بخش ۳

محلول‌ها

آب دریا نمونه‌ای از محلول‌هاست که سالانه میلیون‌ها تُن نمک از آن استخراج می‌شود.

در زندگی روزانهٔ خود با محلول‌های گوناگونی سروکار دارید. هوایی که تنفس می‌کنید، چای و نوشیدنی‌های دیگری که می‌نوشید، سکه‌ای که در جیب خود دارید، مایع‌های پاک کننده‌ای که برای شست‌وشو استفاده می‌کنید، بنزین و گازوئیلی که به‌عنوان سوخت در باک وسایط نقلیه می‌ریزید و از همه مهم‌تر آبی که روزانه بارها و بارها برای مصارف مختلفی چون شستن، پختن و نوشیدن استفاده می‌کنید، همگی محلول‌اند. محلول‌ها نقش مهمی در زندگی ما دارند. در این بخش با خواص و کاربرد محلول‌ها بیشتر آشنا می‌شوید.

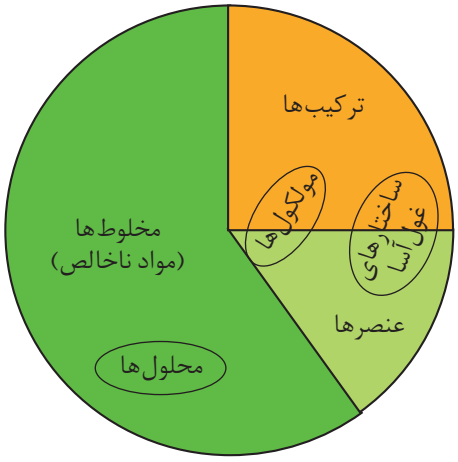
محلول‌ها نمونه‌ای از مواد ناخالص

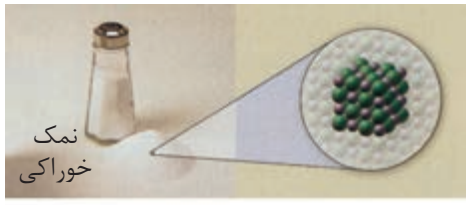
آموختید که مواد را به دو دستهٔ خالص (شامل عنصر و ترکیب) و ناخالص (شامل مخلوط همگن یا محلول و مخلوط ناهمگن) طبقه‌بندی می‌کنند. در سال گذشته با ساختار و رفتار عنصرها و ترکیب‌های شیمیایی نیز آشنا شدید و اطلاعات بسیاری دربارهٔ

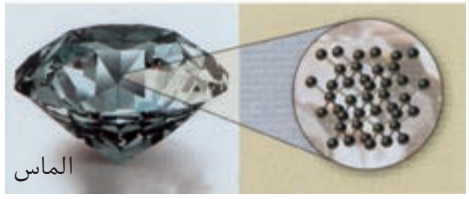
آنها به‌دست آوردید، اما دستهٔ بزرگ‌تری از مواد شیمیایی هستند که با عنوان مواد ناخالص یا مخلوط شناخته می‌شوند.

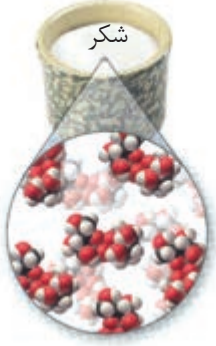
فکر کنید

دانش‌آموزی، نمودار دایره‌ای زیر را برای دسته‌بندی مواد پیشنهاد داده است. شما نیز با بررسی تصویرهای داده شده، نام هر یک از آنها را در مکان مناسب روی نمودار بنویسید.





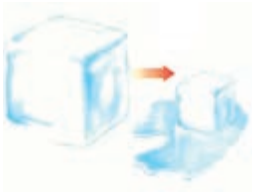




فاز چیست؟

یک لیوان پر از آب خالص را در نظر بگیرید. آیا رنگ، بو، طعم و حالت فیزیکی آب در همه جای درون لیوان یکسان است؟ خواصی مانند چگالی، ضریب شکست نور، ظرفیت گرمایی ویژه و نقطهٔ جوش چطور؟ اگر فضای درون این لیوان را که با آب خالص پر شده است، یک سامانه در نظر بگیرید؛ مشاهده‌ها نشان می‌دهد که خواص شدتی این سامانه در همه جای آن یکسان است. صرف به کار بردن واژهٔ حالت برای معرفی این ویژگی‌ها یعنی یکسان و یکنواخت بودن ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی مادهٔ تشکیل‌دهندهٔ این سامانه، کافی نیست. از این‌رو به جای واژهٔ حالت از واژهٔ **فاز** استفاده می‌شود. برای یک مادهٔ خالص اغلب این دو واژه هم معنا هستند. برای مثال آب در حالت بخار را آب در فاز بخار نیز می‌گویند. به این ترتیب یخ، فاز جامد آب خواهد بود. اگر نیمی از آب درون لیوان را خالی کنیم، در این صورت سامانه یادشده دارای دو فاز خواهد شد. بخشی از لیوان که با آب پر شده، فاز مایع و بخشی از لیوان که با هوا پر شده، فاز گازی آن را تشکیل می‌دهند. افزودن یک قطعه یخ یا مقداری روغن مایع درون این لیوان تعداد فازها را به سه افزایش می‌دهد (چرا؟ در هر مورد این فازها کدام‌اند؟) به چنین سامانه‌ای مخلوط ناهمگن گفته می‌شود. در مخلوط‌های ناهمگن همواره مرز میان فازها قابل تشخیص است. به مرز میان دو فاز، **فصل مشترک** گفته می‌شود. اگر در مخلوطی این مرزها قابل تشخیص نباشد و مخلوط تنها یک فاز به‌وجود آورد، در این صورت این مخلوط یک فازی را مخلوط همگن یا محلول می‌گویند.

بخشی از یک سامانه که خواص شدتی در همه جای آن یکسان است فاز نامیده می‌شود.



یخ در اثر جذب گرما ذوب و به آب مایع تبدیل می‌شود. در این‌جا یخ یک فاز جامد را تشکیل می‌دهد. ولی بر اثر ذوب شدن به یک فاز مایع تبدیل می‌شود، بنابراین در اینجا تغییر فاز رخ داده است؛ زیرا یک فاز به فاز دیگری تبدیل شده است.

هنگامی که مادهٔ خالصی تغییر فاز می‌دهد ماهیت شیمیایی آن تغییر نمی‌کند؛ بنابراین تغییر فاز، یک تغییر فیزیکی است. به‌طور کلی هر کدام از تبدیل‌های جامد به مایع، مایع به بخار، بخار به جامد، مایع به جامد و جامد به بخار یک تغییر فاز به‌شمار می‌آید.

فکر کنید

مخلوط‌های زیر تهیه شده‌اند. با توجه به تعریف فاز، در هر سامانه تعداد فازهای موجود را تعیین کنید. به‌نظر شما کدام مخلوط ناهمگن و کدام محلول است؟ چرا؟

آ) مخلوط اتانول و آب

ب) مخلوط روغن با آب و مقداری نمک خوراکی

پ) مخلوط آب، روغن و جیوه

ت) مخلوط آب، یک قطعه یخ، روغن و یک قطعه آهن

محلول‌های مایع و اجزای آنها

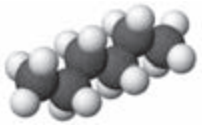
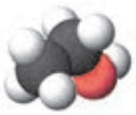
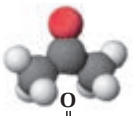
یک محلول دست‌کم از دو جزء تشکیل شده است: **حلال** و **حل‌شونده**. جزئی که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و معمولاً درصد بیشتری از محلول را تشکیل می‌دهد،

حلال نام دارد. در محلول آب نمک، آب حلال و نمک خوراکی، حل‌شونده است. اغلب محلول‌های موجود در طبیعت شامل یک حلال و چند حل‌شونده هستند. آب دریا نمونه‌ای از این نوع محلول‌هاست. برخی از اجزای این محلول را نام ببرید.

آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال شناخته شده است. این حلال، ترکیب‌های یونی و مولکولی بسیاری را در خود حل می‌کند. محلول‌هایی که حلال آنها آب است، **محلول آبی** نامیده می‌شوند. آب و محلول‌های آبی نقش مهمّی در زندگی روزانه دارند. اغلب فرایندهای زیست شیمیایی از قبیل هضم، جذب و سوخت‌وساز مواد غذایی در محلول آبی انجام می‌شوند. در صنایع شیمیایی تعداد زیادی از واکنش‌ها در محیط آبی صورت می‌گیرد. گرچه آب مهم‌ترین حلال شناخته شده است، اما حلال‌های مهم دیگری نیز وجود دارند. هگزان، اتانول و استون سه نمونهٔ مهم از حلال‌های آلی هستند (جدول ۱). به محلول حاصل از حلال‌های آلی، **محلول غیر آبی** می‌گویند.

در اثر نشت نفت خام به آب دریا، یک مخلوط دوفازی تشکیل می‌شود که آثار زیان‌بار زیست محیطی به‌دنبال دارد.

جدول ۱ برخی حلال‌های آلی و کاربردهای آنها

 $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	**هگزان** ؛ آلکانی با ۶ اتم کربن است و مولکول‌هایی ناقطبی دارد. این ماده، حلال بسیار مناسبی برای تعداد زیادی از ترکیب‌های ناقطبی است. هگزان مایع بی‌رنگ و فراری است که از نفت خام به‌دست می‌آید و به‌عنوان رقیق کننده (تینر) در رنگ‌های پوششی کاربرد دارد.
 CH_3CH_2OH	**اتانول**؛ پس از آب، اتانول مهم‌ترین حلال صنعتی است. این مایع بی‌رنگ و فرار به هر میزان با آب مخلوط می‌شود. از اتانول برای ضدعفونی کردن زخم‌ها و تولید مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی نیز استفاده می‌شود.
 $CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3$	**اَستون**؛ حلال مناسبی برای چربی‌ها، رنگ‌ها و انواع لاک‌هاست. این مایع بی‌رنگ و فرار به هر نسبت در آب حل می‌شود و از جمله حلال‌های پرکاربرد در آزمایشگاه‌های شیمی به‌شمار می‌آید.

اطلاعات جمع‌آوری کنید

در زندگی روزانه و در صنعت از حلال‌های آلی دیگری نیز استفاده می‌شود. در یک فعالیت گروهی فهرستی از این حلال‌ها، خواص و کاربردهای آنها همچنین آثار زیان‌باری که بر محیط‌زیست و سلامت انسان می‌گذارند، تهیه کنید و نتیجه را در قالب یک روزنامهٔ دیواری به کلاس ارائه دهید.

انحلال‌پذیری مواد در آب

در شیمی ۱ با مفهوم انحلال‌پذیری آشنا شدید. می‌دانید که در دمای یکسان میزان حل شدن مواد مختلف در آب متفاوت است. بیشترین مقدار از یک ماده که در دمای معین در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود، **انحلال‌پذیری** آن ماده را در آب مشخص می‌کند. در جدول ۲ انحلال‌پذیری برخی از ترکیب‌های شیمیایی در آب در دمای $20^{\circ}C$ داده شده است.

جدول ۲ انحلال‌پذیری برخی ترکیب‌های شیمیایی در آب در $20^{\circ}C$

نام	فرمول شیمیایی	انحلال پذیری $\left(\frac{\text{گرم حل شونده}}{100\ g\ H_2O}\right)$
متانول	CH_3OH	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
اتانول	C_2H_5OH	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
شکر (ساکارز)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۲۰۵
۱ـ هگزانول	$C_6H_{13}OH$	۰/۵۹
نقره کلرید	$AgCl$	کمتر از ۰/۰۰۰۲
هیدروژن کلرید	HCl	۶۳
کلسیم سولفات	$CaSO_4$	۰/۲۱
باریم سولفات	$BaSO_4$	کمتر از ۰/۰۰۰۳
پتاسیم نیترات	KNO_3	۳۴

فکر کنید

با توجه به داده‌های جدول ۲ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) انحلال‌پذیری برای کدام ترکیب‌ها از یک گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب بیشتر است؟

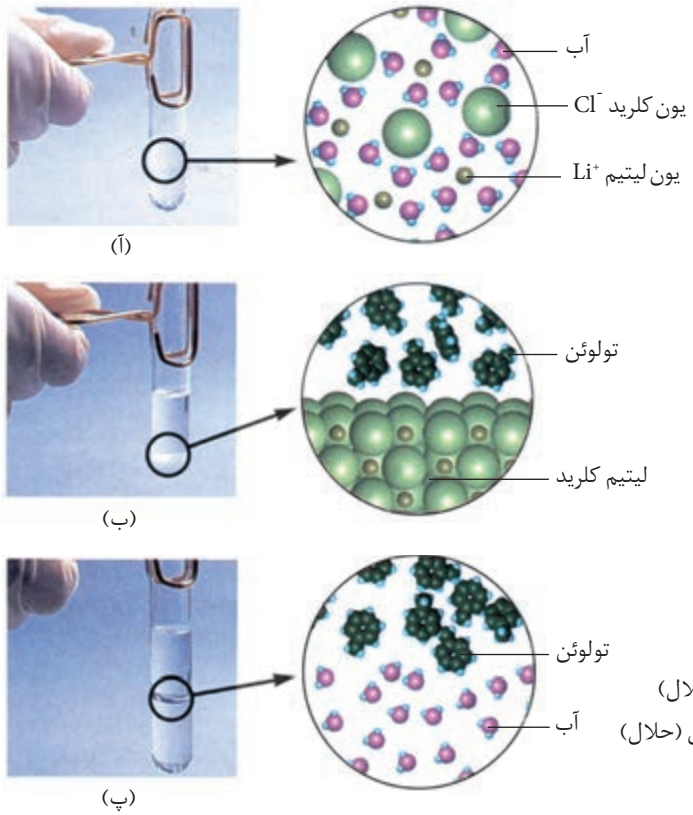
ب) انحلال‌پذیری برای کدام ترکیب‌ها از ۰/۰۱ گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب کمتر است؟

پ) انحلال‌پذیری کدام ترکیب‌ها بین ۰/۰۱ تا ۱ گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب است؟

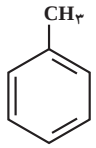
ت) اگر بخواهیم هر یک از موارد آ، ب و پ را با عنوان‌های نامحلول، کم‌محلول و محلول دسته‌بندی کنیم، در این صورت کدام نام را به کدام مورد آ تا پ نسبت می‌دهید؟

چرا محلول‌ها به‌وجود می‌آیند؟

به آزمایش‌های نشان داده شده در شکل ۱ به دقت نگاه کنید. در هر آزمایش چه ترکیب‌هایی با هم مخلوط شده‌اند؟ در کدام مورد دو مادهٔ مخلوط شده، انحلال‌پذیر و در کدام مورد، انحلال ناپذیر هستند؟



شکل ۱ مخلوط
آ) لیتیم کلرید جامد با آب (حلال)
ب) لیتیم کلرید جامد با تولوئن (حلال)
پ) تولوئن و آب



تولوئن یک هیدروکربن آروماتیک است و به مقدار زیادی در قطران زغال‌سنگ یافت می‌شود. مایعی بی‌رنگ و آتش‌گیر است و به عنوان حلال در صنایع مختلفی چون رنگ و رزین کاربرد دارد.

بدون انجام آزمایش نیز می‌توان انحلال‌پذیری یک ماده در یک حلال و تشکیل محلول‌ها را پیش‌بینی کرد. براساس آگاهی از نوع و میزان نیروهای جاذبهٔ موجود بین ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ حل شونده و حلال، پیش و پس از مجاورت با یکدیگر، پیش‌بینی انحلال‌پذیر بودن یا نبودن حل شونده در حلال یاد شده امکان‌پذیر است. به شکل ۱. آ توجه کنید. LiCl ترکیبی یونی است که در آن یون‌های Li^+ و Cl^- در یک شبکهٔ بلوری قرار دارند و با پیوند یونی یکدیگر را به شدت جذب می کنند. آب مولکول‌هایی قطبی دارد به‌طوری که در یک سر، جزئی بار مثبت (اتم‌های H) و در سر دیگر جزئی بار منفی (اتم O) دارند. هنگامی که LiCl در آب حل می‌شود، جاذبه‌ای قوی بین یون Cl^- و سر مثبت مولکول‌های آب (Cl^-... H_2O) و یون Li^+ با سر منفی مولکول‌های آب (H_2O... Li^+) به‌وجود می‌آید. این جاذبهٔ **یون ـ دوقطبی** انرژی لازم را برای جدا شدن یون‌های Li^+ و Cl^- از شبکهٔ بلور فراهم می کند. به‌طور کلی ترکیب‌های یونی تمایل دارند در حلال‌های قطبی حل شوند. البته میزان انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی

در شرایط یکسان متفاوت است و به نوع یون‌های سازنده و ساختار بلوری آنها بستگی دارد.

به شکل ۱ . ب دقت کنید. تولوئن ترکیبی آلی است و مولکول‌های ناقطبی دارد. بین این مولکول‌ها، نیروهای جاذبهٔ وان‌دروالس وجود دارد که از جمله نیروهای بین‌مولکولی ضعیف به شمار می‌رود. درحالی‌که LiCl، ترکیبی یونی است. وقتی این دو با هم مخلوط می‌شوند، نیروی جاذبه بین یون‌ها و مولکول‌های تولوئن به اندازه‌ای نیست که بتواند بر پیوندهای یونی در شبکهٔ بلوری LiCl غلبه کند. مشاهدهٔ تجربی نیز درستی این ادعا را ثابت می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که ترکیب‌های یونی در مواد ناقطبی حل نمی‌شوند.

فکر کنید

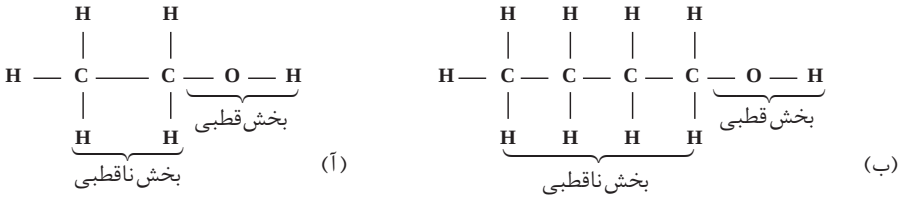
۱ـ با توجه به شکل ۱ . پ آیا تولوئن در آب حل شده است؟ این مشاهدهٔ تجربی را توجیه کنید.

۲ـ نفتالِن در تولوئن حل می‌شود. آیا از این مشاهده می‌توان نتیجه گرفت که مولکول‌های نفتالِن ناقطبی‌اند؟ به‌عبارت دیگر آیا می‌توان نتیجه گرفت که «**شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند.**»؟

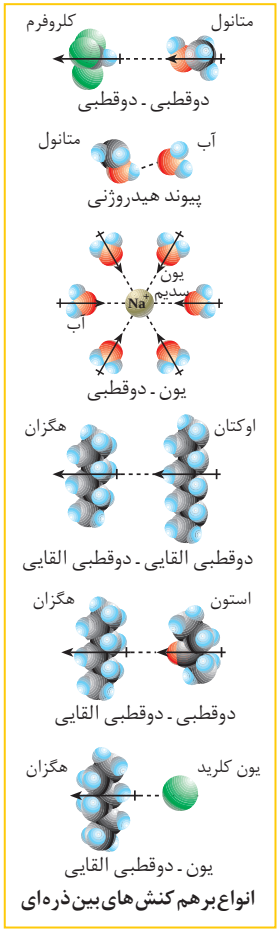
انحلال اتانول در آب را در نظر بگیرید. در ترکیب‌هایی مانند اتانول، نیروهای بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی است. بین مولکول‌های قطبی آب نیز پیوند هیدروژنی وجود دارد. وقتی اتانول در آب حل می‌شود، پیوندهای هیدروژنی تازه‌ای بین مولکول‌های اتانول و مولکول‌های آب به‌وجود می‌آید. میزان این نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی به اندازه‌ای است که بر پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول و پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب غلبه کرده، باعث انحلال اتانول در آب می‌شود. شکل ۲ پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول و آب را نشان می‌دهد. براساس این یافتهٔ تجربی (انحلال اتانول در آب) کدام پیوند هیدروژنی نشان داده شده در این شکل باید قوی‌تر باشد؟ چرا؟

توجه کنید که برخی از مولکول‌ها در ساختار خود یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی دارند. ۱ـ بوتانول و اتانول از این دست ترکیب‌ها هستند، شکل ۳.

انحلال پذیری چنین ترکیب‌هایی در آب، بستگی به این دارد که کدام بخش بر دیگری غالب است.

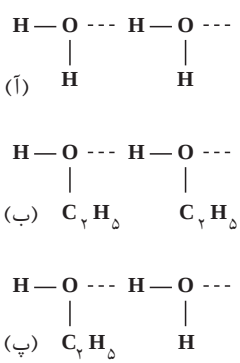


شکل ۳ آ) اتانول ب) ۱ـ بوتانول



انواع برهم‌کنش‌های بین‌ذره‌ای

نیروی جاذبهٔ بین مولکول آب و یک یون از نوع یون ـ دوقطبی است. این جاذبهٔ بین‌ذره‌ای از جاذبهٔ دوقطبی ـ دوقطبی و پیوند هیدروژنی قوی‌تر و از پیوند یونی (جاذبهٔ یون ـ یون) ضعیف‌تر است.



شکل ۲ پیوند هیدروژنی
آ) بین مولکول‌های آب
ب) بین مولکول‌های اتانول
پ) بین مولکول‌های آب و مولکول‌های اتانول

فکر کنید

جدول زیر، انحلال‌پذیری برخی از الکل‌های راست زنجیر را در آب نشان می‌دهد. با بررسی آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

الکل‌ها و اسیدهای آلی حداکثر با پنج کربن در آب محلول هستند.

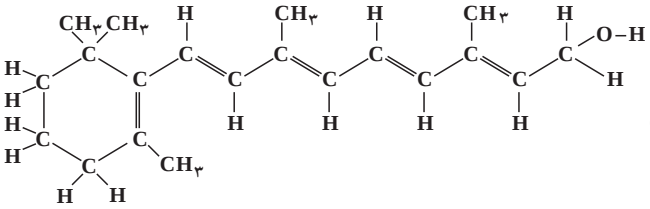
نام الکل	فرمول ساختاری الکل	انحلال پذیری $\left(\frac{\text{گرم حل شونده}}{۱۰۰\ g\ H_۲O}\right)$
متانول	$CH_۳OH$	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
اتانول	$CH_۳CH_۲OH$	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
۱ـ پروپانول	$CH_۳CH_۲CH_۲OH$	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
۱ـ بوتانول	$CH_۳(CH_۲)_۳OH$	۸/۲۱
۱ـ پنتانول	$CH_۳(CH_۲)_۴OH$	۲/۷۰
۱ـ هگزانول	$CH_۳(CH_۲)_۵OH$	۰/۵۹

آ) بخش‌های قطبی و ناقطبی را در هر یک از الکل‌ها مشخص کنید.

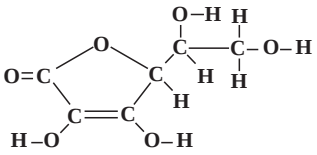
ب) انحلال‌پذیری الکل‌ها با افزایش تعداد کربن چه تغییری می‌کند؟ با دلیل توضیح دهید.

خود را بیازمایید

در شکل زیر ساختار ویتامین A (رتینول) و ویتامین C (آسکوربیک اسید) نشان داده شده است. به این شکل‌ها با دقت نگاه کنید و سپس به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.



ویتامین A(رتینول)



ویتامین C

آ) بخش‌های قطبی هر مولکول را روی شکل نشان دهید.

ب) به نظر شما کدام یک از این ویتامین‌ها باید در آب و کدام یک در چربی انحلال‌پذیر باشد؟ چرا؟

پ) مصرف بیش از اندازهٔ لازم از کدام ویتامین برای بدن مشکلی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

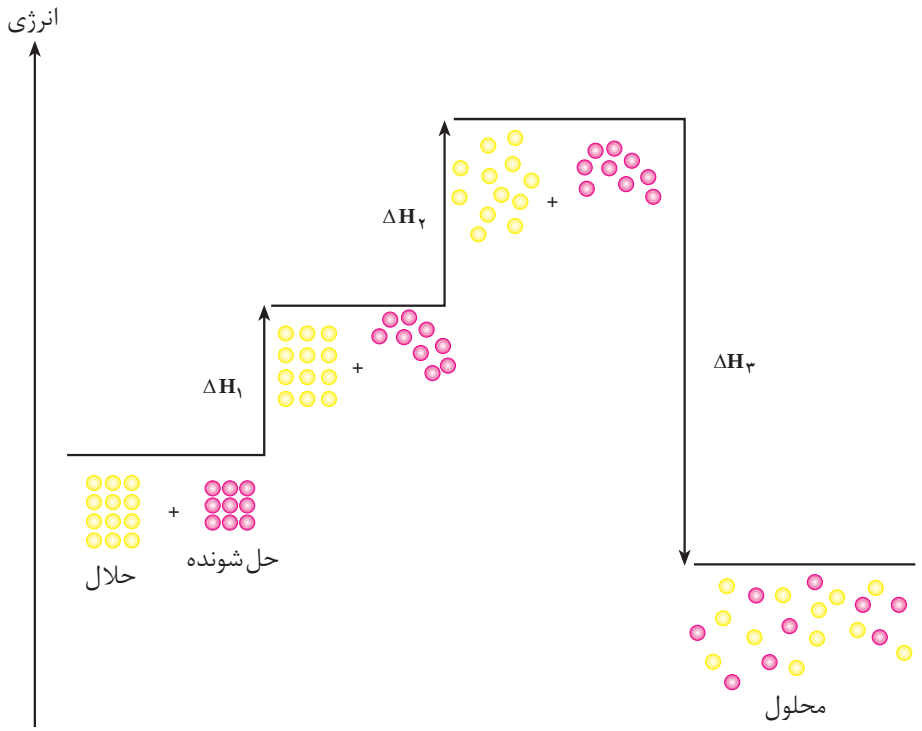
آنتالپی انحلال

فرایند انحلال با مبادلهٔ انرژی همراه است. تغییر آنتالپی مربوط به حل شدن یک مول حل‌شونده در مقدار زیادی حلال را گرمای انحلال یا آنتالپی انحلال ($\Delta H_{\text{انحلال}}$) می‌نامند. انحلال یک ترکیب مولکولی در آب را در نظر بگیرید. این انحلال از دید مولکولی شامل سه مرحله است، شکل ۴.

۱ـ جدا شدن مولکول‌های حل‌شونده از یکدیگر

۲ـ جدا شدن مولکول‌های آب از یکدیگر

۳ـ پراکنده شدن همگن مولکول‌های حل‌شونده بین مولکول‌های آب



شکل ۴ مراحل سه‌گانهٔ انحلال یک ترکیب مولکولی فرضی در آب
این مراحل به‌طور همزمان انجام می‌شوند.

فکر کنید

۱ـ با توجه به شکل ۴ به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

آ) هر یک از مراحل ۱، ۲ و ۳ را روی نمودار مشخص کنید و در هر مورد گرماده یا گرماگیر بودن مرحلهٔ یادشده را با بیان علت معلوم کنید.

ب) براساس قانون هس، رابطه‌ای میان ΔH_1، ΔH_2 و ΔH_3 با آنتالپی انحلال بنویسید.

پ) این انحلال در مجموع گرماده یا گرماگیر است؟ چرا؟

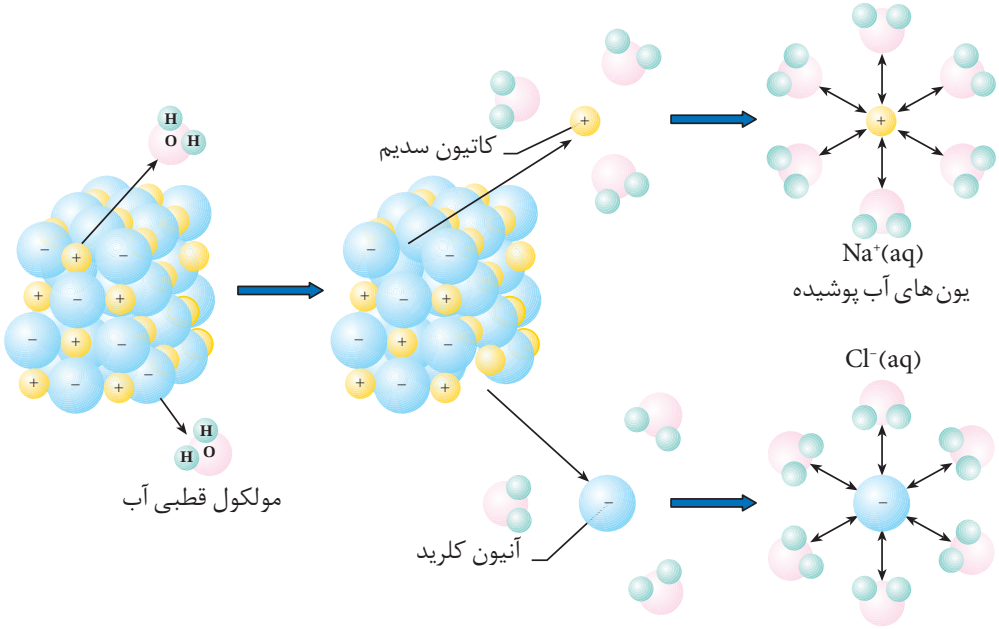
۲ـ تجربه نشان می‌دهد که انحلال شکر (ساکارز) به‌عنوان مثالی از ترکیب‌های مولکولی در آب، فرایندی گرماگیر است.

آ) این مشاهده را با توجه به آنتالپی مراحل سه‌گانهٔ یادشده، توجیه کنید.

ب) با توجه به گرماگیر بودن فرایند انحلال شکر در آب، چرا این فرایند به‌طور خودبه‌خودی روی می‌دهد؟

پ) انتظار دارید که در یک انحلال گرماگیر ($\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$) افزایش دما چه تأثیری بر انحلال‌پذیری حل‌شونده در آب داشته باشد؟ چرا؟

اکنون به فرایند انحلال یک ترکیب یونی مانند NaCl در آب توجه کنید، شکل ۵. این انحلال نیز شامل سه مرحله است.



شکل ۵ انحلال سدیم کلرید در آب، به برهم‌کنش مولکول‌های آب با یون‌های سدیم و کلرید توجه کنید.

۱ـ فروپاشی شبکهٔ بلوری NaCl : این مرحله با صرف انرژی همراه است، بنابراین گرماگیر به‌شمار می‌آید.

$$NaCl(s) \longrightarrow Na^+(g) + Cl^-(g) \qquad \Delta H_1 = +۷۸۶\ kJ.mol^{-1}$$

۲ـ جدا شدن مولکول‌های آب از یکدیگر: این مرحله نیز گرماگیر است.

۳ـ برقراری جاذبهٔ قوی بین یون‌ها (Na^+، Cl^-) و مولکول‌های آب: این مرحله گرماده است و طی آن انرژی زیادی آزاد می‌شود.

مجموع مراحل ۲ و ۳ را **مرحلهٔ آب‌پوشی** می‌نامند. در این مرحله یون‌های Na^+ و Cl^- به‌وسیلهٔ مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. مرحلهٔ آب‌پوشی در مجموع گرماده است. مقدار آنتالپی انحلال NaCl در آب، جمع جبری گرمای لازم برای فروپاشی شبکهٔ بلوری NaCl و گرمای آزاد شده در اثر آب‌پوشی یون‌های Na^+ و Cl^- است.

نمونهٔ حل شده

اگر انرژی لازم برای فروپاشی شبکهٔ بلوری NaCl (آنتالپی فروپاشی شبکه، $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$)، ۷۸۶ کیلوژول بر مول و مجموع انرژی آزاد شده در آب‌پوشی (آنتالپی آب‌پوشی، $\Delta H_{\text{آب‌پوشی}}$) یون‌های Na^+ و Cl^-، ۷۸۳ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی انحلال NaCl را در آب محاسبه کنید.

$\Delta H_{\text{شبکه}} = -\Delta H_{\text{فروپاشی}}$

پاسخ:

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ NaCl = انرژی فروپاشی شبکه بلوری = $+۷۸۶\ kJ.mol^{-۱}$

$\Delta H_{\text{آب‌پوشی}}$ Cl^- و Na^+ = مجموع انرژی آب‌پوشی یون‌های = $-۷۸۳\ kJ.mol^{-۱}$

$\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_{\text{فروپاشی}} + \Delta H_{\text{آب‌پوشی}}$ = آنتالپی انحلال NaCl = $+۳\ kJ.mol^{-۱}$

آنتروپی و انحلال

همان‌طور که ملاحظه کردید، آنتالپی انحلال سدیم کلرید ۳ کیلوژول بر مول است. یعنی برای انحلال یک مول NaCl در آب ۳ کیلوژول گرما لازم است. با وجود گرماگیر بودن، انحلال NaCl در آب خودبه‌خودی انجام می‌شود؛ زیرا به‌جز آنتالپی باید به عامل دیگری در انحلال مواد توجه کرد.

تغییر آنتروپی بر فرایند انحلال بسیار مؤثر است. با به‌کارگیری قواعد زیر می‌توان میزان تأثیر این عامل را پیش‌بینی کرد:

آ) حل شدن جامد در مایع اغلب با افزایش آنتروپی همراه است، زیرا ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ یک جامد بلوری، آرایش بسیار منظمی دارند و در اثر حل شدن، ذره‌ها از این حالت بسیار منظم خارج شده، درون مایع پراکنده می‌شوند و ضمن جنبش دائمی آزادی عمل بیشتری پیدا می‌کنند.

ب) حل شدن مایع در مایع نیز با افزایش آنتروپی همراه است؛ زیرا دو مایع که در یکدیگر حل می‌شوند، حجم بیشتری نسبت به دو مایع جدا از یکدیگر پیدا می‌کنند. بنابراین، در این فضای بزرگ‌تر آزادی عمل و جنبش ذره‌های دو مایع درحالت محلول بیشتر می‌شود.

پ) حل شدن گاز در مایع با کاهش آنتروپی همراه است؛ زیرا بین ذره‌ها در حالت گازی نیروی جاذبهٔ ناچیزی وجود دارد و از این‌رو ذره‌ها آزادی عمل بیشتری دارند. هنگامی که گازی در یک حلال مایع حل می‌شود، نیروی جاذبهٔ بین ذره‌ای افزایش می‌یابد و آزادی عمل آنها کمتر می‌شود. به عبارتی این نیروهای جاذبه از تمایل آنها به بی‌نظمی می‌کاهند.

خود را بیازمایید

با بیان علت مشخص کنید که فرایند انحلال در کدام مورد با افزایش آنتروپی و در کدام مورد با کاهش آنتروپی همراه است؟

آ) اتانول در آب　　ب) گاز آمونیاک در آب　　پ) پتاسیم کلرید در آب

فکر کنید

۱ـ انحلال پتاسیم هیدروکسید و پتاسیم نیترات در آب به‌ترتیب گرماده و گرماگیر است. اگر هنگام این دو انحلال هیچ‌گونه مبادلهٔ انرژی با محیط پیرامون وجود نداشته باشد، دمای محلول آنها چه تغییری می کند؟ چرا؟

۲ـ شکل روبه‌رو محلول یُد در تولوئن را نشان می‌دهد. با اینکه در طی فرایند انحلال، دمای محلول تغییر محسوسی نمی‌کند، توضیح دهید چرا حل شدن یُد در تولوئن، خودبه‌خود انجام می‌شود؟

بیشتر بدانید

اغلب، ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که گرما یا سرما را سریعاً انتقال می‌دهند. این بسته‌ها که از وسایل کمک‌های اولیه به‌شمار می‌آیند، طرز کار این بسته‌ها بر پایهٔ آنتالپی انحلال استوار است. این بسته‌ها از یک کیسهٔ پلاستیکی تشکیل شده‌اند که درون آن، یک بستهٔ کوچک آب و یک مادهٔ شیمیایی به صورت گرد وجود دارد. ضربه زدن به کیسهٔ پلاستیکی موجب می‌شود که بستهٔ کوچک آب پاره شده، مادهٔ شیمیایی در آن حل شود. اگر انحلال مادهٔ شیمیایی در آب گرماده باشد، دمای بسته افزایش و اگر این انحلال گرماگیر باشد، دمای بسته کاهش می‌یابد.

بسته‌های تولیدکنندهٔ سرما و گرما که در بازار به فروش می‌رسند. بستهٔ ایجادکنندهٔ سرما دارای آمونیوم نیترات و آب و بستهٔ آزادکنندهٔ گرما دارای کلسیم کلرید و آب است.

معمولاً در بسته‌های تولیدکنندهٔ گرما از کلسیم کلرید و در بسته‌های تولیدکنندهٔ سرما از آمونیم نیترات استفاده می‌شود. فرایند انحلالی که در هر مورد رخ می‌دهد، عبارت است از:

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \qquad \Delta H_{\text{انحلال}} = -۸۳\ kJ$$

$$NH_4NO_3(s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq) \qquad \Delta H_{\text{انحلال}} = +۲۶\ kJ$$

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که افزودن ۴۰ گرم $CaCl_2$ (۰/۳۶ مول $CaCl_2$) به ۱۰۰ میلی‌لیتر

آب $20^{\circ}C$، دمای آب را تا $90^{\circ}C$ افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، هرگاه ۳۰ گرم NH_4NO_3 (۰/۳۸ مول NH_4NO_3) را به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب $20^{\circ}C$ بیفزاییم، دمای آب به $0^{\circ}C$ کاهش می‌یابد. بسته‌های تولیدکنندهٔ سرما یا گرما، در حدود ۲۰ دقیقه کار می‌کنند.

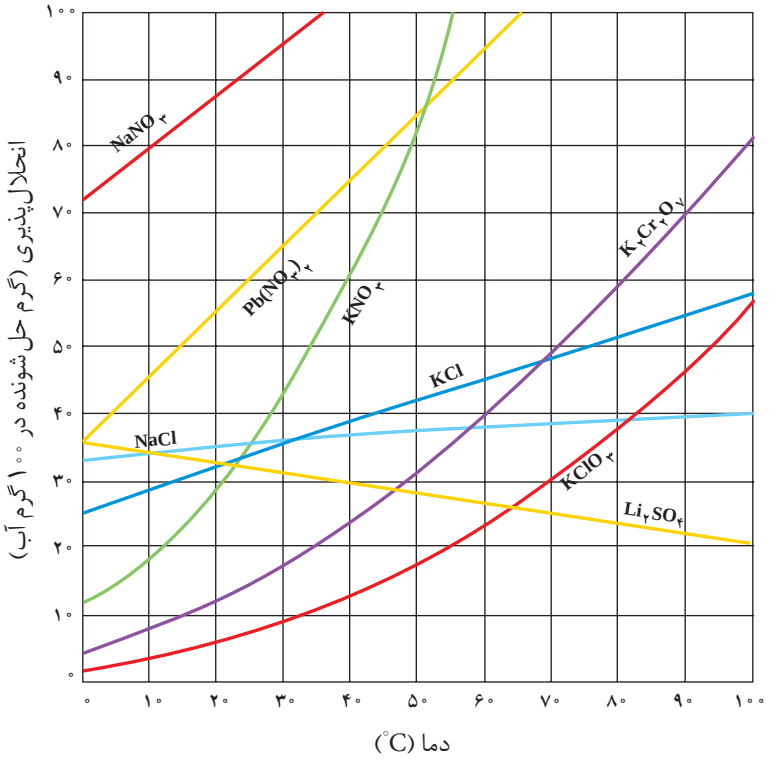
همچون دانشمندان

۱ـ شکل زیر نمودار انحلال‌پذیری چند ترکیب یونی را نشان می‌دهد. با دقت به این نمودار نگاه کنید و به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

آ) اگر بخواهید محلول‌های سیر شده‌ای از پتاسیم کلرید در دماهای $0^{\circ}C$، $40^{\circ}C$ و $80^{\circ}C$ تهیه کنید، در هر مورد چند گرم KCl را باید در ۱۰۰ گرم آب حل کنید؟

ب) جدول زیر را کامل کنید. تأثیر دما بر انحلال‌پذیری KNO_3 و KCl را با هم مقایسه کنید.

مادهٔ حل‌شونده	انحلال‌پذیری در آب		
	$0^{\circ}C$	$30^{\circ}C$	$50^{\circ}C$
KNO_3			
KCl			



نمودار انحلال‌پذیری برخی از ترکیب‌های یونی در آب

سنگ کلیه به دلیل ایجاد محلول سیر شده از برخی نمک‌های کلسیم دار در کلیه به وجود می‌آید.
پزشکان برای پیشگیری از این عارضه نوشیدن ۶ تا ۸ لیوان آب را در روز توصیه می‌کنند.

پ) محلول سیر شده‌ای از پتاسیم کلرات ($KClO_3$) در دمای $80^\circ C$ در اختیار دارید. اگر این محلول تا دمای $0^\circ C$ سرد شود، چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا در $0^\circ C$ نیز محلول سیر شده است؟

۲ـ منحنی انحلال‌پذیری $AgNO_3$ را با توجه به داده‌های جدول روبه‌رو روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید (گرم $AgNO_3$ در ۱۰۰ گرم آب را روی محور عمودی و دما را روی محور افقی قرار دهید).

مقدار $AgNO_3$ ($g/100 gH_2O$)	دما ($^\circ C$)
۱۲۲	۰
۲۱۶	۲۰
۳۱۱	۴۰
۴۴۰	۶۰
۵۸۵	۸۰

آ) انحلال‌پذیری $AgNO_3$ را در $30^\circ C$ روی نمودار نشان دهید.

ب) در چه دمایی انحلال‌پذیری $AgNO_3$، ۲۷۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است؟

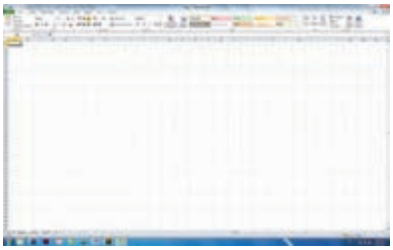
پ) انحلال‌پذیری $AgNO_3$ در آب گرماده یا گرماگیر است؟ چرا؟

ت) اگر در دمای $10^\circ C$ مقدار ۹۸/۵ گرم $AgNO_3$ به ۱۰۰ گرم آب افزوده شود، محلول حاصل سیر شده یا سیر نشده است؟

انحلال‌پذیری گازها در آب

می‌دانید که گازها در مایع‌ها حل شده، محلول ایجاد می‌کنند. در این میان، شناخت ویژگی‌های محلول آبی گازهای مختلف و اثر عواملی مانند نوع گاز، دما و فشار بر انحلال‌پذیری گازها در آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

اکسِل (Excell) نرم‌افزاری است که با استفاده از آن می‌توان انواع نمودارها را رسم کرد. شما هم می‌توانید برای رسم نمودار انحلال‌پذیری مواد آن را به کار ببرید.



همچون دانشمندان

۱ـ با استفاده از داده‌های جدول زیر، روی یک کاغذ میلی‌متری نمودار انحلال‌پذیری (گرم حل‌شونده در ۱۰۰g آب) سه گاز یادشده را در برابر دما ($^\circ C$) رسم کنید. سپس به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.

انحلال‌پذیری ($g/100 gH_2O$) سه گاز در دماهای مختلف در فشار ۱ atm

گاز \ دما ($^\circ C$)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
CO_2	۰/۱۶۹	۰/۱۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸
H_2S	۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۵
Cl_2	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۳

آ) انحلال‌پذیری هر سه گاز را در $45^\circ C$ تخمین بزنید.

ب) در چه دمایی انحلال‌پذیری گاز کلر، ۰/۵۰ g در ۱۰۰ g آب است؟

پ) محلولی که شامل ۰/۱۰۰ g کربن دی‌اکسید در ۱۰۰ g آب است، در $35^\circ C$ چه حالتی؛ سیر شده، سیر نشده یا فراسیر شده دارد؟

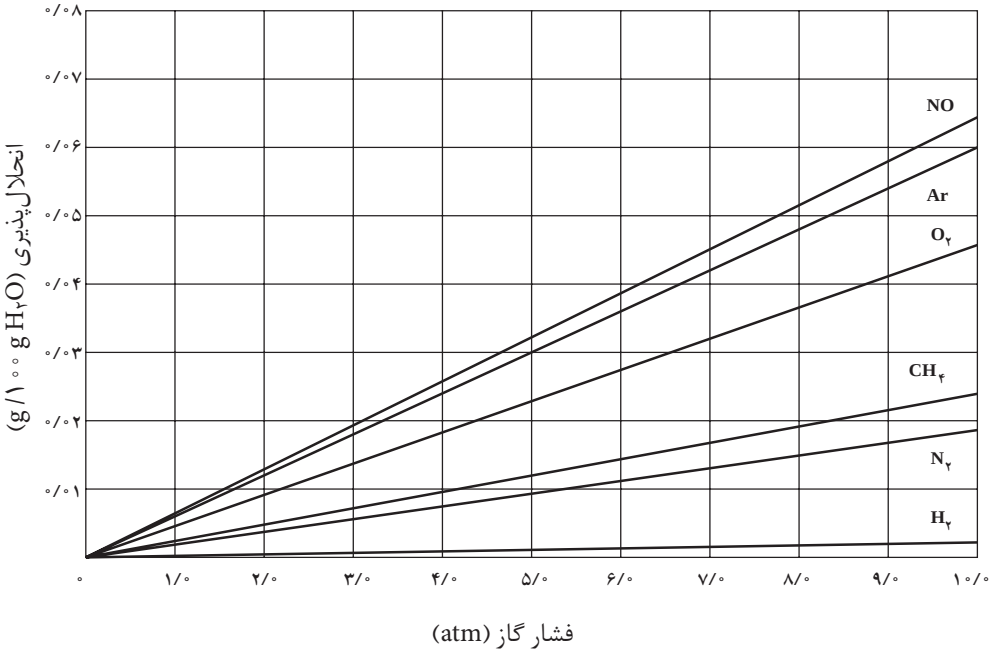
ت) انحلال‌پذیری گاز هیدروژن سولفید را در $70^{\circ}C$ پیش‌بینی کنید.

ث) از این نمودارها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲ـ انحلال‌پذیری چند گاز در آب در فشار ۱atm و دمای $25^{\circ}C$ در جدول زیر داده شده است. از این داده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ تفاوت‌های مشاهده‌شده را توجیه کنید.

گاز	N_2	O_2	CO_2	NH_3	HCl
انحلال‌پذیری ($g/100\ g\ H_2O$)	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۹	۰/۱۴۵	۴۷/۰	۶۹/۵

۳ـ نمودار زیر تأثیر فشار گاز بر انحلال‌پذیری آنها را در آب $20^{\circ}C$ نشان می‌دهد. ویلیام هنری در سال ۱۸۰۳ از تفسیر چنین داده‌هایی به یک نتیجه‌گیری مهم دربارهٔ انحلال‌پذیری گازها در آب دست یافت. این نتیجه‌گیری را که **قانون هنری** گفته می‌شود، در یک سطر بیان کنید.



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.

غلظت محلول و روش‌های بیان آن

بیشتر واکنش‌های شیمیایی مانند واکنش‌های زیست‌شیمیایی که در بدن موجودات زنده رخ می‌دهند، در فاز محلول انجام می‌شوند. در آزمایشگاه و طبیعت نیز اغلب واکنش‌دهنده‌ها را در فاز محلول با یکدیگر وارد واکنش می‌کنند.

از این‌رو محلول‌ها در زندگی ما نقش مهمی دارند. در این میان، واکنش‌هایی که در

آب دریا منبع مهمی برای تهیهٔ بسیاری از مواد شیمیایی است. برای نمونه، از هر تن آب دریا، می‌توان تقریباً یک کیلوگرم فلز منیزیم تهیه کرد.

فاز محلول آبی انجام می‌شوند، از اهمیت بیشتری برخوردارند. برای بررسی کمّی چنین واکنش‌هایی، دانستن غلظت محلول ضروری است.

غلظت یک محلول، مقدار حل‌شونده را در مقدار معینی از محلول یا حلال نشان می‌دهد. غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا با برخی از آنها آشنا می‌شوید.

درصد جرمی: آیا تا به حال به برچسب محلول شست‌وشوی دهان توجه کرده‌اید؟ روی ظرف دارای این محلول این عبارت نوشته شده است: «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد برای شست‌وشو، غیرقابل تزریق»، شکل ۶.

شکل ۶ محلول سدیم کلرید ٪۰/۹ w/w

درصد جرمی را با نماد w/w نشان می‌دهند.

عبارت «سدیم کلرید ۰/۹ درصد» نوعی بیان غلظت برای این محلول است؛ یعنی در هر ۱۰۰ گرم از این محلول ۰/۹ گرم سدیم کلرید وجود دارد و بقیهٔ آن آب است. این نوع بیان غلظت را **درصد جرمی** می‌نامند. درصد جرمی با رابطهٔ زیر نشان داده می‌شود:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰$$

توجه کنید که در صورت و مخرج باید از یک نوع یکای جرم استفاده شود؛ یعنی هر دو کمیّت باید برحسب میلی‌گرم، گرم یا کیلوگرم بیان شوند.

نمونهٔ حل شده

۱/۷ گرم سدیم کلرید در ۶/۸ گرم آب حل شده است. درصد جرمی NaCl را در این محلول محاسبه کنید.

پاسخ:

آ) فهرست داده‌ها

جرم حل‌شونده = ۱/۷ g NaCl

جرم حلال = ۶/۸ g H_2O

جرم محلول = ? g محلول NaCl

ب) محاسبهٔ جرم محلول

جرم محلول = جرم حل‌شونده + جرم حلال = ۶/۸ g + ۱/۷ g = ۸/۵ g

پ) محاسبهٔ درصد جرمی

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{۱/۷ \text{ g NaCl}}{۸/۵ \text{ g محلول NaCl}} \times ۱۰۰ = ٪۲۰$$

خود را بیازمایید

۱ـ ۱/۵ g سدیم هیدروکسید NaOH در ۴۳/۵ g آب حل شده است. درصد جرمی NaOH را در این محلول حساب کنید.

۲ـ محلول ۵٪ جرمی سدیم نیترات تهیه شده است. در ۴۰ g از این محلول چند گرم $NaNO_3$ وجود دارد؟

قسمت در میلیون (ppm):

برای محلول‌های بسیار رقیق، جرم حل‌شونده، آنقدر کم است که معمولاً غلظت محلول آن به جای درصد، برحسب قسمت در میلیون (ppm) بیان می‌شود.

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

نمایشگر آلاینده‌های هوا.
در این نمایشگر غلظت اغلب آلاینده‌ها با ppm نمایش داده می‌شود.

توجه کنید که در صورت و مخرج این رابطه باید از یک نوع یکای اندازه‌گیری جرم (میلی‌گرم، گرم یا کیلوگرم) استفاده کرد.

از ppm برای بیان غلظت بسیار کم کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و میزان آلاینده‌های هوا (ذره‌های معلق یا گازهای آلاینده) استفاده می‌شود. در جدول زیر غلظت برخی یون‌ها در یک نمونه آب دریا برحسب ppm بیان شده است.

یون	$Cl^-(aq)$	$Na^+(aq)$	$Ca^{۲+}(aq)$	$K^+(aq)$
غلظت(ppm)	۱۹۰۰۰	۱۰۶۰۰	۴۰۰	۳۸۰

فکر کنید

برای محلول‌های بسیار رقیق از یک حل‌شونده در آب، می‌توان ppm را هم‌ارز با میلی‌گرم حل‌شوندهٔ موجود در یک لیتر محلول تعریف کرد؛ چرا؟

غلظت مولی (مولار): رایج‌ترین شیوه برای بیان غلظت یک محلول است. غلظت مولار، تعداد مول‌های حل شونده در یک لیتر از محلول را نشان می‌دهد و با یکای $mol.L^{-۱}$ بیان می‌شود.

برای نمونه، محلولی که دارای ۲/۰۰ مول NaCl در ۱۰/۰ لیتر محلول است، غلظتی برابر با $(mol.L^{-۱})$ $\frac{۲/۰ \text{ mol NaCl}}{۱۰/۰ \text{ L محلول}} = ۰/۲۰ \frac{mol}{L}$ دارد.

دستگاه اندازه‌گیری قند خون؛ این دستگاه تعداد میلی‌گرم‌های گلوکز را در ۱۰۰ mL از خون نشان می‌دهد. غلظت گلوکز در این نمونه از خون چند مولار است؟

نمونهٔ حل شده

برای تهیهٔ ۲/۰۰ لیتر محلول سدیم کلرید ۰/۱۰ مول در لیتر چند گرم سدیم کلرید خالص نیاز است؟

پاسخ:

$$?\ g\ NaCl = ۲/۰۰\ L\ \cancel{NaCl}\ \text{محلول} \times \frac{۰/۱۰\ \cancel{mol\ NaCl}}{۱\ L\ \cancel{NaCl}\ \text{محلول}}$$

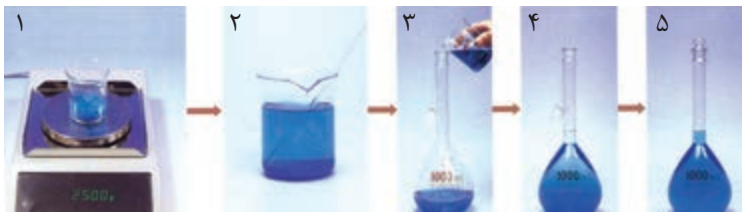
$$\times \frac{۵۸/۴۴\ g\ NaCl}{۱\ \cancel{mol\ NaCl}} = ۱۱/۷\ g\ NaCl$$

آزمایش کنید

۱ـ تصویرهای زیر مراحل تهیهٔ محلولی از یک مادهٔ جامد را با غلظت مولی مشخص در آزمایشگاه نشان می‌دهد. در هر مورد بر مبنای دستور کار داده شده و با محاسبهٔ مقدار حل‌شوندهٔ مورد نیاز، محلول‌های زیر را در آزمایشگاه تهیه کنید.

آ) ۱۰۰ mL محلول سدیم کلرید $۲\ mol.L^{-۱}$

ب) ۲۵۰ mL محلول مس (II) سولفات $۰/۵\ mol.L^{-۱}$



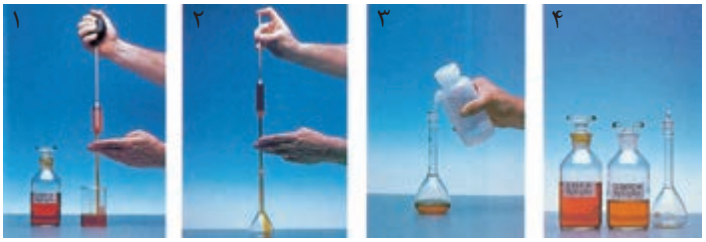
مراحل تهیهٔ محلولی با غلظت معین از حل‌شونده جامد
۱ـ اندازه‌گیری جرم حل‌شونده
۲ـ حل کردن حل شونده در آب درون یک بشر
۳ ـ انتقال محلول به درون بالون حجمی و افزودن آب به آن
۴ـ افزودن آب بیشتر و تکان دادن بالون به منظور همگن‌سازی محلول
۵ ـ افزودن آب به درون بالون تا رسیدن سطح آب به خط نشانه (به حجم رساندن).

۲ـ برای تهیهٔ محلول‌های رقیق می‌توان از رقیق کردن محلول‌های غلیظ‌تر استفاده کرد.

با دقت به تصویرهای صفحهٔ بعد نگاه کنید. در هر مورد بر مبنای دستور کار معرفی شده و با محاسبهٔ حجم مورد نیاز از محلول غلیظ داده شده، محلول‌های زیر را در آزمایشگاه تهیه کنید.

آ) ۲۵۰ mL محلول $0/04\ mol.L^{-1}$ پتاسیم دی کرومات از محلول $0/2\ mol.L^{-1}$ آن

ب) ۱۰۰ mL محلول $0/1\ mol.L^{-1}$ سدیم کلرید از محلول $2/0\ mol.L^{-1}$ آن



تهیهٔ محلولی با غلظت معین به روش رقیق کردن حجم معینی از یک محلول غلیظ

۱ـ برداشتن حجم معینی از محلول غلیظ
۲ـ انتقال آن حجم به درون یک بالون حجمی
۳ـ افزودن آب و تکان دادن بالون به منظور همگن‌سازی محلول
۴ـ افزودن آب به درون بالون تا رسیدن سطح آب به خط نشانه (به حجم رساندن)
۵ـ انتقال محلول تهیه شده به ظرف مناسب برای نگهداری

رقیق کردن شربت پرتقال. اگر یک قوطی شربت پرتقال غلیظ را با سه قوطی آب مخلوط کنیم و خوب هم بزنیم، ۴ قوطی شربت پرتقال رقیق به‌دست می‌آید.

محاسبه‌های استوکیومتری برای واکنش‌ها در فاز محلول

وقتی حجم‌های مشخصی از محلول‌های دو واکنش دهنده با غلظت معین به‌هم اضافه می شود، تعداد مولِ مشخصی از هریک از آنها در مجاورت هم قرار می گیرد. برای محاسبهٔ تعداد مول هر واکنش‌دهنده می‌توان حجم محلول (برحسب لیتر) را در غلظت آن (برحسب مول در لیتر) ضرب کرد. به عبارت دیگر با استفاده از رابطهٔ حجم ـ غلظت، تعداد مولِ واکنش‌دهنده‌ها محاسبه می‌شود و با استفاده از نسبت‌های مولی به‌دست آمده از معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، تعداد مولِ مادهٔ خواسته شده محاسبه می‌شود.

نمونهٔ حل شده

نقره برمید یکی از ترکیب‌های به‌کار رفته در ساخت فیلم‌های عکاسی است. این ترکیب شیمیایی را می‌توان از واکنش محلول‌های آبی نقره نیترات و سدیم برمید به‌دست آورد.

$$AgNO_3(aq) + NaBr(aq) \rightarrow AgBr(s) + NaNO_3(aq)$$

چند میلی لیتر محلول $0/125\ mol.L^{-1}$ NaBr برای واکنش با ۲۵/۰ mL از محلول $0/115\ mol.L^{-1}$ $AgNO_3$ لازم است؟

پاسخ:

$$?\ mL\ NaBr\ (aq) = 25/0\ mL\ \cancel{AgNO_3}\ (aq) \times \frac{0/115\ mol\ \cancel{AgNO_3}}{1\ L\ \cancel{AgNO_3}\ (aq)}$$

$$\times \frac{۱\ \text{mol NaBr}}{۱\ \text{mol AgNO}_۳} \times \frac{۱\ \text{L NaBr(aq)}}{۰/۱۲۵\ \text{mol NaBr}} = ۲۳/۰\ \text{mL NaBr (aq)}$$

خود را بیازمایید

۱ـ چند میلی‌لیتر محلول $۰/۱۲\ \text{mol.L}^{-۱}$ NaOH برای واکنش کامل با ۱۵/۰ mL از محلول $۰/۱۰\ \text{mol.L}^{-۱}$ $H_۲SO_۴$ طبق واکنش زیر لازم است؟

$$۲NaOH(aq) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow Na_۲SO_۴(aq) + ۲H_۲O(l)$$

۲ـ یکی از راه‌های کاهش غلظت اسید معده (HCl)، مصرف یک ضد اسید است. شیرِمنیزی متداول‌ترین ضد اسید است که منیزیم هیدروکسید سازندهٔ اصلی آن است. براساس واکنش زیر:

$$Mg(OH)_۲(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + ۲H_۲O(l)$$

برای خنثی کردن ۳۶ mL از محلول $۰/۳۲\ \text{mol.L}^{-۱}$ HCl، چند گرم $Mg(OH)_۲$ نیاز است؟

شیر منیزی

۳ـ براساس واکنش زیر به چند میلی‌لیتر محلول $۰/۱۲\ \text{mol.L}^{-۱}$ HCl برای واکنش کامل با ۲۱/۰ mL از محلول $۰/۱۸\ \text{mol.L}^{-۱}$ NaClO نیاز است؟

$$۲HCl(aq) + NaClO(aq) \rightarrow NaCl(aq) + Cl_۲(g) + H_۲O(l)$$

محلول هیدروکلریک اسید (HCl(aq)) جوهر نمک و محلول سفید کننده (NaClO(aq)) برای از بین بردن جرم و تمیز کردن سطوح در حمام و آشپزخانه به‌کار برده می‌شوند. توجه به این نکته ضروری است که هیچ‌گاه نباید آنها را با هم مخلوط کنید، بلکه باید هر یک از این مواد را جداگانه استفاده کنید؛ زیرا مخلوط کردن این دو منجر به تولید گاز کلر می‌شود. کلر گازی بسیار سمی است که تنفس آن موجب اختلال در مجاری تنفسی و حتی مرگ می‌شود.
هنگام استفاده از سفیدکننده‌ها حتماً در و پنجره‌ها را باز کنید.

غلظت مولال: اگر یک مول پتاسیم کلرید (۷۴/۵۴ گرم KCl) را در یک کیلوگرم آب حل کنید، محلولی با غلظت ۱ مولال تهیه کرده‌اید. غلظت مولال، مولِ مادهٔ حل شونده در یک کیلوگرم حلال (۱۰۰۰ گرم حلال) را بیان می‌کند. غلظت مولال در مطالعهٔ خواص کولیگاتیو محلول‌ها به کار می‌رود. با این خواص در ادامهٔ این بخش آشنا خواهید شد.

محلول‌های الکترولیت و غیر الکترولیت

محلول‌های آبی دارای یون، جریان برق را از خود عبور می‌دهند. آب خالص به میزان ناچیزی یونیده می‌شود و رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. رسانایی الکتریکی محلول آبی ترکیب‌هایی مانند NaCl، HCl، $NH_۳$ و HF از آب خالص بیشتر است. این مواد را **الکترولیت** و محلول آبی آنها را **محلول الکترولیت** می‌نامند.

یک مادهٔ الکترولیت به طور کامل یا به مقدار کم در آب یونیده می‌شود. اغلب محلول‌هایی که از حل کردن ترکیب‌های یونی یا ترکیب‌های مولکولی قطبی در آب به‌دست می‌آیند، الکترولیت هستند.

فکر کنید

در شکل زیر رسانایی الکتریکی چند محلول آبی با هم مقایسه شده است. کدام یک از این محلول‌ها الکترولیت و کدام یک غیرالکترولیت است؟ علت تفاوت در رسانایی الکتریکی محلول‌های الکترولیت را شرح دهید.

(آ) (ب) (پ)

میزان رسانایی الکتریکی چند محلول

آ) محلول شکر (ساکاروز) در آب ب) محلول $CuSO_4$ در آب پ) محلول آمونیاک در آب

محلول‌های آبی موادی مانند اتانول و استون رسانای جریان برق نیستند. این مواد **غیرالکترولیت** و محلول حاصل را **محلول غیرالکترولیت** می‌نامند. مواد غیرالکترولیت در محلول به صورت مولکولی حل می‌شوند و در اثر انحلال، یون ایجاد نمی‌کنند.

الکترولیت‌ها از نظر میزان رسانایی الکتریکی به دو دستهٔ قوی و ضعیف تقسیم می‌شوند. به الکترولیت‌هایی مانند NaCl (یک ترکیب یونی) و HCl (یک ترکیب مولکولی) که هنگام انحلال در آب به ترتیب به‌طور کامل تفکیک و یونیده می‌شوند، **الکترولیت قوی** می‌گویند.

$$NaCl(s) \xrightarrow{\text{آب}} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$$HCl(g) \xrightarrow{\text{آب}} H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

الکترولیت‌هایی مانند HF و NH_3، هنگام انحلال در آب به طور عمده به صورت مولکولی حل شده و تعداد کمی از آنها یونیده می‌شود. تعدادِ یون‌ها در محلول این الکترولیت‌ها کم است. چنین محلول‌هایی **الکترولیت ضعیف** نامیده می‌شوند. برای نمونه در محلول ۰/۱ مولار HF، از هر ۱۰۰۰ مولکول تقریباً ۷۲ مولکول آن یونیده می‌شود و بقیهٔ آن یعنی ۹۲۸ مولکول HF به صورت یونیده نشده در محلول باقی می‌ماند.

خود را بیازمایید

۱ـ معادلهٔ تفکیک یونی هر یک از ترکیب‌های یونی زیر را در آب بنویسید.

آ) KBr ب) $(NH_4)_2S$ پ) Na_2CO_3 ت) $Cr(NO_3)_3$

۲ـ در میان ترکیب‌های زیر الکترولیت‌ها را مشخص کنید. از میان این الکترولیت‌ها، محلول یک مولار کدام‌یک، رسانای الکتریکی قوی‌تری است؟ چرا؟

آ) متانول ب) سدیم نیترات پ) باریم کلرید ت) آمونیاک

خواص کولیگاتیو محلول‌ها

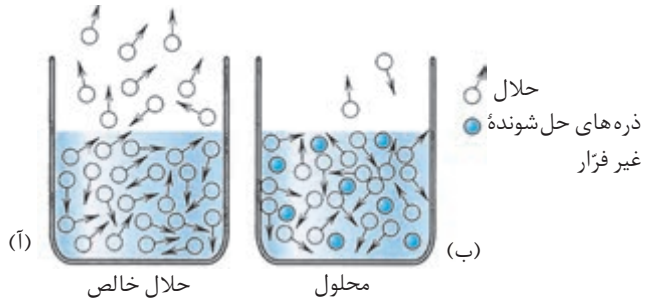
حل‌شوندهٔ غیرفرّار به ماده‌ای گفته می‌شود که در دمای اتاق فشاربخار بسیار ناچیزی داشته باشد. این گونه مواد می‌توانند جامد مانند انواع نمک‌ها یا مایع‌هایی با نقطه جوش بالا باشند.

تجربه نشان می‌دهد که برای یک محلول شامل حلال و یک حل‌شوندهٔ غیر فرّار نقطهٔ‌جوش، نقطهٔ انجماد و فشار بخار برای حلال در حالت محلول و حلال خالص تفاوت می‌کند. این خواص که به تعداد ذره‌های حل‌شوندهٔ غیر فرّار موجود در محلول رقیق (نه به نوع و خواص شیمیایی ذره‌ها) بستگی دارند، **خواص کولیگاتیو** نامیده می‌شود.

فشار بخار

مایع فرّار به مایعی گفته می‌شود که نقطهٔ جوش آن کمتر از $100^\circ C$ باشد.

اگر در یک بشر مقداری آب بریزید و آن را برای مدتی روی میز قرار دهید، مشاهده خواهید کرد که آب به تدریج تبخیر شده، سطح آب درون بشر پایین می‌آید. مایع‌ها در هر دمایی تبخیر می‌شوند. سرعت تبخیر سطحی هر مایع به تعداد مولکول‌های موجود در سطح مایع بستگی دارد. هرچه تعداد این مولکول‌ها بیشتر باشد، سرعت تبخیر مایع بیشتر خواهد بود. اکنون با دقت به شکل ۷ نگاه کنید. به نظر شما در کدام ظرف سرعت تبخیر سطحی بیشتر است؟ چرا؟



شکل ۷ تبخیر مولکول‌های مایع

آ) حلال خالص ب) محلول دارای مادهٔ حل‌شوندهٔ غیرفرّار

مولکول‌های گریخته از سطح مایع با دیوارهٔ داخلی بشر، مولکول‌های هوا و سطح مایع برخورد می‌کنند و به این ترتیب بخار ایجاد شده فشاری به اطراف خود وارد می‌کند.