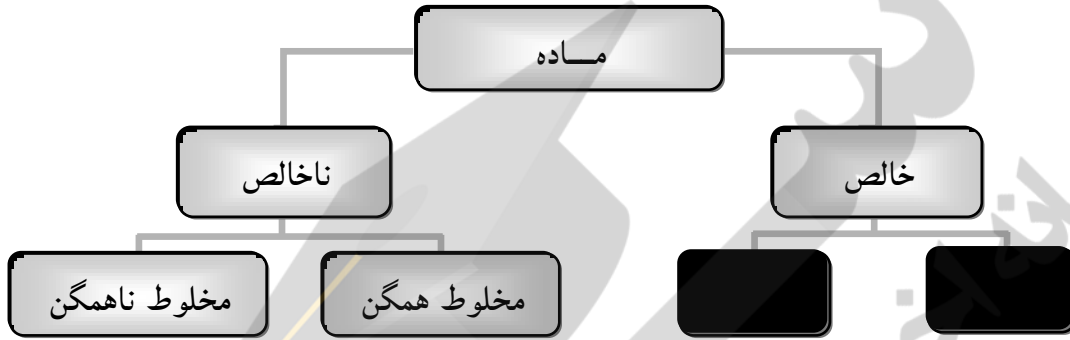


محللول ها نمونه ای از مواد ناخالص

در زندگی روزانه با محللول های زیادی از جمله هوا ، آب مشروب ، انواع سکه ها ، نفت ، بنزین ، پاک کننده ها و غیره سر و کار داریم. لذا لازم است با خواص و کاربرد محللول ها آشنا شویم.



محللول : به مخلوط های همگن ، محللول می گویند. مانند سکه ی طلا ، هوا ، آب نمک و

فاز چیست ؟

فاز : بخشی از یک سامانه است که خواص شدتی در همه جای آن یکسان است. به عبارت دیگر بخشی از سامانه را که تمام آن از نظر ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی یکسان است ، فاز می گویند.

مثال : در محللول شکر در آب رنگ ، بو ، طعم و حالت فیزیکی در همه جای محللول یکسان است پس این محللول یک فاز است.



نکته: رنگ ، بو ، طعم ، چگالی ، ضریب شکست نور ، ظرفیت گرمایی ویژه ، نقطه ی جوش در همه جای یک محللول یکسان است.

هر یک از حالت های فیزیکی ماده یک فاز را تشکیل می دهند و تغییر حالت های فیزیکی ، تغییر فاز به شمار می آیند. و تغییر فاز یک تغییر فیزیکی است.

مثال : یک لیوان آب که یک قطعه یخ در آن شناور شده است تشکیل چند فاز می دهد ؟

پاسخ : دو فاز : آب یک فاز ، قطعه یخ یک فاز

مثال : یک لیوان که در آن مقداری روغن وجود دارد و تکه ای یخ در آن شناور است چند فاز را تشکیل می دهد ؟

پاسخ : سه فاز ، آب یک فاز ، روغن یک فاز ، یخ یک فاز

محللول های مایع و اجزای آن ها

هر محللول حداقل از دو جزء تشکیل شده است :

۱. **حلال** : جزئی از محللول است که حل شونده را در خود حل کرده و معمولاً درصد بیش تری از محللول را تشکیل می دهد.

۲. **حل شونده** : جزئی از محللول است که در حلال حل شده و درصد کم تری از محللول را تشکیل می دهد.



نکته: در محلول های جامد در مایع ، جزئی که درصد بیش تری از محلول را تشکیل می دهد ، حلال و جزئی که تغییر حالت می دهد ، حل شونده است. در محلول های مایع در مایع جزئی با درصد بیش تر حلال و بقیه حل شونده هستند.

مثال : آب دریا محلولی است که در آن آب حلال و نمک های مختلف ، حل شونده ها هستند.



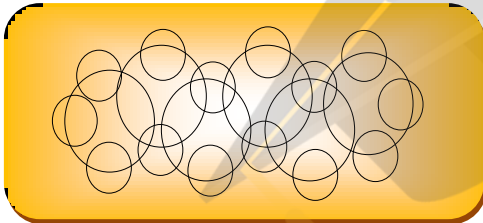
نکته: آب، فراوان ترین و رایج ترین حلال شناخته شده است که می تواند ترکیب های یونی و کووالانسی زیادی را در خود حل کند.

محلول آبی : محلولی است که حلال آن آب است.

محلول غیر آبی (آلی) : محلولی که حلال آن آلی است (غیر آبی) محلول غیر آبی یا محلول آلی نامیده می شود.

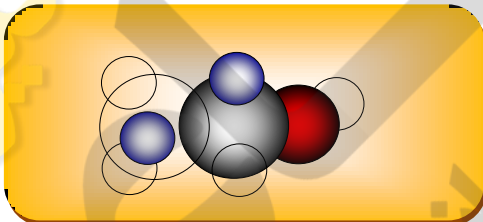
مهم ترین حلال های آلی عبارتند از : هگزان ، اتانول ، استون

هگزان



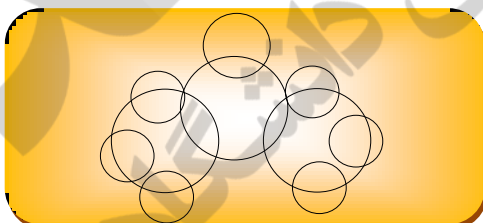
۱. آلکانی ۶ کربنی و فرمول مولکولی آن C_6H_{12} است.
۲. مولکول آن ناقطبی است.
۳. مایعی بی رنگ و فرار است که از نفت خام به دست می آید.
۴. حلال مناسبی برای ترکیب های ناقطبی است.
۵. به عنوان رقیق کننده (تینر) در رنگ های پوششی مورد استفاده قرار می گیرد.

اتانول



۱. پس از آب ، مهم ترین حلال صنعتی است.
۲. فرمول مولکولی آن C_2H_5OH است.
۳. مایع بی رنگ و فراری است که به هر نسبتی در آب حل می شود.
۴. با مولکول های آب پیوند هیدروژنی تشکیل می دهد.
۵. برای ضد عفونی کردن زخم ها و تولید مواد دارویی ، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد.

استون



۱. فرمول مولکولی آن C_3H_6O است.
۲. مایع بی رنگ و فراری است که به هر نسبتی در آب حل می شود.
۳. حلال مناسبی برای چربی ها ، رنگ ها و انواع لاک هاست.

انحلال پذیری مواد جامد در آب

انحلال پذیری یا قابلیت حل شدن : بیشترین مقدار ماده ای است که در دمای معین در ۱۰۰ گرم آب حل می شود.



محلول سیرنشده: محلولی است که هنوز می تواند مقدار مشخصی حل شونده را در خود حل کند و جایگاه آن زیر منحنی انحلال پذیری است.

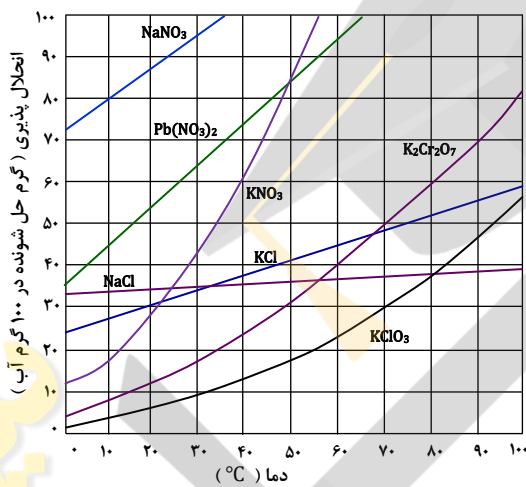
محلول سیرشده: محلولی است که دیگر نمی تواند حل شونده را در خود حل کند و جایگاه آن روی منحنی انحلال پذیری است.

محلول فراسیرشده: محلولی است که بیش از اندازه ی لازم حل شونده را در خود حل کرده و جایگاه آن بالای منحنی انحلال پذیری است.



نکته: اندکی تکان دادن، ضربه زدن یا افزودن بلور کوچکی از ماده ی حل شونده به محلول فراسیرشده، موجب هوشیار شدن محلول و جدا شدن حل شده ی اضافی خواهد شد.

منحنی انحلال پذیری: رابطه ی انحلال پذیری یک ماده به دما را به کمک نموداری نشان می دهند که منحنی انحلال پذیری نامیده می شود.



مثال: اگر بخواهید محلول سیرشده ای از پتاسیم کلرید در دماهای ۰، ۴۰ و ۸۰ درجه ی سلسیوس تهیه کنید، در هر مورد چند گرم KCl را باید در ۱۰۰ گرم آب حل کرد؟

پاسخ: در دمای ۰ درجه: ۲۵ گرم

در دمای ۴۰ درجه: ۳۷ گرم

در دمای ۸۰ درجه: ۵۳ گرم

مثال: تأثیر دما بر انحلال پذیری KCl و KNO₃ را با هم مقایسه کنید؟

پاسخ: در مورد KCl: با افزایش دما، انحلال پذیری افزایش می یابد.

در مورد KNO₃: با افزایش دما، انحلال پذیری با شدت بیش تری افزایش می یابد.

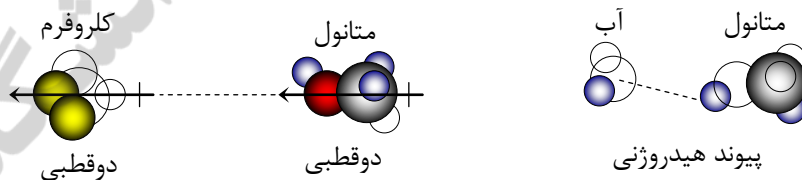
مثال: محلول سیرشده ای از پتاسیم کلرات (KClO₃) در دمای ۸۰ درجه ی

سلسیوس در اختیار دارید. اگر این محلول تا دمای ۰ °C سرد شود، چه اتفاقی می افتد؟ آیا در این دما نیز محلول سیر شده است؟

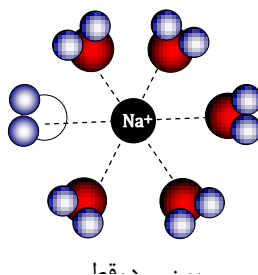
پاسخ: محلول فراسیر شده ای از پتاسیم کلرات در دمای ۰ °C به دست می آید.

انواع برهم کنش های بین ذره ای

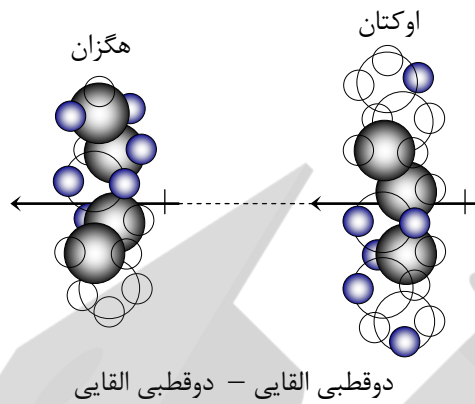
۱. **دوقطبی - دوقطبی:** نیروی بین دو مولکول قطبی از نوع دوقطبی - دوقطبی است.



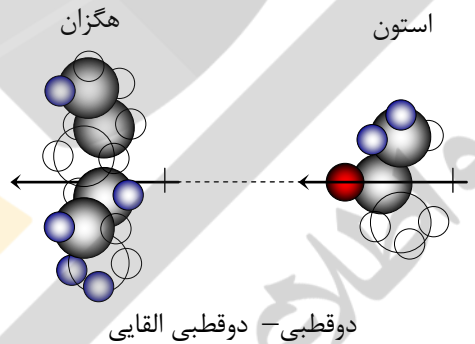
۲. **یون - دوقطبی:** نیروی بین یک یون و یک مولکول دوقطبی از نوع یون - دوقطبی است.



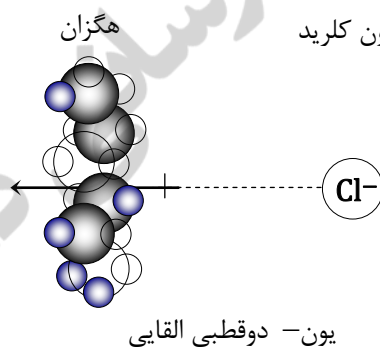
۳. **دوقطبی القایی - دوقطبی القایی** : نیروی بین دو مولکول ناقطبی از نوع دوقطبی القایی - دوقطبی القایی است. این نیرو ، همان نیروی ضعیف واندروالس یا نیروی نشری لاندون می باشد.



۴. **دوقطبی - دوقطبی القایی** : نیروی بین یک مولکول قطبی و یک مولکول ناقطبی از نوع دوقطبی - دوقطبی القایی است.



۵. **یون - دوقطبی القایی** : نیروی بین یک یون و یک مولکول ناقطبی از نوع یون - دوقطبی القایی است.



نکته:

یون - یون < یون - دوقطبی < دوقطبی - دوقطبی (پیوند هیدروژنی)

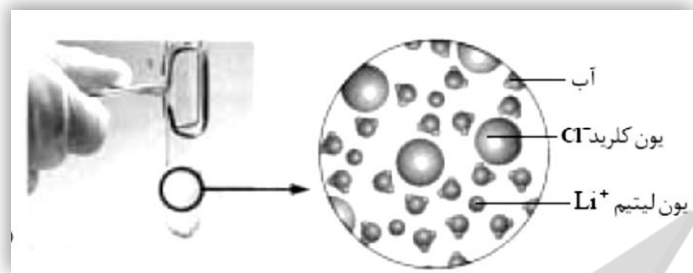
چرا محلول ها به وجود می آیند؟

اغلب با آگاهی از نوع نیروهای جاذبه بین مولکول های حل شونده و حلال می توان انحلال پذیر بودن یا نبودن حل شونده در حلال را پیش بینی کرد. در مورد انحلال باید به این نکته توجه داشت که :

شبيهه ، شبيهه را در خود حل می کند.

با توجه به این نکته می توانیم انحلال مواد در با هم را پیش بینی کنیم. مثال : قند در آب حل می شود.

انحلال لیتیم کلرید (LiCl) در آب



حل شونده: لیتیم کلرید (LiCl) یک ترکیب یونی است و یون های Li^+ و Cl^- در یک شبکه ی بلوری با پیوند یونی به هم ارتباط دارند.

حلال: آب دارای مولکول های قطبی است که در یک سر، جزئی بار مثبت (اتم های H) و در سر دیگر جزئی بار منفی (اتم O) دارد.

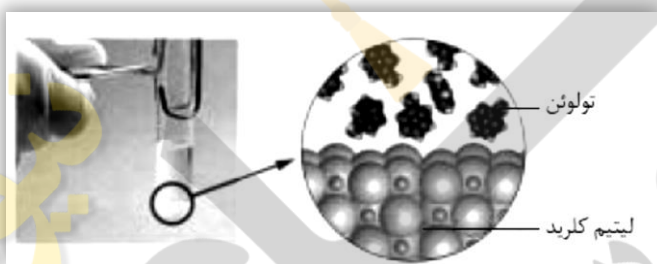
انحلال: هنگام انحلال LiCl در آب جاذبه ای قوی بین یون Cl^- و سر مثبت مولکول های آب ($H_2O \dots Cl^-$) و یون Li^+ با سر منفی مولکول های آب ($H_2O \dots Li^+$) به وجود می آید. این جاذبه ی یون - دوقطبی، انرژی لازم را برای جدا کردن یون های Li^+ و Cl^- از شبکه ی بلور فراهم کرده موجب انحلال لیتیم کلرید در آب می شود.



نکته: ترکیب های یونی و مواد قطبی در یک دیگر حل می شوند. میزان انحلال پذیری ترکیب های یونی به دو عامل بستگی دارد:

۱- نوع یون های سازنده - ۲- ساختار بلوری آن ها

انحلال ناپذیری لیتیم کلرید (LiCl) در تولوئن



حل شونده: لیتیم کلرید (LiCl) یک ترکیب یونی است و یون های Li^+ و Cl^- در یک شبکه ی بلوری با پیوند یونی به هم ارتباط دارند.

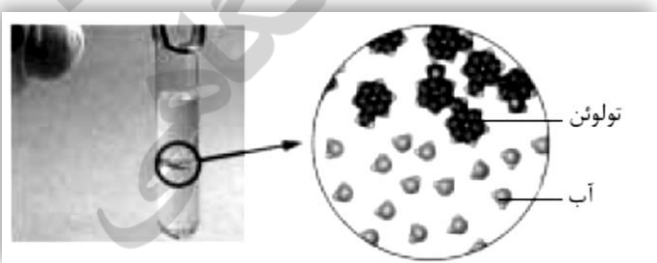
حلال: تولوئن دارای مولکول های ناقطبی است و نوع نیروها، جاذبه ی ضعیف و اندروالسی است که از جمله نیروهای بین مولکولی ضعیف به شمار می آیند.

انحلال ناپذیری: هنگام اختلاط LiCl در تولوئن نیروی جاذبه ای ضعیف بین یون های نمک و مولکول های تولوئن به وجود می آید که قادر به غلبه بر پیوندهای یونی قوی در شبکه ی بلوری LiCl نیست. بنابراین لیتیم کلرید در تولوئن حل نمی شود.



نکته: ترکیب های یونی در مواد ناقطبی حل نمی شوند.

انحلال ناپذیری تولوئن در آب



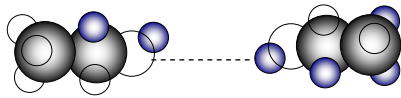
حل شونده: تولوئن دارای مولکول های ناقطبی است و نوع نیروها، جاذبه ی ضعیف و اندروالسی است که از جمله نیروهای بین مولکولی ضعیف به شمار می آیند.

حلال: آب دارای مولکول های قطبی است که در یک سر، جزئی بار مثبت (اتم های H) و در سر دیگر جزئی بار منفی (اتم O) دارد.

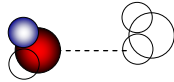
انحلال ناپذیری: هنگام اختلاط تولوئن در آب نیروی جاذبه ای ضعیف بین مولکول های آب و مولکول های تولوئن به وجود می آید که قادر به غلبه بر پیوندهای هیدروژنی قوی بین مولکول های آب نیست. بنابراین تولوئن در آب حل نمی شود.



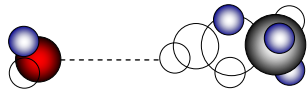
انحلال اتانول در آب



پیوند هیدروژنی در اتانول



پیوند هیدروژنی در آب



پیوند هیدروژنی در اتانول و آب

حل شونده: در اتانول نیروهای بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی است

که از جمله برهم کنش های دوقطبی - دوقطبی می باشد.

حلال: آب دارای مولکول های قطبی است و نیروهای بین مولکولی در آن

از نوع پیوند هیدروژنی می باشد.

انحلال: هنگام انحلال اتانول در آب پیوندهای هیدروژنی جدیدی بین

مولکول های آب و مولکول های اتانول به وجود می آید که از پیوند

هیدروژنی بین مولکول های آب و پیوند هیدروژنی بین مولکول های اتانول

قوی تر است. و بر پیوندهای هیدروژنی اولیه غلبه کرده و سبب انحلال

اتانول در آب می شود.

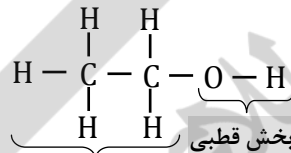


نکته: برخی مولکول ها در ساختار خود یک بخش قطبی و یک بخش ناقطبی دارند و بسته به غلبه ی بخش قطبی یا ناقطبی می

توانند در حلال های قطبی یا ناقطبی حل شوند.

اتانول: در اتانول بر هم کنش های بین مولکولی از سمت بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد. به همین علت اتانول در آب که مولکول های

قطبی دارد ، حل می شود.

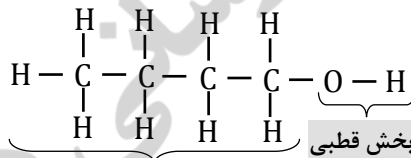


بخش قطبی

بخش ناقطبی

۱- بوتانول: در ۱- بوتانول بر هم کنش های بین مولکولی از سمت بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد. به همین علت به مقدار کم تری در

آب حل می شود.



بخش قطبی

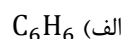
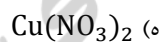
بخش ناقطبی



نکته: در الکل های راست زنجیر هر چه بر طول زنجیر هیدروکربنی افزوده شود ، انحلال پذیری آن در آب کم تر می شود. زیرا بخش

ناقطبی بر بخش قطبی غلبه کرده و در حلال های ناقطبی بهتر حل می شود.

مثال: کدام یک از ترکیب های زیر در آب و کدام یک در کربن تتراکلرید حل می شود؟



پاسخ الف) این ترکیب ناقطبی است و در کربن تتراکلرید که ناقطبی است حل می شود.

پاسخ ب) این ترکیب دوقطبی است و در آب که قطبی است حل می شود.

پاسخ ج) این ترکیب دوبخشی بوده و بخش قطبی آن بر بخش ناقطبی غالب است و در مولکول آب که قطبی است حل می شود.

پاسخ د) این ترکیب ناقطبی است و در کربن تتراکلرید که ناقطبی است حل می شود.

پاسخ ه) این ترکیب یونی است و در مولکول آب که قطبی است حل می شود.

تمرین : کدام یک از ترکیب های زیر در آب و کدام یک در هگزان حل می شود ؟
 الف) $C_6H_{13}OH$ ب) $CH_3 - O - CH_3$ ج) $NaHCO_3$ د) I_2

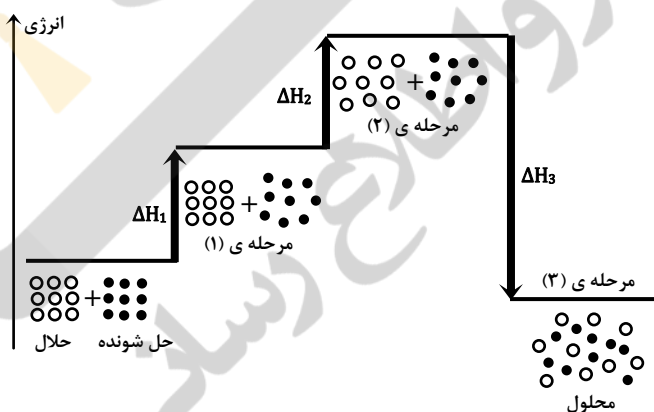
تمرین : در هر مورد انحلال پذیری کدام ماده در آب بیش تر است ؟
 الف) بوتانول (C_4H_9OH) یا اتانول (C_2H_5OH) ب) کرین تتراکلرید (CCl_4) یا کلسیم کلرید ($CaCl_2$)
 ج) متان (CH_4) یا آمونیاک (NH_3) د) هگزان (C_6H_{14}) یا هگزانول ($C_6H_{13}OH$)
 ه) هگزان (C_6H_{14}) یا استون ($CH_3 - CO - CH_3$) ز) اتانول (C_2H_5OH) یا اتان تیول (C_2H_5SH)

آنتالپی انحلال

فرآیند انحلال با مبادله ی انرژی همراه است. انحلال حل شونده می تواند گرماده یا گرماگیر باشد.
 آنتالپی انحلال ($\Delta H_{\text{انحلال}}$) : مقدار گرمای مبادله شده هنگام حل شدن یک مول حل شونده در مقدار زیادی حلال را گرمای انحلال یا آنتالپی انحلال می گویند.

انحلال یک ترکیب کووالانسی (مولکولی) در آب

انحلال ترکیب مولکولیز دید مولکولی شامل سه مرحله است که به طور هم زمان روی می دهند :



مرحله ی اول : جدا شدن مولکول های حل شونده از یک دیگر

❖ در این مرحله نیروهای جاذبه میان ذره های ماده ی حل شونده از بین می رود. از این رو مرحله ی اول گرماگیر است.

❖ معادله : $\Delta H_1 > 0$ ماده حل شده \rightarrow ماده حل شونده + q

مرحله ی دوم : جدا شدن مولکول های حلال (آب) از یک دیگر

❖ در این مرحله نیروهای جاذبه میان ذره های حلال از بین می رود. از این رو مرحله ی دوم نیز گرماگیر است.

❖ معادله : $\Delta H_2 > 0$ حلال (پراکنده شده) \rightarrow حلال + q

مرحله ی سوم : پراکنده شدن همگن مولکول های حل شونده در بین مولکول های آب

❖ در این مرحله میان ذره های ماده ی حل شونده و حلال نیروهای جاذبه به وجود می آید. از این رو مرحله ی سوم گرماده است.

❖ معادله : $\Delta H_3 < 0$ محلول + q \rightarrow حل شونده + حلال

نکته : آنتالپی انحلال با مجموع انرژی های مبادله شده در این سه مرحله برابر است : $\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

انحلال گرماده ($\Delta H_{\text{انحلال}} < 0$) : اگر $\Delta H_1 + \Delta H_2 < \Delta H_3$ باشد ، آنتالپی انحلال منفی و انحلال گرماده خواهد بود.

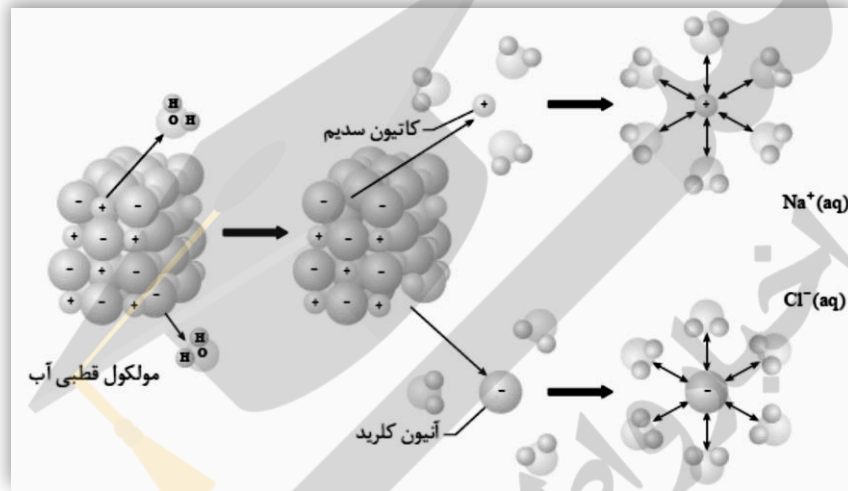
انحلال گرماگیر ($\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$) : اگر $\Delta H_1 + \Delta H_2 > \Delta H_3$ باشد ، آنتالپی انحلال مثبت و انحلال گرماگیر خواهد بود.



نکته: در انحلال گرماده، با افزایش دما ، انحلال پذیری کاهش و در انحلال گرماگیر، با افزایش دما، انحلال پذیری افزایش می یابد.

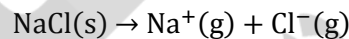
انحلال یک ترکیب یونی (NaCl) در آب

انحلال ترکیب یونی (مانند سدیم کلرید) شامل سه مرحله است که به طور هم زمان روی می دهند :



مرحله ی اول : فروپاشی شبکه ی بلوری NaCl

❖ این مرحله با صرف انرژی همراه است بنابراین گرماگیر است.



❖ معادله : $\Delta H_1 = +786 \text{ Kj. mol}^{-1}$

مرحله ی دوم : جدا شدن مولکول های آب از یک دیگر

❖ این مرحله هم با صرف انرژی همراه است پس گرماگیر است.

مرحله ی سوم : برقراری جاذبه ی قوی بین یون ها (Na^+ , Cl^-) و مولکول های آب

❖ این مرحله گرماده است و طی آن انرژی زیادی آزاد می شود.

مرحله ی آب پوشی : جدا شدن مولکول های آب از یک دیگر و برقراری جاذبه ی قوی با یون های Na^+ , Cl^- را مرحله ی آب پوشی می گویند.

مرحله ی آب پوشی در مجموع گرماده است.



نکته: آنتالپی انحلال با مجموع انرژی شبکه بلوری و انرژی آب پوشی برابر است. $\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_{\text{شبكة}} + \Delta H_{\text{آب پوشی}}$



نکته: هر چه بار یک یون بیش تر و شعاع (حجم) آن کوچک تر باشد ، انرژی آب پوشی آن یون بیش تر خواهد بود.

شعاع یونی : $r_{\text{Li}^+} < r_{\text{Na}^+} < r_{\text{K}^+} < r_{\text{Rb}^+} < r_{\text{Cs}^+}$

انرژی آب پوشی : $E_{\text{Li}^+} > E_{\text{Na}^+} > E_{\text{K}^+} > E_{\text{Rb}^+} > E_{\text{Cs}^+}$

در مورد انحلال سدیم کلرید : $\Delta H_{\text{شبكة}} = +786 \text{ Kj. mol}^{-1}$ ، $\Delta H_{\text{آب پوشی}} = -783 \text{ Kj. mol}^{-1}$

آنتروپی انحلال

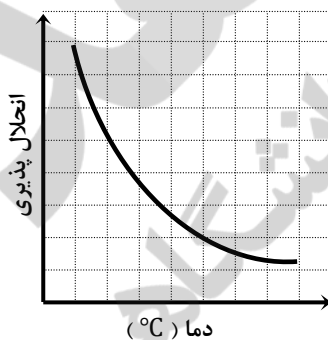
انحلال سدیم کلرید در آب با وجود گرماگیر بودن به طور خود به خود انجام می شود یعنی عامل انرژی نامساعد است بنابراین باید عامل دیگری بر این انحلال مؤثر باشد که همان عامل آنتروپی یا بی نظمی است.
با به کار بردن قواعد زیر تا حدودی می توان فرآیند انحلال یک ماده را پیش بینی کرد :

۱. حل شدن جامد در مایع با افزایش آنتروپی همراه است:
 - ❖ ذره های جامد آرایش بسیار منظمی دارند و در اثر حل شدن این نظم از بین رفته و با افزایش تحرک ، آزادی عمل بیش تری پیدا می کنند.
۲. حل شدن مایع در مایع با افزایش آنتروپی همراه است:
 - ❖ دو مایع با حل شدن در یک دیگر ، حجم بیش تری پیدا می کنند و در فضای بزرگ تر آزادی عمل و تحرک بیش تری پیدا می کنند.
۳. حل شدن گاز در مایع با کاهش آنتروپی همراه است:
 - ❖ در بین ذره های گاز نیروی جاذبه ی ضعیفی وجود دارد و آزادی عمل بیش تری دارند. با حل شدن گاز در مایع ، نیروهای جاذبه ی قوی به وجود آمده ، آزادی عمل و تحرک ذره ها کاهش می یابد.

انحلال	ΔH	ΔS	چگونگی انجام	مثال
گرماده	منفی	مثبت	همواره خود به خود	الکل در آب
گرماده	منفی	منفی	در دمای پایین خود به خود	گاز آمونیاک در آب
گرماگیر	مثبت	مثبت	در دمای بالا خود به خود	آمونیم کلرید در آب
گرماگیر	مثبت	منفی	هرگز	

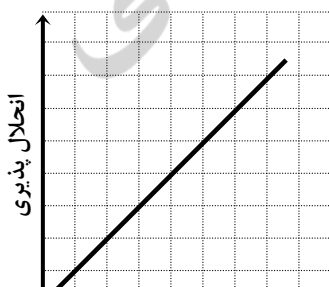
انحلال پذیری گازها در آب

انحلال پذیری گازها در آب به عواملی چون دما ، فشار و نوع گاز بستگی دارد که به بررسی اثر دما و فشار بر انحلال گازها می پردازیم :



اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب: در فشار ثابت انحلال پذیری گازها در آب با دما رابطه ی عکس دارد. یعنی انحلال پذیری گازها با افزایش دما ، کم و با کاهش دما ، افزایش پیدا می کند.

مثال: انحلال پذیری گاز اکسیژن را در آب سرد و گرم با هم مقایسه کنید؟
پاسخ: در آب سرد اکسیژن بیش تری حل می شود زیرا هر چه دما کم تر باشد ، انحلال پذیری گازها در آب بیش تر خواهد بود.



اثر فشار بر انحلال پذیری گازها در آب: در دمای ثابت انحلال پذیری گازها در آب با فشار رابطه ی مستقیم دارد. یعنی انحلال پذیری گازها با افزایش فشار ، افزایش و با کاهش فشار ، کاهش پیدا می کند. این نتیجه گیری را **قانون هنری** می گویند.

مثال: انحلال پذیری گاز اکسیژن را در فشارهای ۱ و ۱۰ اتمسفر با هم مقایسه کنید؟
پاسخ: در فشار ۱۰ اتمسفر اکسیژن بیش تری حل می شود زیرا با افزایش

برای پیش بینی انحلال پذیری گازها در آب به نکات زیر توجه کنید :

۱. گازهایی که قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با آب باشند به خوبی در آب حل می شوند. مانند گاز آمونیاک (NH₃)
۲. گازهایی که دارای مولکول قطبی باشند به خوبی در آب حل می شوند. مانند گاز هیدروژن کلرید (HCl)
۳. برخی گازها با وجود این که مولکول ناقطبی دارند اما با مولکول های آب واکنش داده و در آب حل می شوند. مانند گاز کربن دی اکسید (CO₂)

$$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$$
۴. گازهایی که مولکول ناقطبی دارند بسیار کم در آب حل می شوند. مانند گاز اکسیژن ، گاز نیتروژن ، گاز هلیوم و ...

پیش بینی انحلال پذیری ترکیب های یونی در آب

با دسته بندی ترکیب های یونی به محلول و نامحلول می توان به طور کیفی و به کمک چند قاعده ی ساده انحلال پذیری نمک های جامد را در آب پیش بینی کرد :

عمدتاً در آب محلول هستند	گونه ها
تمام نیترات ها محلول هستند.	نیترات ها (NO ₃ ⁻)
تمام استات ها محلول هستند.	استات ها (C ₂ H ₃ O ₂ ⁻)
تمام کلرات ها محلول هستند.	کلرات ها (ClO ₃ ⁻)
تمام کلریدها محلول هستند به جز PbCl ₂ , Hg ₂ Cl ₂ , AgCl.	کلریدها (Cl ⁻)
تمام برومیدها محلول هستند به جز HgBr ₂ , PbBr ₂ , AgBr.	برومیدها (Br ⁻)
تمام یدیدها محلول هستند به جز HgI ₂ , PbI ₂ , Hg ₂ I ₂ , AgI.	یدیدها (I ⁻)
تمام سولفات ها محلول هستند به جز Ag ₂ SO ₄ , Hg ₂ SO ₄ , PbSO ₄ , BaSO ₄ , SrSO ₄ , CaSO ₄ .	سولفات ها (SO ₄ ²⁻)
عمدتاً در آب نامحلول هستند	گونه ها
تمام سولفیدها نامحلول هستند به جز سولفید عناصر گروه IIA , IA و نیز (NH ₄) ₂ S.	سولفیدها (S ²⁻)
تمام اکسیدها نامحلول هستند به جز اکسید فلزهای گروه IA و CaO , BaO , SrO.	اکسیدها (O ²⁻)
تمام کربنات ها نامحلول هستند به جز کربنات عناصر گروه IA و نیز (NH ₄) ₂ CO ₃ .	کربنات ها (CO ₃ ²⁻)
تمام سولفیت ها نامحلول هستند به جز سولفیت عناصر گروه IA و نیز (NH ₄) ₂ SO ₃ .	سولفیت ها (SO ₃ ²⁻)
تمام فسفات ها نامحلول هستند به جز فسفات عناصر گروه IA و نیز (NH ₄) ₃ PO ₄ .	فسفات ها (PO ₄ ³⁻)
تمام هیدروکسیدها نامحلول هستند به جز هیدروکسید عناصر گروه IA و Ca(OH) ₂ , Sr(OH) ₂ , Ba(OH) ₂ .	هیدروکسیدها (OH ⁻)

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

ترکیب ها : PbS , BaCl₂ , Cr(OH)₃ , CuBr , Na₂S , (NH₄)₂SO₄ , PbI₂ , Ca₃(PO₄)₂ , Ag₂SO₄ , CuO , K₂CO₃ , HgCl₂

محلول : BaCl₂ , CuBr , Na₂S , (NH₄)₂SO₄ , K₂CO₃ , HgCl₂

نامحلول : PbS , Cr(OH)₃ , PbI₂ , Ca₃(PO₄)₂ , Ag₂SO₄ , CuO

غلظت و روش های بیان آن

غلظت یک محلول به صورت مقدار ماده ی حل شونده در مقدار معینی حلال تعریف می شود. از آن جا که بسیاری از واکنش های شیمیایی در حالت محلول انجام می شوند و مبنای محاسبات کمی در محلول ها ، غلظت آن هاست لذا لازم است با غلظت و روش های دیگر آن آشنا شویم. برای بیان غلظت محلول ها روش های گوناگونی وجود دارد که در زیر به شرح آن ها می پردازیم :

۳- درصد حجمی

۲- غلظت ppm

۱- درصد جرمی

درصد جرمی : مقدار گرم ماده ی حل شونده در صد گرم محلول را درصد جرمی می گویند



نکته: برای محاسبه ی درصد جرمی از رابطه ی زیر استفاده می کنند : $100 \times \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} = \text{درصد جرمی}$

در این رابطه : **جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول**

مثال : مفهوم عبارت « سدیم کلرید ۰/۹ درصد » را بیان کنید؟

پاسخ : در هر ۱۰۰ گرم از این محلول ۰/۹ گرم سدیم کلرید وجود دارد و ۹۹/۱ گرم آن آب است.

مثال : ۱/۴۵ گرم نقره نیترات در ۴/۵۵ گرم آب حل شده است. درصد جرمی نقره نیترات را در این محلول حساب کنید؟

پاسخ : $6 \text{ g} = 1.45 \text{ g} + 4.55 \text{ g} = \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$

ادامه : $\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100 = \frac{1.45 \text{ g}}{6 \text{ g}} \times 100 = 24.16 \%$

مثال : محلول ۸۰ درصد جرمی استیک اسید موجود است. در ۲۵ گرم از این محلول چند گرم استیک اسید حل شده است؟

پاسخ : $20 \text{ g} = \text{جرم استیک اسید} = \frac{\text{جرم استیک اسید}}{25 \text{ g}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100 = \text{درصد جرمی}$

مثال : در ۸۰ گرم از محلول ۸ درصد جرمی پتاسیم نیترات چند گرم پتاسیم نیترات وجود دارد؟

پاسخ : $6.4 \text{ g} = \text{جرم پتاسیم نیترات} = \frac{\text{جرم پتاسیم نیترات}}{80 \text{ g}} \times 100 \Rightarrow 8 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100 = \text{درصد جرمی}$

مثال : محلول ۵٪ جرمی سدیم نیترات تهیه شده است. در ۲۰ گرم از این محلول چند گرم سدیم نیترات وجود دارد؟

پاسخ : $1 \text{ g} = \text{جرم سدیم نیترات} = \frac{\text{جرم سدیم نیترات}}{20 \text{ g}} \times 100 \Rightarrow 5 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100 = \text{درصد جرمی}$

تمرین : در ۲۵ گرم از محلول ۹۰ درصد جرمی پتاسیم کلرید ، چند گرم KCl وجود دارد ؟

تمرین : ۲/۸۸ گرم سدیم کلرات در ۷/۱۲ گرم آب حل شده است. درصد جرمی سدیم کلرات را در این محلول حساب کنید؟

تمرین : در چند گرم از محلول ۸۰ درصد جرمی پتاسیم کلرید ، ۶/۴ گرم KCl وجود دارد ؟

غلظت بر حسب ppm : برای محلول های بسیار رقیق ، جرم ماده ی حل شونده آن قدر ناچیز است که معمولاً به جای درصد ، غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm) بیان می شود :

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

موارد کاربرد غلظت ppm :

- تعیین مقادیر بسیار کم کاتیون ها و آنیون ها در آب دریا ، بدن جانداران ، بافت های گیاهی
- تعیین میزان آلاینده های هوا



نکته: بین درصد جرمی و ppm رابطه ی مقابل وجود دارد : $10^4 \times \text{درصد جرمی} = \text{ppm}$

مثال : اگر در ۲۰۰۰ گرم از محلولی ۰/۰۱ گرم یون منیزیم وجود داشته باشد ، غلظت آن را بر حسب ppm حساب کنید ؟

پاسخ : $5 \text{ ppm} = \frac{0.01 \text{ g}}{2000 \text{ g}} \times 10^6 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$

مثال : مقدار جیوه ی موجود در آب آشامیدنی نباید بیش تر از $10^{-7} \times 4$ گرم در هر گرم آب باشد، غلظت آن را بر حسب ppm حساب کنید ؟

..... $4 \times 10^{-7} \text{ g}$ جرم حل شونده

درصد حجمی: مقدار حجم ماده ی حل شونده در صد لیتر محلول را درصد حجمی می گویند.



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

نکته: برای محاسبه ی درصد جرمی از رابطه ی مقابل استفاده می کنند:

در این رابطه: **حجم حل شونده + حجم حلال = حجم محلول**

مثال: در ۸۴ میلی لیتر محلول ۲۰ درصد حجمی متانول چند میلی لیتر آب وجود دارد؟

پاسخ: $16.8 \text{ mL} = \text{حجم متانول} \Rightarrow 16.8 = \frac{\text{حجم متانول}}{84} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{\text{حجم متانول}}{\text{حجم محلول}} \times 100$

ادامه: $67.2 \text{ mL} = \text{حجم آب} \Rightarrow 67.2 = 16.8 + \text{حجم آب} \Rightarrow 84 = \text{حجم متانول} + \text{حجم آب}$

مثال: محلول ۲۵ درصد حجمی اتانول - آب در اختیار دارید. اگر در این محلول ۱۶ گرم اتانول وجود داشته باشد، حجم محلول چقدر است؟
($d_{\text{Etanol}} = 0.8 \text{ g/mL}$)

پاسخ: $20 \text{ mL Et} = 16 \text{ g Et} \times \frac{1 \text{ mL Et}}{0.8 \text{ g Et}}$

ادامه: $80 \text{ mL} = \text{حجم محلول} \Rightarrow 80 = \frac{20}{\text{حجم محلول}} \times 100 \Rightarrow 25 = \frac{\text{حجم اتانول}}{\text{حجم محلول}} \times 100$

مثال: درصد حجمی استون در محلولی شامل ۲۵ میلی لیتر استون و ۷۵ میلی لیتر آب را محاسبه کنید؟

پاسخ: $25\% = \frac{25}{75+25} \times 100 = \frac{\text{حجم استون}}{\text{حجم محلول}} \times 100$

تمرین: درصد حجمی اتانول را در محلولی شامل ۱۲۵ میلی لیتر اتانول و ۷۵ میلی لیتر آب مشخص کنید؟

تمرین: در ۶۰ میلی لیتر محلول ۷۵ درصد حجمی متانول در آب چند میلی لیتر متانول و چند میلی لیتر آب وجود دارد؟

تمرین: در محلول ۹۰ درصد حجمی استون در آب، چند میلی لیتر استون در ۶۰ میلی لیتر محلول وجود دارد؟

غلظت معمولی: جرم ماده ی حل شونده بر حسب گرم در یک لیتر محلول را غلظت معمولی می گویند و یکای آن g/L است.



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

نکته: برای محاسبه ی غلظت معمولی از رابطه ی مقابل استفاده می کنند:

در این رابطه: **حجم حل شونده + حجم حلال = حجم محلول**

مثال: در ۲۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید، ۰/۲ گرم NaOH وجود دارد. غلظت معمولی این محلول را حساب کنید؟

پاسخ: حجم را به لیتر تبدیل کرده در رابطه ی غلظت معمولی قرار دهید: $0.02 \text{ L} = \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 20 \text{ mL}$

ادامه: $10 \text{ g/L} = \frac{0.2 \text{ g NaOH}}{0.02 \text{ L NaOH}} = \frac{\text{جرم حل شونده بر حسب گرم}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$

مثال: در ۱۰۰ میلی لیتر محلول نقره نیترات، ۰/۸ گرم AgNO₃ وجود دارد. غلظت معمولی این محلول را حساب کنید؟

پاسخ: حجم را به لیتر تبدیل کرده در رابطه ی غلظت معمولی قرار دهید: $0.1 \text{ L} = \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 100 \text{ mL}$

ادامه: $8 \text{ g/L} = \frac{0.8 \text{ g AgNO}_3}{0.1 \text{ L AgNO}_3} = \frac{\text{جرم حل شونده بر حسب گرم}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$

تمرین: غلظت معمولی محلولی از پتاسیم نیترات ۸/۴ گرم بر لیتر است. ۴۲ گرم پتاسیم نیترات در چند میلی لیتر از این محلول وجود دارد؟

تمرین: ۳۰ گرم پتاسیم کلرید در محلول ۵ گرم بر لیتر آن وجود دارد. حجم محلول بر حسب لیتر چقدر است؟

تمرین: غلظت معمولی محلولی از سدیم کلرید را به دست آورید که ۴/۵ گرم سدیم کلرید در ۱۸۰ میلی لیتر محلول حل شده است؟

غلظت مولار (غلظت مولی یا مولاریته) : تعداد مول های ماده ی حل شونده در یک لیتر محلول را غلظت مولار می گویند و آن را با نماد M نشان می دهند و یکای آن mol/L است.

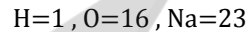


نکته: برای محاسبه ی غلظت مولار از رابطه ی مقابل استفاده می کنند :

$$\text{غلظت مولار (M)} = \frac{\text{مول حل شونده (n)}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر (V)}}$$

در این رابطه : **حجم حل شونده + حجم حلال = حجم محلول**

مثال : در ۲۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید ، ۰/۴ گرم NaOH وجود دارد. غلظت مولار محلول را حساب کنید؟



پاسخ : حجم محلول را به لیتر و جرم حل شونده را به مول تبدیل کرده در رابطه جاگذاری کنید:

$$\text{ادامه : } ? \text{ L Mah NaOH} = 20 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.02 \text{ L}$$

$$\text{ادامه : } ? \text{ mol NaOH} = 0.4 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0.01 \text{ mol NaOH}$$

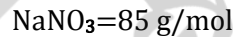
$$\text{ادامه : } M = \frac{n}{V} = \frac{0.01 \text{ mol NaOH}}{0.02 \text{ L NaOH}} = 0.5 \text{ mol/L}$$

مثال : در ۲۰ لیتر محلول نقره نیترات ، ۳/۴ گرم AgNO₃ وجود دارد. غلظت مولار محلول را حساب کنید؟

$$\text{پاسخ : } ? \text{ mol AgNO}_3 = 3.4 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{170 \text{ g AgNO}_3} = 0.02 \text{ mol AgNO}_3$$

$$\text{ادامه : } M = \frac{n}{V} = \frac{0.02 \text{ mol AgNO}_3}{20 \text{ L AgNO}_3} = 0.001 \text{ mol/L}$$

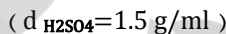
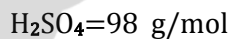
مثال : ۴۲/۵ گرم سدیم نیترات در ۸۰ میلی لیتر محلول سدیم نیترات حل شده است. مولاریته ی محلول را حساب کنید؟



$$\text{پاسخ : } ? \text{ mol NaNO}_3 = 42.5 \text{ g NaNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} = 0.5 \text{ mol NaNO}_3$$

$$\text{ادامه : } M = \frac{n}{V} = \frac{0.5 \text{ mol NaNO}_3}{0.08 \text{ L NaNO}_3} = 6.25 \text{ mol/L}$$

مثال : برای تهیه ی ۱۵۰ میلی لیتر محلول سولفوریک اسید ۲ مولار :



الف) چند گرم سولفوریک اسید غلیظ ۸۰ درصد جرمی لازم است؟

ب) چند میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ لازم است؟

$$\text{پاسخ الف) روش اول : } M = \frac{n}{V} \Rightarrow 2 = \frac{n \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{0.15 \text{ L H}_2\text{SO}_4} \Rightarrow n \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 0.3 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

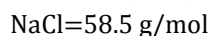
$$\text{ادامه : } ? \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 0.3 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 29.4 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{ادامه : } \text{H}_2\text{SO}_4 = 36.75 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow 80 = \frac{29.4}{\text{جرم سولفوریک اسید ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم سولفوریک اسید خالص} = \frac{29.4}{0.8} = 36.75 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

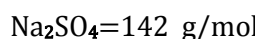
$$\text{پاسخ الف) روش دوم : } ? \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 150 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1000 \text{ mL H}_2\text{SO}_4} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{100 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{80 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 36.75 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{پاسخ ب) } ? \text{ mL H}_2\text{SO}_4 = 36.75 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{SO}_4}{1.5 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 24.5 \text{ mL H}_2\text{SO}_4$$

تمرین : در ۵۰۰ میلی لیتر محلول سدیم کلرید، ۵/۸۵ گرم سدیم کلرید وجود دارد. مولاریته ی محلول را حساب کنید؟



تمرین : در ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۲۵ مولار سدیم سولفات ، چند گرم سدیم سولفات وجود دارد؟



غلظت مولال (مولالیتة) : تعداد مول های ماده ی حل شونده در یک کیلوگرم حلال را غلظت مولال می گویند و یکای آن mol/Kg است.



نکته: برای محاسبه ی غلظت مولال از رابطه ی مقابل استفاده می کنند :

$$\text{غلظت مولال} = \frac{\text{مول حل شونده (n)}}{\text{جرم حلال بر حسب کیلوگرم (m)}}$$

مثال : مقدار ۸۰ گرم سدیم هیدروکسید را در ۲۰۰ گرم آب حل کرده اند. مولالیتة ی محلول را محاسبه کنید؟ NaOH=40 g/mol

پاسخ: $2 \text{ mol NaOH} = 80 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}}$

ادامه : $? \text{ Kg H}_2\text{O} = 200 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ Kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.2 \text{ Kg H}_2\text{O}$

ادامه: $10 \text{ molal} \text{ or } 10 \frac{\text{mol}}{\text{Kg}} = \frac{2 \text{ mol NaOH}}{0.2 \text{ Kg H}_2\text{O}} = \frac{n}{m} = \text{مولالیتة}$

مثال : در ۲۰ گرم آب ، ۰/۴ گرم NaOH حل شده است. غلظت مولال محلول را حساب کنید؟ NaOH=40 g/mol

پاسخ: $0.01 \text{ mol NaOH} = 0.4 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}}$

ادامه : $? \text{ Kg H}_2\text{O} = 20 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ Kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.02 \text{ Kg H}_2\text{O}$

ادامه : $0.5 \text{ mol/Kg or } 0.5 \text{ molal} = \frac{n}{m} = \frac{0.01 \text{ mol NaOH}}{0.02 \text{ Kg H}_2\text{O}} = \text{مولالیتة}$



نکته: تغییر دما بر مقدار غلظت معمولی و غلظت مولال محلول ها مؤثر است اما بر درصد جرمی و غلظت مولال اثری ندارد. زیرا تغییر دما موجب تغییر حجم می شود در حالی که بر جرم تأثیری ندارد. و درصد جرمی و غلظت مولال مستقل از حجم هستند.

تمرین : در ۸۰ گرم آب ، ۸ گرم NaOH حل شده است. غلظت مولال محلول را حساب کنید؟

تمرین : اگر درصد جرمی محلولی از سولفوریک اسید برابر ۴۹ باشد ، مولالیتة ی محلول را حساب کنید؟ H₂SO₄=98 g/mol

محلول های الکترولیت و غیر الکترولیت

محلول های آبی دارای یون ، جریان برق را از خود عبور می دهند. آب خالص به مقدار بسیار کم به یون تفکیک می شود و رسانایی الکتریکی ضعیفی دارد. محلول ها را از نظر تفکیک یا عدم تفکیک به یون به دو دسته طبقه بندی می کنند :

۱. الکترولیت
۲. غیر الکترولیت

الکترولیت ها : موادی هستند که در آب به طور کامل یا به مقدار کم به یون تفکیک می شوند.

مانند HCl , NaCl , KCl , NaOH , ...

محلول الکترولیت : محلول آبی مواد الکترولیت را محلول الکترولیت می گویند که کم و بیش رسانای جریان برق هستند.



نکته: بیش تر محلول هایی که از حل کردن ترکیب های یونی یا کووالانسی قطبی در آب به دست می آیند ، الکترولیت هستند.

ترکیب یونی : $\text{NaCl(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

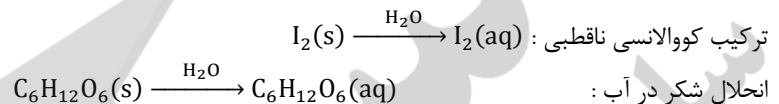
غیر الکترولیت ها : موادی هستند که در آب به صورت مولکولی حل می شوند و بر اثر انحلال یون تولید نمی کنند.

مانند CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, I_2 , ...

محلول غیر الکترولیت : محلول آبی مواد غیر الکترولیت را محلول غیر الکترولیت می گویند که رسانای جریان برق نیست.



نکته: محلول هایی که از حل کردن ترکیب های کووالانسی ناقطبی در آب یا حلال های ناقطبی حاصل می شوند ، غیر الکترولیت هستند...



الکترولیت ها از نظر رسانایی الکتریکی به دو دسته تقسیم می شوند :

۱. **الکترولیت ضعیف:** الکترولیت هایی هستند که هنگام انحلال در آب به طور عمده به صورت مولکولی حل شده ، تعداد کمی از مولکول های حل شده آن ها یونیده می شوند.

- اسیدهای ضعیف مانند ... CH_3COOH , HF , HCN
- بازهای ضعیف مانند ... NH_3

۲. **الکترولیت قوی:** الکترولیت هایی هستند که هنگام انحلال در آب به طور کامل تفکیک یا یونیده می شوند.

- اسیدهای قوی مانند ... HCl , H_2SO_4 , HNO_3
- بازهای قوی مانند ... NaOH , KOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- نمک ها مانند ... NaCl , KCl , KNO_3

مثال : از میان ترکیب های آمونیاک ، هیدروژن فلئوئورید ، کلسیم سولفات ، کروم (III) نیترات ، پتاسیم نیترات ، گلوکز ، ید :

(الف) کدام الکترولیت و کدام غیر الکترولیت است؟

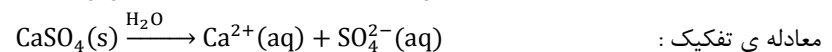
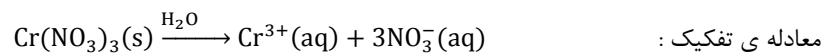
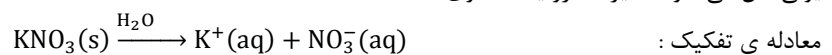
(ب) کدام الکترولیت قوی و کدام الکترولیت ضعیف است؟

(پ) در میان الکترولیت های قوی کدام یک رسانای خوب جریان برق است؟

پاسخ (الف) ید و گلوکز غیر الکترولیت هستند. زیرا در آب به صورت مولکولی حل شده و یون تولید نمی کنند.

آمونیاک ، پتاسیم نیترات ، هیدروژن فلئوئورید ، کروم (III) نیترات ، کلسیم سولفات الکترولیت هستند. زیرا موقع انحلال در آب به طور کامل یا کم به یون تفکیک می شوند.

پاسخ (ب) در میان الکترولیت ها آمونیاک و هیدروژن فلئوئورید الکترولیت ضعیف هستند زیرا به طور عمده به صورت مولکولی و کمی هم به صورت یونی حل می شوند. سایر الکترولیت ها قوی هستند.



پاسخ (پ) محلول پتاسیم نیترات و کروم (III) نیترات رسانای خوب جریان برق هستند زیرا این ترکیب ها در آب محلول هستند. اگر چه کلسیم سولفات یک الکترولیت قوی است ، اما چون انحلال پذیری کمی در آب دارد ، محلول آن رسانای خوب جریان برق نیست.



نکته: رسانایی الکتریکی کروم (III) نیترات بهتر از پتاسیم نیترات است زیرا از حل شدن آن چهار مول یون تولید می شود.

تمرین : معادله ی تفکیک یونی هر یک از ترکیب های یونی زیر را در آب بنویسید:

- (الف) KBr (ب) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (ج) Na_2CO_3 (د) $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$

درصد تفکیک یونی

برای مقایسه ی تمایل تفکیک الکترولیت ها به یون ، هنگام حل شدن در آب یا حلال های قطبی دیگر از مفهوم درصد تفکیک یونی استفاده می شود :

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

نکته: درصد تفکیک یونی غیر الکترولیت ها صفر و درصد تفکیک یونی الکترولیت های قوی ۱۰۰ می باشد. در حالی که درصد تفکیک یونی الکترولیت های ضعیف بین صفر و ۱۰۰ است.

نکته: درصد تفکیک یونی به دما و غلظت بستگی دارد و با افزایش دما و کاهش غلظت ، افزایش می یابد.

نکته: میزان رسانایی الکتریکی الکترولیت ها به دو عامل بستگی دارد :

۱. درصد تفکیک یونی

۲. میزان انحلال پذیری

مثال : در دمای ۲۰ درجه ی سلسیوس غلظت یون H^+ محلول 0.1 mol. L^{-1} فرمیک اسید ($HCOOH$) برابر $10^{-3} \times 4/21$ است. درصد تفکیک یونی این اسید را محاسبه کنید؟

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

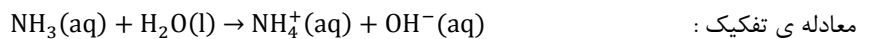
$$\text{درصد تفکیک یونی} = \frac{4.21 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100 = 4/21 \%$$

مثال : اگر در دمای ۲۰ درجه ی سلسیوس درصد تفکیک یونی محلول 0.2 mol. L^{-1} استیک اسید (CH_3COOH) برابر 93.5% باشد ، غلظت مولی H^+ را در این محلول محاسبه کنید؟

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

$$0.935 = \frac{H^+}{0.2} \times 100 \Rightarrow H^+ = \frac{0.935 \times 0.2}{100} = 1.87 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

تمرین : آمونیاک یک الکترولیت ضعیف است و طبق معادله ی زیر در آب تفکیک می شود :



در دمای ۲۵ درجه ، غلظت یون OH^- در محلول 0.1 mol. L^{-1} آمونیاک برابر $10^{-4} \times 4/2$ است. درصد تفکیک یونی الکترولیت را حساب کنید؟

تمرین : در محلولی از هیدروفلوئوریک اسید ، از هر 1000 مولکول HF تعداد 80 مولکول به صورت یون تفکیک می شود. درصد تفکیک یونی HF را حساب کنید؟

خواص کولیگاتیو محلول ها

حل شونده ی غیر فرار : ماده ای است که در دمای اتاق فشار بخار بسیار ناچیزی داشته باشد. شامل جامدها یا مایع های با دمای جوش بالا هستند.



نکته: مایع فرار ، مایعی است که دمای جوش آن کم تر از 100°C باشد.

خواص کولیگاتیو : خواصی از ماده را که به تعداد ذره های حل شونده ی غیر فرار موجود در محلول بستگی دارند ، خواص کولیگاتیو می گویند. فشار بخار ، نقطه ی جوش ، نقطه ی انجماد ، فشار اسمزی و ... خواص کولیگاتیو هستند.



نکته: خواص کولیگاتیو ، به نوع و خواص شیمیایی ذره ها بستگی ندارد و تنها به تعداد ذره های موجود در محلول وابسته است.

فشار بخار محلول ها



اگر در یک بشر مقداری آب بریزید ، آب به تدریج بخار شده سطح آب درون بشر پایین می آید. سرعت تبخیر سطحی هر مایع به تعداد مولکول های موجود در سطح مایع بستگی دارد و با آن متناسب است. در شکل (آ) تعداد مولکول های حلال در سطح مایع بیشتر و سرعت تبخیر سطحی بیشتر است. مولکول های بخار شده به دیواره های ظرف ، مولکول های هوا و سطح مایع برخورد کرده ، فشاری به اطراف خود وارد می کند. به فشار ایجاد شده ، **فشار بخار مایع** می گویند. در این حالت فشار بخار

زیاد است. در حالی که در شکل (ب) تعدادی از ذره های حل شونده ی غیر فرار جای مولکول های حلال را در سطح می گیرند ، تعداد مولکول های موجود در سطح مایع کاهش یافته ، سرعت تبخیر سطحی کم می شود. در این حالت فشار بخار ایجاد شده کم تر خواهد بود. **فشار بخار :** فشار ناشی از حضور مولکول های بخار در بالای سطح مایع را فشار بخار مایع می گویند.



نکته: مایع ها در هر دمایی تبخیر می شوند. اما در دماهای بالاتر سرعت تبخیر سطحی بیشتر تر از دماهای پایین تر است.

سرعت تبخیر هر مایع به دو عامل بستگی دارد :

- (۱) **دما :** هر چه دما بالاتر باشد ، انرژی جنبشی مولکول ها بیشتر تر شده ، سرعت تبخیر نیز افزایش می یابد.
- (۲) **نیروی جاذبه ی بین مولکولی :** هر چه نیروی بین مولکولی مایع کم تر باشد ، سرعت تبخیر سطحی در دمای معین بیشتر تر خواهد بود.



نکته: در دمای ثابت ، حل شدن یک حل شونده ی غیر فرار در یک مایع موجب کاهش فشار بخار محلول در مقایسه با حلال خالص می شود.

مثال : فشار بخار آب خالص ، محلول دو مولال و چهار مولال شکر را مقایسه کنید؟

پاسخ : فشار بخار آب خالص بیشتر تر از محلول دو مولال و آن هم بیشتر تر از محلول چهار مولال شکر است. زیرا فشار بخار تنها به تعداد ذره ها بستگی دارد. با افزایش تعداد ذره های حل شونده ی غیر فرار ، فشار بخار کاهش می یابد.

تمرین : فشار بخار محلول یک مولال شکر و محلول یک مولال نمک طعام را مقایسه کنید؟

نقطه ی جوش محلول ها

جوشیدن زمانی روی می دهد که فشار بخار مایع با فشار هوای روی سطح مایع (فشار محیط) برابر شود. آب خالص در فشار یک اتمسفر در 100°C به جوش می آید.

سؤال : چرا نقطه ی جوش محلول شکر در آب یا محلول نمک در آب بیش تر از آب خالص است؟

پاسخ : از آن جا که فشار بخار محلول شکر در آب کم تر از آب خالص است ، بنابراین برای رساندن فشار بخار این محلول به فشار یک اتمسفر، مولکول های آب باید از قسمت های زیرین به سطح بیایند و به مولکول های موجود در سطح محلول ملحق شوند. از آن جا که این مولکول ها درون محلول قرار دارند لذا تحرک کم تری دارند و برای تبخیر آن ها انرژی بیش تری لازم است. به همین دلیل نقطه ی جوش محلول نسبت به حلال خالص ، افزایش می یابد.



نکته: حل شدن یک حل شونده ی غیر فرار در مایع موجب افزایش نقطه ی جوش محلول در مقایسه با حلال خالص می شود.



نکته: نقطه ی جوش یک محلول بر خلاف حلال خالصی جوشیدن ثابت نمی ماند و افزایش می یابد. زیرا با گذشت زمان حلال به تدریج بخار شده ، بر غلظت حل شونده (افزایش تعداد ذره های حل شونده) افزوده می شود.

نقطه ی انجماد محلول ها

آب خالص در دمای صفر درجه ی سلسیوس یخ می زند. در حالی که محلول آب نمک نقطه ی انجماد پایین تری دارد. از این خاصیت در زمستان برای تسریع در ذوب شدن یخ در پیاده روها و سطح پوشیده از برف جاده ها استفاده می کنند.

آنتروپی یخ > آنتروپی آب > آنتروپی آب نمک

هنگامی که آب خالص یخ می زند تغییر آنتروپی کم تر است. اما هنگامی که آب نمک یخ می زند ، تغییر آنتروپی بیش تر است بنابراین تمایل آب نمک برای یخ زدن کم تر از آب خالص است و آب نمک در دمای پایین تری یخ می زند.



نکته: حل شدن یک حل شونده ی غیر فرار در مایع موجب کاهش نقطه ی انجماد محلول در مقایسه با حلال خالص می شود.

تمرین : چرا در رادیاتور خودروها به جای استفاده از آب خالص، از مخلوط آب و ضد یخ استفاده می کنند؟

تمرین : چرا نقطه ی جوش محلول بر خلاف حلال خالص ثابت نیست و با گذشت زمان افزایش می یابد؟

تمرین : آنتروپی آب ، یخ و یک محلول آبی را با هم مقایسه کنید؟

تمرین : آب خالص یا محلول آب نمک تمایل بیش تری برای انجماد دارد؟ چرا ؟



نکته: حل شدن یک حل شونده ی غیر فرار در مایع موجب کاهش فشار بخار ، افزایش نقطه ی جوش و کاهش نقطه ی انجماد محلول خواهد شد.

سؤال : چرا برای مقایسه ی تعداد ذره های حل شونده در محلول های متفاوت از غلظت مولال استفاده می کنند؟

(۱) مقدار عددی مولالیته ی یک محلول با تغییر دما تغییر نمی کند. در حالی که مولالیته متغیر است.

(۲) در محلول های با مولالیته ی متفاوت ، جرم حلال یکسان است. یعنی در این گونه محلول ها تنها تعداد ذره های حل شونده متفاوت است.

روش تعیین تعداد ذره های حل شونده در محلول ها

◆ **حل شونده غیر الکترولیت** : تعداد ذره های حل شونده با مولالیتته ی محلول برابر است.

- تعداد ذره ها در محلول دو مولال شکر = دو مول ذره
- تعداد ذره ها در محلول سه مولال اتانول = سه مول ذره

◆ **حل شونده الکترولیت قوی با انحلال پذیری زیاد** : تعداد ذره های حل شونده برابر حاصل ضرب مولالیتته در تعداد یون های تفکیک شده است.

تعداد یون های تفکیک شده \times مولالیتته ی محلول = تعداد ذره های حل شونده

• محلول ۳ مولال سدیم کلرید : مول $3 \times 2 = 6$ = تعداد ذره های حل شونده $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

• محلول ۲ مولال منیزیم کلرید : مول $2 \times 3 = 6$ = تعداد ذره های حل شونده $\text{MgCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$

نتیجه : اگر تعداد ذره های حل شونده برای دو محلول برابر باشد مقدار خواص کولیگاتیو برای دو محلول یکسان خواهد بود. به عنوان مثال فشار بخار ، نقطه ی جوش و نقطه ی انجماد محلول ۳ مولال سدیم کلرید و محلول ۲ مولال منیزیم کلرید برابر است.



نکته: یک مول از هر ماده ی غیر الکترولیت، دمای انجماد آب را $1/185^\circ\text{C}$ کاهش و دمای جوش آن را $0/52^\circ\text{C}$ افزایش می دهد.

$1 \times (-1/185)^\circ\text{C} = -1/185^\circ\text{C}$	محلول یک مولال شکر (یک مول ذره)	شروع انجماد
$2 \times (-1/185)^\circ\text{C} = -3/71^\circ\text{C}$	محلول یک مولال آب نمک (دو مول ذره)	
$3 \times (-1/185)^\circ\text{C} = -5/55^\circ\text{C}$	محلول یک مولال کلسیم کلرید (سه مول ذره)	
$100 + (0/52)^\circ\text{C} = 100/52^\circ\text{C}$	محلول یک مولال شکر (یک مول ذره)	شروع جوش
$100 + 2(0/52)^\circ\text{C} = 101/04^\circ\text{C}$	محلول یک مولال آب نمک (دو مول ذره)	
$100 + 3(0/52)^\circ\text{C} = 101/56^\circ\text{C}$	محلول یک مولال کلسیم کلرید (سه مول ذره)	

تمرین : جدول زیر را کامل کنید؟

ماده ی حل شونده	ساکاروز	پتاسیم برومید	منیزیم کلرید
غلظت مولال محلول آبی			۱
تعداد مول های ذره ی حل شونده		۴	
شروع نقطه ی انجماد ($^\circ\text{C}$)	-۱/۸۵		-۵/۵۵
شروع نقطه ی جوش ($^\circ\text{C}$)		۱۰۲/۰۸	

کلوئیدها

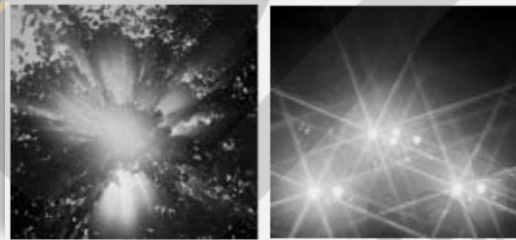
در سال ۱۸۶۱ توماس گراهام واژه ی کلوئید را برای دسته ای از مخلوط ها پیشنهاد کرد. کلوئید از واژه ی یونانی Kolla به معنی چسب گرفته شده است. رنگ های پوششی ، سرامیک ها ، مواد آرایشی ، پاک کننده ها ، مواد غذایی و بسیاری از مواد ضروری زندگی اهمیت کلوئید را در زندگی انسان نشان می دهد.

خواص کلوئیدها

- ۱) مخلوط هایی ناهمگن هستند.
- ۲) ظاهری کدر و مات دارند.
- ۳) ذره های تشکیل دهنده ی آن ها درشت هستند.
- ۴) ذره های سازنده ی کلوئید پس از مدتی ماندگاری ته نشین نمی شوند.
- ۵) ذره های سازنده ی کلوئید را نمی توان با صافی جدا کرد.

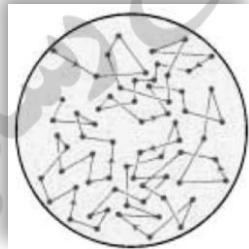
ویژگی های کلوئیدها

- ◆ **ذره های کلوئید نور مرئی را پخش می کنند:** ذره های تشکیل دهنده ی کلوئید به اندازه ی کافی درشت هستند که بتوانند نور را پخش کنند. **اثر تیندال:** پخش نور به وسیله ی ذره های کلوئید را اثر تیندال می گویند.



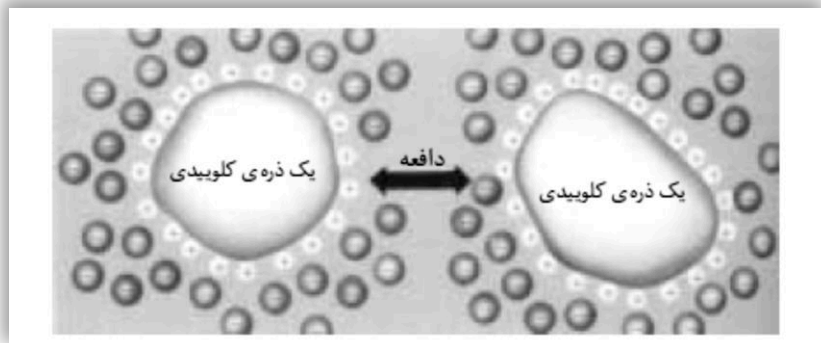
(اثر تیندال) پخش پرتوهای خورشید در هوای مه آلود یا آلوده به غبار

- ◆ **ذره های کلوئید پیوسته در جنب و جوش هستند:** هنگامی که ذره های کلوئید به هم می رسند در برخورد با یک دیگر تغییر جهت می دهند. **حرکت براونی:** به حرکت دائمی و نامنظم ذره های کلوئید، حرکت براونی می گویند.



حرکت براونی ذره های کلوئید

- ◆ **ذره های کلوئید بار الکتریکی دارند:** ذره های کلوئید می توانند ذره های باردار مانند یون ها را در سطح خود جذب کنند و به نوعی بار الکتریکی دست یابند. این بار الکتریکی می تواند مثبت یا منفی باشد. علت پایداری کلوئیدها (ته نشین نشدن فاز پخش شونده) وجود بار الکتریکی در آن هاست. **لخته شدن:** با افزایش کنترولیت به یک کلوئید، ذره های کلوئید ته نشین می شوند. این فرآیند را لخته شدن می گویند.



نوع مخلوط	حداقل اجزای تشکیل دهنده	تعداد فازها	ذره های سازنده	اندازه ی ذره ها (nm)	نمونه
محلول	حلال حل شونده	۱	یون ها یا مولکول ها	< ۱	حلال : آب حل شونده : نمک خوراکی
کلوئید	فاز پخش کننده پخش شونده	≥ 2	مولکول های بزرگ یا توده های مولکولی	۱-۱۰۰	فاز پخش کننده : آب فاز پخش شونده : قطره های چربی
سوسپانسیون	فاز پخش کننده پخش شونده	≥ 2	توده های مولکولی بزرگ یا ذره های بسیار کوچک	> ۱۰۰	فاز پخش کننده : آب فاز پخش شونده : دانه های خاکشیر

کلوئیدها نیز مانند محلول ها به سه حالت جامد ، مایع و گاز یافت می شوند :

فاز پخش شونده	فاز پخش کننده	نام	نمونه ها
گاز	مایع	کف	کف صابون
	جامد	کف جامد	سنگ پا ، یونالیت
مایع	گاز	آیروسول مایع	مه
	مایع	امولسیون	شیر ، کره ، مایونز
	جامد	ژل	ژله ، ژل موی سر
جامد	گاز	آیروسول جامد	دود ، غبار
	مایع	سول	رنگ های روغنی
	جامد	سول جامد	سنگ های گران بها ، یاقوت ، لعل ، فیروزه

سوسپانسیون

سوسپانسیون : ذره های بسیار ریز جامد معلق در یک مایع را سوسپانسیون گویند.

- ◆ هرگاه یک ماده ی نامحلول مانند ماسه ی نرم یا پودر سنگ آهک را در آب بریزید و خوب به هم بزنید ، سوسپانسیون تشکیل می شود.
- ◆ عبارت « پیش از مصرف ، شیشه را خوب تکان دهید » نشان دهنده ی سوسپانسیون بودن محتویات آن است.

ویژگی های سوسپانسیون

- ۱) نور را از خود عبور نمی دهند.
- ۲) ذره های سازنده ی آن به تدریج ته نشین می شوند.
- ۳) ذره های سازنده ی آن از صافی عبور نمی کند.
- ۴) ذره های سازنده ی آن با کاغذ صافی قابل جداسازی هستند.

امولسیون

امولسیون : ذره های معلق در مایع دیگر را امولسیون گویند.

- ◆ امولسیون ها حالت ناپایدار دارند و با گذشت زمان دو مایع از یک دیگر جدا شده ، دو فاز را تشکیل می دهند.
- ◆ برای جلوگیری از ناپایداری امولسیون به آن **عامل امولسیون کننده** اضافه می کنند.
- ◆ عامل امولسیون کننده یک سر آب گریز دارد که در چربی ها حل می شود و یک سر آب دوست دارد که در آب حل می شود و موجب پایداری امولسیون ها می شود.
- ◆ **مایونز** امولسیونی است که در آن روغن مایع ، فاز پخش کننده و سرکه فاز پخش شونده است. زرده ی تخم مرغ که حاوی لسیترین است عامل امولسیون کننده است.
- ◆ شیر امولسیون طبیعی ، و پایدار است که آب فاز یخش ، کننده ، قطره های چربی ، فاز یخش ، شونده و کازئین ، عامل امولسیون کننده است.



نکته: امولسیون ها نیز مانند سوسپانسیون ها کدر هستند و حالت ناپایدار دارند. به عنوان مثال ذره های چربی موجود در شیر را با عمل سانتریفوژ یا تکان دادن شدید جداسازی می کنند. (گرفتن کره از شیر)

صابون و نقش امولسیون کنندگی آن

چرک لباس و پوست بدن بیش تر از جنس چربی است. آب و چربی در یک دیگر حل نمی شوند و دو فاز جدا از هم را تشکیل می دهند. به همین دلیل آب نمی تواند چرک ها را از لباس یا بدن جدا کند. برای جدا کردن چرک ها باید امولسیون پایداری از چرک ها در آب ایجاد کرد. برای این کار از پاک کننده ها (صابون) استفاده می کنند.



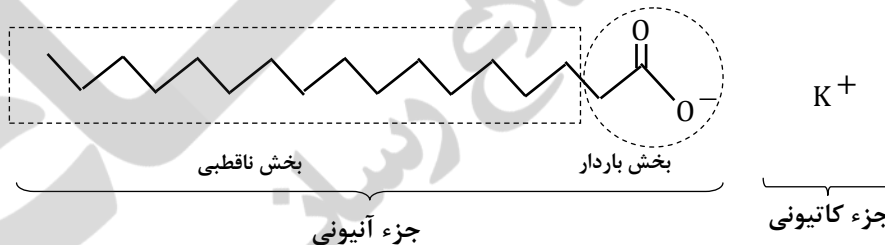
نکته: صابون نمک سدیم ، پتاسیم یا آمونیوم اسیدهای چرب دراز زنجیر است.

صابون دارای دو جزء است :

- ۱) **جزء کاتیونی :** شامل کاتیون سدیم (Na^+) ، پتاسیم (K^+) یا آمونیوم (NH_4^+) است.
- ۲) **جزء آنیونی :** شامل دو بخش آب گریز و آب دوست است.

بخش آب گریز : یک بخش زنجیر هیدروکربنی است و سر ناقطبی صابون را تشکیل می دهد. این بخش مولکول در حلال های ناقطبی حل می شود.

بخش آب دوست : بخش دیگر صابون سر قطبی و آب دوست است. این بخش مولکول در حلال های قطبی مانند آب حل می شود.



نکته: صابون جامد ، نمک سدیم اسید چرب و صابون مایع نمک پتاسیم یا آمونیوم اسید چرب است.

پاک کننده های غیرصابونی

در سال ۱۹۳۰ با پیشرفت علم شیمی ، پاک کننده های غیر صابونی به بازار عرضه شدند. در این پاک کننده ها به جای گروه کربوکسیلات صابون ($-\text{CO}_2^-$) گروه های دیگری از جمله گروه سولفونات ($-\text{SO}_3^-$) قرار گرفته است. سدیم دودسیل بنزن سولفونات نمونه ای از پاک کننده های غیر صابونی است.

در این پاک کننده ها ، چربی ها به زنجیر آلکیل می چسبند و گروه سولفونات که انتهای باردار پاک کننده را تشکیل می دهد ، سبب پخش شدن چربی ها در آب می شود.

