک قطرهٔ باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آنها گذر می‌کنند.



شکل ۱۹ـ حلقه‌های شش‌ضلعی مبنای شکل دانه‌های برف.

آیا می‌دانید

- کندوی زنبورعسل از حلقه‌های شش‌ضلعی تشکیل شده است. به همین دلیل استحکام قابل ملاحظه‌ای دارد.

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

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

آب و دیگر حلّال‌ها

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**[1] در زندگی جانداران نقش حیاتی دارند. اما همهٔ محلول‌ها آبی نیستند زیرا افزون بر آب، حلال‌های دیگری نیز وجود دارند. جدول ۳، سه ترکیب آلی را نشان می‌دهد که به‌عنوان حلال به‌کار می‌روند.

هوا و آب دریا از جمله محلول‌هایی هستند که از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده‌اند.

جدول ۳ـ سه حلال آلی و برخی ویژگی‌های آنها

نام حلال	فرمول شیمیایی	μ (D)	کاربرد
اتانول	C_2H_6O	>0	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	C_3H_6O	>0	حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14}	≈ 0	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر)

به محلول‌هایی که حلال آنها آلی است، **محلول‌های غیرآبی**[2] می‌گویند. شکل ۲۰، دو نمونه از این محلول‌ها را نشان می‌دهد.

برخی مواد شیمیایی مانند اتانول (الکل معمولی) و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. از این رو نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آنها تهیه کرد.

گشتاور دوقطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است.

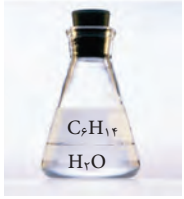
(آ)

(ب)

شکل ۲۰ـ دو نمونه محلول غیرآبی 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

۱ـ Aqueous Solutions ۲ـ Non – Aqueous Solutions

آیا می‌دانید

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

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

آیا می‌دانید

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

پیوند با زندگی

اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند. محلول‌هایی که بیشتر واکنش‌های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در آنها انجام می‌شود. با این توصیف بخش عمدهٔ جرم بدن را آب تشکیل می‌دهد. بیش از نیمی از این آب در درون یاخته‌ها و باقی آن در مایع‌های برون سلولی جریان دارد. این مایع‌ها مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول‌ها و دستگاه گردش خون جابه‌جا می‌کند. هر فرد بالغ روزانه به‌طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌لیتر آب را به صورت ادرار، تعرق پوستی، بخار آب در بازدم و... از دست می‌دهد. اگر این مقدار آب با خوردن مواد غذایی، میوه‌ها و نوشیدنی‌ها جبران نشود، بدن دچار کم آبی خواهد شد (شکل ۲۱).

شکل ۲۱ـ بخش عمدهٔ اغلب خوراکی‌ها را آب تشکیل می‌دهد.

آب با حل کردن مواد زائد تولید شده در سلول‌ها و دفع آنها نقش کلیدی در حفظ سلامت بدن دارد.

کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟

تاکنون آموختید که برخی حل‌شونده‌ها 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

۱ـ با توجه به مقدار گشتاور دو قطبی هر ماده، موارد زیر را توجیه کنید.

آ) انحلال استون در آب

ب) انحلال یُد در هگزان

پ) حل نشدن هگزان در آب

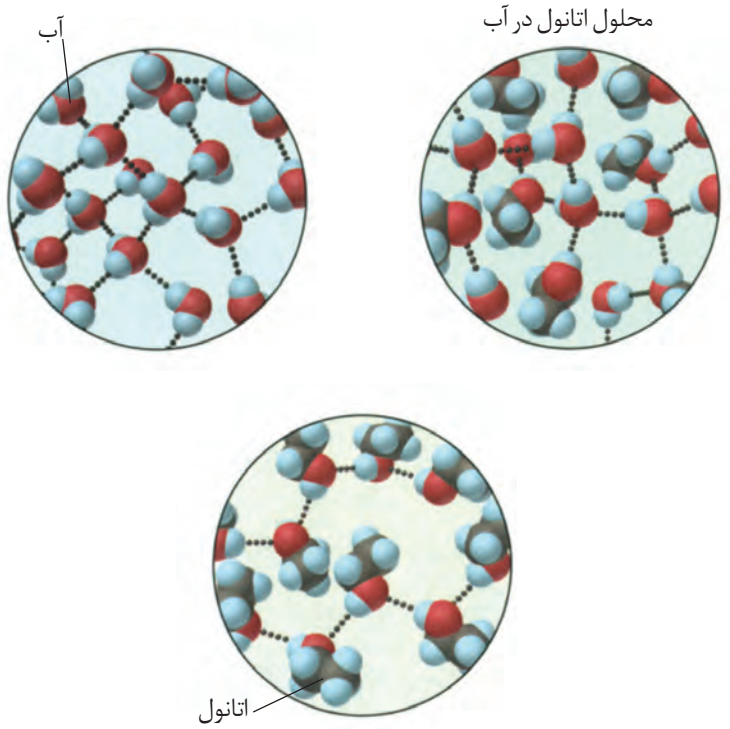
ماده	گشتاور دوقطبی (D)
آب	> ۰
استون	> ۰
یُد	$= ۰$
هگزان	$\simeq ۰$

۲ـ آیا جملهٔ «**شبیه، شبیه را حل می‌کند**[۱]» درست است؟ توضیح دهید.

۳ـ آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

(**میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شوندهٔ خالص**) < (**جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول**)

با این توصیف با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



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

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

نیروی جاذبه میان مولکول‌ها در محلول اتانول در آب ☐ میانگین نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب خالص و اتانول خالص

پ) چرا شیمی‌دان‌ها انحلال اتانول در آب را **انحلال مولکولی** می‌نامند؟ توضیح دهید.

● اگر مولکول‌های حلال را با A و ذره‌های حل‌شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبه میان آنها را در حالت خالص با A...A و B...B نشان داد. با این توصیف برای محلول B در A رابطه زیر برقرار است.

$$(A...B) > \frac{(A...A)+(B...B)}{۲}$$

۱ـ Like Dissolves Like

فرایند انحلال نمک‌ها در آب

با انحلال مولکولی آشنا شدید. انحلالی که در آن مولکول‌های حل‌شونده، ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند، گویی ساختار مولکول‌های حل‌شونده در محلول دچار تغییر نشده است. انحلال استون یا اتانول در آب و نیز انحلال یُد در هگزان از این نوع هستند. اما همهٔ فرایندهای انحلال چنین نیستند، برای نمونه به فرایند انحلال 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 ـ دوقطبی**[1] نام دارد؛ نیروی جاذبه‌ای که باعث جدا شدن یون‌ها از شبکه شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده شوند. این **یون‌های آبپوشیده**[2] در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد، به‌طوری که محلول آب نمک را می‌توان محلولی محتوی یون‌های $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ دانست.

همان‌گونه که در شکل ۲۲ پیداست، در این فرایند انحلال، مادهٔ حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازندهٔ شبکهٔ بلور یونی، تفکیک و آبپوشیده شده‌اند. این فرایند، **انحلال یونی** به‌شمار می‌رود.

شکل ۲۲ـ فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

خود را بیازمایید

۱ـ در معادلهٔ انحلال هر یک از ترکیب‌های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.

آ) $NaOH(s) \longrightarrow \ldots\ldots (aq) + \cdots\cdots (aq)$

ب) $\ldots\ldots (s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$

پ) $BaCl_2(s) \longrightarrow \ldots\ldots (aq) + \cdots\cdots (aq)$

۱ـ Dipole – Ion Force ۲ـ Hydrated Ions

۲ـ با توجه به اینکه منیزیم سولفات و باریم سولفات در دمای $25^{\circ}C$، به‌ترتیب محلول و نامحلول در آب هستند، با دلیل در هر مربع علامت < یا > قرار دهید.

آ)

میانگین نیروی پیوند یونی در $MgSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب ☐ نیروی جاذبهٔ یون ـ دوقطبی در محلول

ب)

میانگین نیروی پیوند یونی در $BaSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب ☐ نیروی جاذبه یون ـ دوقطبی در محلول

آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

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

آیا تاکنون به تنفس ماهی‌های درون آبزی‌دان (**آکواریوم**)[۱]، توجه کرده‌اید؟ آیا می‌دانید آبزیان اکسیژن لازم را برای سوخت و ساز از کجا تأمین می‌کنند؟ همهٔ جانوران از جمله ماهی‌ها برای 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؟

کاوش کنید

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

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

آزمایش ۱ـ 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 دیوارهٔ داخلی قیف بچسبانید.

۱ـ Aquarium

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

ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به‌گونه‌ای قرار دهد که لولهٔ قیف در زیر دهانهٔ استوانهٔ مدرج قرار گیرد. مشاهده‌های خود را بنویسید.

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

آزمایش	حجم گاز جمع شده درون استوانهٔ مدرج (میلی‌لیتر)	
	آزمایش ۱	آزمایش ۲
بار اول		
بار دوم		
بار سوم		
میانگین		

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟

۲ـ آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو آزمایش یکسان است؟ چرا؟

۳ـ حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش کمتر است؟

۴ـ از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

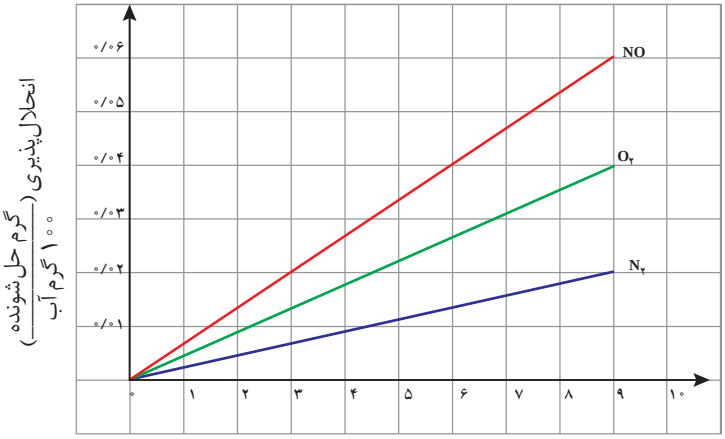
۵ـ چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟

۶ـ چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

● دربارهٔ 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 بیندیشیم

۱ـ نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای $۲۰^{\circ}C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



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

ب) نتیجه‌گیری از این نمودار **قانون هنری**[1] نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.

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

۲ـ 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؟

آیا می‌دانید

هنگامی که یک غوّاص در عمق آب از هوای فشردهٔ 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 عارضهٔ دردناک و گاهی کشنده می‌شود. امروزه در غوّاصی از کپسول محتوی اکسیژن و هلیم استفاده می‌شود.

پیوند با زندگی

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؟

شکل ۲۳ـ تأمین یون‌های موردنیاز بدن

بدن ما سامانهٔ پیچیده و متعادلی 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 Cl^-، K^+، Na^+ و ... 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).

۱ـ Henry's Law

یکی از مهم‌ترین یون‌ها در مایع‌های بدن، یون پتاسیم (K^+) است. نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است. از آنجا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم است، کمبود آن به‌ندرت احساس می‌شود. وجود یون پتاسیم (K^+) برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است به‌طوری که انتقال پیام‌های عصبی بدون وجود این یون، امکان‌پذیر نیست. درواقع، اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود.

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 ۳۵۰ 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 ۲۴ـ 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، همهٔ آبی را که در تولید کالاها، ارائه خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود، نشان می‌دهد. برای مثال اگر شما سالانه ۱۵۰ کیلوگرم گندم مصرف کنید، ردپای آب شما در تولید این مقدار گندم برابر با ۲۷۴۵۰۰ لیتر خواهد بود. با حساب کردن همهٔ آب مصرفی در زندگی سالانه هر فرد می‌توان میانگین ردپای آب او را برآورد کرد. هر چه رد پای 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 ۱۰۰۰۰۰۰ لیتر است.

آیا می‌دانید

ردپای آب در جهان برای یک سال در حدود ۷×۱۰^{۱۵} لیتر است. این ردپا برای کشورهایی مانند چین و هند به‌دلیل جمعیت زیاد و در کشورهای توسعه یافته به دلیل حجم فعالیت‌های صنایع گوناگون، سنگین‌تر و بزرگ‌تر است.

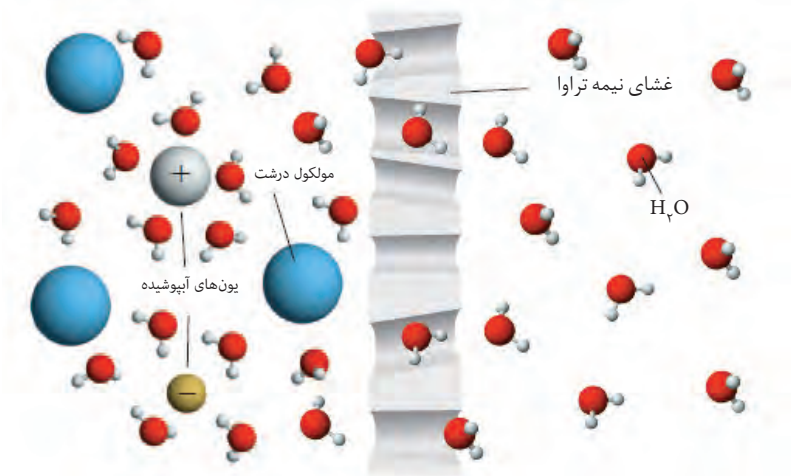
این ردپا شامل همه آب‌های مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، بهداشت، خانه، مدرسه، دانشگاه و... است که همگی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی تأمین می‌شود. توجه کنید که آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ به‌طوری که ممکن است آبی برای شستشو مناسب باشد اما آشامیدنی نباشد. هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها، منبع بسیار بزرگی برای تهیهٔ 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 (شکل۲۵). آیا تاکنون اندیشیده‌اید که در این پدیده‌ها چه رخ می‌دهد؟

شکل ۲۵ـ نمونه‌هایی از پدیدهٔ اسمز در زندگی روزانه

دیوارهٔ یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌هایی بسیار ریز دارد که ذره‌های سازندهٔ مواد می‌توانند از آن گذر کنند. به‌گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازهٔ 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**[1] نامیده می‌شوند (شکل ۲۶).



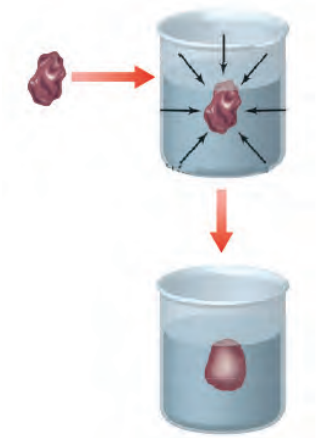
شکل ۲۶ـ غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

آیا می‌دانید

براساس پژوهش‌های سازمان جهانی غذا، در دههٔ ۲۰۰۵ـ۱۹۹۶ میلادی، برای تولید هر تن گندم در جهان به‌طور میانگین ۱۸۳۰ مترمکعب آب مصرف شده است. به دیگر سخن، میانگین جهانی ردپای آب در تولید هر کیلوگرم گندم حدود ۱۸۳۰ لیتر است.

هرچه میزان مصرف گندم در یک کشور بیشتر باشد، ردپای آب سنگین‌تر است.

با توجه به اینکه کشور ما در منطقه کم‌آب قارهٔ آسیا قرار دارد، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در حفظ منابع آب اهمیت شایانی دارد.



هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خود به خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیوارهٔ سلولی به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه، میوه آبدار و متورم می‌شود. **گذرندگی(اسمز)**[2] نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند، برخی نمک‌ها ، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.

۱ـ Semi – Permeable Membrane

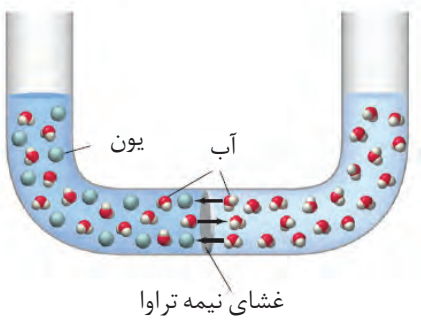
۲ـ Osmosis

آیا می‌دانید

در بستر دریاها، چشمه‌هایی وجود دارند که آب آنها شیرین و آشامیدنی هستند. ملوانان و ناخدایان سنتی کشور ایران و کشورهای حاشیه خلیج فارس تا همین اواخر آب آشامیدنی مورد نیاز خود را در سفرهای دریایی از همین چشمه‌ها تأمین می‌کردند. برای این منظور یک غواص با مشک خالی به زیر دریا می‌رفت و مشک را از محل چشمه زیر دریا پر از آب می‌کرد و به بالا می‌آورد. دو هزار سال پیش، یک جغرافی‌دان رومی به نام استرابو دربارهٔ چشمه‌های 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 دریاها وارد می‌شود، به صورت چشمه‌های زیر دریا وارد دریاها می‌شود. به همین دلیل امروزه بیش از گذشته نسبت به شناخت و بهره‌برداری از این آب‌ها توجه می‌شود.

با هم بیندیشیم

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



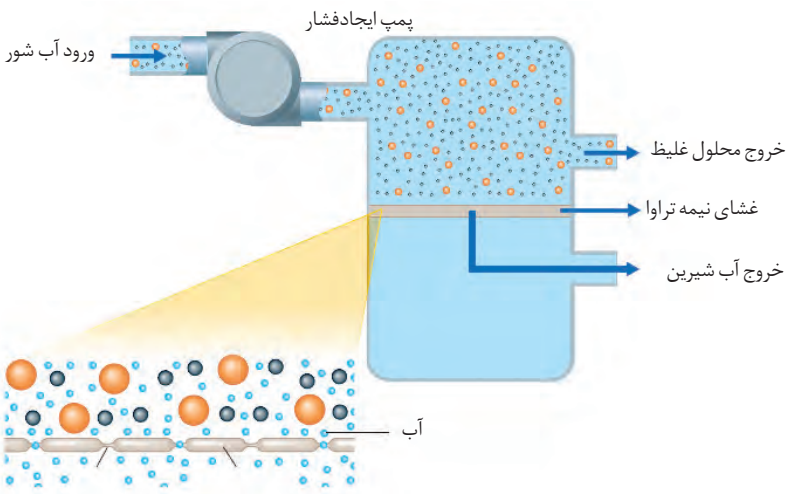
آ) اگر این غشا مانع گذر یون‌های سدیم و کلرید شود، با گذشت زمان چه رخ می‌دهد؟

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

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

ت) چرا فرایند انجام شده در قسمت «پ» را **اسمز وارونه (معکوس)**[1] می‌نامند؟

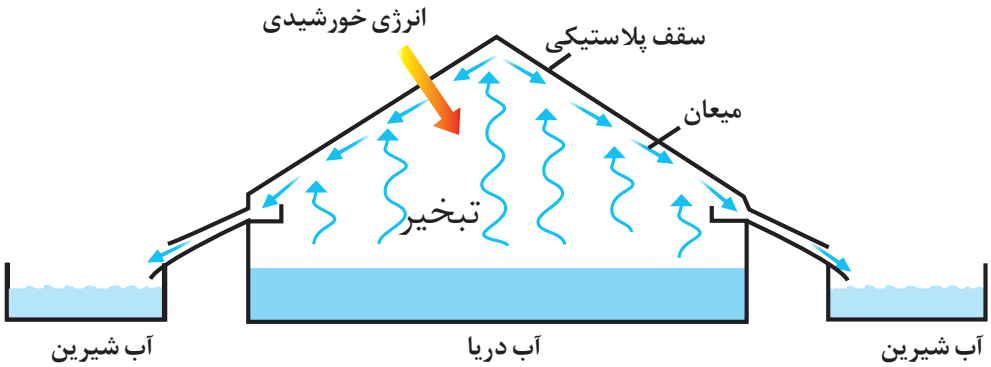
۲ـ با توجه به شکل زیر، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را توضیح دهید.



۱ـ Reverse Osmosis

خود را بیازمایید

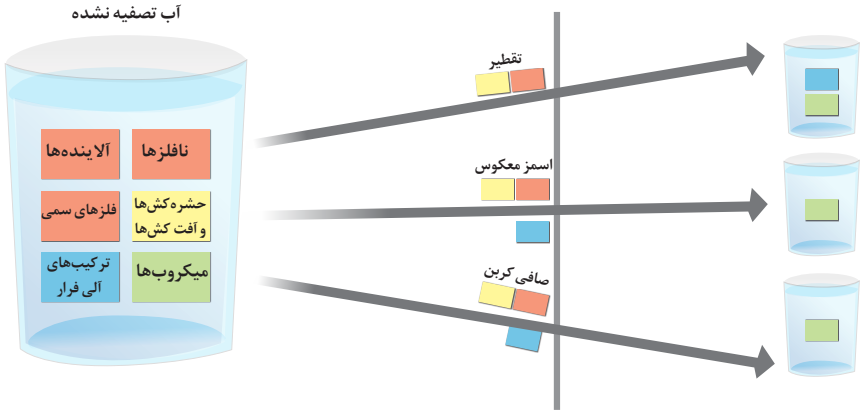
۱ـ شکل زیر روشی برای تهیهٔ آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد.



آ) این روش چه نام دارد؟

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

۲ـ 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 به‌دست آمده از کدام روش‌ها، آلایندهٔ کمتری دارد؟

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

آیا می‌دانید

در شمال جزیرهٔ قشم، نیروگاه و تأسیسات آب شیرین احداث شده است که هم‌زمان آب و برق تولید می‌کند. این مجتمع به دست توانای کارشناسان و متخصصان ایرانی در شرکت گروه مپنا ساخته شده و در سال ۱۳۹۳ هجری شمسی به بهره‌برداری رسیده است.بازده این مجتمع ۸۰ درصد است و با ظرفیت تولید ۵۰ مگاوات برق و شیرین‌سازی ۱۸۰۰۰ مترمکعب آب در روز کار می‌کند.

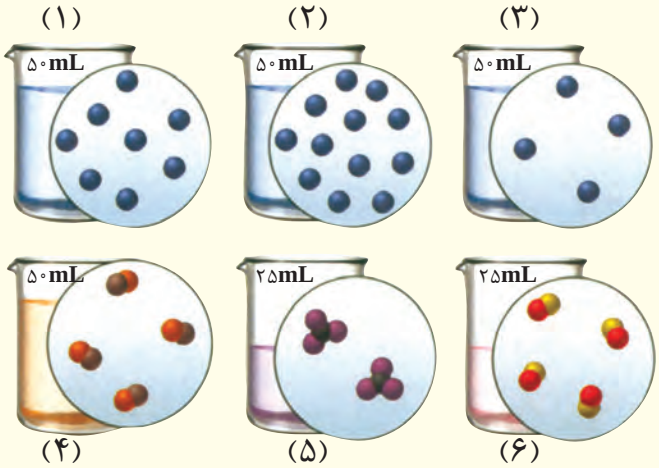
آیا می‌دانید

برخی شرکت‌ها و فروشندگان دستگاه‌های تصفیهٔ آب برای نشان دادن اینکه در آب شهری، چه میزان از یون‌های گوناگون وجود دارد، آزمایشی مانند شکل زیر انجام می دهند.

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.

تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذرهٔ حل شونده هم‌ارز با ۰/۰۲ مول باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام محلول غلیظ‌تر است؟ چرا؟

ب) غلظت مولی کدام محلول‌ها با هم برابر است؟

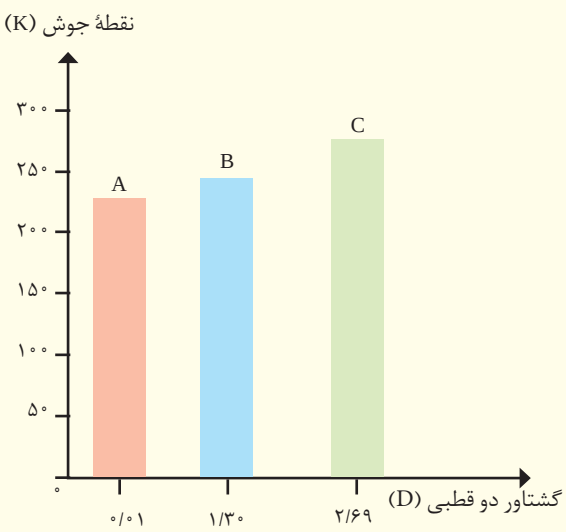
پ) غلظت مولی محلول به‌دست آمده از مخلوط کردن محلول (۱) و (۳) را حساب کنید.

ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن ۱۱۰ میلی‌لیتر آب به آن حساب کنید.

ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال ۰/۰۲ مول حل شونده به‌دست آورید (از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید).

۲ـ ادامهٔ زندگی اغلب ماهی‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که غلظت اکسیژن محلول در آب بیشتر از 5ppm باشد. با انجام محاسبه مشخص کنید که آیا ۹ kg آب حاوی ۶۷/۵ میلی‌گرم اکسیژن محلول برای ادامهٔ زندگی ماهی‌ها مناسب است؟

۳ـ با توجه به نمودار روبه‌رو به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید. جرم مولی هر سه مادهٔ آلی A، B و C با یکدیگر برابر است.

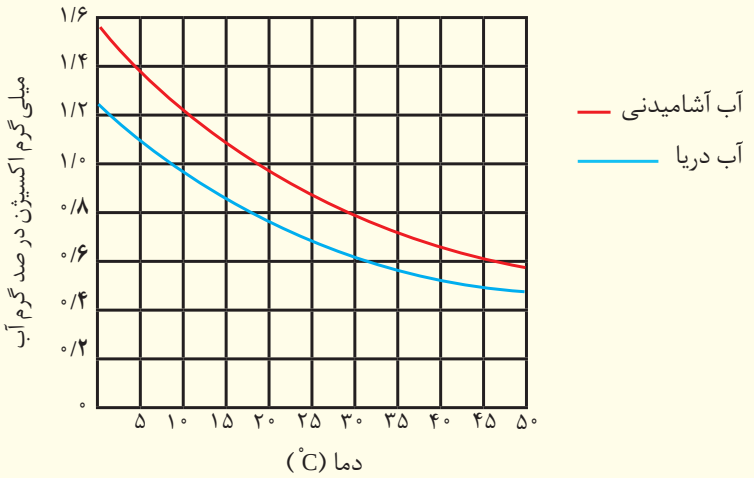


آ) جهت‌گیری و منظم شدن مولکول‌های کدام ترکیب در میدان الکتریکی محسوس‌تر است؟ چرا؟

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؟

۴ـ در نمودار زیر انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است.



آ) در دمای $5^{\circ}C$ انحلال‌پذیری گاز اکسیژن چقدر است؟

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

پ) آیا می‌توان گفت با افزایش مقدار نمک در آب، انحلال‌پذیری گاز اکسیژن کاهش می‌یابد؟ توضیح دهید.

۵ـ هر یک از شکل‌های زیر نمایی از آغاز و پایان آزمایشی برای درک مفهوم انحلال‌پذیری سه ماده در آب و دمای $25^{\circ}C$ است. نتیجهٔ هریک از این آزمایش‌ها را بنویسید.

۶ـ 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 انحلال‌پذیری کلسیم سولفات و آمونیوم نیترات در آب و دمای $20^{\circ}C$ به ترتیب برابر با ۰/۲ و ۶۵/۵ گرم باشد، درصد جرمی محلول سیرشدهٔ هریک را در این دما حساب کنید.

۷ـ کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصلهٔ دورتر حس کنند. اگر یک قطره (۰/۱ گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم 4×10^{12} لیتر پخش شود، این کوسه‌ها بوی خون را حس می کنند. حساب کنید حس بویایی این کوسه‌ها به حداقل چند ppm خون حساس است؟ (جرم یک لیتر آب دریا را یک کیلوگرم در نظر بگیرید).

واژه‌نامه

آنیون	Anion	۳۸	یونی که بار الکتریکی منفی دارند.
اثر گلخانه‌ای	Greenhouse Effect	۶۸	به جذب پرتوهای پرانرژی و گسیل پرتوهای کم انرژی به‌وسیلهٔ برخی مولکول‌های گازی هوا کره می‌گویند.
استوکیومتری	Stoichiometry	۸۰	دانش مطالعهٔ روابط کمی در مواد و واکنش‌های شیمیایی.
اکسایش	Oxidation	۸۱	به واکنش آرام اکسیژن با مواد گفته می‌شود.
اکسید اسیدی	Acidic Oxid	۵۹	اکسید نافلز که در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند.
اکسید بازی	Basic Oxid	۵۹	اکسید فلز که در واکنش با آب، باز تولید می‌کند.
الکترون	Electron	۴	ذرهٔ زیراتمی با بار الکتریکی منفی که در فضای پیرامون هسته وجود دارد.
الکترون‌های ظرفیت	Valance Electrons	۳۳	به بیرونی‌ترین الکترون‌های اتم می‌گویند.
ایزوتوپ (هم‌مکان)	Isotope	۵	اتم‌های یک عنصر که Z یکسان و A متفاوت دارند.
باران اسیدی	Acid rain	۶۰	بارانی که با حل شدن گازهایی مانند گوگرد دی‌اکسید و اکسیدهای نیتروژن موجود در هوا کره خاصیت اسیدی پیدا می‌کند.
پرتوزایی	Radio activity	۶	تبدیل خودبه‌خود ایزوتوپ‌های ناپایدار به گونه‌های پایدارتر که با گسیل پرتوها یا ذره‌های پرانرژی همراه است.
پروتون	Proton	۵	ذرهٔ زیراتمی با بار الکتریکی مثبت که درون هسته قرار دارد.
پیوند اشتراکی (کووالانسی)	Covalent Bond	۴۰	نیروی جاذبه‌ای که از به اشتراک گذاشته شدن دو یا چند الکترون میان اتم‌ها به‌وجود می‌آید.
پیوند دوگانه	Double Bond	۵۶	پیوند اشتراکی است که درنتیجهٔ به اشتراک گذاشته شدن دو جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.
پیوند سه‌گانه	Triple Bond	۵۶	پیوند اشتراکی است که درنتیجهٔ به اشتراک گذاشته شدن سه جفت الکترون میان دو اتم، تشکیل می‌شود.
پیوند هیدروژنی	Hydrogen Bond	۱۰۷	نوعی نیروی جاذبهٔ بین‌مولکولی بسیار قوی است.
پیوند یونی	Ionic Bond	۳۸	به نیروی جاذبهٔ الکتروستاتیکی میان یون‌ها با بار الکتریکی ناهمنام در شبکه بلوری می‌گویند.
ترکیب (مواد) مولکولی	Molecular Compound	۴۰	ترکیبی که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده است.
ترکیب یونی	Ionic Compound	۳۸	ترکیب شیمیایی که ذره‌های سازندهٔ آن، یون‌های مثبت و منفی هستند.
ترکیب یونی دوتایی	Binary Ionic Compound	۳۸	ترکیبی که از یون‌های دو عنصر مختلف تشکیل شده است.
تروپوسفر	Troposphere	۴۸	بخشی از هواکره که در فاصلهٔ ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.
تقطیر جزء به جزء	Fractional Distillation	۴۹	روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع با نقطهٔ جوش متفاوت است.
توسعه پایدار	Sustainable Development	۷۳	توسعه‌ای که نیازهای کنونی را برآورده سازد بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان را به خطر اندازد.
جدول دوره‌ای	Periodic Table	۱۰	چیدمان عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش Z که در آن عنصرها با خواص مشابه در یک ستون قرار می‌گیرند.
جرم اتمی	Atomic Mass	۱۴	جرم اتم را بر حسب amu نشان می‌دهند.

جرم اتمی میانگین	Average Atomic Mass	۱۵	میانگین جرم اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر را با توجه به درصد فراوانی آنها در طبیعت نشان می‌دهد.
جرم مولی	Molar Mass	۱۷	به جرم یک مول ماده گفته می‌شود.
جفت الکترون پیوندی	Bonding Electron Pair	۵۵	جفت الکترونی که پیوند اشتراکی را به‌وجود می‌آورد.
جفت الکترون ناپیوندی	Non- Bonding Electron Pair	۵۵	جفت الکترونی که به یک اتم تعلق دارند و در تشکیل پیوند شیمیایی شرکت نکرده است.
حالت برانگیخته	Excited State	۲۶	حالتی برای اتم که نسبت به حالت پایه انرژی بالاتری دارد.
حالت پایه	Ground State	۲۶	به حالتی برای اتم با پایین‌ترین سطح انرژی می‌گویند.
حل‌شونده	Solute	۹۴	جزئی که در حلال حل می‌شود.
حلال	Solvent	۹۴	جزئی که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و مول‌های بیشتری دارد.
درصد جرمی	Weight(Mass)Percent	۹۶	جرم مادهٔ حل‌شونده در ۱۰۰ گرم محلول را نشان می‌دهد.
درصد فراوانی	Abundance Percentage	۶	درصد یک ایزوتوپ معین در مخلوطی از ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر را نشان می‌دهد.
دگرشکل	Allotrope	۷۳	شکل متفاوت مولکولی یا بلوری از یک عنصر است.
دوره یا تناوب	Period	۱۲	به هر ردیف از جدول دوره‌ای عنصرها می‌گویند.
رادیوایزوتوپ	Radioisotope	۶	به ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا می‌گویند.
روش وارسی	Inspection Method	۶۳	روشی برای موازنه‌کردن معادله‌های شیمیایی با شمارش نوبتی اتم‌ها در دو سوی معادله است.
زیستْ تخریب پذیر	Biodegradation	۷۱	موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.
زیست‌کره	Biosphere	۸۶	بخشی از کره زمین که در آن زندگی وجود دارد.
ساختار لوویس	Lewis Structure	۵۵	شیوه‌ای برای نمایش مولکول‌ها و یون‌ها است به‌گونه‌ای که در آن چگونگی اتصال اتم‌ها به هم با الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی نشان داده می‌شود.
سوخت سبز	Green Fuel	۷۰	نوعی سوخت به‌دست‌آمده از مواد گیاهی که با محیط‌زیست سازگار است.
سوخت فسیلی	Fossil Fuel	۵۶	موادی مانند زغال‌سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از تجزیه اجساد و بقایای جانوران و گیاهان مدفون شده در زمین به وجود آمده‌اند.
سوختن	Combustion	۵۶	واکنش اکسایش سریعی که با ایجاد شعله و آزادکردن مقدار زیادی گرما و نور همراه است.
سوختن کامل	Complete Combustion	۵۷	به سوختن یک سوخت در حضور اکسیژن کافی می‌گویند.
سوختن ناقص	Incomplete Combustion	۵۷	به سوختن یک سوخت در حضور مقدار کم اکسیژن می‌گویند. که افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقدار زیادی کربن مونواکسید نیز تولید می‌کند.
شیمی سبز	Green Chemistry	۷۰	شاخه‌ای از علم شیمی که در پی طراحی فراورده‌ها و فرایندهایی است تا تولید و استفاده از مواد خطرناک را کاهش داده یا از بین ببرد.
عدد اتمی	Atomic Number	۵	به شمار پروتون‌های موجود در هستهٔ یک اتم می‌گویند.
عدد آووگادرو	Avogadro’s Number	۱۷	به عدد $۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}$، می‌گویند.
عدد جرمی	Mass Number	۵	مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در هستهٔ یک اتم است.
عدد کوانتومی اصلی	Principal Quantum Number	۲۴	عددی که لایه‌های الکترونی را در اتم مشخص می‌کند.

عدد کوانتومی فرعی	Azimuthal Quantum Number	۲۹	عددی است که زیر لایه‌های موجود در یک لایهٔ الکترونی را مشخص می‌کند.
عنصر	Element	۵	ماده‌ای که ذره‌های سازندهٔ آن از یک نوع اتم هستند.
غلظت مولی	Molar Concentration	۹۸	مول‌های حل شوندهٔ در یک لیتر محلول را نشان می‌دهد.
فراورده	Product	۶۱	ماده‌ای که در یک واکنش شیمیایی تولید شده و در سمت راست معادلهٔ شیمیایی نوشته می‌شود.
فرمول شیمیایی	Chemical Formula	۳۸	شیوه‌ای برای نشان‌دادن نوع و شمار اتم‌های سازندهٔ یک واحد از ماده شیمیایی است.
فرمول مولکولی	Molecular Formula	۴۱	فرمول شیمیایی که نوع و شمار اتم‌ها را در یک مولکول از ماده نشان می‌دهد.
قاعدهٔ آفبا	Aufbau Rule	۳۰	بنابراین قاعده، الکترون‌ها نخست در زیرلایه‌های با انرژی کمتر جای می‌گیرند و به‌تدریج زیرلایه‌های با انرژی بالاتر را اشغال می‌کنند.
قاعدهٔ هشت‌تایی	Octet Rule	۳۵	اتم‌ها تمایل دارند که با به اشتراک گذاشتن الکترون، شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت خود را به هشت برسانند.
قانون آووگادرو	Avogadro's Law	۷۹	حجم‌های مساوی از گازها در دما و فشار یکسان، شمار مولکول‌های مساوی دارند.
قانون پایستگی جرم	The Law of the Conservation of Mass	۶۱	در یک واکنش شیمیایی، اتم‌ها نه به‌وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.
کاتالیزگر	Catalyst	۶۲	ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.
کاتیون	Cation	۳۷	یونی که بار الکتریکی مثبت دارد.
گازهای گلخانه‌ای	Greenhouse Gases	۶۹	گازهایی مانند کربن دی‌اکسید، بخار آب و متان که از طریق اثر گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شوند.
گازهای نجیب	Noble Gases	۳۴	به عنصرهای گروه هجدهم جدول دوره‌ای می‌گویند.
گروه	Group	۱۲	عنصرهای موجود در یک ستون از جدول دوره‌ای هستند که خواص شیمیایی مشابهی دارند.
لایهٔ الکترونی	Electron Shell	۲۴	به فضای پیرامون هسته با گنجایش معین الکترون و انرژی معین گفته می‌شود.
لایهٔ اوزون	Ozone Layer	۷۳	پوششی پیرامون زمین حاوی اوزون که زمین را از پرتوهای پرانرژی و خطرناک فرابنفش خورشید محافظت می‌کند.
محلول	Solution	۹۳	به مخلوط همگن دو یا چند ماده گفته می‌شود.
محلول فراسیر شده	Supersaturated Solution	۱۰۲	محلولی که مقدار حل‌شونده در آن بیشتر از انحلال‌پذیری حل‌شونده در یک دمای معین است.
مخلوط ناهمگن	Heterogeneous Mixture	۱۰۹	مخلوطی که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن قابل تشخیص است.
معادلهٔ شیمیایی	Chemical Equation	۶۲	نمایش یک واکنش با نمادها و فرمول‌های شیمیایی که در آن واکنش‌دهنده‌ها، فراورده‌ها و نسبت مولی آنها مشخص می‌شود.
معادلهٔ موازنه‌شده	Balanced Equation	۶۴	معادله‌ای که شمار اتم‌های هر عنصر در دو طرف آن برابر است.
معادلهٔ نمادی	Symbol Equation	۶۱	معادله‌ای که در آن فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده(ها)، فراورده(ها) و حالت فیزیکی آنها نوشته می‌شود.
معادلهٔ نوشتاری	Word Equation	۶۱	معادله‌ای که‌حاوی نام واکنش‌دهنده(ها) و فراورده(ها) است.
موازنه‌کردن	Balancing	۶۲	برابر کردن شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی یک معادلهٔ شیمیایی است.

مول	Mole	۱۷	نماد آن mol بوده و یکای مقدار ماده در SI است.
مولکول قطبی	Polar Molecule	۱۰۴	مولکولی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.
مولکول ناقطبی	Non - Polar Molecule	۱۰۴	مولکولی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.
نماد شیمیایی	Chemical Symbol	۱۰	نماد یک یا دو حرفی که معرف یک عنصر است.
نوترون	Neutron	۴	یکی از ذره‌های سازندهٔ هستهٔ اتم که بار الکتریکی ندارد.
نیروهای وان‌در‌والس	Van der Walls Forces	۱۰۷	به همه نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی (به‌جز پیوند هیدروژنی) می‌گویند.
واکنش شیمیایی	Chemical Reaction	۶۱	فرایندی است که در آن از یک یا چند ماده، مواد شیمیایی تازه‌ای تولید می‌شود.
واکنش‌دهنده	Reactant	۶۱	هریک ازمواد آغازی واکنش را می‌گویند.
هواکره	Atmosphere	۴۶	لایه‌ای از گازها که دور یک جرم آسمانی مانند زمین را احاطه می‌کند.
یون تک‌اتمی	Monoatomic Ion	۳۸	یونی که تنها از یک اتم تشکیل شده است.
یون چنداتمی	Polyatomic Ion	۹۱	یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است.

منابع

1 – Silberberg, M.S., Principles of General Chemistry , Mc GrawHill, 2007.

2 – Reger, D.L.; Goode, S. R.; Ball, D.W., Chemistry, Brooks/Cole, 2010.

3 – Tro N., Chemistry in Focus, Brooks/Cole, 2009.

4 – Eubanks, L. P.; Middlecamp, C. H.; Heltzel, C. H.; Keller, S. W., Chemistry in Context, ACS, 2009.

5 – Angelica M. Stacy, Living by Chemistry, 2010.

6 – John S. phillips, & *etal*. Glencoe Science Chemistry Concepts and applications, Mc Grow - Hill, 2009.

7 – Kotz, John C.; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity, Thomson - Brooks/Cole, 2006.

8 – Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, Brooks/Cole, 2009.

9 – Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, Pearson, 2010.

10 – Chang, R.,; Overby, J., General Chemistry, The Essential Concepts, MC Graw Hill, 2008.

11 – Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, Prentice Hall, 2011.