

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 پاک‌کننده‌ای 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.

محللول‌ها 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 به دست 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 **محللول** نیز می‌گویند. اما پیش از بررسی خواص محللول‌ها، لازم است مفهوم همگن بودن را با معرفی واژه‌ی **فاز** روشن‌تر کنیم.

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



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 این رو 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 یاد شده دارای دو فاز - بخشی از لیوان که با آب پر شده (یک فاز مایع) و بخشی از لیوان که با هوا پر شده (یک فاز گاز) - 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 به وجود آورد، در این صورت این مخلوط یک فازی را مخلوط همگن یا محللول می‌گویند.

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. به طور کلی هر کدام از تبدیل‌های جامد به مایع، مایع به بخار، بخار به جامد، مایع به جامد و جامد به بخار یک تغییر فاز به شمار می‌آید.

مخلوط‌های زیر تهیه شده‌اند. با توجه به تعریف فاز در هر مورد تعداد فازهای موجود را معین کنید. به نظر 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

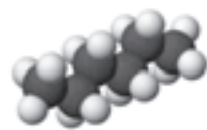
ت. مخلوط آب، یک قطعه یخ، روغن و یک قطعه آهن

محلول‌های مایع و اجزای آن‌ها

یک محلول دست کم از دو جزء تشکیل شده است. **حلال** و **حل‌شونده**. جزیی 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 ماده‌ی حل‌شونده هستند. آب دریا نمونه‌ای از این نوع محلول هاست. 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 می‌کند. محلول‌هایی که حلال آن‌ها آب است، **محلول آبی** نامیده می‌شوند. آب و محلول‌های آبی نقش مهمی در زندگی روزانه دارند. اغلب فرایندهای زیست‌شیمیایی از قبیل هضم، جذب و سوخت‌وساز مواد غذایی در محلول آبی انجام می‌شود. 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 دارد. هگزان، اتانول و استون سه نمونه‌ی مهم از حلال‌های آلی هستند، جدول ۱. به محلول حاصل از حلال‌های آلی **محلول غیرآبی** می‌گویند.

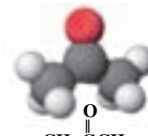
هگزان؛ آلکانی با ۶ اتم کربن است و مولکول‌هایی ناقصی دارد. این ماده، حلال بسیار مناسبی برای تعداد زیادی از ترکیب‌های ناقصی است. هگزان مایع بی‌رنگ و فراری است که از نفت خام به دست می‌آید و به عنوان رقیق‌کننده (تینر) در رنگ‌های پوششی کاربرد دارد.



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.



استون؛ حلال مناسبی برای چربی‌ها، رنگ‌ها و انواع لاک هاست. این مایع بی‌رنگ و فرار به هر نسبت در آب حل می‌شود و از جمله حلال‌های پرکاربرد در آزمایشگاه‌های شیمی به شمار می‌آید.



جدول ۱ برخی حلال‌های آلی و کاربردهای آن‌ها

اطلاعات جمع آوری کنید

در زندگی روزانه و در صنعت از حلال های آلی دیگری نیز استفاده می شود. در یک فعالیت گروهی فهرستی از این حلال ها، خواص و کاربردهای آن ها هم چنین آثار زیان باری که بر محیط زیست و سلامت انسان می گذارند تهیه کنید و نتیجه را در قالب یک روزنامه ی دیواری به کلاس ارایه دهید.

انحلال پذیری مواد در آب

در شیمی ۱ با مفهوم انحلال پذیری آشنا شدید. می دانید که در دمای یکسان میزان حل شدن مواد مختلف در آب متفاوت است. بیش ترین مقدار از یک ماده که در دمای معین در 100° گرم آب حل می شود، انحلال پذیری آن ماده را در آب مشخص می کند. در جدول ۲ انحلال پذیری برخی از ترکیب های شیمیایی در آب در دمای 20°C داده شده است.

جدول ۲ انحلال پذیری برخی ترکیب های شیمیایی در آب در 20°C

نام	فرمول شیمیایی	انحلال پذیری $\left(\frac{\text{حل شونده (g)}}{100\text{gH}_2\text{O}}\right)$
متانول	CH_3OH	به هر نسبتی قابل امتزاج است.
اتانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	به هر نسبتی قابل امتزاج است.
شکر (ساکاروز)	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	۲۰۵
هگزانول	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	۰٫۵۹
نقره کلرید	AgCl	کمتر از 0.0002
هیدروژن کلرید	HCl	۶۳
کلسیم سولفات	CaSO_4	۰٫۲۱
باریم سولفات	BaSO_4	کمتر از 0.0003
پتاسیم نیترات	KNO_3	۳۴

فکر کنید

با توجه به داده های جدول ۲ به پرسش های زیر پاسخ دهید.

آ. انحلال پذیری برای کدام ترکیب ها از یک گرم حل شونده در 100° گرم آب بیش تر

است؟

ب. انحلال پذیری برای کدام ترکیب ها از 0.1° گرم حل شونده در 100° گرم آب کم تر

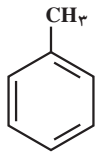
است؟

پ. انحلال پذیری کدام ترکیب ها بین 0.1° تا 1° گرم حل شونده در 100° گرم آب است؟

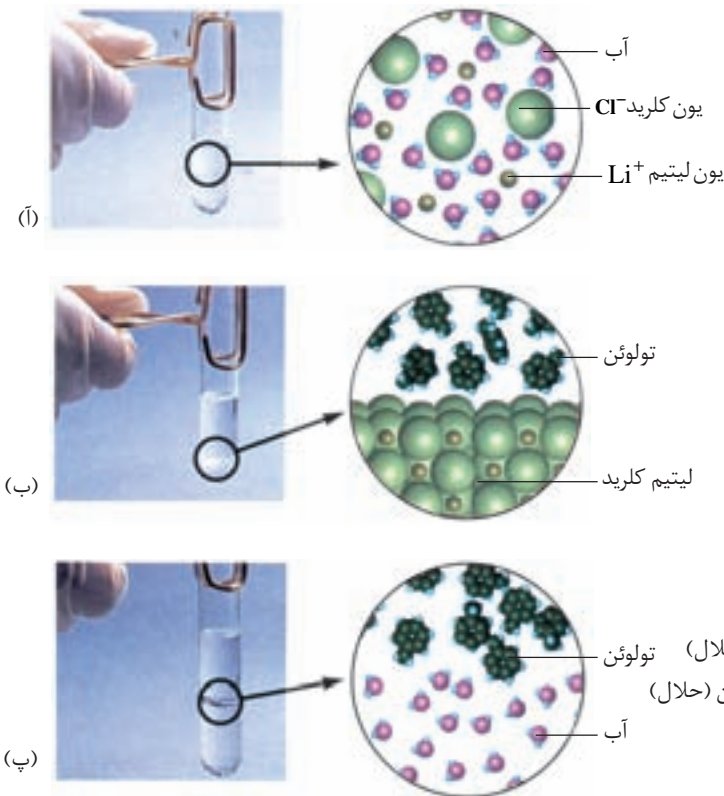
ت. اگر بخواهیم هر یک از موارد آ، ب و پ را با عنوان های نامحلول، کم محلول و محلول دسته بندی کنید، در این صورت کدام نام را به کدام مورد آ تا پ نسبت می دهید؟

چرا محلول ها به وجود می آیند؟

به آزمایش های نشان داده شده در شکل ۱ به دقت نگاه کنید. در هر آزمایش چه ترکیب هایی با هم آمیخته شده است؟ در کدام مورد دو ماده ی آمیخته شده انحلال پذیر و در کدام مورد انحلال ناپذیر هستند؟

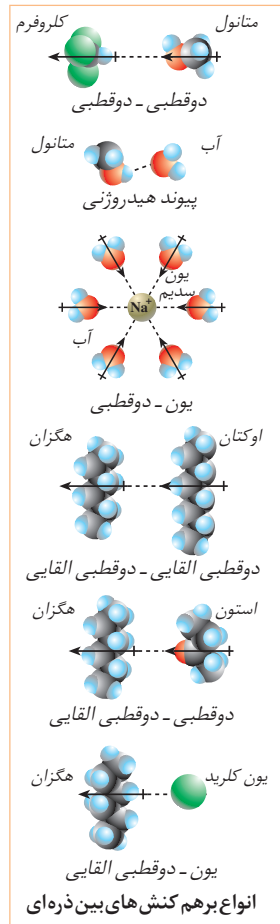


تولوئن یک هیدروکربن آروماتیک است و به مقدار زیادی در قطران زغال سنگ یافت می شود. مایع بی رنگ و آتش گیر است و به عنوان حلال در صنایع مختلفی چون رنگ و رزین کاربرد دارد.



شکل ۱ مخلوط

بدون انجام آزمایش نیز می توان انحلال پذیری یک ماده در یک حلال و تشکیل محلول ها را پیش بینی کرد. براساس آگاهی از نوع و مقدار نیروهای جاذبه ای موجود بین ذره های تشکیل دهنده ی ماده ی حل شدنی و حلال پیش و پس از مجاورت با یک دیگر، پیش بینی انحلال پذیر بودن یا نبودن ماده ی حل شونده در حلال یاد شده امکان پذیر است. به شکل ۱. آ توجه کنید. LiCl ترکیبی یونی است که در آن یون های Li^+ و Cl^- در یک شبکه ی بلوری قرار دارند و با پیوند یونی یک دیگر را به شدت جذب می کنند. آب مولکول هایی قطبی دارد به طوری که در یک سر، جزیی بار مثبت (اتم های H) و در سر دیگر جزیی بار منفی (اتم O) دارند. هنگامی که LiCl در آب حل می شود، جاذبه ای قوی بین یون Cl^- و



سر مثبت مولکول‌های آب ($\text{H}_2\text{O} \cdots \text{Li}^+$) به وجود می‌آید. این جاذبه‌ی یون-دوقطبی انرژی لازم را برای جدا شدن یون‌های Li^+ و Cl^- از شبکه‌ی بلور فراهم می‌کند. به‌طورکلی ترکیب‌های یونی و مواد قطبی در یک دیگر حل می‌شوند. البته میزان این انحلال‌پذیری برای ترکیب‌های یونی مختلف 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 جاذبه‌ای وان دروالسی وجود دارد که از جمله نیروهای بین مولکولی ضعیف به شمار می‌آیند. درحالی‌که LiCl ترکیبی یونی است. وقتی این دو با هم آمیخته می‌شوند، نیروی جاذبه بین یون‌های نمک و مولکول‌های تولوئن به اندازه‌ای نیست که بتواند بر پیوندهای یونی در شبکه‌ی بلوری LiCl غلبه کند. مشاهده‌ی تجربی نیز درستی این ادعا را ثابت می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که ترکیب‌های یونی در مواد ناقطبی حل نمی‌شوند.

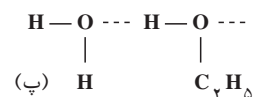
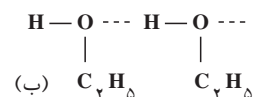
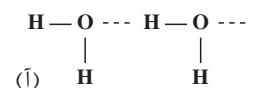
فکر کنید

- ۱- با توجه به شکل ۱. پ آیا تولوئن در آب حل شده است؟ این مشاهده‌ی تجربی را چگونه توجیه می‌کنید؟
- ۲- نفتالین در تولوئن حل می‌شود. آیا از این مشاهده می‌توان نتیجه گرفت که مولکول‌های نفتالین ناقطبی هستند؟ به عبارت دیگر آیا می‌توان نتیجه گرفت که «شبيهه، شبيهه را در خود حل می‌کند.»؟

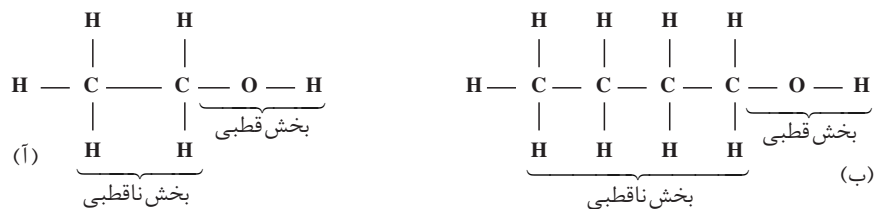
انحلال اتانول در آب را در نظر بگیرید. در ترکیب‌هایی مانند اتانول نیروهای بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی است. بین مولکول‌های قطبی آب نیز پیوند هیدروژنی وجود دارد. وقتی اتانول در آب حل می‌شود، پیوندهای هیدروژنی تازه‌ای بین مولکول‌های اتانول و مولکول‌های آب به وجود می‌آید. میزان این نیروهای جاذبه‌ای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

- ۱- بوتانول و اتانول از این دست ترکیب‌ها هستند، شکل ۳.
- در اتانول برهم کنش‌های بین مولکولی از سمت بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه

نیروی جاذبه‌ی بین مولکول‌های آب و یک یون از نوع یون-دوقطبی است. این جاذبه‌ی بین ذره‌ای از جاذبه‌ی دوقطبی-دوقطبی به ویژه پیوند هیدروژنی قوی‌تر و از پیوند یونی (جاذبه‌ی یون-یون) ضعیف‌تر است.



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



آ. اتانول ب. ۱- بوتانول

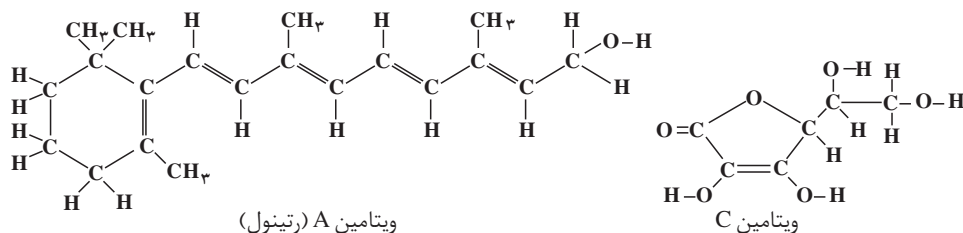
دارد. به همین دلیل اتانول در آب که مولکول‌هایی قطبی دارد، حل می‌شود. در حالی که در ۱- بوتانول بخش بیش تری از مولکول ناقطبی است، بنابراین انتظار می‌رود که در مقایسه با اتانول بر هم کنش‌های بین مولکولی از سمت بخش ناقطبی افزایش یافته باشد. به همین دلیل ۱- بوتانول در مقایسه با اتانول به مقدار کم تری در آب 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 مطرح شده پاسخ دهید.



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؟

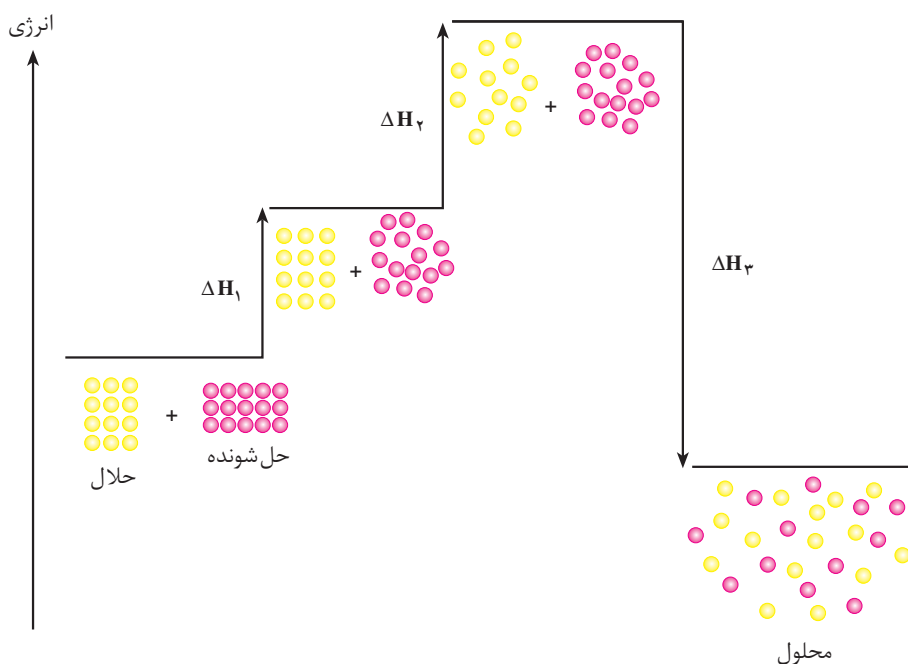
آنتالپی انحلال

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 ($\Delta H_{\text{انحلال}}$)

می نامند. انحلال یک ترکیب کووالانسی (مولکولی) فرضی در آب را در نظر بگیرید. این انحلال از دید مولکولی شامل سه مرحله است، شکل ۴.

- ۱- جدا شدن مولکول های حل شونده از یک دیگر.
- ۲- جدا شدن مولکول های آب از یک دیگر.
- ۳- پراکنده شدن همگن مولکول های حل شونده بین مولکول های آب.



شکل ۴ مراحل سه گانه ی انحلال یک ترکیب کووالانسی (مولکولی) فرضی در آب

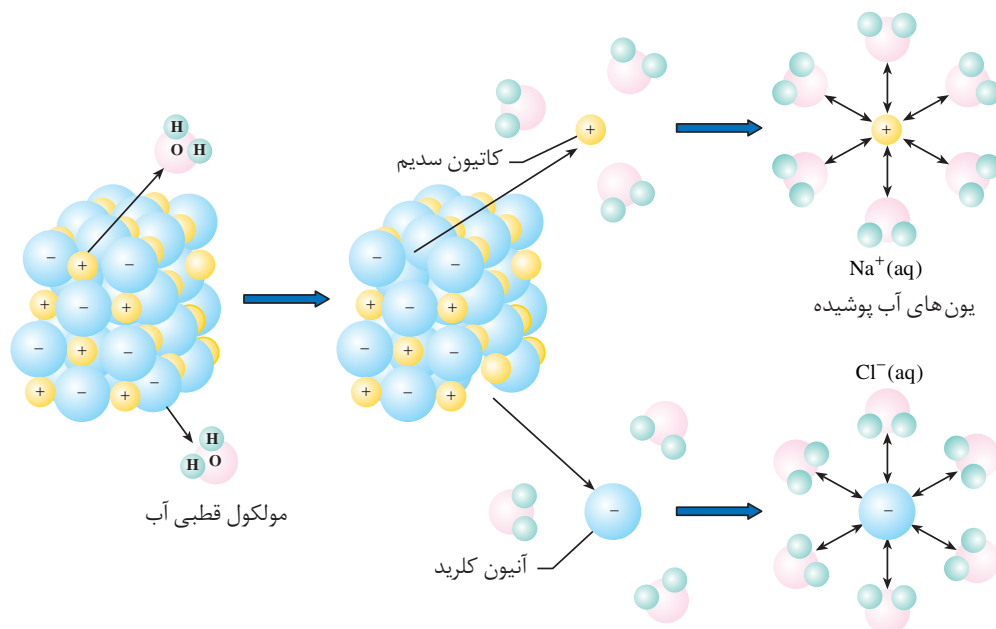
فکر کنید

- با توجه به شکل ۴ به پرسش های 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 مرحله ی یاد شده را با بیان علت معلوم کنید.
- ب. چه رابطه ای میان ΔH_1 ، ΔH_2 و ΔH_3 وجود دارد؟
- پ. این انحلال در مجموع گرماده یا گرماگیر است؟ چرا؟
- ت. تجربه نشان می دهد که انحلال شکر (ساکاروز) - به عنوان مثالی از ترکیب های مولکولی - در آب فرایندی گرماگیر است. این مشاهده را با توجه به آنتالپی مراحل سه گانه ی یاد شده، چگونه توجیه می کنید؟
- ث. با توجه به گرماگیر بودن فرایند انحلال شکر در آب، چرا این فرایند به طور

خود به خودی روی می دهد؟

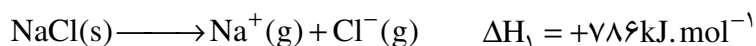
ج. انتظار دارید که در یک انحلال گرماگیر ($\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$) افزایش دما چه تأثیری بر مقدار انحلال ماده‌ی حل شونده در آب داشته باشد؟ چرا؟

۵. 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 مولکول های آب با یون های سدیم و کلرید توجه کنید.

۱- فروپاشی شبکه بلوری NaCl: این مرحله با صرف انرژی همراه است، بنابراین گرماگیر به شمار می آید.



۲- جدا شدن مولکول های آب از یک دیگر: این مرحله نیز گرماگیر است.

۳- برقراری جاذبه‌ی قوی بین یون ها (Na^+ ، Cl^-) و مولکول های آب: این مرحله گرماده است و طی آن انرژی زیادی آزاد می شود.

مجموع مراحل ۲ و ۳ را **مرحله‌ی آب پوشی** می نامند. در این مرحله یون های Na^+ و Cl^- به وسیله‌ی مولکول های آب احاطه می شوند. مرحله‌ی آب پوشی 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 آب پوشی یون های Na^+ و Cl^- است.

نمونه‌ی حل شده

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

پاسخ:

$$\Delta H_{\text{شبه}} = \text{NaCl بلوری فروپاشی شبکه} = +786 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{آب پوشی}} = \text{مجموع انرژی آب پوشی یون‌های } \text{Na}^+ \text{ و } \text{Cl}^- = -783 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_{\text{شبه}} + \Delta H_{\text{آب پوشی}} = \text{NaCl انحلال} = +3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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 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 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 یک دیگر 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

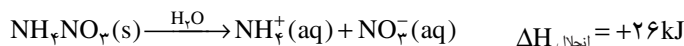
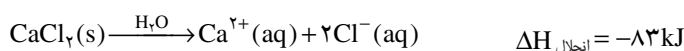
فکر کنید

- ۱- آب پوشی یون ها فرایندی است که اگرچه از نظر آنتالپی مطلوب است ولی آنتروپی را به مقدار زیادی کاهش می دهد. چرا؟
- ۲- انحلال پتاسیم هیدروکسید و پتاسیم نیترات در آب به ترتیب گرماده و گرماگیر است. اگر حین این دو انحلال هیچ گونه مبادله ی انرژی با محیط پیرامون وجود نداشته باشد، دمای محلول آن ها چه تغییری می کند؟ چرا؟

بیش تر بدانید

اغلب، ورزشکاران برای درمان آسیب دیدگی های خود از بسته هایی استفاده می کنند که فوری سرما یا گرما فراهم می کند. طرز کار این بسته ها که از جمله ی وسایل کمک های اولیه به شمار می آیند، بر پایه ی آنتالپی انحلال استوار است. این بسته ها از یک کیسه ی پلاستیکی تشکیل شده اند که درون آن، یک بسته ی کوچک آب و یک ماده ی شیمیایی به صورت گرد وجود دارد. ضربه زدن به کیسه ی پلاستیکی موجب می شود که بسته ی کوچک آب پاره شده، ماده ی شیمیایی در آن حل شود. اگر انحلال ماده ی شیمیایی در آب گرماده باشد، دمای بسته افزایش و اگر این انحلال گرماگیر باشد، دمای بسته کاهش می یابد.

از کلسیم کلرید معمولاً در بسته های تولید کننده ی گرما و از آمونیوم نیترات معمولاً در بسته های تولید کننده ی سرما استفاده می شود. فرایند انحلالی که در هر مورد رخ می دهد، عبارت است از:



آزمایش ها نشان می دهد که افزودن ۴ گرم CaCl_2 (۳۶ / مول CaCl_2) به ۱۰۰ میلی لیتر آب 20°C ، دمای آب را تا 9°C افزایش می دهد. از سوی دیگر، هرگاه ۳ گرم NH_4NO_3 (۳۸ / مول NH_4NO_3) را به ۱۰۰ میلی لیتر آب 20°C بیفزاییم، دمای آب به 0°C کاهش می یابد. بسته های تولید کننده ی سرما یا گرما، در حدود 20° دقیقه کار می کنند.

آزمایش کنید

هدف: نمایش دادن گرماگیر بودن فرایند انحلال آمونیوم نیترات.

وسایل مورد نیاز: بشر، هم زن، قاشقک، ترازو، شیشه ساعت، یک قطعه چوب به ابعاد

($2 \times 10 \times 10 \text{ cm}$)



بسته های تولید کننده ی سرما و گرما که در بازار به فروش می رسند. بسته ی ایجاد کننده ی سرما دارای آمونیوم نیترات و آب و بسته ی آزاد کننده ی گرما دارای کلسیم کلرید و آب است.

مواد مورد نیاز: آمونیوم نیترات، آب مقطر

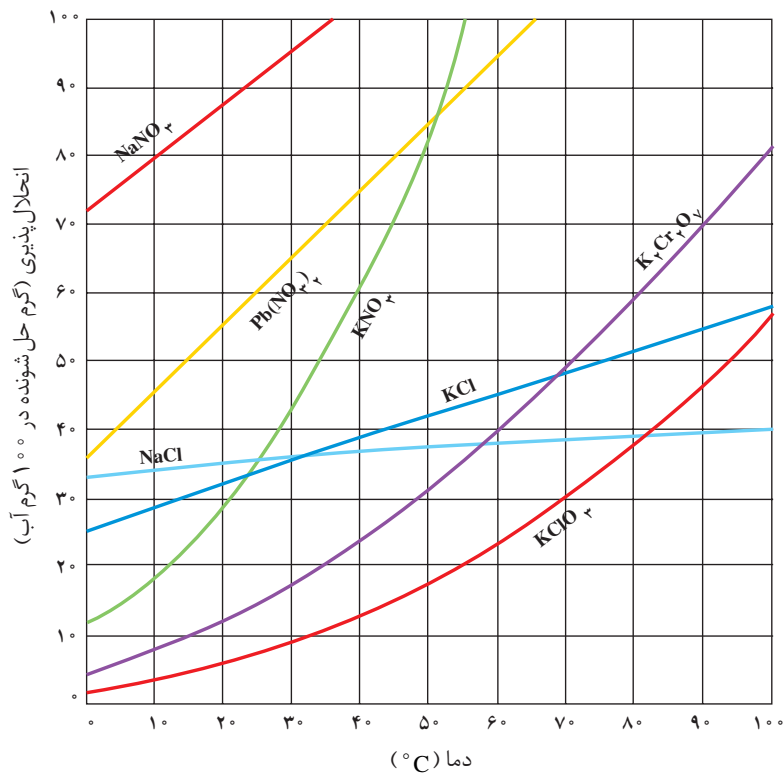
روش کار: ۲ mL آب را روی قطعه چوب بریزید و یک بشر ۵۰ mL را روی آن قرار دهید. ۱۰ g از آمونیوم نیترات را توزین کرده، درون بشر بریزید. مخلوط موجود در بشر را خوب هم بزنید تا نمک یاد شده به طور کامل در آب حل شود. حال تلاش کنید بشر را از روی چوب بلند کنید، چه مشاهده می کنید؟ مشاهده های خود را بنویسید. دمای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

هم چون دانشمندان

۱- شکل زیر نمودار انحلال پذیری 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 شده ای از پتاسیم کلرید در دماهای 4°C ، 6°C و 8°C تهیه کنید، در هر مورد چند گرم KCl را باید در 100°C گرم آب حل کرد؟
 ب. جدول زیر را کامل کنید. تأثیر دما بر انحلال پذیری KNO_3 و KCl را با هم مقایسه کنید.

انحلال پذیری در آب			ماده ی حل شونده
6°C	4°C	$^{\circ}\text{C}$	
			KNO_3
			KCl



نمودار انحلال پذیری برخی از ترکیب های یونی در آب

پ. محلول سیر شده‌ای از پتاسیم کلرات (KClO_3) در دمای 8°C در اختیار دارید، اگر این محلول تا دمای 0°C سرد شود چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا در 0°C نیز محلول سیر شده است؟

۲- منحنی انحلال‌پذیری AgNO_3 را با توجه به داده‌های جدول روبه‌رو روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید (گرم AgNO_3 در 100°g آب را روی محور عمودی و دما را روی محور افقی قرار دهید).

دما ($^\circ\text{C}$)	مقدار AgNO_3 ($\text{g}/100\text{gH}_2\text{O}$)
0	122
20	216
40	311
60	440
80	585

آ. انحلال‌پذیری AgNO_3 را در 30°C روی نمودار نشان دهید.
 ب. در چه دمایی انحلال‌پذیری AgNO_3 ، 275 گرم در 100°g آب است؟
 پ. انحلال‌پذیری AgNO_3 در آب گرماده یا گرماگیر است؟ چرا؟
 ت. اگر در دمای 10°C مقدار $98/5$ گرم AgNO_3 به 100°g آب افزوده شود، محلول حاصل سیر شده یا سیر نشده است؟

پیش‌بینی انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب

با دسته‌بندی ترکیب‌های 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.

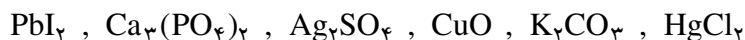
جدول ۳ قواعد انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب

ترکیب‌های دارای این یون‌ها در آب محلول هستند.	بجز هنگامی که با این یون‌ها همراه باشند.
NH_4^+ (آمونیم) و کاتیون فلزهای قلیایی	—
NO_3^- (نیترات‌ها) و ClO_3^- (کلرات‌ها)	—
Br^- ، Cl^- 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

ترکیب های یونی زیر را در دو دسته ی محلول و نامحلول قرار دهید.



انحلال پذیری گازها در آب

می دانید که گازها در مایع ها حل شده، محلول ایجاد می کنند. در این میان، شناخت ویژگی های محلول آبی گازهای مختلف و اثر عواملی چون، نوع گاز، دما و فشار بر انحلال پذیری گازها در آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

هم چون دانشمندان

۱- با استفاده از داده های جدول زیر، روی یک کاغذ شطرنجی نمودار انحلال پذیری (به گرم حل شونده در 100g آب) سه گاز یاد شده را در برابر دما (به $^{\circ}\text{C}$) رسم کنید. سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

انحلال پذیری سه گاز در دماهای مختلف برحسب $100\text{gH}_2\text{O}$ در فشار 1atm

گاز	دما ($^{\circ}\text{C}$)	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. انحلال پذیری هر سه گاز را در 45°C تخمین بزنید.

ب. در چه دمایی انحلال پذیری گاز کلر $0/5\text{g}$ در 100g آب است؟

پ. محلولی که شامل $0/100\text{g}$ کربن دی اکسید در 100g آب است، در 35°C چه

حالتی؛ سیر شده، سیر نشده یا فراسیر شده دارد؟

ت. انحلال پذیری گاز هیدروژن سولفید را در 70°C پیش بینی کنید.

ث. از این نمودارها چه نتیجه ای می گیرید؟

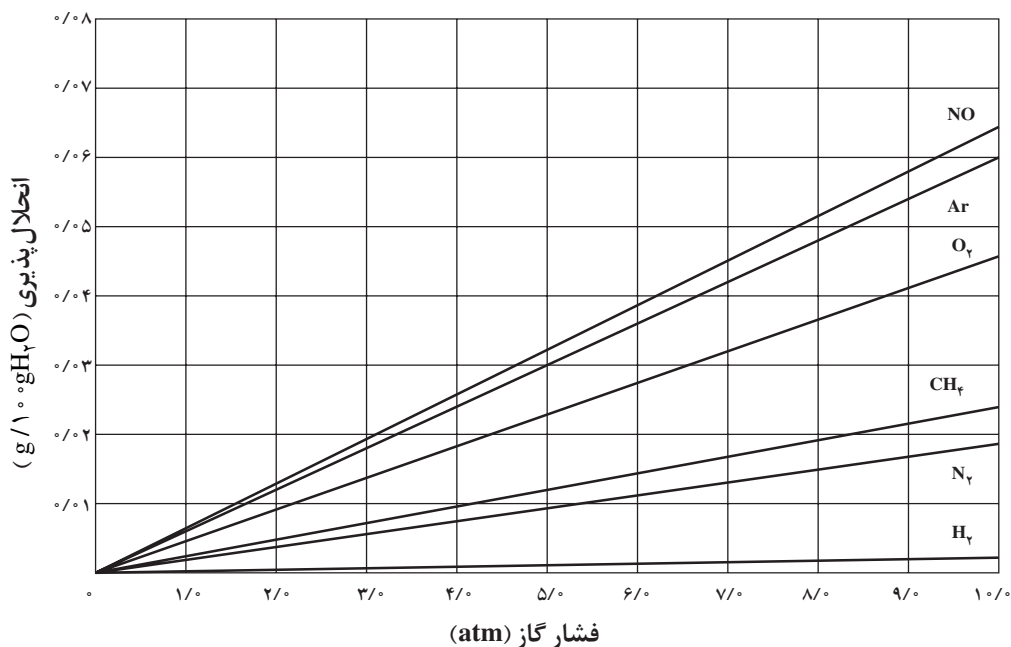
۲- انحلال پذیری در آب چند گاز در فشار 1atm و دمای 25°C در جدول صفحه ی

بعد داده شده است. از این داده ها چه نتیجه ای می گیرید؟ تفاوت های مشاهده شده را چگونه

توجیه می کنید؟

HCl	NH ₃	CO ₂	O ₂	N ₂	گاز
۶۹٫۵	۴۷٫۰	۰٫۱۴۵	۰٫۰۰۳۹	۰٫۰۰۱۸	انحلال پذیری (g/۱۰۰gH ₂ O)

۳- نمودار زیر تأثیر فشار گاز بر انحلال پذیری چند گاز را در آب C^۰ ۲ نشان می دهد. ویلیام هنری در سال ۱۸۰۳ از تفسیر چنین داده هایی به یک نتیجه گیری مهم درباره ی انحلال پذیری گازها در آب دست یافت. این نتیجه گیری را که **قانون هنری** گفته می شود، در یک سطر بیان کنید.



غلظت و دیگر روش های بیان آن

می دانید که غلظت یک محلول به صورت مقدار ماده ی حل شونده در مقدار معینی حلال یا مقدار ماده ی حل شونده ی موجود در مقدار معینی محلول تعریف می شود. در شیمی محلول ها، غلظت از اهمیت زیادی برخوردار است. بسیاری از واکنش ها در حالت محلول انجام می شوند و محاسبه های کمی برای این گونه واکنش ها بر مبنای غلظت آن ها صورت می گیرد. در بخش ۱ با غلظت مولی و کاربرد آن در این محاسبه ها آشنا شده اید. اما افزون بر این، در زندگی امروز نیز دانستن غلظت محلول ها و تفسیر آن ها اهمیت زیادی یافته است. از این رو، برای بیان غلظت روش های گوناگونی به کار می رود. در این جا با برخی دیگر از آن ها آشنا می شوید.

درصد جرمی: آیا تا به حال به برچسب محلول شست و شوی دهان توجه کرده اید؟ روی ظرف دارای این محلول این عبارت نوشته شده است: «محلول استریل سدیم کلرید

۹/۰ درصد برای شست و شو، غیرقابل تزریق»، شکل ۶.

عبارت «سدیم کلرید ۹/۰ درصد» نوعی بیان غلظت برای این محلول است. یعنی در هر ۱۰۰ گرم از این محلول ۹/۰ گرم سدیم کلرید وجود دارد و بقیه آن آب است. این نوع بیان غلظت را درصد جرمی می نامند. درصد جرمی با رابطه ی زیر نشان داده می شود:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

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



شکل ۶ محلول سدیم

کلرید ۹/۰ W/W %

نمونه ی 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 داده ها

$$\text{جرم حل شونده NaCl} = 1/75 \text{ g}$$

$$\text{جرم حلال H}_2\text{O} = 5/85 \text{ g}$$

$$\text{محلول NaCl g} = ?$$

ب. محاسبه ی جرم محلول

$$\text{جرم محلول} = \text{جرم حلال} + \text{جرم حل شونده} = 5/85 \text{ g} + 1/75 \text{ g} = 7/60 \text{ g}$$

پ. محاسبه ی درصد جرمی

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{1/75 \text{ g NaCl}}{7/60 \text{ g NaCl}} \times 100 = 23/03\%$$

خود را بیازمایید

۱- ۱/۴۴ g سدیم هیدروکسید NaOH در ۴۵/۸۶ g آب حل شده است. درصد

جرمی NaOH را در این محلول حساب کنید؟

۲- محلول ۵٪ جرمی سدیم نیترات تهیه شده است. در ۴۰ g از این محلول چند گرم

NaNO_۳ وجود دارد؟

برای محلول های بسیار رقیق، جرم حل شونده آن قدر کم است که معمولاً غلظت محلول آن به جای درصد برحسب قسمت در میلیون (ppm) بیان می شود.

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

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

از ppm برای بیان مقادیر بسیار کم کاتیون ها و آنیون ها در آب دریا، بدن جانداران، بافت های گیاهی و میزان آلاینده های هوا (ذره های معلق یا گازهای آلاینده) استفاده می شود. در جدول زیر مقدار برخی عناصرها در آب دریا با واحد ppm بیان شده است.

یون	Cl ⁻ (aq)	Na ⁺ (aq)	Ca ²⁺ (aq)	K ⁺ (aq)
غلظت (ppm)	۱۹۰۰۰	۱۰۶۰۰	۴۰۰	۳۸۰

درصد حجمی: گاهی در آزمایشگاه از شما خواسته می شود که محلولی از دو مایع قابل امتزاج (مایع هایی که به هر نسبت با هم مخلوط می شوند) تهیه کنید. در چنین مواردی ساده ترین راه برای بیان غلظت محلول حاصل، درصد حجمی است. درصد حجمی، حجم حل شونده را در ۱۰۰ واحد حجم محلول بیان می کند و با رابطه ی زیر نشان داده می شود.

$$\text{درصد حجمی} = \frac{\text{حجم حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \times 100$$

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

خود را بیازمایید

۱- در ۲۰۰ mL محلول ۹۶٪ حجمی اتانول - آب چند میلی لیتر اتانول و چند میلی لیتر آب وجود دارد؟

۲- درصد حجمی اتانول در محلولی شامل ۴۸۰ mL آب و ۱۶۰ mL اتانول را محاسبه کنید.

۳- برای تهیه ۵۰۰ mL محلول ۳۵٪ حجمی استون - آب به چند لیتر استون نیاز است؟

غلظت معمولی: جرم حل شونده ی (به گرم) موجود در یک لیتر محلول را غلظت

معمولی آن محلول می نامند و آن را با رابطه ی زیر نشان می دهند:

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

نمونه‌ی حل شده

در 50 mL محلول پتاسیم کلرید 4 g از این ماده وجود دارد، غلظت معمولی این محلول را محاسبه کنید.

آ. فهرست داده‌ها 4 g = جرم پتاسیم کلرید

50 mL = حجم محلول

$? \text{ g.L}^{-1}$ = غلظت معمولی

ب. محاسبه‌ی غلظت معمولی

$$\begin{aligned} \text{غلظت معمولی} &= \frac{\text{مقدار ماده‌ی حل شونده به گرم}}{\text{حجم محلول به لیتر}} \\ &= \frac{4\text{ g KCl}}{50\text{ mL KCl محلول}} \times \frac{1000\text{ mL KCl محلول}}{1\text{ L KCl محلول}} = 80\text{ g.L}^{-1}\text{ KCl محلول} \end{aligned}$$

خود را بیازمایید

در 250 mL محلول منیزیم نیترات 4 g از این ماده وجود دارد. غلظت معمولی این محلول را محاسبه کنید.

فکر کنید

برای محلول‌های بسیار رقیق یک حل شونده در آب، می‌توان ppm را به صورت میلی‌گرم حل شونده‌ی موجود در یک لیتر محلول - یعنی هر ppm را هم‌ارز یک میلی‌گرم در لیتر - تعریف کرد. چرا؟

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

خود را بیازمایید

۱- در 1.6 L محلول سدیم سولفات 14 g از این ماده حل شده است. غلظت مولار این محلول را حساب کنید؟

۲- در 75 mL محلول 0.22 mol.L^{-1} لیتیم کلرید چند گرم LiCl حل شده است؟

غلظت مولال: اگر یک مول پتاسیم کلرید (74.54 g KCl) را در یک کیلوگرم آب حل کنید، محلولی با غلظت ۱ مولال تهیه کرده‌اید. غلظت مولال، مول ماده‌ی حل شده در یک کیلوگرم حلال (1000 g) 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

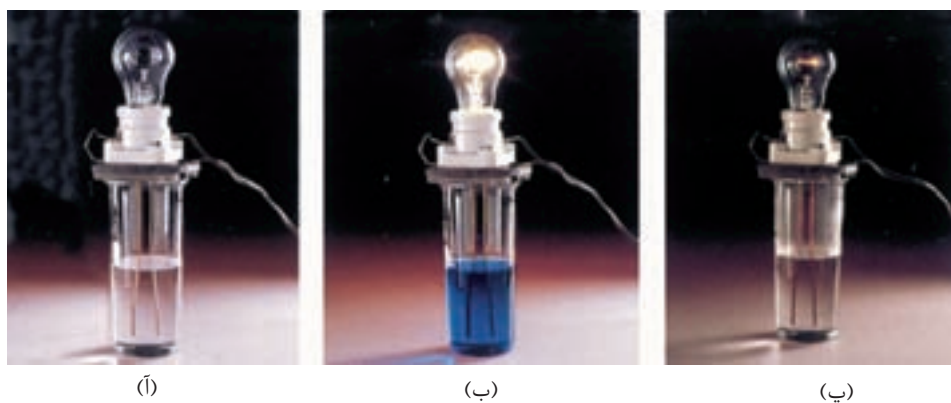
۱۰۰ mL محلول یک مولار پتاسیم کلرید سنگین‌تر است یا ۱۰۰ mL محلول یک مولال آن؟ حجم حلال در کدام یک بیش‌تر است؟ پاسخ‌های خود را توضیح دهید.

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 HCl ، NaCl ، 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 به دست می‌آیند، الکترولیت هستند.

فکر کنید

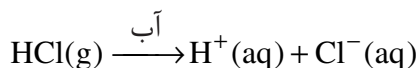
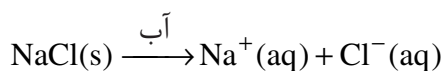
در شکل زیر رسانایی الکتریکی چند محلول آبی با هم مقایسه شده است. الکترولیت و غیرالکترولیت بودن هر یک از این محلول‌ها را مشخص کنید؟ علت تفاوت در رسانایی الکتریکی این محلول‌های الکترولیت را شرح دهید.



مقایسه‌ی رسانایی الکتریکی چند محلول

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

محللول آبی موادی مانند اتانول و استون رسانای جریان برق نیست. این مواد **غیرالکترولیت** و محللول حاصل را **محللول غیرالکترولیت** می نامند. مواد غیرالکترولیت در محللول به صورت مولکولی حل می شوند و بر اثر انحلال، یون ایجاد نمی کنند. الکترولیت ها از نظر رسانایی الکتریکی به دو دسته ی قوی و ضعیف تقسیم می شوند. به الکترولیت هایی مانند NaCl (یک ترکیب یونی) و HCl (یک ترکیب کووالانسی) که به هنگام انحلال در آب به ترتیب به طور کامل تفکیک یا یونیده می شوند، **الکترولیت قوی** می گویند.



الکترولیت هایی مانند HF و NH₃ به هنگام انحلال در آب به طور عمده به صورت مولکولی حل شده، تعداد کمی از مولکول های حل شونده ی آن ها یونیده می شود. تعداد یون در محللول این الکترولیت ها کم است. چنین محللول هایی **الکترولیت ضعیف** نامیده می شوند. برای نمونه در محللول ۱/۱ مولار HF از هر ۱۰۰۰ مولکول تقریباً ۸۰ مولکول آن یونیده می شود. بقیه یعنی ۹۲۰ مولکول HF به صورت یونیده نشده در محللول باقی می ماند.

خود را بیازمایید

۱- معادله ی تفکیک یونی هر یک از ترکیب های یونی زیر را در آب بنویسید.



۲- در میان ترکیب های زیر الکترولیت ها را مشخص کنید. از میان این الکترولیت ها،

محللول یک مولار کدام یک، رسانای الکتریکی قوی تری است؟ چرا؟



درصد تفکیک یونی

می دانید برخی ترکیب ها مانند HF و NH₃ الکترولیت هستند و در محللول به مقدار کم یونیده می شوند. برای مقایسه تمایل ترکیب های کووالانسی محللول در آب به یونش در هنگام حل شدن، از مفهوم درصد تفکیک یونی استفاده می شود. درصد تفکیک یونی با رابطه ی زیر نشان داده می شود.

$$\text{درصد تفکیک یونی} = \frac{\text{تعداد مول های تفکیک شده}}{\text{تعداد کل مول های حل شونده}} \times 100$$