بخش ۳

محلول‌ها

آب دریا و هوایی که روی آن است نمونه‌هایی از محلول هستند.

در زندگی روزانه‌ی خود با محلول‌های گوناگونی سروکار دارید. هوایی که تنفس می‌کنید، چای و نوشیدنی‌های دیگری که می‌نوشید، سکه‌ای که برای گرفتن یک تماس در تلفن همگانی می‌اندازید، مایع‌های پاک کننده‌ای که برای شست‌وشو استفاده می‌کنید، بنزین و گازوییلی 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 محلول هستند. محلول‌ها نقش مهمی در زندگی ما دارند. در این بخش با خواص و کاربرد محلول‌ها بیش‌تر آشنا می‌شوید.

محلول‌ها نمونه‌ای از مواد ناخالص

آموخته‌اید که مواد را به دو دسته‌ی خالص شامل عنصر و ترکیب و ناخالص شامل مخلوط همگن و مخلوط ناهمگن طبقه‌بندی می‌کنند. در سال گذشته با ساختار و رفتار عنصرها و ترکیب‌های شیمیایی نیز آشنا شدید و اطلاعات بسیاری درباره‌ی آن‌ها به‌دست آوردید. اما دسته‌ی بزرگ‌تری از مواد شیمیایی هستند که با عنوان مواد ناخالص یا مخلوط شناخته می‌شوند.

سکه‌ی طلا، هوا و آب نمک از این جمله‌اند، زیرا از بیش از یک نوع ماده تشکیل شده‌اند. آیا می‌توانید اجزای سازنده‌ی آن‌ها را نام ببرید؟ این سه مخلوط علی‌رغم تفاوت چشم‌گیری که در حالت فیزیکی دارند، در یک زمینه شبیه یک‌دیگرند. همگی **مخلوطی همگن** هستند. می‌دانید که به مخلوط‌های همگن **محلول** نیز می‌گویند. اما پیش از بررسی خواص محلول‌ها، لازم است مفهوم همگن بودن را با معرفی واژه‌ی **فاز** روشن‌تر کنیم.

فاز چیست؟

یک لیوان پر از آب خالص را در نظر بگیرید. آیا رنگ، بو، طعم و حالت فیزیکی آب در همه جا درون لیوان یکسان است؟ خواصی مانند چگالی، ضریب شکست نور، ظرفیت گرمایی ویژه و نقطه‌ی 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 واژه‌ی حالت برای معرفی این ویژگی‌ها یعنی یکسان و یکنواخت بودن ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی این سامانه، کافی نیست. از این‌رو به جای واژه‌ی *حالت* از واژه‌ی **فاز** استفاده می‌شود. برای یک ماده‌ی خالص 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 ـ بخشی از لیوان که با آب پر شده (یک فاز مایع) و بخشی از لیوان که با هوا پر شده (یک فاز گاز) ـ خواهد شد. افزودن یک قطعه یخ یا مقداری روغن مایع درون این لیوان تعداد فازها را به سه افزایش می‌دهد. (چرا؟ در هر مورد این فازها کدامند؟) چنین سامانه‌ای مخلوط ناهمگن گفته می‌شود. (چرا؟) 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 به عبارت دیگر 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 بر اثر جذب گرما ذوب و به آب مایع تبدیل می‌شود. در این جا یخ یک فاز جامد را تشکیل می‌دهد. *ولی بر اثر ذوب شدن به یک فاز مایع تبدیل می‌شود. بنابراین در این جا تغییر فاز رخ داده است، زیرا یک فاز به فاز دیگری تبدیل شده است.*

هنگامی که ماده‌ای 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

مخلوط های زیر تهیه شده‌اند. با توجه به تعریف فاز در هر مورد تعداد فازهای موجود را معین 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

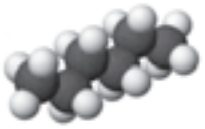
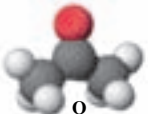
پ. مخلوط آب، روغن و جیوه

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**. جزیی که حل‌شونده را در خود حل می کند و معمولاً درصد بیش‌تری از محلول را تشکیل می دهد، حلال نام دارد. در محلول آب نمک، آب حلال و نمک خوراکی حل‌شونده است. اغلب محلول‌های موجود در طبیعت شامل یک حلال و چند ماده‌ی حل‌شونده هستند. آب دریا نمونه‌ای از این نوع محلول‌هاست. آیا می‌توانید اجزای این محلول را نام ببرید؟

آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال شناخته شده است. این حلال ترکیب‌های یونی و کووالانسی بسیاری را در خود حل می کند. 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 می‌شود. در صنایع شیمیایی تعداد زیادی از واکنش‌ها در محیط آبی صورت می گیرد. گرچه آب مهم‌ترین حلال شناخته شده است، اما حلال‌های مهم دیگری نیز وجود دارد. هگزان، اتانول و استون سه نمونه‌ی مهم از حلال‌های آلی هستند، جدول ۱. به محلول حاصل از حلال‌های آلی **محلول غیرآبی** می گویند.

	**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. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
	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_3CH_2OH
	**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. $CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3$

جدول ۱ برخی حلال‌های آلی و کاربردهای آن‌ها

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 روزنامه‌ی دیواری به کلاس ارایه 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	انحلال‌پذیری $\left(\frac{\text{حل‌شونده g}}{100\text{g}H_2O}\right)$
متانول	CH_3OH	به هر نسبتی قابل امتزاج است.
اتانول	C_2H_5OH	به هر نسبتی قابل امتزاج است.
شکر (ساکاروز)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۲۰۵
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؟

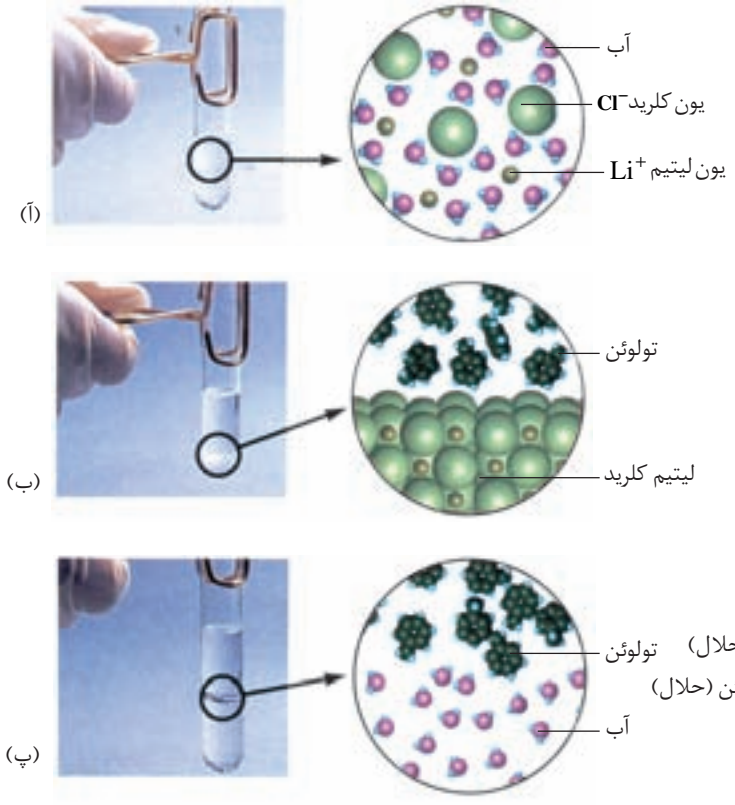
ب. انحلال‌پذیری برای کدام ترکیب‌ها از ۰/۰۱ گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب کم‌تر است؟

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

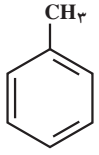
ت. اگر بخواهیم هر یک از موارد آ، ب و پ را با عنوان‌های نامحلول، کم‌محلول و محلول دسته‌بندی کنید، در این صورت کدام نام را به کدام مورد آ تا پ نسبت می‌دهید؟

چرا محلول‌ها به‌وجود می‌آیند؟

به آزمایش‌های نشان داده شده در شکل ۱ به دقت نگاه کنید. در هر آزمایش چه ترکیب‌هایی با هم آمیخته شده است؟ در کدام مورد دو ماده‌ی آمیخته شده انحلال‌پذیر و در کدام مورد انحلال‌ناپذیر 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. مایع 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 مقدار نیروهای جاذبه‌ای موجود بین ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی ماده‌ی حل شدنی و حلال پیش و پس از مجاورت با یک‌دیگر، پیش‌بینی انحلال‌پذیر بودن یا نبودن ماده‌ی 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 شبکه‌ی بلوری قرار دارند و با پیوند یونی یک‌دیگر را به شدت جذب می‌کنند. آب مولکول‌هایی قطبی دارد به‌طوری که در یک سر، جزیی بار مثبت (اتم‌های H) و در سر دیگر جزیی بار منفی (اتم O) دارند. هنگامی که LiCl در آب حل می‌شود، جاذبه‌ای قوی بین یون Cl^- و

سر مثبت مولکول های آب ($Cl^- \cdots H_2O$) و یون Li^+ با سر منفی مولکول های آب ($H_2O \cdots Li^+$) به وجود می آید. این جاذبه ی یون ـ دوقطبی انرژی لازم را برای جدا شدن یون های Li^+ و Cl^- از شبکه ی بلور فراهم می کند. به طورکلی *ترکیب های یونی و مواد قطبی در یک دیگر حل می شوند*. البته میزان این انحلال پذیری برای ترکیب های یونی مختلف متفاوت است و به نوع یون های سازنده و ساختار بلوری آن ها بستگی دارد.

به شکل ۱ . ب دقت کنید. تولوئن ترکیبی آلی است و مولکول های ناقطبی دارد. بین این مولکول ها نیروهای جاذبه ای وان دروالسی وجود دارد که از جمله نیروهای بین مولکولی ضعیف به شمار می آیند. درحالی که LiCl ترکیبی یونی است. وقتی این دو با هم آمیخته می شوند، نیروی جاذبه بین یون های نمک و مولکول های تولوئن به اندازه ای نیست که بتواند بر پیوندهای یونی در شبکه ی بلوری LiCl غلبه کند. مشاهده ی تجربی نیز درستی این ادعا را ثابت می کند. بنابراین می توان گفت که *ترکیب های یونی در مواد ناقطبی حل نمی شوند*.

فکر کنید

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

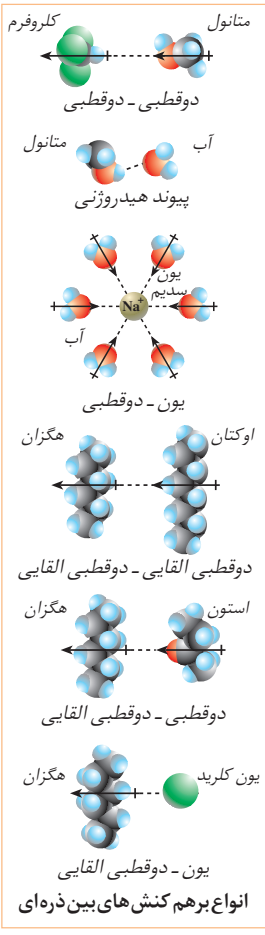
۲ـ نفتالِن در تولوئن حل می شود. آیا از این مشاهده می توان نتیجه گرفت که مولکول های نفتالِن ناقطبی هستند؟ به عبارت دیگر آیا می توان نتیجه گرفت که «شبیه، شبیه را در خود حل می کند.»؟

انحلال اتانول در آب را در نظر بگیرید. در ترکیب هایی مانند اتانول نیروهای بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی است. بین مولکول های قطبی آب نیز پیوند هیدروژنی وجود دارد. وقتی اتانول در آب حل می شود، پیوندهای هیدروژنی تازه ای بین مولکول های اتانول و مولکول های آب به وجود می آید. میزان این نیروهای جاذبه ای بین مولکولی به اندازه ای است که بر پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های اتانول و پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های آب غلبه کرده، انحلال اتانول در آب را سبب می شود. شکل ۲ پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های اتانول و آب را نشان می دهد. براساس این یافته ی تجربی (انحلال اتانول در آب) کدام پیوند هیدروژنی نشان داده شده در این شکل بایستی قوی تر باشد؟ چرا؟

برخی از مولکول ها در ساختار خود یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی دارند.

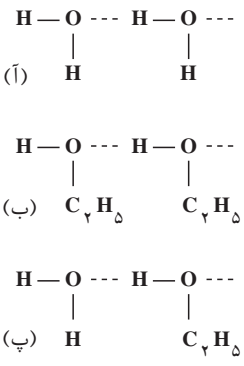
۱ـ بوتانول و اتانول از این دست ترکیب ها هستند، شکل ۳.

در اتانول برهم کنش های بین مولکولی از سمت بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه

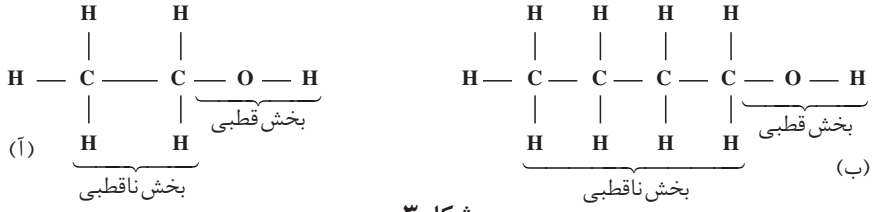


انواع برهم کنش های بین ذره ای

نیروی جاذبه ی بین مولکول آب و یک یون از نوع یون ـ دوقطبی است. این جاذبه ی بین ذره ای از جاذبه ی دوقطبی ـ دوقطبی به ویژه پیوند هیدروژنی قوی تر و از پیوند یونی (جاذبه ی یون ـ یون) ضعیف تر است.



شکل ۲ پیوند هیدروژنی
آ. بین مولکول های آب
ب. بین مولکول های اتانول
پ. بین مولکول های آب و مولکول های اتانول



شکل ۳

آ. اتانول ب. ۱ـ بوتانول

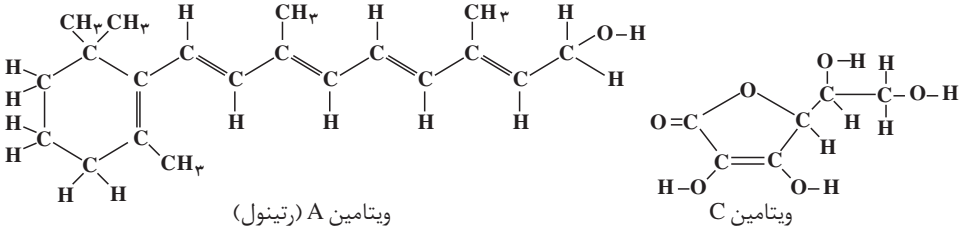
دارد. به همین دلیل اتانول در آب که مولکول‌هایی قطبی دارد، حل می‌شود. در حالی که در ۱ـ بوتانول بخش بیش‌تری از مولکول ناقطبی است، بنابراین انتظار می‌رود که در مقایسه با اتانول بر هم‌کنش‌های بین‌مولکولی از سمت بخش ناقطبی افزایش یافته باشد. به همین دلیل ۱ـ بوتانول در مقایسه با اتانول به مقدار کم‌تری در آب حل می‌شود.

فکر کنید

آیا می‌توان نتیجه گرفت که هرچه بر طول زنجیر هیدروکربنی الکل‌های راست زنجیر افزوده شود انحلال‌پذیری آن‌ها در آب کم‌تر می‌شود؟ (چرا؟)

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. قسمت‌های قطبی هر مولکول را روی شکل نشان دهید.

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

پ. مصرف بیش از اندازه‌ی لازم از کدام ویتامین برای بدن مشکلی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

آنتالپی انحلال

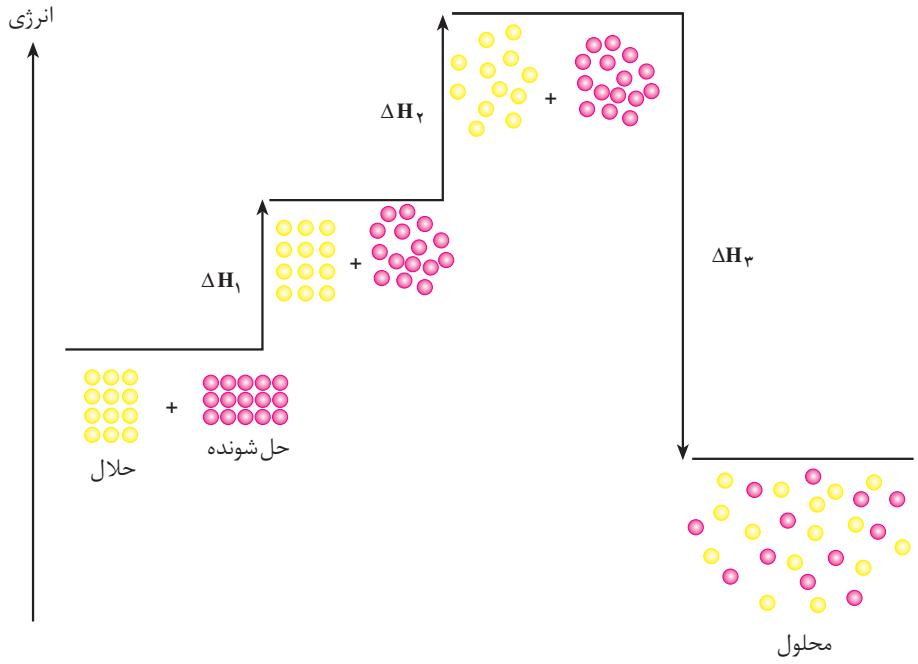
فرآیند انحلال با مبادله‌ی انرژی همراه است. تغییر آنتالپی مربوط به حل شدن یک مول حل‌شونده در مقدار زیادی حلال را گرمای انحلال یا آنتالپی انحلال ($\Delta H_{\text{انحلال}}$)

می‌نامند. انحلال یک ترکیب کووالانسی (مولکولی) فرضی 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 سه‌گانه‌ی انحلال یک ترکیب کووالانسی (مولکولی) فرضی در آب

فکر کنید

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

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

ب. چه رابطه‌ای میان ΔH_1، ΔH_2 و ΔH_3 وجود دارد؟

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

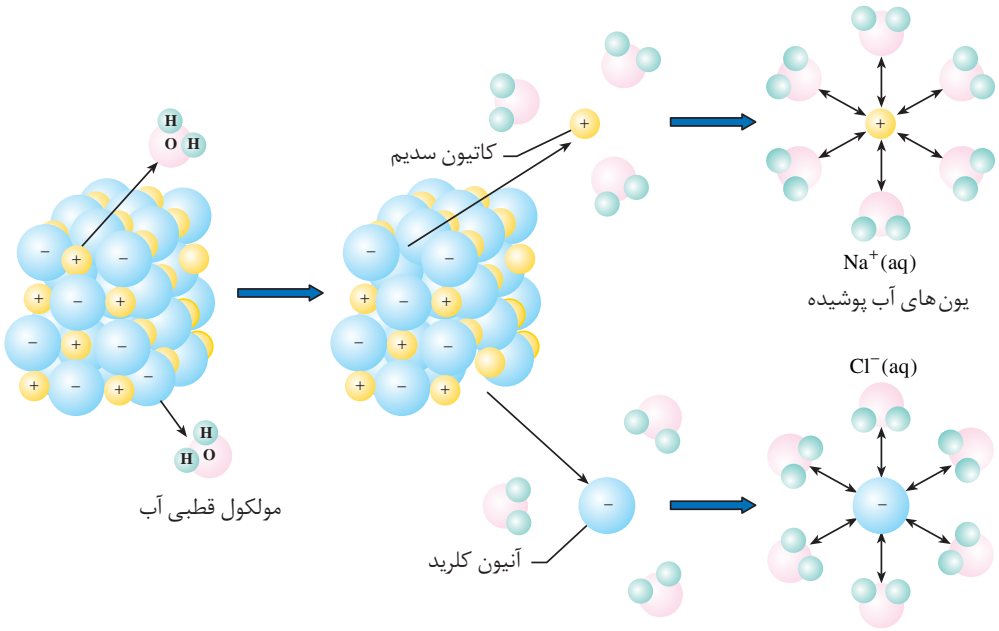
ت. تجربه نشان می‌دهد که انحلال شکر (ساکاروز) ـ به‌عنوان مثالی از ترکیب‌های مولکولی ـ در آب فرایندی گرماگیر است. این مشاهده را با توجه به آنتالپی مراحل سه‌گانه‌ی یادشده، چگونه توجیه می‌کنید؟

ث. با توجه به گرماگیر بودن فرایند انحلال شکر در آب، چرا این فرایند به‌طور

خودبه‌خودی روی می‌دهد؟

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

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



شکل ۵ انحلال سدیم کلرید در آب. به تأثیر متقابل مولکول‌های آب با یون‌های سدیم و کلرید توجه کنید.

۱ـ *فروپاشی شبکه 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 جاذبه‌ی 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 **مرحله‌ی آب‌پوشی** می‌نامند. در این مرحله یون‌های Na^+ و Cl^- به‌وسیله‌ی مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. مرحله‌ی آب‌پوشی در مجموع گرماده است. مقدار آنتالپی انحلال NaCl در آب، جمع جبری گرمای لازم برای فروپاشی شبکه‌ی بلوری NaCl و گرمای آزاد شده بر اثر آب‌پوشی یون‌های Na^+ و Cl^- است.

نمونه‌ی حل شده

اگر انرژی لازم برای فروپاشی شبکه‌ی بلوری NaCl (آنتالپی شبکه، $\Delta H_{\text{شبکه}}$)، 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.

در برخی منابع علمی انرژی شبکه‌ی یک جامد یونی را انرژی تشکیل یک شبکه‌ی بلوری از یون‌های سازنده‌ی آن تعریف می‌کنند. با این تعریف مقدار انرژی شبکه‌ی NaCl چه‌قدر است؟

پاسخ:

$\Delta H_{\text{شبکه}}$ NaCl = انرژی فروپاشی شبکه بلوری = ۷۸۶kJ.mol^{-1}

$\Delta H_{\text{آب‌پوشی}}$ = Cl^- و Na^+ مجموع انرژی آب‌پوشی یون‌های = ۷۸۳kJ.mol^{-1}

$\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_{\text{شبکه}} + \Delta H_{\text{آب‌پوشی}}$ = NaCl آنتالپی انحلال = ۳ kJ.mol^{-1}

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 بجز آنتالپی باید به عامل دیگری در انحلال مواد توجه کرد.

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

آ. حل شدن جامد در مایع اغلب با افزایش آنتروپی همراه است. زیرا ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی 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 تحرک پیوسته آزادی عمل بیش‌تری پیدا می‌کنند.

ب. حل شدن مایع در مایع نیز در جهت افزایش آنتروپی 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 تحرک ذره‌های دو مایع در حالت محلول بیش‌تر می‌شود.

پ. حل شدن گاز در مایع با کاهش آنتروپی همراه است، زیرا بین ذره‌ها در حالت گازی نیروی جاذبه‌ی ناچیزی وجود دارد و از این‌رو ذره‌ها آزادی عمل بیش‌تری دارند. هنگامی که گازی در یک حلال مایع حل می‌شود، نیروی جاذبه‌ی بین ذره‌ای افزایش یافته، آزادی عمل آن‌ها کم‌تر می‌شود. به عبارتی این نیروهای جاذبه‌ای 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 آب‌پوشی یون‌ها فرایندی است که اگرچه از نظر آنتالپی مطلوب است ولی آنتروپی را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. چرا؟

۲ـ انحلال پتاسیم هیدروکسید و پتاسیم نیترات در آب به‌ترتیب گرماده و گرماگیر است. اگر حین این دو انحلال هیچ‌گونه مبادله‌ی انرژی با محیط پیرامون وجود نداشته باشد، دمای محلول آن‌ها چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

بیش‌تر بدانید

اغلب، ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که فوری سرما یا گرما فراهم می‌کند. طرز کار این بسته‌ها که از جمله‌ی وسایل کمک‌های اولیه به‌شمار می‌آیند، بر پایه‌ی آنتالپی انحلال استوار است. این بسته‌ها از یک کیسه‌ی پلاستیکی تشکیل شده‌اند که درون آن، یک بسته‌ی کوچک آب و یک ماده‌ی شیمیایی به صورت گرد وجود دارد. ضربه زدن به کیسه‌ی پلاستیکی موجب می‌شود که بسته‌ی کوچک آب پاره شده، ماده‌ی شیمیایی در آن حل شود. اگر انحلال ماده‌ی شیمیایی در آب گرماده باشد، دمای بسته افزایش و اگر این انحلال گرماگیر باشد، دمای بسته کاهش می‌یابد.

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

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \qquad \Delta H_{\text{انحلال}} = -83\,kJ$$

$$NH_4NO_3(s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq) \qquad \Delta H_{\text{انحلال}} = +26\,kJ$$

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که افزودن ۴۰ گرم $CaCl_2$ (۰/۳۶ مول $CaCl_2$) به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ۲۰°C، دمای آب را تا ۹۰°C افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، هرگاه ۳۰ گرم NH_4NO_3 (۰/۳۸ مول NH_4NO_3) را به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ۲۰°C بیفزاییم، دمای آب به ۰°C کاهش می‌یابد. بسته‌های تولیدکننده‌ی سرما یا گرما، در حدود ۲۰ دقیقه کار می‌کنند.

بسته‌های تولیدکننده‌ی سرما و گرما که در بازار به فروش می‌رسند. بسته‌ی ایجادکننده‌ی سرما دارای آمونیوم نیترات و آب و بسته‌ی آزادکننده‌ی گرما دارای کلسیم کلرید و آب است.

آزمایش کنید

هدف: نمایش دادن گرماگیر بودن فرایند انحلال آمونیوم نیترات.

وسایل موردنیاز: بشر، هم‌زن، قاشقک، ترازو، شیشه ساعت، یک قطعه چوب به ابعاد (۲×۱۰×۱۰cm)

مواد موردنیاز: آمونیوم نیترات، آب مقطر

روش کار: ۲ mL آب را روی قطعه چوب بریزید و یک بشر ۵۰ mL را روی آن قرار دهید. ۱۰ g از آمونیوم نیترات را توزین کرده، درون بشر بریزید. مخلوط موجود در بشر را خوب هم بزنید تا نمک یاد شده به طور کامل در آب حل شود. حال تلاش کنید بشر را از روی چوب بلند کنید، چه مشاهده می کنید؟ مشاهده های خود را بنویسید. دمای محلول را در پایان آزمایش اندازه گیری کنید.

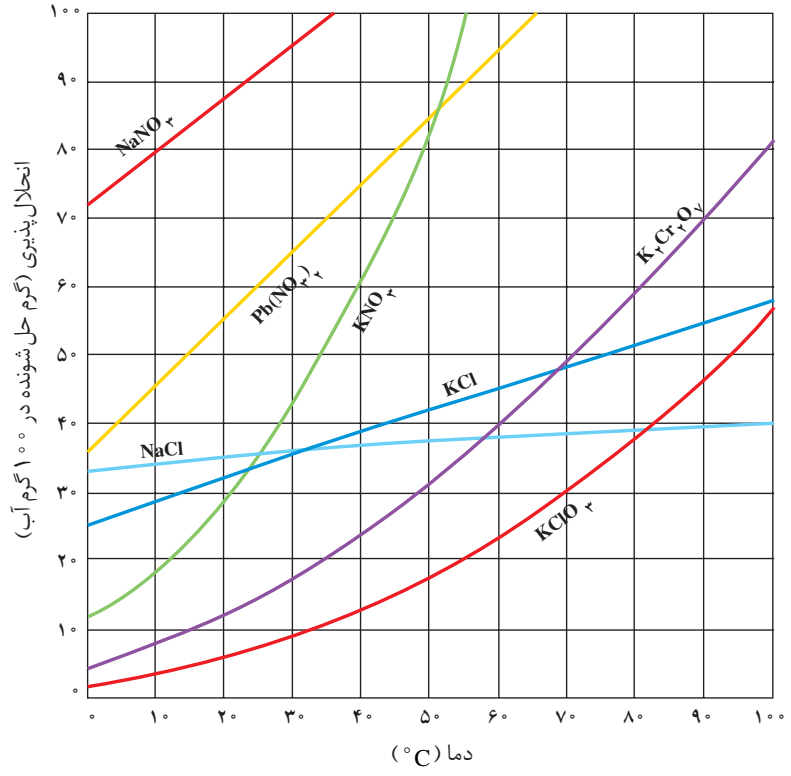
هم چون دانشمندان

۱ـ شکل زیر نمودار انحلال‌پذیری چند ترکیب یونی را نشان می دهد. با دقت به این نمودار نگاه کنید و به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

آ. اگر بخواهید محلول های سیر شده‌ای از پتاسیم کلرید در دماهای ۰°C، ۴۰°C و ۸۰°C تهیه کنید، در هر مورد چند گرم KCl را باید در ۱۰۰ گرم آب حل کرد؟

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

ماده‌ی حل‌شونده	انحلال‌پذیری در آب		
	۰°C	۴۰°C	۶۰°C
KNO_3			
KCl			



نمودار انحلال‌پذیری برخی از ترکیب های یونی در آب

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 $AgNO_3$ ($g/100gH_2O$)	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؟

پیش‌بینی انحلال‌پذیری ترکیب های یونی در آب

با دسته‌بندی ترکیب های یونی به محلول و نامحلول می‌توان به‌طور کیفی و به کمک چند قاعده‌ی ساده، انحلال‌پذیری بسیاری از نمک‌های جامد را در آب پیش‌بینی کرد، جدول ۳.

جدول ۳ قواعد انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب

ترکیب‌های دارای این یون‌ها در آب محلول **هستند.**	**بجز هنگامی که با این یون‌ها همراه باشند.**
NH_4^+ (آمونیوم) و کاتیون فلزهای قلیایی	–
NO_3^- (نیترات‌ها) و ClO_3^- (کلرات‌ها)	–
Cl^-، Br^- و I^- (کلریدها، برمیدها و یدیدها)	Ag^+، Hg_2^{2+}، Cu^+، Pb^{2+}
SO_4^{2-} (سولفات‌ها)	Ag^+، Hg_2^{2+}، Sr^{2+}، Pb^{2+}، Ba^{2+}، Ca^{2+}

ترکیب‌های دارای این یون‌ها در آب نامحلول **هستند.**	**بجز هنگامی که با این یون‌ها همراه باشند.**
CO_3^{2-} (کربنات‌ها) و PO_4^{3-} (فسفات‌ها)	کاتیون فلزهای قلیایی و NH_4^+
OH^- (هیدروکسیدها) و O^{2-} (اکسیدها)	کاتیون فلزهای قلیایی و $Sr^{2+}, Ba^{2+}, Ca^{2+}$
S^{2-} (سولفیدها)	کاتیون فلزهای قلیایی، قلیایی خاکی و NH_4^+

خود را بیازمایید

ترکیب‌های یونی زیر را در دو دسته‌ی محلول و نامحلول قرار دهید.

PbS ، $BaCl_2$ ، $Cr(OH)_3$ ، $CuBr$ ، Na_2S ، $(NH_4)_2SO_4$

PbI_2 ، $Ca_3(PO_4)_2$ ، Ag_2SO_4 ، CuO ، K_2CO_3 ، $HgCl_2$

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 چون، نوع گاز، دما و فشار بر انحلال‌پذیری گازها در آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

هم چون دانشمندان

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

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

گاز / دما(°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 ۴۵°C تخمین بزنید.

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

پ. محلولی که شامل ۰/۱۰۰g کربن دی‌اکسید در ۱۰۰g آب است، در ۳۵°C چه حالتی؛ سیر شده، سیر نشده یا فراسیر شده دارد؟

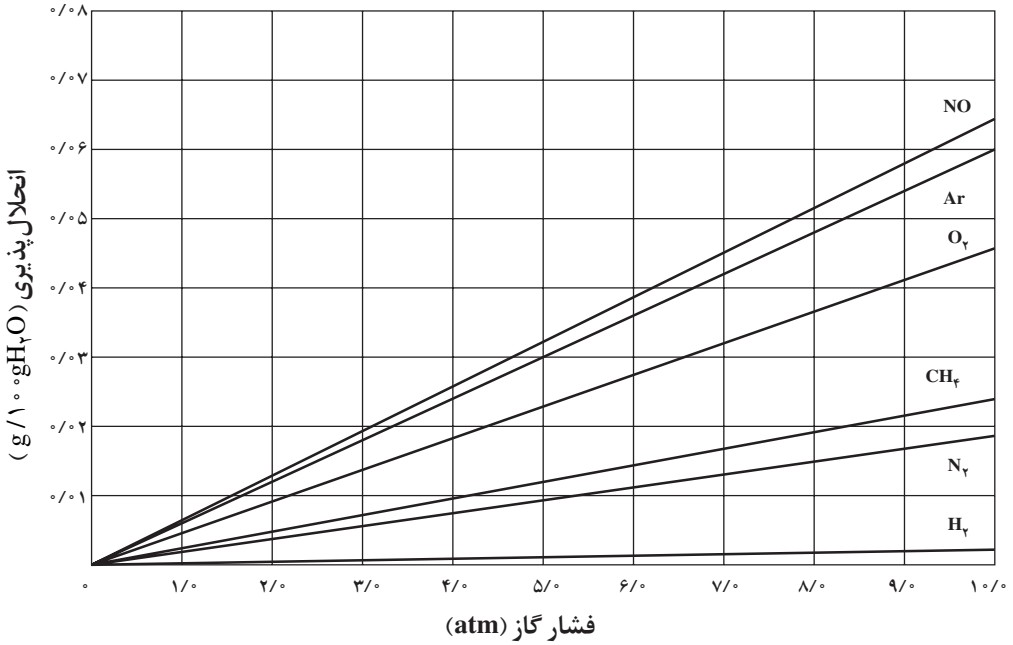
ت. انحلال‌پذیری گاز هیدروژن سولفید را در ۷۰°C پیش‌بینی کنید.

ث. از این نمودارها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲ـ انحلال‌پذیری در آب چند گاز در فشار ۱atm و دمای ۲۵°C در جدول صفحه‌ی بعد داده شده است. از این داده‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ تفاوت‌های مشاهده‌شده را چگونه توجیه می‌کنید؟

گاز	N_2	O_2	CO_2	NH_3	HCl
انحلال‌پذیری ($g/100gH_2O$)	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۹	۰/۱۴۵	۴۷/۰	۶۹/۵

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



غلظت و دیگر روش‌های بیان آن

می‌دانید که غلظت یک محلول به‌صورت مقدار ماده‌ی حل‌شونده در مقدار معینی حلال یا مقدار ماده‌ی حل‌شونده‌ی موجود در مقدار معینی محلول تعریف می‌شود. در شیمی محلول‌ها، غلظت از اهمیت زیادی برخوردار است. بسیاری از واکنش‌ها در حالت محلول انجام می‌شوند و محاسبه‌های کمّی برای این گونه واکنش‌ها بر مبنای غلظت آن‌ها صورت می‌گیرد. در بخش ۱ با غلظت مولی و کاربرد آن در این محاسبه‌ها آشنا شده‌اید. اما افزون بر این، در زندگی امروز نیز دانستن غلظت محلول‌ها و تفسیر آن‌ها اهمیت زیادی یافته است. از این‌رو، برای بیان غلظت روش‌های گوناگونی به کار می‌رود. در این جا با برخی دیگر 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.

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 بقیه آن آب است. این نوع بیان غلظت را درصد جرمی می‌نامند. درصد جرمی با رابطه‌ی 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 کمیت باید برحسب میلی‌گرم، گرم یا کیلوگرم بیان شوند.

شکل ۶ *محلول سدیم کلرید ٪۰/۹W/W*

درصد جرمی را با نماد W/W نشان می‌دهند.

نمونه‌ی حل شده

۱/۷۵ گرم سدیم کلرید در ۵/۸۵ گرم آب حل شده است. درصد جرمی NaCl را در این محلول محاسبه کنید.

پاسخ:

آ. فهرست داده‌ها

$$\text{جرم حل‌شونده} = ۱/۷۵\ g\ NaCl$$

$$\text{جرم حلال} = ۵/۸۵\ g\ H_۲O$$

$$\text{جرم محلول} = ?\ g\ NaCl\ \text{محلول}$$

ب. محاسبه‌ی جرم محلول

$$\text{جرم محلول} = \text{جرم حل‌شونده} + \text{جرم حلال} = ۵/۸۵g + ۱/۷۵g = ۷/۶۰g$$

پ. محاسبه‌ی درصد جرمی

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

$$\text{درصد جرمی} = \frac{۱/۷۵g\ NaCl}{۷/۶۰g\ NaCl\ \text{محلول}} \times ۱۰۰ = ٪۲۳/۰۳$$

خود را بیازمایید

۱ـ ۱/۴۴g سدیم هیدروکسید NaOH در ۴۵/۸۶g آب حل شده است. درصد جرمی NaOH را در این محلول حساب کنید؟

۲ـ محلول ۵٪ جرمی سدیم نیترات تهیه شده است. در ۴۰g از این محلول چند گرم $NaNO_۳$ وجود دارد؟

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

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

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

از ppm برای بیان مقادیر 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 مقدار برخی عنصرها در آب دریا با واحد ppm بیان شده است.

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

درصد حجمی: گاهی در آزمایشگاه از شما خواسته می‌شود که محلولی از دو مایع قابل امتزاج (مایع هایی که به هر نسبت با هم مخلوط می‌شوند) تهیه کنید. در چنین مواردی ساده‌ترین راه برای بیان غلظت محلول حاصل، درصد حجمی است. درصد حجمی، حجم حل‌شونده را در ۱۰۰ واحد حجم محلول بیان می‌کند و با رابطه‌ی زیر نشان داده می‌شود.

$$\text{درصد حجمی} = \frac{\text{حجم حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰۰$$

توجه کنید که در صورت و مخرج این رابطه باید از یک نوع یکای اندازه‌گیری حجم (لیتر یا میلی‌لیتر) استفاده شود.

خود را بیازمایید

۱ـ در $۲۰/۰\,mL$ محلول ۹۶٪ حجمی اتانول ـ آب چند میلی‌لیتر اتانول و چند میلی‌لیتر آب وجود دارد؟ در این محلول، اتانول را حلال در نظر بگیرید.

۲ـ درصد حجمی اتانول را در محلولی شامل $۴۸/۰\,mL$ آب و $۱۶/۰\,mL$ اتانول، محاسبه کنید.

۳ـ برای تهیه $۵/۰\,L$ محلول ۳۵٪ حجمی استون ـ آب به چند لیتر استون به عنوان حل‌شونده نیاز است؟

غلظت معمولی: جرم حل شونده‌ی (به گرم) موجود در یک لیتر محلول را غلظت معمولی آن محلول می‌نامند و آن را با رابطه‌ی زیر نشان می‌دهند:

$$\text{غلظت معمولی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده به گرم}}{\text{حجم محلول به لیتر}}$$

نمونه‌ی حل شده

در $۵۰\,mL$ محلول پتاسیم کلرید $۴g$ از این ماده وجود دارد، غلظت معمولی این محلول را محاسبه کنید.

آ. فهرست داده‌ها

$$\text{جرم پتاسیم کلرید} = ۴\,g$$
$$\text{حجم محلول} = ۵۰\,mL$$
$$\text{غلظت معمولی} = ?\,g.L^{-۱}$$

ب. محاسبه‌ی غلظت معمولی

$$\text{غلظت معمولی} = \frac{\text{مقدار ماده‌ی حل‌شونده به گرم}}{\text{حجم محلول به لیتر}}$$

$$\text{محلول KCl}\ ۸۰\,g.L^{-۱} = \frac{۴\,g\ KCl}{۵۰\,\cancel{mL}\ \text{محلول KCl}} \times \frac{۱۰۰۰\,\cancel{mL}\ \text{محلول KCl}}{۱\,L\ \text{محلول KCl}}$$

خود را بیازمایید

در $۲۵۰\,mL$ محلول منیزیم نیترات $۴۰\,g$ از این ماده وجود دارد. غلظت معمولی این محلول را محاسبه کنید.

فکر کنید

برای محلول‌های بسیار رقیق یک حل‌شونده در آب، می‌توان ppm را به‌صورت میلی‌گرم حل‌شونده‌ی موجود در یک لیتر محلول ـ یعنی هر ppm را هم‌ارز یک میلی‌گرم در لیتر ـ تعریف کرد. چرا؟

غلظت مولار: غلظت مولار رایج‌ترین روش برای بیان غلظت است. با این غلظت در بخش ۱ آشنا شدید.

خود را بیازمایید

۱ـ در $۱/۶۰\,L$ محلول سدیم سولفات $۱۴g$ از این ماده حل شده است. غلظت مولار این محلول را حساب کنید؟

۲ـ در $۷۵\,mL$ محلول $۰/۲۲\,mol.L^{-۱}$ لیتیم کلرید چند گرم LiCl حل شده است؟

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 ماده‌ی حل شده در یک کیلوگرم حلال (۱۰۰۰ گرم حلال) را بیان می‌کند. غلظت مولال در مطالعه‌ی خواص

کولیگاتیو محلول‌ها به کار می‌رود. با این خواص در ادامه‌ی این بخش آشنا خواهید شد.

فکر کنید

۱۰۰mL محلول یک مولار پتاسیم کلرید سنگین‌تر است یا ۱۰۰mL محلول یک مولال آن؟ حجم حلال در کدام یک بیش‌تر است؟ پاسخ‌های خود را توضیح دهید.

محلول‌های الکترولیت و غیر الکترولیت

همان‌طوری که می‌دانید محلول‌های آبی دارای یون، جریان برق را از خود عبور می‌دهند. آب خالص به مقدار بسیار کم یونیده می‌شود و رسانایی الکتریکی ضعیفی دارد. رسانایی الکتریکی محلول ترکیب‌هایی مانند NaCl، HCl، NH_3 و HF از آب خالص بیش‌تر است. این مواد را **الکترولیت** و محلول آبی آن‌ها را **محلول الکترولیت** می‌نامند.

یک ماده‌ی الکترولیت به طور کامل یا به مقدار کم در آب یونیده می‌شود. اغلب محلول‌هایی که از حل کردن ترکیب‌های یونی یا ترکیب‌های کووالانسی 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 چگونه شرح می‌دهید؟

(آ) (ب) (پ)

سنجش میزان رسانایی الکتریکی چند محلول

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

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

الکترولیت‌ها از نظر رسانایی الکتریکی به دو دسته‌ی قوی و ضعیف تقسیم می‌شوند. به الکترولیت‌هایی مانند NaCl (یک ترکیب یونی) و HCl (یک ترکیب کووالانسی) که به هنگام انحلال در آب به‌ترتیب به‌طور کامل تفکیک یا 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 به هنگام انحلال در آب به طور عمده به صورت مولکولی حل شده، تعداد کمی از مولکول‌های حل شونده‌ی آن‌ها یونیده می‌شود. تعداد یون 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 ۸۰ مولکول آن یونیده می‌شود. بقیه یعنی ۹۲۰ مولکول HF به صورت یونیده نشده در محلول باقی می‌ماند.

خود را بیازمایید

۱ـ معادله‌ی 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. منیزیم کلرید　　ت. هیدروژن برمید

درصد تفکیک یونی

می‌دانید برخی ترکیب‌ها مانند HF و NH_3 الکترولیت هستند و در محلول به مقدار کم یونیده می‌شوند. برای مقایسه تمایل ترکیب‌های کووالانسی محلول در آب به یونش در هنگام حل‌شدن، از مفهوم درصد تفکیک یونی استفاده می‌شود. درصد تفکیک یونی با رابطه‌ی زیر نشان داده می‌شود.

$$\text{درصد تفکیک یونی} = \frac{\text{تعداد مول‌های تفکیک شده}}{\text{تعداد کل مول‌های حل شونده}} \times ۱۰۰$$