

آب، آهنگ زندگی

فصل ۳



WWW.SHIMIAGHEL.IR

آ- سیاره آبی

سیاره ما با جوی سرشار از اکسیژن و سطحی پوشیده از آب فراوان همانند سفینه‌ای مجهز و بسیار بزرگ است. سفینه‌ای که میلیارد‌ها مسافر خود را با منابع عظیم آب و آذوقه که در سرتاسر آن گسترده شده است. رایگان به سفر آفاق می‌برد. این مروارید آبی در سامانه خورشیدی، امن‌ترین جا برای زندگی ما و دیگر جانداران و نیز پهناترین زیستگاه برای آبزیان به شمار می‌رود.

- (1) زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود، زیرا نزدیک به 75 درصد سطح آن را آب پوشانده است.
- (2) جرم کل آب روی کره زمین در حدود $1/5 \times 10^{18}$ تن برآورد می‌شود که بخش عمده آن را اقیانوس و دریاها توزیع شده است، به گونه‌ای که اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم، آب همه سطح آن را تا ارتفاع 2 متر می‌پوشاند.
- توجه:** جرم آب روی سطح زمین در حدود یک میلیونیم $\left(\frac{1}{1000000}\right)$ جرم زمین است.
- (3) آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوط همگن است که اغلب مزه شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است. برآوردها نشان می‌دهند که 5×10^{16} تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد.
- (4) سالانه میلیارد‌ها تن مواد گوناگون از سنگ کره وارد آب کره می‌شود. از آن‌جا که جرم کل مواد حل شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است، پس همین مقدار ماده نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شود.

ب- زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست

- (1) کره زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است.
 - هوا کره از مولکول‌های کوچک شامل نیتروژن، اکسیژن و... تشکیل شده است.
 - آب کره از مولکول‌های کوچک آب، یون‌ها و... تشکیل شده است.
 - سنگ کره از مواد جامد مانند ماسه، نمک‌ها و... تشکیل شده است.
 - زیست کره شامل جانداران روی کره زمین است. در واکنش‌های آن‌ها درست مولکول نقش اساسی ایفا می‌کنند.
- (2) زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های گوناگون آن با یک دیگر برهم کنش‌های فیزیکی و شیمیایی دارند. درون این سامانه و بین این چهار بخش، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود، برای نمونه:



شکل ۲- زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش های گوناگون آن با یکدیگر برهم کنش های فیزیکی و شیمیایی دارند.

- سالانه حجم عظیمی از آب دریاها بخار و وارد هوا کره می شود و به صورت بارش در آب کره یا سنگ کره فرود می آید.
- جانداران آبی سالانه میلیاردها تن کربن دی اکسید را وارد هوا کره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می کنند.
- فعالیت های آتشفشانی سبب می شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گردوغبار وارد هوا کره شوند.
- لاشه جانداران و گیاهان بر اثر واکنش های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول های کوچک تری وارد آب کره، هوا کره، یا سنگ کره می شوند. هم چنین جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب های کربن دار را وارد بخش ها گوناگون کره زمین می کنند.

پ - یون های موجود در آب دریا

در جدول زیر نام، نماد شیمیایی و مقدار برخی ون های حل شده در آب دریا نشان داده شده است.

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
مقدار یون (میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا ppm)	19000	10500	2655	1350	400	380	140	65

با توجه به جدول فوق می توان دریافت که:

(1) مقدار یون کلرید (Cl^-) از بقیه آنیون های موجود در آب دریا بیشتر است.

مقدار آنیون‌ها : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3^{2-} > \text{Br}^-$

(2) مقدار یون سدیم (Na^+) از بقیه کاتیون‌های موجود در آب دریا بیشتر است.

مقدار کاتیون‌ها : $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$

کاتیون‌های گروه ۲

کاتیون‌های گروه ۱

توجه! در میان همه آنیون‌ها و کاتیون‌ها موجود در آب دریا، مقدار یون **کلرید** از همه بیشتر است.

(3) وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های گوناگون در آن است. به‌طور مثال انحلال سدیم کلرید (NaCl) باعث ورود یون‌های کلرید (Cl^-) و سدیم (Na^+) در آب دریا می‌شود.

حل شدن ترکیب‌های یونی دیگر هم چون Na_2CO_3 ، Na_2SO_4 و NaBr هم سبب ورود یون Na^+ در آب دریا می‌شوند. از طرف دیگر انحلال ترکیب‌های یون مانند MgCl_2 و CaCl_2 نیز سبب ورود کلرید (Cl^-) به آب دریا می‌شوند.

(۷۸) مقدار یون حل شده در آب دریا، بیش‌تر از یون بوده و تعداد اتم‌های یون

کم‌تر از تعداد اتم‌های یون می‌باشد.

(۲) پتاسیم - برومید - سولفات - نیتрат

(۱) منیزیم - کلرید - کربنات - فسفات

(۴) کلسیم - سدیم - فسفات - سولفات

(۳) سولفات - کربنات - نیترات - فسفات

ت - منابع آب در کره زمین

(1) نوع و فراوانی منابع گوناگون آب موجود در کره زمین در شکل مقابل نشان داده شده است. با توجه با این شکل منابع آب در کره زمین را می‌توان به دو دسته کلی «منابع اقیانوسی» و «منابع غیر اقیانوسی» تقسیم کرد.



(2) منابع اقیانوسی (اقیانوس ها) 97/2 از منابع آب را تشکیل می دهند و تنها 2/8 از منابع آب را منابع غیراقیانوسی تشکیل می دهند که شامل کوه های یخ، آب های زیرزمینی (چشمه ها)، نهرها و جوی ها، آب شیرین دریاچه ها، آب شور دریاها و دریاچه ها، رطوبت خاک و بخار آب هوا می باشد.

(3) ترتیب فراوانی منابع غیراقیانوسی به صورت زیر است:

مجموعه آب شیرین و آب شور دریاها
> آب نهرها و جوی ها > آب های زیرزمینی > کوه های یخ : منابع غیراقیانوسی
و دریاچه ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا

(4) از میان منابع غیراقیانوس (2/8 درصد کل آب کره زمین)، بیشترین فراوانی مربوطه به کوه ها یخ است. کوه ها یخ 2/15 از کل آب کره زمین را تشکیل می دهند. درصد کوه های یخ در منابع غیراقیانوسی برابر است با:

$$\text{درصد کوه های یخ} \times 100 = \frac{2/15}{2/8} \times 100 \cong \frac{76}{78} \text{ درصد}$$

درصد کوه های یخ در منابع غیراقیانوسی:

(5) کمترین سهم در میان منابع غیراقیانوسی (و البته در میان تمام منابع آب های کره زمین) مربوط به بخار آب موجود در هواست.

(6) اگر چه اقیانوس ها بیشترین سهم را در منابع آب کره زمین دارند اما چون شور هستند، به طور مستقیم نمی توان از آن ها در کشاورزی و مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد. از سوی دیگر اگر چه کوه های یخ منبع مهمی برای تولید آب شیرین به شمار می آیند، با این حال سرعت ذوب شدن آن ها بسیار آهسته تر از آن است که برای تأمین نیازهای انسانی، صنعتی و کشاورزی قابل بهره برداری باشند.

بنابراین تهیه آب شیرین و آشامیدنی، هم چنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه ها یکی از چالش های اساسی در سطح جهان است، به طوری که:

• 50 درصد جمعیت جهان از کم آبی رنج می برند و 66 درصد از مردم جهان تا سال 2025 با کمبود آب روبه رو خواهند شد.

• آسیا – پهناورترین قاره با داشتن بیش از 60 درصد جمعیت جهان، خشک ترن قاره است.

• کشور ما با داشتن حدود 0/26 درصد از جمعیت جهان، تنها 0/26 درصد از منابع آب شیرین جهان را در اختیار دارد.

(7) اقیانوس ها، دریاها، دریاچه ها و... منابع ارزشمندی برای تهیه و استخراج مواد شیمیایی گوناگون، تولید فراورده های پروتئنی، مواد و وسایل تزئینی، تهیه داروهای گوناگون و... هستند.

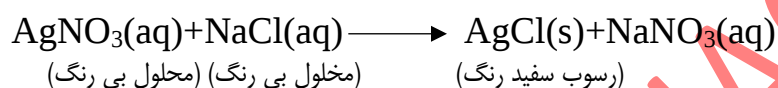
توجه! شیمی دان دریا به بررسی واکنش های شیمیایی که در اقیانوس ها و آب های ساحلی روی می دهد، توجه دارد. او با استفاده از دانش شیمی به مطالعه تولید مواد شیمیایی طبیعی از آب دریا، تأثیر آن ها بر چرخه اقیانوس، معادن، کانی ها و اثر فعالیت های انسانی می پردازد. شیمی دان دریا می تواند از این دان برای مطالعه حیات در دیگر سیاره ها نیز بهره برد

الف. شناسایی یون‌ها

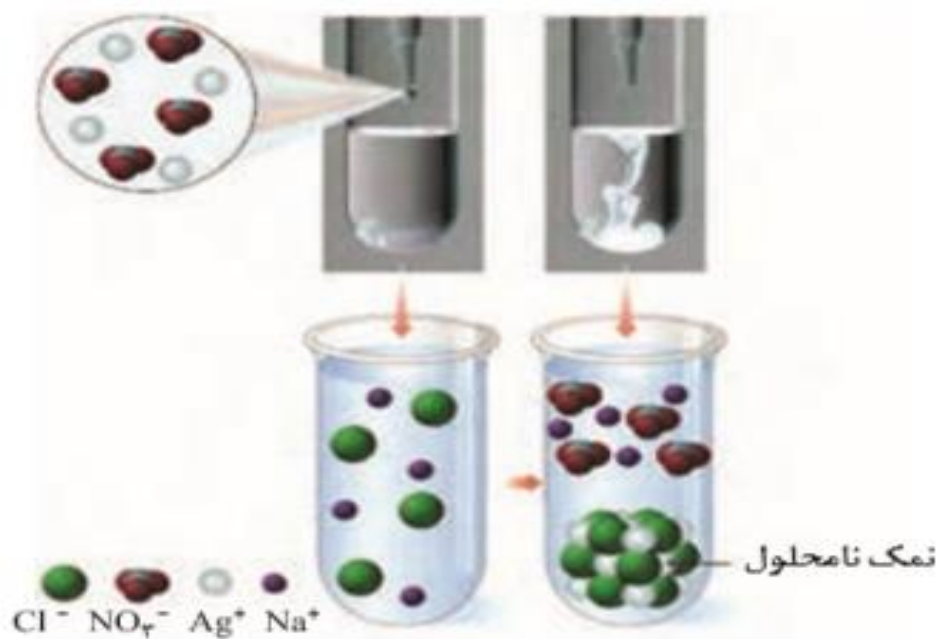
یکی از راه‌های شناسایی یون‌های محلول در آب، افزودن محلول یک ترکیب یونی به آن‌هاست، به طوری که با یون مورد نظر واکنش داده و ماده‌ای نامحلول (رسوب) تشکیل دهد. با تشکیل رسوب (به ویژه اگر رنگ خاصی داشته باشد) می‌توان پی به حضور یون مورد نظر در محلول یا آب برد. اکنون به چگونگی شناسایی چند یون می‌پردازیم.

1- شناسایی یون کلرید (Cl^-)

برای شناسایی یون Cl^- می‌توان از محلولی که حاوی یون نقره Ag^+ باشد مانند محلول نقره نیترات (AgNO_3) استفاده نمود. هرگاه به محلول حاوی Cl^- یون مانند محلول بی‌رنگ سدیم کلرید (NaCl)، مقداری محلول بی‌رنگ نقره نیترات (AgNO_3) اضافه کنیم، یون Cl^- با یون Ag^+ واکنش داده و رسوب سفید رنگ نقره کلرد (AgCl) تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان یون Cl^- را شناسایی نمود.

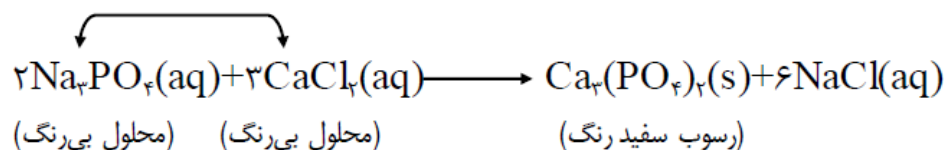


توجه! از واکنش فوق برای شناسایی یون Ag^+ نیز می‌توان استفاده نمود.



2- شناسایی یون کلسیم (Ca^{2+})

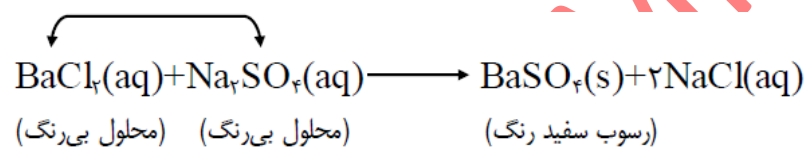
برای شناسایی یون کلسیم (Ca^{2+}) می‌توان از محلولی که حاوی یون فسفات (PO_4^{3-}) باشد مانند محلول سدیم فسفات (Na_3PO_4) استفاده کرد. اگر محلول حاوی یون (Ca^{2+}) مانند محلول بی‌رنگ کلسیم کلرید (CaCl_2)، مقدار محلول بی‌رنگ سدیم فسفات (Na_3PO_4) اضافه کنیم، یون (Ca^{2+}) با یون واکنش داده و رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان یون (Ca^{2+}) را شناسایی نمود:



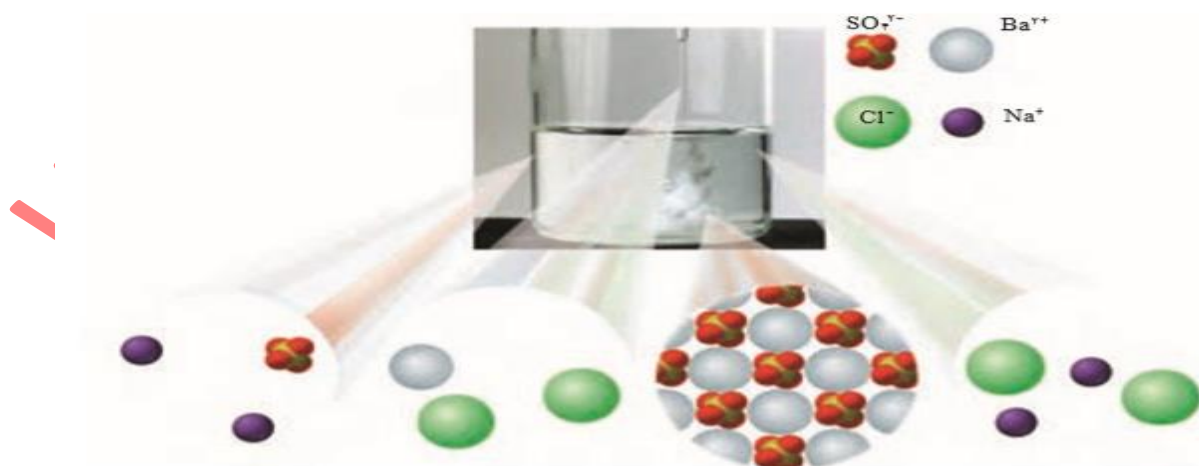
توجه! از واکنش فوق می‌توان برای شناسایی یون فسفات (PO_4^{3-}) نیز استفاده نمود.

3- شناسایی یون باریم (Ba^{2+})

برای شناسایی یون باریم (Ba^{2+}) از محلولی که حاوی یون سولفات (SO_4^{2-}) باشد مانند محلول سدیم سولفات (Na_2SO_4)، استفاده می‌شود. یون Ba^{2+} در واکنش با یون SO_4^{2-} رسوب سفید رنگ باریم سولفات (BaSO_4) را تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب یون Ba^{2+} قابل شناسای است:



توجه! از واکنش فوق می‌توان برای شناسایی یون سولفات (SO_4^{2-}) نیز استفاده نمود.



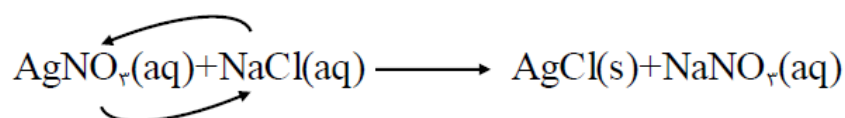
آزمایش ۴- از یک منبع آب آشامیدنی (آب شیر، آب معدنی، آب چشمه یا آب قنات) دو نمونه تهیه کنید، سپس با انجام آزمایش، وجود یون‌های کلرید و کلسیم را در آنها بررسی کنید.

خلاصه:

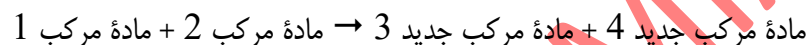
یون مورد شناسایی	یون مناسب برای شناسایی	رسوب تشکیل شده	رنگ رسوب
Cl^-	Ag^+	AgCl	سفید
Ca^{2+}	PO_4^{3-}	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	سفید
Ba^{2+}	SO_4^{2-}	BaSO_4	سفید

واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه

واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه (جانشینی دوگانه) واکنش‌هایی هستند که در آن‌ها جای دو عنصر در دو ترکیب مختلف با هم عوض می‌شود. به عنوان مثال واکنش محلول سدیم کلرید (NaCl) و محلول نقره نیترات (AgNO_3) از این نوع است:



همان طور که مشاهده می‌شود در واکنش فوق، دو جابه‌جا ره داده است: Ag جانشین Na و Na جانشین Ag شده است. از این رو به واکنش فوق جابه‌جایی دوگانه می‌گویند.
نکته: شکل کلی واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه به صورت زیر است:



نکته ی لایگا : در واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه که در آن دو محلول با هم واکنش می‌دهند، در

این صورت یکی از از فراورده‌ها محلول و فراورده ی دیگر رسوب (نامحلول) خواهد بود.

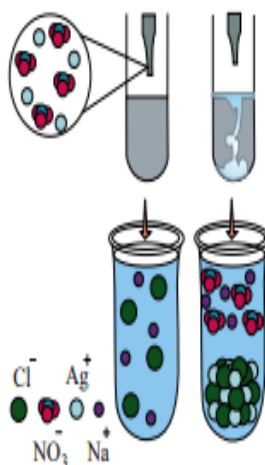
نکته : اگر فراورده نیترات (NO_3^-) یا کلرید گروه اول یا کلرید دوم باشد، آن فراورده محلول و

فراورده ی دیگر نامحلول خواهد بود.

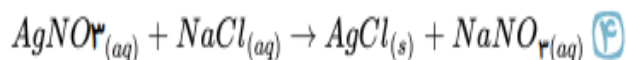
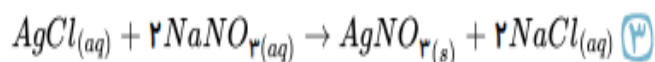
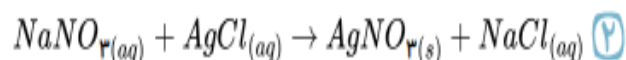
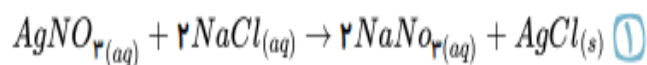
نکته ی مای گاد: به طور کلی 6 ماده ی نامحلول در آب در سطح کتاب وجود دارد که لازم است

آنها را حفظ کنید که عبارتند از:

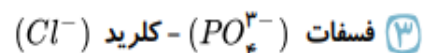
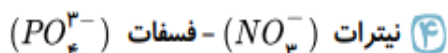
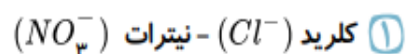
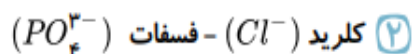




۹) با توجه به شکل مقابل، واکنش موازنه شده‌ی مربوطه به کدام صورت زیر است؟



۱۰۷) برای شناسایی کاتیون‌های Ca^{2+} و Ag^+ در داخل یک نمونه آب آشامیدنی، از تشکیل رسوب سفیدرنگ با آنیون‌های و استفاده می‌شود.



ب. یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین

دانستیم که آب دریاها ناخالص بوده و مخلوطی همگن از انواع یون‌ها و مولکول‌ها در آب هستند. اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آب زلال و شفاف دارند. که شیرین، گوارا و آشامیدنی است. این آب‌ها هم مانند آب دریا ناخالص‌اند.

I- آب آشامیدنی: مخلوطی زلال و همگن بوده و حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است:

1- برخی از این یون‌ها به طور طبیعی در آب حل شده است و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کمی یون فلوئورید (F^-) می‌افزایند زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

توجه! مقدار مجاز یون F^- در آب آشامیدنی 0/1-7/22 ppm است. اگر مقدار یون F^- کمتر از این گستره باشد. کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر مصرف بیش از اندازه یون F^- باعث ایجاد خال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون F^- ، لکه‌ها قهوه‌ای شده به تدریج فرورفتگی ایجاد می‌شود.

- 2- برخی از این یون‌ها، مانند Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، Fe^{2+} ، Cl^- ، Na^+ و F^- تک اتمی هستند، در حالی که برخی دیگر مانند یون نیترات (NO_3^-)، یون هیدروکسید (OH^-) و یون سولفات (SO_4^{2-}) چند اتمی هستند.
- 3- مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد.
- 4- تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل شونده‌های آن‌ها است.
- 5- در برخی از آب‌های آشامیدنی، مقدار یون‌های حل شده به قدری زیاد است که مزه آب را تغییر می‌دهد.

II - آب باران

آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب، از آن جدا می‌شود. این فرایند الگو برای تهیه آب خالص است. فرایندی که تقطیر و فراورده آن آب مقطر نام دارد.

یون‌های چند اتمی

به یون‌هایی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده‌اند، یون‌های چند اتمی گفته می‌شود. به موارد زیر مورد یون‌های چند اتمی توجه کنید:

1) همان طور که گفته شد یون چند اتمی می‌تواند تنها از یک نوع اتم تشکیل شده باشد مانند (پراکسید) و (آزید) و یا این که از چند نوع اتم متفاوت تشکیل شده باشد مانند OH^- (هیدروکسید)، NH_4^+ (آمونیم)، NO_3^- (نیترات)، SO_4^{2-} (سولفات) و CO_3^{2-} (کربنات) و یون سیلیکات (SiO_4^{2-})

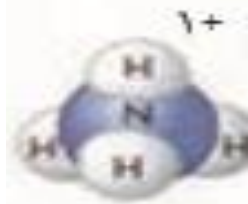
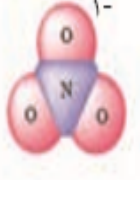
2) در یون‌های چند اتمی، اتم‌ها با یکدیگر پیوند کووالانسی دارند (و در واکنش‌ها به صورت یک واحد مستقل عمل می‌کنند). بنابراین در ترکیب‌های یونی دارای یون‌های چند اتمی، هر دو نوع پیوند یونی و کووالانسی وجود دارد.

3) در یون‌های چند اتمی، بار الکتریکی به اتم خاص تعلق ندارد بلکه متعلق به کل یون است.

4) همان گونه که در بخش‌های پیشین اشاره شد پیوند کووالانسی می‌تواند بین دو نافلز، فلز و نافلز و حتی دو فلز تشکیل شود. در یون‌ها چند اتمی نیز چنین مواردی وجود دارد. برا نمونه در SO_4^{2-} (سولفات) بین اتم‌های نافلز (O و S) پیوند کووالانسی وجود دارد.

5) چندتایی بودن یک ترکیب یونی با توجه به تعداد عنصرها یا نوع اتم‌ها سازنده آن مشخص می‌شود. برای نمونه Al_2O_3 یک ترکیب یونی دوتایی است چون از دو نوع عنصر (O, Al) تشکیل شده است، اما $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (آمونیم سولفات) یک ترکیب یونی 4 تایی است چون از 4 نوع عنصر (N و O و S و H) تشکیل یافته است.

6) در جدول زیر مدل فضاپرکن یون‌های چند اتمی نشان داده شده است. مدل فضاپرکن، روشی برای نمایش سه بُعدی مولکول‌ها است که در آن اتم‌ها به صورت کره نمایش داده می‌شوند.

یون چند اتمی	آمونیم (NH_4^+)	سولفات (SO_4^{2-})	نیترات (NO_3^-)	کربنات (CO_3^{2-})	هیدروکسید (OH^-)
مدل فضاپرکن					

نکاتی در مورد آمونیوم سولفات

1) گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند S و N و P... نیاز دارند. آمونیوم سولفات $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر **نیتروژن و گوگرد** را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

2) آنیون و کاتیون تشکیل دهنده آن، هر دو چند اتمی‌اند. بنابراین در این ترکیب یونی علاوه بر پیوند یونی، پیوند کووالانسی نیز وجود دارد. ساختار لوویس آنیون و کاتیون در آن به صورت زیر است:

(T) 3-1: تعداد پیوند کووالانسی در آمونیوم سولفات چند است؟

- 1) 12 2) 16 3) 14 4) 18

3) از انحلال هر مول $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ در آب، 3 مول یون تولید می‌شود:



4) مدل فضاپرکن (NH_4^+) و (SO_4^{2-}) به صورت زیر است:

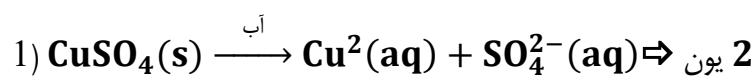


تفکیک ترکیب‌های یونی در آب

بسیاری از ترکیب‌های یونی در آب حل می‌شوند و بر اثر انحلال به یون‌های سازنده خود تفکیک می‌شوند. به هنگام نوشتن واکنش تفکیک یک ترکیب یونی به دو مطلب زیر توجه نمایید:

1) بار کاتیون و آنیون و نیز نماد آن‌ها (در مورد یون‌های چند اتمی) به درستی نوشته شود.

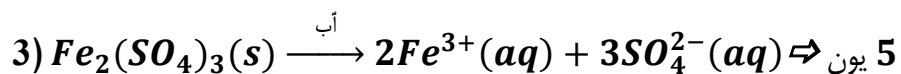
2) تعداد کاتیون‌ها و آنیون‌ها تولید شده برابر با اندیس (زبروند) آن‌ها در فرمول شیمیایی است. به مثال‌های زیر توجه نمایید:



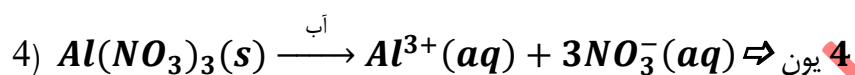
مس (II) سولفات



آمونیم فسفات



آهن (III) سولفات



جدول زیر یون‌های چند اتمی می‌باشد:

نام یون	نماد شیمیایی
سولفات	SO_4^{2-}
کربنات	CO_3^{2-}
نیتрат	NO_3^-
فسفات	PO_4^{3-}
آمونیم	NH_4^+
هیدروکسید	OH^-
سیلیکات	SiO_4^{4-}

طریقه نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات یونی چندتایی:

- (1) نماد کاتیون در سمت چپ و نماد آنیون در سمت راست قرار می‌دهند.
 - (2) اگر بار کاتیون و آنیون قابل ساده کردن باشد، آنها را ساده می‌کنیم.
 - (3) نماد کاتیون را به صورت زیر وند به آنیون و نماد آنیون به صورت زیروند به کاتیون می‌دهیم به طوری که اگر بار بیش از یک باشد، ابتدا آنیون یا کاتیون را داخل پرانتز قرار داده و بعد به آن زیروند اضافه می‌کنیم.
- تمرین: فرمول شیمیایی هر یک از ترکیبات زیر را بنویسید.

(1) آلومینیوم سولفات: (2) آهن (II) کربنات:

(3) آمونیوم فسفات: (4) سدیم هیدروکسید:

(5) مس (I) فسفات: (6) مس (II) نترات:

تمرین: نسبت تعداد کاتیون به آنیون برای شماره‌های 1 تا 4 و نسبت تعداد آنیون به کاتیون برای شماره‌های 5 تا 8 را پیدا کنید.

(1) آهن (III) کربنات: (2) آمونیوم نترات:

(3) لیتیم فسفات: (4) مس (II) سولفات:

(5) آمونیوم هیدروکسید: (6) کلسیم نترات:

(7) منیزیم فسفات: (8) آلومینیوم سولفات:

تمرین: نام شیمیایی هر یک از ترکیبات یونی زیر را بنویسید:

(1) Fe SO_4 (2) $\text{Na}_3 \text{PO}_4$

(3) CuOH (4) MgCO_3

(5) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

۱۹) در جدول زیر نام چند ترکیب و فرمول شیمیایی درست نوشته شده است؟

نام ترکیب	فرمول شیمیایی	نام ترکیب	فرمول شیمیایی
مس نیترات	$CuNO_3$	آهن (II) سولفات	$Fe_2(SO_4)_3$
منیزیم هیدروکسید	$MgOH$	آلومینیم فسفات	Al_3PO_4
آمونیم یدید	NH_4I	روی (II) کربنات	$ZnCO_3$

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

آ- دسته بندی مواد

در سال‌های گذشته آموخته‌اید که مواد انواع گوناگونی دارند و می‌توان آن‌ها را به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱) ماده خالص

ماده‌ای است که تنها از یک نوع ماده تشکیل شده است. این ماده می‌تواند یک عنصر (مانند سدیم، Na و اکسیژن O_2) و یا یک ترکیب (مانند سدیم کلرید NaCl، آب، H_2O) باشد.

۲) ماده ناخالص (مخلوط)

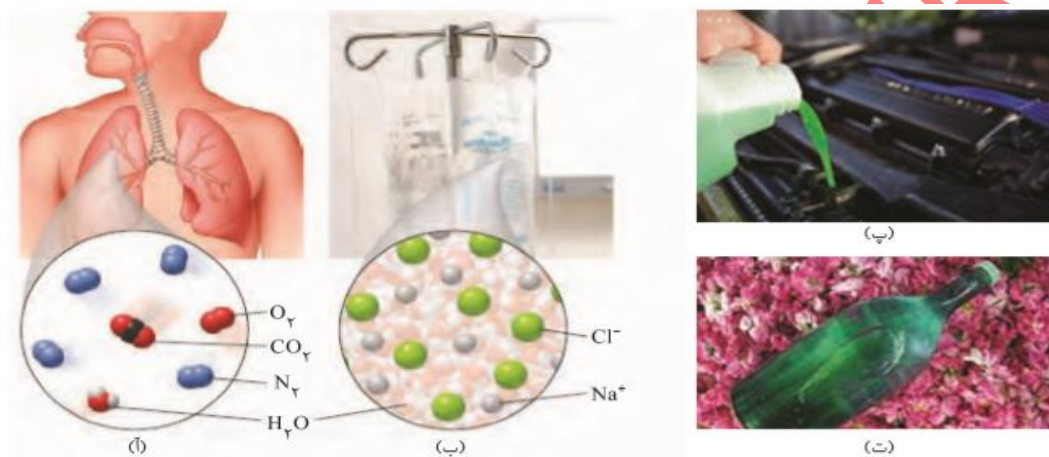
ماده‌ای است که بیش از یک نوع ماده تشکیل شده است. مانند هوا، آب دریا، مخلوط آب نمک و مخلوط ماسه و نمک. مخلوط‌ها خود به دو دسته همگن، و ناهمگن تقسیم می‌شوند:

I. مخلوط همگن (محلول): مخلوطی است که ساختار یکنواخت دارد. یعنی ذره‌های تشکیل دهنده آن به طور یکنواخت در یکدیگر پخش شده‌اند و حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی (مانند رنگ، غلظت، چگالی و...) در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. مخلوط همگن را محلول نیز می‌نامند.

نکته: محلول، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی محلول در سرتاسر آن، یکسان و یکنواخت می‌باشد.

نکته: محلول‌ها را براساس حالت فیزیکی، به سه دسته تقسیم می‌کنند:

1. محلول‌های گازی؛ مانند هوا
2. محلول‌های مایع؛ مانند سرم فیزیولوژی (محلول نمک خوراکی در آب)، محلول ضدیخ (محلول اتیلن گلیکول در آب) و گلاب (محلولی از چند ماده آلی در آب).
3. محلول‌های جامد؛ مانند سکه (که آلیاژی از چند فلز است).



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

• در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و... در

II. مخلوط ناهمگن: مخلوطی است که ساختار یکنواخت ندارد. یعنی ذره‌های تشکیل دهنده آن به طور یکنواخت در

یکدیگر پخش نشده‌اند، بنابراین خواص آن در همه بخش‌ها یکسان نیست، مانند مخلوط آب و روغن

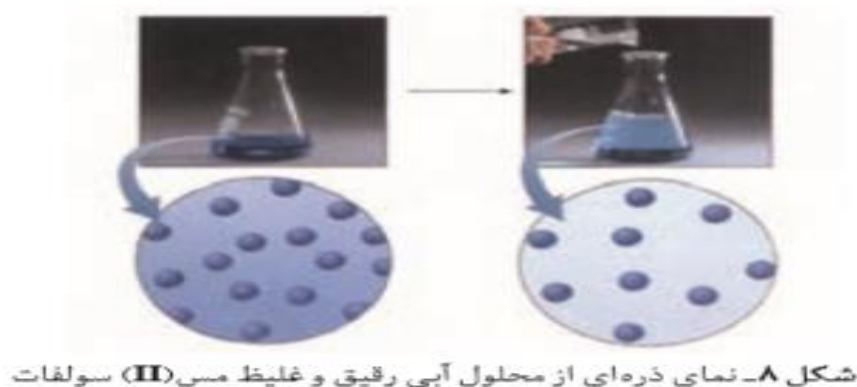
ب- اجزای سازنده محلول‌ها

هر محلول دست کم از دو جزء حلال و حل شونده تشکیل شده است. در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است.

1) اغلب محلول‌های موجود در طبیعت (مانند آب دریا) شامل یک حلال و چند حل شونده هستند. هوا نیز همین گونه است؛ یعنی اگر گاز N_2 که شمار مول‌های آن بیشتر است را حلال در نظر بگیریم، گازهای دیگر (مانند O_2 ، CO_2 ، Ar و...) در حکم حل شونده هستند.

2) غلظت یک محلول برابر با نسبت مقدار حل شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول است.

3) در یک محلول، هر چه مقدار حل شده کمتر باشد، محلول رقیق تر و هر چه مقدار حل شده بیشتر باشد، محلول غلیظ تر است. برای نمونه سرم فیزیولوژی یک محلول رقیق، اما گلاب دو آتیشه یک محلول غلیظ به شمار می آید.



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

4) مقدار نمک‌های حل شده در آب دریا‌های گوناگون با هم تفاوت دارد. برای مثال مقدار انواع نمک‌های حل شده در آب دریای مرده (بحرالمیت)، دریای سرخ، دریای مدیترانه و اقیانوس آرام به صورت زیر است:

اقیانوس آرام > دریای مدیترانه > دریای سرخ > دریای مرده: مقدار نمک‌های حل شده (g) در 100 g آب دریا
 (3/5g) (3/9g) (4/1g) (27g)

آب دریای مرده محلول غلیظی است که چگالی زیادی دارد از این رو انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند.

5) دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است، از این رو یک منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می آید.

نکته: خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل شونده و مقدار هر یک از آن‌ها بستگی دارد. بنابراین دانستن این که چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

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

توجه! دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از 200 گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچه ارومیه در زمان پُر آبی 1/148 گرم بر سانتی متر مکعب و با pH=7/5 گزارش شده است. کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل Na^+ ، K^+ ، Ca^{2+} ، Li^+ و Mg^{2+} و آنیون‌های موجود در آن به طور عمده شامل Cl^- ، SO_4^{2-} و HCO_3^- است. مقدار Na^+ و Cl^- در آب دریاچه ارومیه حدود چهار برابر آب دریا‌های آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه

این حوزه آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران ناپذیر و ردپای سنگینی بر زیست بوم منطقه بر جای خواهد گذاشت.

قسمت در میلیون (ppm)

یکی از روش‌های بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق (محلول‌هایی که مقدار حل شونده در آن‌ها بسیار کم است) قسمت در میلیون (ppm) می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. در مورد ppm به موارد زیر توجه نمایید:

- 1) در رابطه فوق، یکای جرم (مانند میلی گرم، گرم و کیلوگرم) در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد، بنابراین ppm یکا ندارد (چون یکای صورت و مخرج با هم ساده می‌شوند).
- 2) از ppm برای بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا استفاده می‌شود.
- 3) در محلول‌های بسیار رقیق، چون غلظت ماده حل شونده بسیار کم است، می‌توان جرم محلول را تقریباً برابر با جرم حلال (آب) در نظر گرفت. بدین ترتیب چگالی محلول را هم می‌توان برابر با چگالی حلال (آب) فرض نمود.

$$\text{ppm} = \left\{ \begin{array}{l} \text{جرم حلال (آب)} \cong \text{جرم محلول} \\ \text{در مسائل} \end{array} \right. \quad \text{چگالی محلول} \cong \text{چگالی آب} \cong 1 \text{ g. ml}^{-1} = 1 \text{ kg. L}$$

- 4) با توجه به فرض‌های فوق، ppm را می‌توان به صورت رابطه‌های زیر نیز بیان نمود:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (L)}} \quad \text{یا} \quad \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{جرم محلول (کیلو گرم)}}$$

مثال: در یک کیلوگرم از محلول کلسیم کلرید، 5×10^{-4} مول CaCl_2 حل شده است، غلظت یون کلرید در این محلول چند ppm است. ($\text{Ca}=40, \text{Cl}=35.5: \text{g.mol}^{-1}$)

- (1) 3/55 (2) 35/5 (3) 7/1 (4) 71

مثال: غلظت یون کربنات (CO_3^{2-}) در آب دریا 140ppm است، 6 کیلوگرم آب دریا حاوی چه تعداد یون کربنات است؟ ($\text{C}=12, \text{O}=16: \text{g.mol}^{-1}$)

- (1) $3/01 \times 10^{22}$ (2) $1/505 \times 10^{21}$ (3) $8/428 \times 10^{21}$ (4) $4/515 \times 10^{22}$

مثال: برای تهیه 500mL محلول با غلظت 20ppm از یونهای سدیم به تقریب چند گرم سدیم سولفات با خلوص 70٪ لازم است؟ ($\text{Na}=23, \text{S}=32, \text{O}=16: \text{g.mol}^{-1}$)

- (1) $4/4 \times 10^{-2}$ (2) $8/2 \times 10^{-2}$ (3) $3/6 \times 10^{-2}$ (4) $5/8 \times 10^{-2}$

درصد جرمی

قبل از ورود به بحث درصد جرمی، مطالب زیر را به خاطر بسپارید:

(1) غلظت بسیاری از محلولها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می شود.

(2) سرکه خوراکی، محلول 5 درصد جرمی استیک اسید

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ (\text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH}) \end{array}$$
 در آب است.

(3) محلول غلیظ نیتریک اسید (HNO_3) در صنعت با غلظت 70 درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلولهای رقیق تر تبدیل می شود.

درصد جرمی بیانگر جرم ماده حل شونده (برحسب گرم) در 100 گرم از محلول آن است و از رابطه زیر محاسبه می شود:

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

توجه کنید که در صورت و مخرج رابطه فوق، باید از یک نوع یکای جرم استفاده شوند؛ یعنی هر دو کمیت باید بر حسب میلی گرم (mg)، گرم (g) یا کیلوگرم (kg) بیان شوند. درصد جرمی یکا ندارد (چون یکای صورت و مخرج با هم ساده می شوند).

توجه! درصد جرمی را با نماد w/w نشان می دهند که هم ارز با شمار قسمت های حل شونده در 100 قسمت محلول است.

نکته: بین درصد جرمی و ppm رابطه زیر برقرار است:

$$\left. \begin{aligned} \text{ppm} &= \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \\ \text{درصد جرمی} &= \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \end{aligned} \right\} \text{ppm} = \text{درصد جرمی} \times 10^4$$

مثال: برای تهیه 200 گرم محلول سدیم کلرید 5 درصد، جرم آب و سدیم کلرید لازم به ترتیب چه قدر باید باشد؟

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| (1) 200 گرم آب و 100 گرم سدیم کلرید | (2) 180 گرم آب و 20 گرم سدیم کلرید |
| (3) 195 گرم آب و 5 گرم سدیم کلرید | (4) 190 گرم آب و 10 گرم سدیم کلرید |

مثال: اگر 20 گرم NaOH در 60 گرم آب حل شود، درصد جرمی آن در این محلول، چند برابر درصد جرمی آن در محلولی است که در هر 50 گرم آن، 0/1 مول NaOH به صورت حل شده وجود دارد؟
($H=1, Na=23, O=16: g \cdot mol^{-1}$)

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (1) 3/125 | (2) 3/245 | (3) 3/251 | (4) 3/425 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|

۷) در ۲۹٫۲۵ گرم محلول ۲۰ درصد جرمی سدیم کلرید، چند مول $NaCl$ وجود دارد؟

($Na = 23, Cl = 35.5 : g \cdot mol^{-1}$)

۰٫۲۵ (۴)

۰٫۲۰ (۳)

۰٫۱۵ (۲)

۰٫۱ (۱)

نکته: اگر دو یا چند محلول هم جنس با درصدهای جرمی متفاوت را با هم مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول نهایی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{درصد جرم محلول نهایی} = \frac{\left(\text{جرم محلول (1)} \times \text{درصد جرمی محلول (1)} \right) + \left(\text{جرم محلول (2)} \times \text{درصد جرمی محلول (2)} \right) + \dots}{\text{جرم محلول (1)} + \text{جرم محلول (2)} + \dots}$$

مثال: ۱۰۰ گرم محلول سدیم نیترات ۲۰٪ را با چند گرم محلول ۳۰٪ آن مخلوط کنیم تا محلول ۲۶٪ به دست آید؟

۱۸۰ (۴)

۱۳۰ (۳)

۱۱۰ (۲)

۱۵۰ (۱)

مثال: در محلول ۰/۰۸۲ درصد سدیم فسفات (Na_3PO_4) غلظت یون سدیم چند ppm است؟
($Na=23, O=16, P=31 : g \cdot mol^{-1}$)

۳۱۴/۸ (۴)

۳۴۵ (۳)

۳۸۰/۴ (۲)

۳۲۵ (۱)

مثال: اگر 11/5 میلی لیتر اتانول را با 14/4 گرم آب مخلوط کنیم، چند درصد کل مول های مواد موجود در این محلول را اتانول تشکیل می دهد؟ (چگالی اتانول را $0/8 \text{g.mL}^{-1}$ در نظر بگیرید)
($\text{H}=1, \text{O}=16, \text{C}=12: \text{g.mol}^{-1}$)

40 (4) 25/15 (3) 20 (2) 21/15 (1)

مثال: اگر 400 میلی گرم ید در 31 میلی لیتر کربن تتراکلرید حل شود، درصد جرمی ید در محلول حاصل کدام است؟ (چگالی کربن تتراکلرید را برابر $1/6 \text{g.mL}^{-1}$ را در نظر بگیرید.)

2/4 (4) 1/2 (3) 0/6 (2) 0/8 (1)

غلظت مولی (مولار)

غلظت مولی (مولار)، تعداد مول های حل شونده در یک لیتر از محلول را نشان می دهد و با یکای mol.L^{-1} بیان می شود.

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

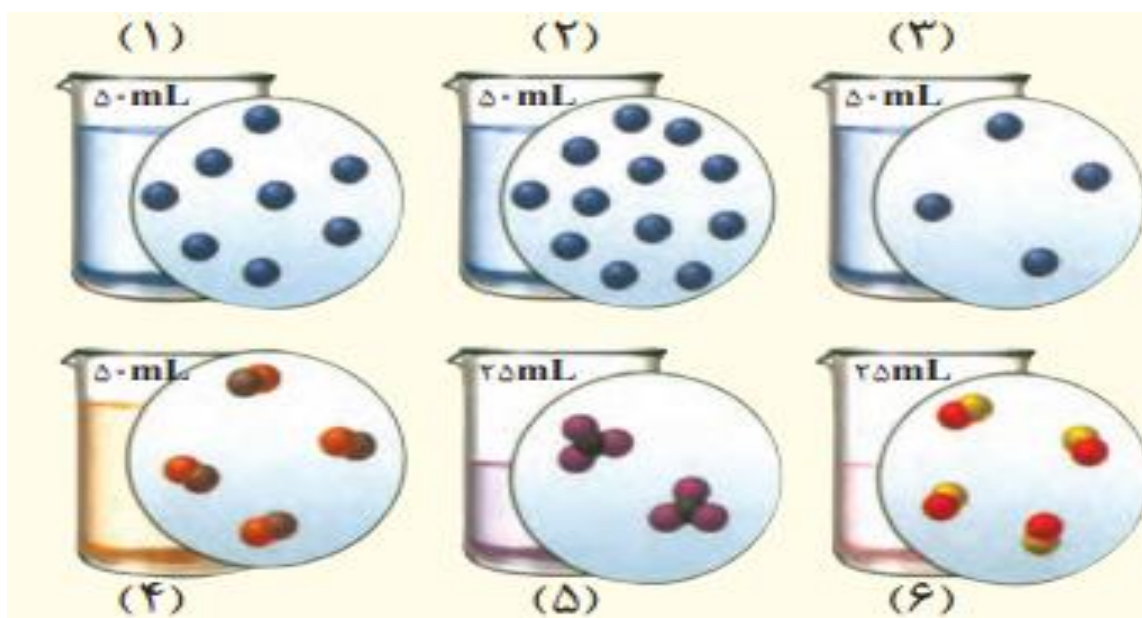
توجه! منظور از محلول مولار، محلولی است که غلظت مولی آن برابر 1mol.L^{-1} یا یک مولار است.

دانستیم که غلظت بسیاری از محلول ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می شود، با این وجود غلظت مولی (مولار) نسبت به درصد جرمی، روش پُرکاربردتری برای بیان غلظت است؛ به دو دلیل:

(1) اندازه گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه آسان تر از جرم آن است.

(2) شیمی دان ها مقدار ماده را بر حسب مول بیان می کنند. در واقع مبنای محاسبه های کمی در شیمی، مول است.

تمرین: در هر یک از شکل های زیر، اگر در محلولهای 1 تا 6 هر ذره ی حل شونده هم ارز با 0.02 باشد، به پرسش های زیر پاسخ دهید .



(ا) غلظت مولار هریک را محاسبه کنید و کدام یک غلیظ تر و کدام یک رقیق تر است؟

(ب) غلظت مولی کدام محلولها با هم برابر است؟

(پ) غلظت مولی مخلوط محلول حاصل از 1 و 3 چند مولار است ؟

ت) غلظت مولی محلول 4 را پس از افزودن 110 میلی لیتر آب به آن را حساب کنید.

ث) غلظت مولی محلول 5 را پس از انحلال 0.02 مول حل شونده ، به دست آورید.

مثال: برای تهیه 250 میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید 0/2 مولار چند گرم سدیم هیدروکسید با خلوص 80 درصد لازم است؟ (ناخالصی ها در آب حل نمی شوند.) ($\text{Na}=23, \text{H}=1, \text{O}=16: \text{g.mol}^{-1}$)

1) 2/5 2) 3/5 3) 4 4) 5

نکته: بین غلظت مولار (M) و درصد جرمی رابطه زیر برقرار است:

$$M = \frac{10 \text{ ad}}{\text{جرم مولی}}$$

در این رابطه:

a: درصد جرمی بدون علامت % است.

d: چگالی محلول است (g.mL^{-1})

در مثال بعدی رابطه بین غلظت مولار و درصد جرمی بررسی می شود.

مثال: در 25 میلی لیتر محلول 34 درصد جرمی آمونیاک با چگالی 0.98 g.mL^{-1} چند مول آمونیاک وجود دارد و این محلول چند مولار است؟ (گزینه ها را از راست به چپ بخوانید.) ($H=1, N=14: \text{g.mol}^{-1}$)

(1) 15/7، 0/49 (2) 19/6، 0/49 (3) 15/7، 0/52 (4) 19/6، 0/52

۶۸ در ۲۰۰ میلی لیتر محلول ۲۸ درصد جرمی سدیم هیدروکسید در آب خالص با چگالی ۱٫۲ گرم بر میلی لیتر به ترتیب از راست به چپ، مول حل شونده و گرم حلال وجود دارد.

($\text{NaOH} = 40 \text{ g.mol}^{-1}$)

۱) ۱۷۲٫۸ – ۶۷٫۲ ۲) ۱۷۲٫۸ – ۱٫۶۸ ۳) ۱۴۵٫۳ – ۵۴٫۷ ۴) ۱۴۵٫۳ – ۱٫۲۷

نکته: قبلاً با رابطه $10^4 \times \text{درصد جرمی} = \text{ppm}$ آشنا شدیم. اکنون به راحتی می‌توانیم بین M و ppm یک رابطه اختراع کنیم!

$$\text{ppm} = a \times 10^4 \Rightarrow M = \frac{10 \text{ ad}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M = \frac{\text{ppm} \times d}{10^3 \times \text{جرم مولی}}$$

مثال: اگر غلظت یون Ca^{2+} (aq) در آب دریا 400ppm باشد، غلظت مولار آن کدام است؟ (چگالی آب دریا را برابر 1g.mL^{-1} فرض نمایید.) ($\text{Ca}=40\text{g.mol}^{-1}$)

0/01 (1) 0/1 (2) 0/001 (3) 0/05 (4)

مثال: چند میلی لیتر از محلول 0/05 مولار کلسیم نیترات باید به آب خالص افزوده شود تا 500 گرم محلول با غلظت 20 ppm یون کلسیم به دست آید؟ ($\text{Ca}=40\text{g.mol}^{-1}$)

4 (1) 2 (2) 10 (3) 5 (4)



گلوکومتر

مطالب زیر را به خاطر بسپارید:

دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر): این دستگاه میلی گرم گلوکز را در هر دسی لیتر (dL) از خون نشان می‌دهد. غلظت مولی گلوکز در این نمونه از خون چند مولار است؟

$$(\text{dL} = 10^{-4} \text{ mL})$$

(1) دستگاه اندازه گیری قند خون را گلوکومتر می گویند.

(2) این دستگاه میلی گرم های گلوکز را در یک دسی لیتر (dL) از خون نشان می دهد.

(3) فرمول شیمیایی گلوکز که نوعی قند ساده است، به صورت $C_6H_{12}O_6$ می باشد.

(4) هر دسی لیتر (dL) معادل 0/1 لیتر یا 100mL است:

$$1dL = 0/1L = 100mL$$

نکته: هرگاه دستگاه گلوکومتر عدد G را نشان دهد، غلظت مولی گلوکز در خون برابر است با:

$$\text{غلظت مولی گلوکز} = \frac{G}{18000} \text{ mol. L}^{-1}$$

سوال: رابطه بالا چگونه اثبات می شود:

گلوکومتر غلظت گلوکز خون را بر حسب میلی گرم در دسی لیتر بیان می کند. با توجه به این که جرم گلوکز برابر $180g.mol^{-1}$ است؛ می توان نوشت:

$$G \frac{mg}{dL} \times \frac{1dL}{0/1L} \times \frac{10^{-3}g}{1mg} \times \frac{1molC_6H_{12}O_6}{180gC_6H_{12}O_6} = \frac{G \times 10^{-3}}{0/1 \times 180} = \frac{G}{18000} \frac{mol}{L}$$

برای مثال در شکل فوق عدد نمایش داده شده در دستگاه برابر 95 است. بنابراین غلظت مولی گلوکز در خون برابر است با:

$$\text{غلظت مولی گلوکز} = \frac{95}{18000} = 5/27 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

نکته: اگر چگالی خون انسان را برابر $1g.mL^{-1}$ فرض کنیم، با ضرب کردن عدد نمایش داده شده توسط گلوکومتر در

عدد 10 غلظت گلوکز در خون بر حسب ppm به دست می آید:

$$10 \times \text{عدد نمایش داده شده در گلوکومتر} = \text{غلظت گلوکز خون بر حسب ppm}$$

اثبات این رابطه به شرح زیر است: با توجه به شکل فوق، غلظت گلوکز در خون برابر است با:

$$95 \frac{\text{میلی گرم}}{dL} \times \frac{1dL}{0/1L} = 950 \frac{\text{میلی گرم}}{L} = 950 \text{ ppm}$$

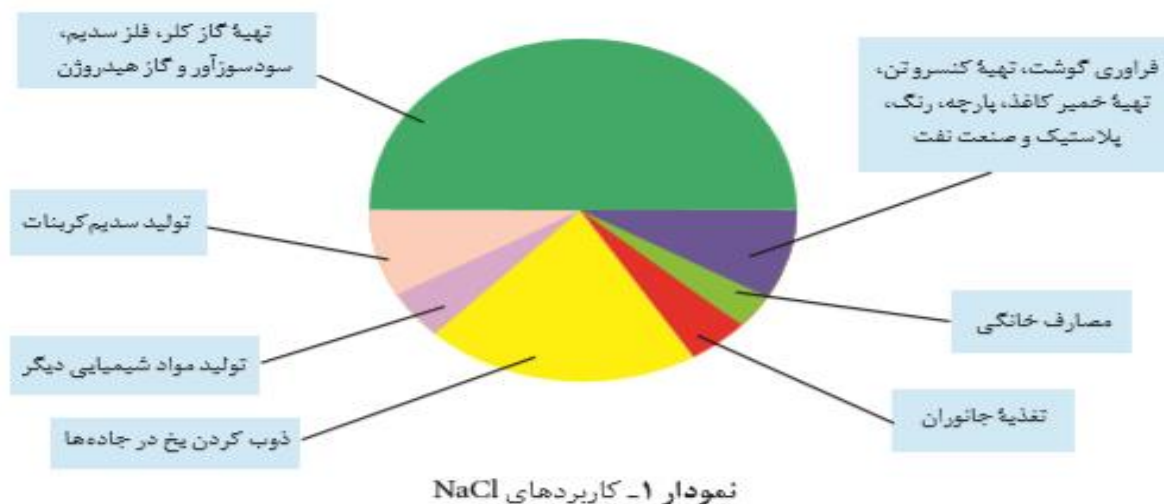
همان طور که دیدید غلظت گلوکز در خون بر حسب ppm، 10 برابر عدد نمایش داده شده در گلوکومتر است.

استخراج از دریا

دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا حدود 5×10^{18} تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد. مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی از آن جدا کرد.

1- نمک خوراکی (NaCl)

سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید (NaCl) با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود. نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد که در نمودار زیر نشان داده شده است.



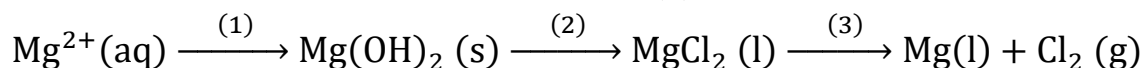
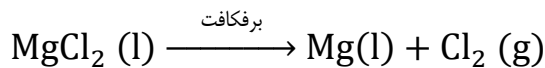
با توجه به نمودار می‌توان دریافت که بیش‌ترین کاربرد NaCl (حدود 50 درصد) در تهیه گاز کلر (Cl_2)، فلز سدیم، سودسوزآور (NaOH) و گاز هیدروژن و در رتبه دوم ذوب کردن یخ در جاده‌هاست. کمترین کاربرد آن هم در مصارف خانگی است.

2- منیزیم

فلز منیزیم ماده ارزشمندی است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیه این فلز آب دریاست. منیزیم در آب دریا به صورت $Mg^{2+}(aq)$ وجود دارد. استخراج و جداسازی آن شامل چندین مرحله است:

- مرحله اول: منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ (منیزیم هیدروکسید) رسوب می‌دهند.
- مرحله دوم: $Mg(OH)_2$ را به منیزیم کلرید ($MgCl_2$) تبدیل می‌کنند.
- مرحله سوم: با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند. (به این فرایند برفکافت می‌گویند):

به طور خلاصه:



توجه! بستر اقیانوس ها و دریاها مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گوناگون را دارد. پژوهش ها نشان می دهد که کلوخه های کف اقیانوس ها تا 24 درصد منگنز (Mn)، 14 درصد آهن (Fe) و مقدار کمتری مس (Cu)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) دارد.

مخلوط کردن دو محلول هم جنس

اگر دو یا چند محلول هم جنس با غلظت های متفاوت را با هم مخلوط کنیم، برای محاسبه غلظت مولی محلول حاصل می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$M_{\text{محلول نهایی}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

در رابطه فوق $M_1 V_1$ ، $M_2 V_2$ و... به ترتیب مول های محلول اول، دوم و... را نشان می دهد.

مثال: چند لیتر محلول 6 مولار $\text{H}_2 \text{SO}_4$ باید با 10 لیتر محلول 1 مولار مخلوط شد و دتا پس از رقیق شدن تا حجم 20 لیتر، به محلول حدود 3 مولار این اسید تبدیل شود؟

1) 6/8 2) 7/4 3) 8/3 4) 9/2

رقیق کردن محلول ها

با افزودن آب به محلول های غلیظ می توان محلول های رقیق تهیه نمود. در طی این فرایند اگر چه غلظت محلول کاهش می یابد ولی تعداد مول های ماده حل شونده، تغییر نمی کند. به عنوان مثال اگر با افزودن آب، حجم محلول (V) را دو برابر کنیم، غلظت مولی (M) محلول نصف می شود، بنابراین حاصل ضرب $M.V$ برای محلول ثابت می ماند. به طور کلی به هنگام رقیق کردن محلول های غلیظ می توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$n = M.V = M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}}$$

$$M_{\text{غلیظ}} V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} V_{\text{رقیق}}$$

توجه کنید که در رابطه فوق، یکای حجم ها باید یکسان باشد.

نکته: محلول غلیظ با اضافه کردن آب به محلول رقیق تبدیل می شود، بنابراین حجم محلول رقیق

بیشتر از محلول غلیظ بوده و می توان گفت:

حجم محلول غلیظ - حجم محلول رقیق : حجم آب اضافه شده

مثال: برای تهیه 300 میلی لیتر محلول پتاسیم نیترات 0/2 مولار از محلول 1/5 مولار آن به ترتیب چند میلی لیتر از محلول غلیظ آن و چند میلی لیتر آب مقطر نیاز است؟ (اعددها را از راست به چپ بخوانید.)

260 - 40 (4

290 - 10 (3

150 - 150 (2

300 - 40 (1

مثال: برای تهیه 100 میلی لیتر محلول 2 مولار هیدروکلریک اسید (HCl)، چند میلی لیتر محلول 36/5 درصد جرمی آن لازم است؟ (چگالی محلول را $1/25 \text{ g.ml}^{-1}$ در نظر بگیرید.) ($H=1, Cl=35/5: \text{g.mol}^{-1}$)

14 (4

16 (3

20 (2

10 (1

۱۸۷) تقریباً چند میلی‌لیتر آب باید از ۲۵۰ mL محلول نیتریک اسید ۰/۵ مولار تبخیر شود تا غلظت محلول نیتریک اسید ۳۰٪ افزایش یابد؟

۱۷۵ mL (۴)

۵۸ mL (۳)

۷۵ mL (۲)

۱۹۲ mL (۱)

استوکیومتری محلول‌ها

بیشتر واکنش‌های شیمیایی در حالت محلول انجام می‌شوند. برای حل مسایل استوکیومتری واکنش‌ها در حالت محلول، علاوه بر تناسب‌هایی که در بخش ۱ با آن‌ها آشنا شدیم، از تناسب مربوط به مواد محلول نیز باید استفاده کنیم:

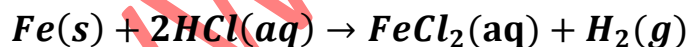
$$\left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[\frac{(g)}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right] = \left[\frac{L \text{ گاز}}{\text{ضریب} \times 22/4} \right] = \left[\frac{mL \text{ گاز}}{\text{ضریب} \times 22400} \right] = \left[\frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{ضریب} \times N_A} \right] = \left[\frac{d \times V \text{ محلول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right]$$

(در شرایط STP) (در شرایط STP)

اگر غلظت محلول برحسب مولار (M) بیان نشده باشد باید با توجه به روابطی که در مبحث غلظت محلول‌ها آموختیم، غلظت ماده مورد نظر را به غلظت مولی تبدیل نماییم. در صورتی که قابل تبدیل به غلظت مولی نباشد، از تناسب‌های دیگر برای حل مسئله استفاده می‌کنیم.

مثال: چند میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید با غلظت $0/15 \text{ mol.L}^{-1}$ برای واکنش کامل با $1/75$ گرم

آهن با خلوص ۹۶ درصد لازم است؟ (ناخالص با اسید واکنش نمی‌دهد، $Fe=56 \text{ g.mol}^{-1}$)



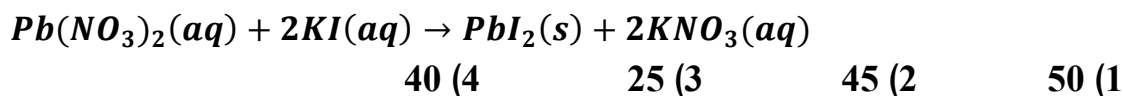
200 (4

400 (3

600 (2

800 (1

مثال: چند میلی لیتر محلول $0/3 \text{ mol.L}^{-1}$ سرب (II) نیترات برای واکنش کامل با 150 میلی لیتر محلول $0/18 \text{ mol.L}^{-1}$ پتاسیم یدید، لازم است؟

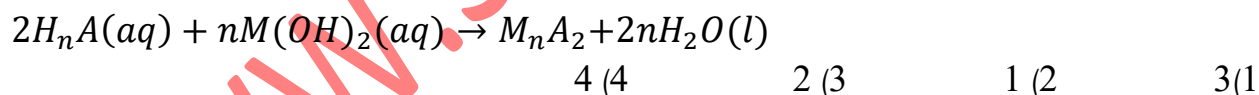


نکته: در حل مسائل به روش تناسب، هرگاه هر دو واکنش دهنده به صورت محلول باشند، می توان از رابطه ساده شده زیر استفاده نمود:

$$\frac{M_1 V_1}{a_1} = \frac{M_2 V_2}{a_2}$$

که در آن a_1 و a_2 به ترتیب ضرایب استوکیومتری ماده 1 و 2 و V_1 و V_2 نیز حجم آن ها می باشد. باید توجه داشت که یکای V_1 و V_2 باید یکسان باشد، مثلاً هر دو برحسب میلی لیتر یا لیتر باشد.

مثال: اگر 40 میلی لیتر محلول 0/025 مولار اسید چند ظرفیتی $H_n A$ با 75 میلی لیتر محلول 0/02 مولار یک باز دو ظرفیتی $M(\text{OH})_2$ (مطابق واکنش زیر) خنثی شود، n کدام است؟



انحلال پذیری مواد در آب

بنابر بر تعریف، بیش ترین مقدار از یک ماده برحسب گرم که در دمای معین در 100 گرم حلال حل شود و محلول سیر شده ایجاد می کند، انحلال پذیری آن ماده را در حلال مشخص می کند و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{انحلال پذیری} = \frac{\text{جرم حل شونده (g)}}{\text{جرم حلال (g)}} \times 100$$

یکای انحلال پذیری به صورت گرم حل شونده در 100 گرم حلال بیان می شود: $\frac{g}{100g \text{ حلال}}$

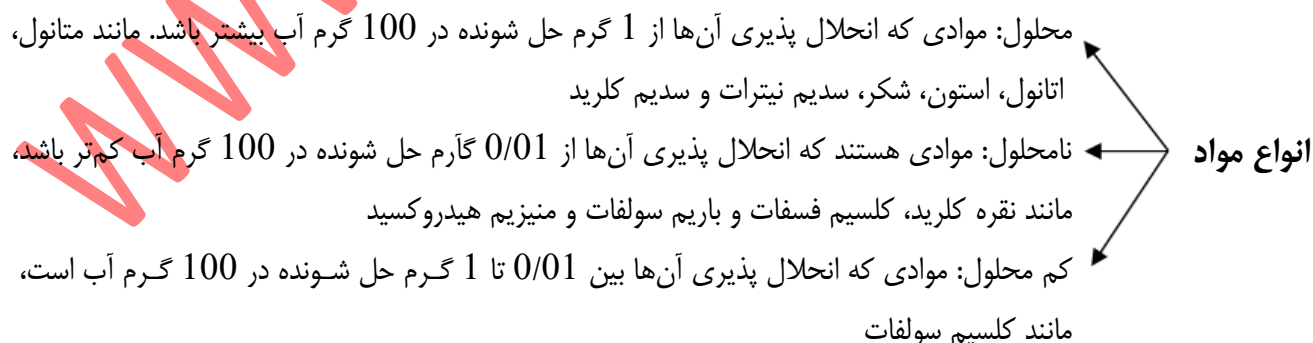
دسته بندی مواد بر اساس میزان انحلال پذیری

در جدول زیر انحلال پذیری برخی مواد در آب و در دمای 25°C ارایه شده است:

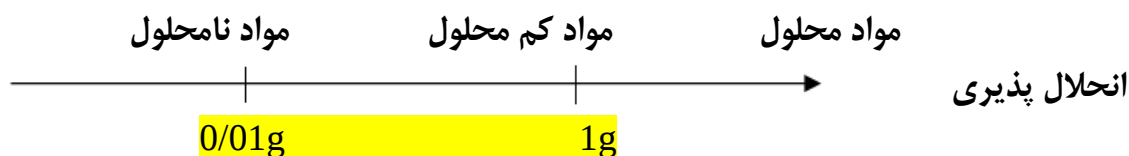
نام حل شونده	فرمول شیمیایی	انحلال پذیری $\left(\frac{\text{گرم حل شونده}}{100gH_2O}\right)$
متانول	CH ₃ OH	به هر نسبتی در آب حل می شود.
اتانول (الکل معمولی)	C ₂ H ₅ OH	به هر نسبتی در آب حل می شود.
استون	O CH ₃ - C - CH ₃	به هر نسبتی در آب حل می شود.
شکر	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	205
سدیم نیترات	NaNO ₃	92
سدیم کلرید	NaCl	36
کلسیم سولفات	CaSO ₄	0/23
کلسیم فسفات	Ca ₃ (PO ₄) ₂	5×10 ⁻⁴
نقره کلرید	AgCl	2/1×10 ⁻⁴
باریم سولفات	BaSO ₄	1/9×10 ⁻⁴

نکته: منیزیم هیدروکسید (Mg(OH)₂) نیز جزء مواد نامحلول به شمار می آید.

1) با توجه به میزان انحلال پذیری، مواد را به سه دسته تقسیم می کنند.



به خلاصه می‌توان گفت:



(2) انحلال پذیری یک ترکیب در آب با تغییر دما تغییر می‌کند، از این رو انحلال پذیری آن در دمای معین بیان می‌شود.

(3) متانول، اتانول و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و انحلال پذیری آن‌ها حد معینی ندارد.

نکته: دو مطلب کوچک در مورد انحلال پذیری ترکیب‌های یونی در آب:

- ترکیب‌های یونی دارای یون NH_4^+ (آمونیم) و کاتیون فلزهای گروه 1 (مانند Li^+ و Na^+ و...) در آب محلول‌اند.
- ترکیب‌های یونی دارای یون نیترات (NO_3^-) محلول‌اند.

توجه: در برخی نقاط جهان چشمه‌های آب گرم برای رسیدن به سطح زمین با عبور از میان سنگ‌های آهکی مقداری از این سنگ‌ها را در خود حل می‌کنند. آب این چشمه‌ها با رسیدن به سطح زمین و کاهش دمای آن، چشم اندازهای زیبایی پدید می‌آورند، زیرا انحلال پذیری CaCO_3 در آب و دمای 25°C در حدود 7×10^{-4} گرم است و هر مقدار بیشتر از آن به صورت جامد از محلول سیر شده جدا می‌شود.

(۲۸۶) در ۲ لیتر آب 25°C ، 0.338 مول از نمکی با جرم مولی 136 گرم بر مول حل شده است. این نمک ماده

ای است زیرا انحلال‌پذیری آن به تقریب گرم در 100 گرم آب می‌باشد.

$$(d_{H_2O} = 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1})$$

- ① محلول - 4.6 ② کم محلول - 0.46 ③ محلول - 2.3 ④ کم محلول - 0.23

(۱۷۳) در دمای 25°C در 100 g آب، مقدار 5×10^{-4} گرم کلسیم فسفات حل می‌شود این ماده

بوده و غلظت یون فسفات در این محلول به تقریب برابر با ppm می‌باشد.

$$(Ca = 40, P = 31, O = 16 : \text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

- ① کم محلول: 5.04 ② کم محلول - 3.06 ③ نامحلول - 5.04 ④ نامحلول - 3.06

محلول‌های سیر نشده، سیر شده و فراسیر شده

محلول‌ها را می‌توان براساس مقدار ماده حل شونده موجود در آن‌ها به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

1- محلول سیر نشده

محلولی است که در یک دمای معین، می‌تواند مقدار بیشتری از ماده حل شونده را در خود حل کند. به بیان دیگر در محلول سیر نشده، مقدار ماده حل شونده، کمتر از مقدار انحلال پذیری آن ماده در دمای مورد نظر است.

مثال: انحلال پذیری KNO_3 در دمای 45°C برابر 70 گرم (در 100 گرم آب) است. پس اگر در همین دما، مقداری کمتر از 70 گرم مثلاً 50 گرم KNO_3 را در 100 گرم آب حل کنیم، محلول به دست آمده، **سیر نشده** است و هنوز تا سیر شدن، 20 گرم دیگر جای دارد!

2- محلول سیر شده

محلولی است که در یک دمای معین، نمی‌تواند مقدار بیشتری از ماده حل شونده را در خود حل کند. به بیان دیگر در محلول سیر شده، مقدار ماده حل شونده برابر با مقدار انحلال پذیری آن در دمای مورد نظر است.

مثال: اگر 70 گرم KNO_3 را در دمای 45°C در 100 گرم آب حل کنیم یک محلول سیر شده به دست می‌آید که دیگر نمی‌تواند KNO_3 بیشتری را در خود حل کند. پس مثلاً اگر 10 گرم دیگر KNO_3 اضافه کنیم، همه این 10 گرم رسوب می‌کند.

3- محلول فراسیر شده

محلولی است که در یک دمای معین، بیش از محلول سیر شده، ماده حل شونده در خود دارد. به عبارت دیگر، مقدار ماده حل شونده در محلول فراسیر شده در یک دمای معین، بیشتر از مقدار انحلال پذیری آن ماده در همان دما است.

توجه! محلول فراسیر شده برخلاف محلول‌های سیر نشده ناپایدار است؛ اندکی تکان دادن، ضربه زدن یا افزودن مقداری از ماده حل شونده به آن، موجب می‌شود مقدار اضافی حل شونده در محلول رسوب کند و محلول دوباره به محلول سیر شده تبدیل شود.

مثال: اگر در بالای 45°C ، 80 گرم KNO_3 در 100 گرم آب حل شده باشد، محلول حاصل، فراسیر شده است. زیرا توانسته 10 گرم بیشتر از مقدار انحلال پذیری آن در این دما، در خود حل کند. حال اگر به این محلول مقدار کمی مثلاً 2 گرم KNO_3 اضافه کنیم، این مقدار (2 گرم) به همراه مقدار اضافی که حل شده بود (10 گرم) یعنی در مجموع 12 گرم KNO_3 رسوب می‌کند و محلول به صورت سیر شده در می‌آید.

نکته: راه تشخیص محلول سیرنشده، سیرشده و فراسیرشده

برای آن که تشخیص دهیم محلول سیرنشده، سیرشده یا فراسیرشده است، کافی است مقدار کمی از ماده حل شونده را در محلول بریزیم:

1. اگر مقدار اضافه شده، حل شود $\leftarrow$ محلول سیرنشده است.
 2. اگر همان مقدار اضافه شده، رسوب کند $\leftarrow$ محلول سیرشده است.
 3. اگر بیشتر از مقدار اضافه شده، رسوب کند $\leftarrow$ محلول فراسیرشده است.
- با ورود مقدار کمی ماده حل شده و نده به محلول فراسیرشده، به سرعت رسوب کرده و در تمام محلول گسترش می یابد. تا این که دوباره محلول به صورت سیرشده در آید.

مثال: اگر مقدار اندکی از بلور سدیم استات به محلول آن افزوده شود، در آن صورت

- 1) فراسیرشده - مقدار افزوده شده، نامحلول باقی می ماند
- 2) سیرشده - مقداری از سدیم استات حل شده موجود در محلول، همراه مقدار افزوده شده، ته نشین می شود.

3) فراسیرشده - به سرعت مقدار بیشتری سدیم استات به صورت بلوری رسوب می کند.

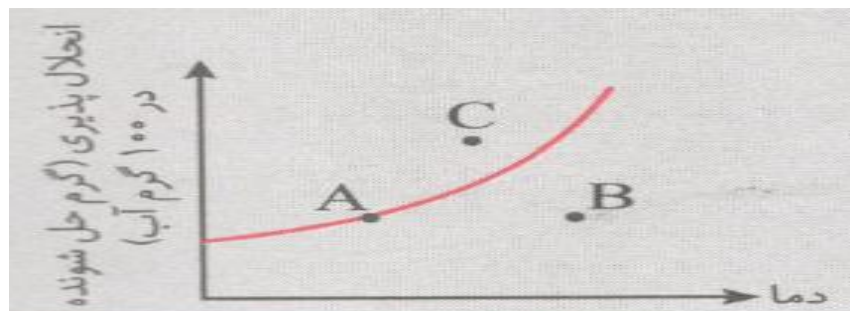
4) سیرشده - به سرعت مقدار بیشتری سدیم استات به صورت بلوری رسوب می کند.

نکته: از موادی مانند متانول، اتانول و اسهتون که به هر نسبتی در آب حل می شوند، نمی توان محلول سیرشده تهیه کرد، اما از بقیه مواد می توان محلول سیرشده در آب تهیه نمود.

نکته: انحلال پذیری مواد به دما بستگی دارد. به نموداری که اثر دما بر انحلال پذیری یک ماده نشان می دهد، نمودار

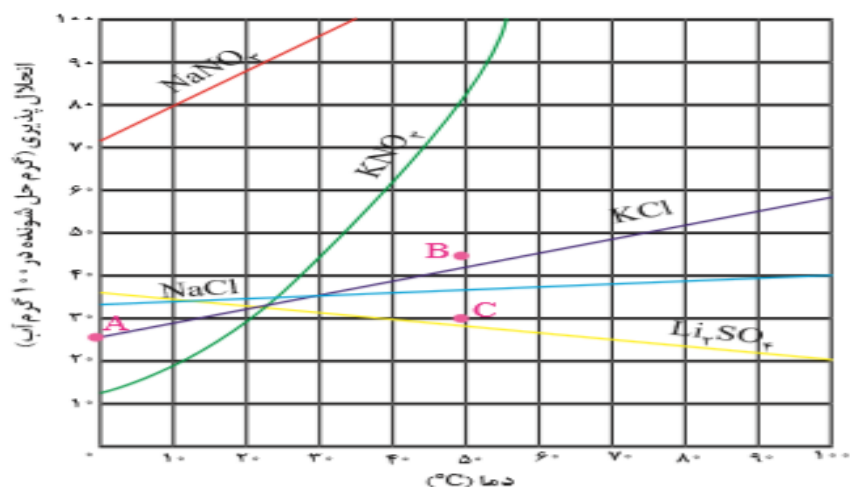
«انحلال پذیری - دما» می گویند.

در این نمودار هر نقطه روی منحنی (مانند A)، بیانگر محلول سیرشده است. هر نقطه زیر منحنی (مانند B)، یک محلول سیرنشده و هر نقطه بالای منحنی (مانند C)، یک محلول فراسیرشده را نشان می دهد:



بررسی نمودارهای «انحلال پذیری - دما»

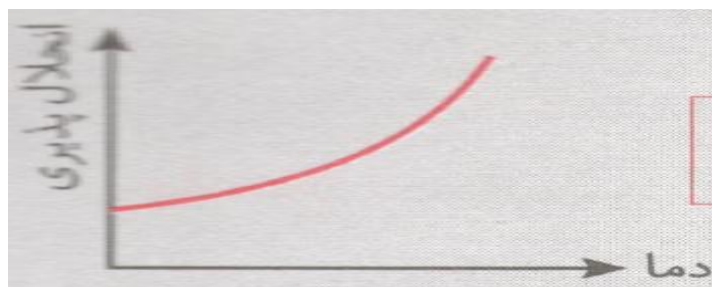
به طور کلی انحلال پذیری ترکیب های یونی به دو عامل بستگی دارد: 1- نوع ماده 2- دما در درس نامه های قبل تأثیر نوع ماده بر انحلال پذیری مورد بررسی قرار گرفت. در این جا بر آنیم تا به بررسی اثر دما بر انحلال پذیری بپردازیم. در شکل زیر نمودار انحلال پذیری چند ترکیب یونی نشان داده شده است. این نمودارها براساس داده های تجربی برای هر نمک، به دست آمده است.



نمودار ۲- انحلال پذیری برخی ترکیب های یونی در آب برحسب دما

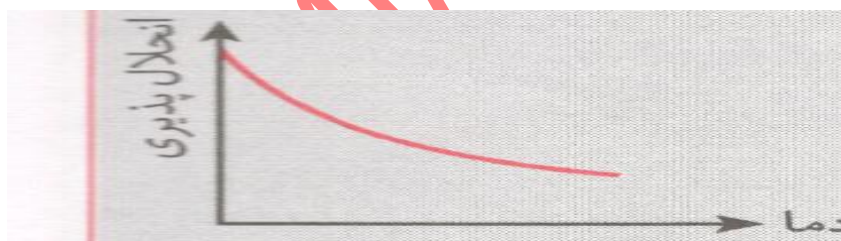
1- اثر دما بر انحلال پذیری ترکیب‌های یونی

1) نمودار انحلال پذیری برخی مواد (مانند KNO_3 و KCl) بر حسب دما، صعودی است. یعنی با افزایش دما، انحلال پذیری آن‌ها افزایش می‌یابد (و برعکس). به عبارت دیگر انحلال پذیری آن‌ها با دما رابطه مستقیم دارد. انحلال این گونه ترکیبات گرماگیر است.

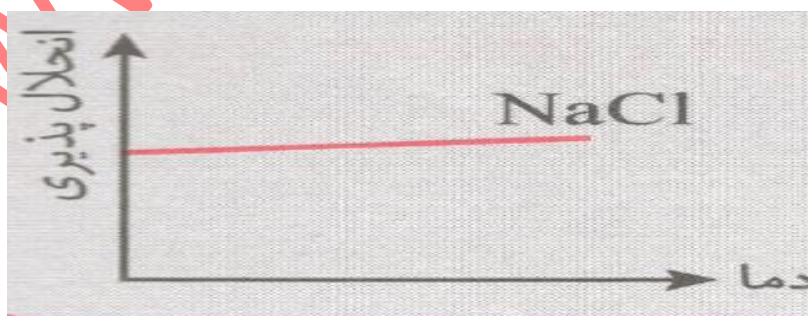


2) انحلال پذیری اغلب نمک‌ها با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

نمودار انحلال‌پذیری برخی مواد (مانند Li_2SO_4) بر حسب دما، نزولی است. یعنی با افزایش دما، انحلال پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد (برعکس). به بیان دیگر انحلال‌پذیری آن‌ها با دما رابطه عکس دارد. انحلال این گونه ترکیبات، گرماده است.



2) نمودار انحلال پذیری بر حسب دما در مورد برخی مواد (مانند NaCl) تقریباً به صورت یک خط افقی (با شیب بسیار کم) است. تغییر دما در انحلال پذیری این گونه مواد تأثیر چندانی ندارد.



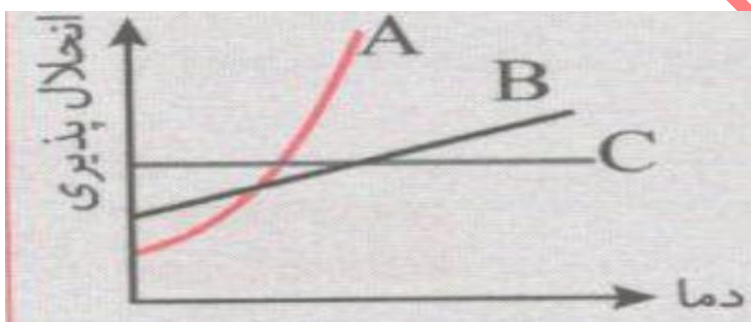
4) هر چه شیب نمودار انحلال پذیری یک ماده بیشتر باشد، دما تأثیر بیشتری بر انحلال پذیری آن دارد. به عنوان مثال با توجه به نمودار انحلال پذیری سه ترکیب KNO_3 ، KCl و NaCl می‌توان گفت:

شیب نمودار : $\text{KNO}_3 > \text{KCl} > \text{NaCl}$

تأثیر دما بر انحلال پذیری : $\text{KNO}_3 > \text{KCl} > \text{NaCl}$

تذکر: به هنگام مقایسه شیب نمودارها به اندازه (بزرگی) آنها توجه می کنیم نه علامت آنها، به عنوان مثال شیب نمودار انحلال پذیری Li_2SO_4 منفی و NaCl مثبت است، اما چون اندازه شیب نمودار Li_2SO_4 بزرگتر از NaCl است، بنابراین دما تأثیر بیشتری بر انحلال پذیری Li_2SO_4 دارد.

مثال: با توجه به شکل روبه‌رو که روند تغییر انحلال پذیری سه ماده A، B و C را نسبت به دما نشان می‌دهد، A، B و C را به ترتیب (از راست به چپ) می‌توان و در نظر گرفت.



NaCl ، KCl ، KNO_3 (2)

KCl ، NaCl ، NaNO_3 (4)

NaCl ، KNO_3 ، KCl (1)

NaCl ، KCl ، NaNO_3 (3)

60	40	20	0	دما (C)
120	62	30	12	ترکیب
120	62	30	12	A
46	39	33	27	B
28	31	34	37	C
117	100	85	70	D

مثال: با توجه به جدول زیر که انحلال پذیری چند ترکیب را نشان می‌دهد، تأثیر دما بر انحلال پذیری کدام ترکیب بیشتر است؟

A (1) B (2)

C (3) D (4)

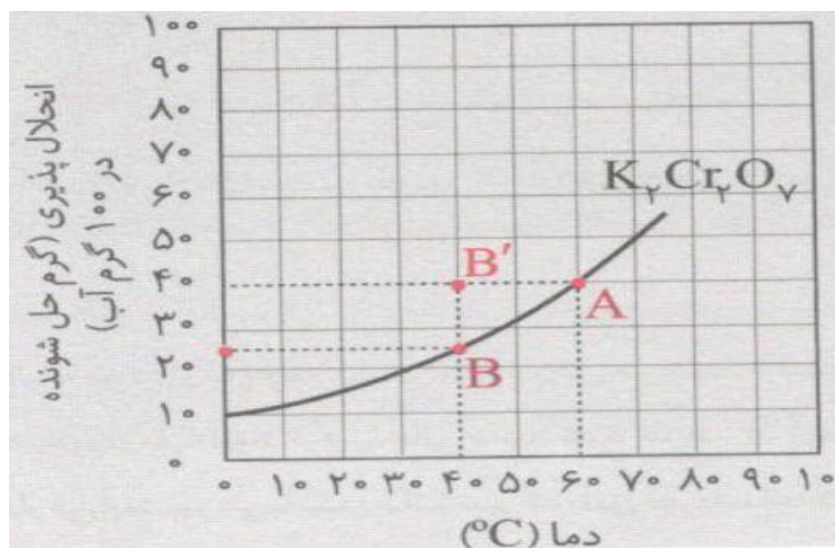
تهیه محلول فراسیرشده

برای تهیه محلول فراسیرشده از یک حل شونده، ابتدا محلول سیرشده‌ای از آن را در دمای معین تهیه می‌کنند، سپس به آهستگی دمای آن را تا حد معینی تغییر می‌دهند (اگر انحلال ماده مورد نظر گرماگیر باشد، دما را کاهش می‌دهند، اما اگر

گرماده باشد، دما را افزایش می‌دهند). بدین ترتیب محلولی به دست می‌آید که مقدار ماده حل شونده در آن بیشتر از مقدار انحلال پذیری آن در آن دما می‌باشد.

به عنوان مثال به نمودار انحلال پذیری

پتاسیم دی کرومات ($K_2Cr_2O_7$) توجه نمایید.



انحلال پذیری این دما در دماهای $60^\circ C$ و $40^\circ C$ به ترتیب برابر 40 گرم و 25 گرم در 100 گرم آب است. فرض کنید که روی نمودار، در نقطه A هستیم؛ یعنی در دمای $60^\circ C$ ، 40 گرم $K_2Cr_2O_7$ آب حل کرده‌ایم و می‌خواهیم دمای آن را به $40^\circ C$ برسانیم. این کاهش دما را به دو صورت می‌توانیم انجام بدهیم:

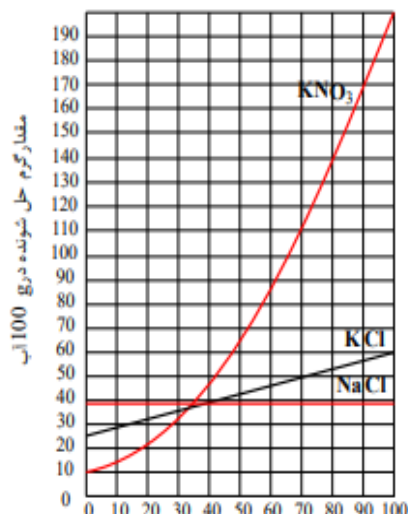
(1) اگر دمای این محلول را به سرعت از $60^\circ C$ به $40^\circ C$ برسانیم، به نقطه B می‌رسیم که انحلال پذیری آن برابر 25 گرم است. یعنی در این دما 100 گرم آب تنها می‌تواند 25 گرم $K_2Cr_2O_7$ را در خود نگه دارد، پس 15 گرم $K_2Cr_2O_7$ ($25 - 40 = 15$) رسوب می‌کند.

(2) اگر دمای این محلول را به آهستگی از $60^\circ C$ به $40^\circ C$ برسانیم به نقطه B' می‌رسیم و مشاهده خواهیم کرد که رسوبی تشکیل نمی‌شود. یعنی در دمای $40^\circ C - 100$ گرم آب توانسته است. 40 گرم $K_2Cr_2O_7$ را در خود نگه دارد در حالی که در این دما انحلال پذیری دی کرومات برابر 25 گرم است. در این حالت می‌گوییم محلول فراسیرشده است.

۸۵) نوع محلول‌های A و B به ترتیب از راست به چپ کدامند؟

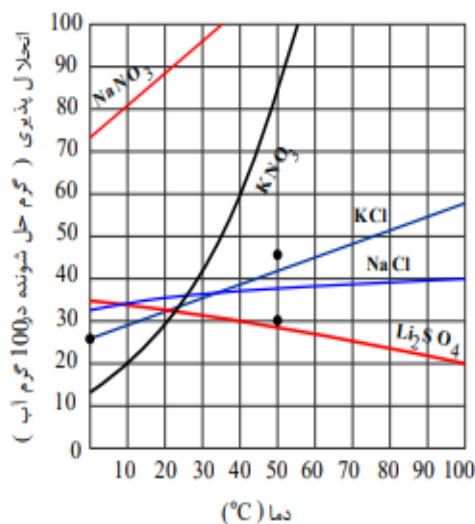
محلول	جرم آب (g)	حل شونده	جرم حل شونده (g)	دما °C
A	۵۰	KCl	۳۰	۴۲
B	۲۰۰	KNO ₃	۷۰	۵۰

- ۱) فراسیر شده - سیر نشده
- ۲) سیر نشده - سیر شده
- ۳) سیر نشده - سیر نشده
- ۴) فراسیر شده - سیر شده



۱۰۹) با توجه به نمودار مقابل، با سرد کردن ۴۵۰g محلول سیر شده پتاسیم نیترات از دمای ۴۸°C تا دمای ۱۰°C،

چند گرم نمک پتاسیم نیترات ته نشین خواهد شد؟ (با تغییر)



- ۱) ۱۲۰
- ۲) ۵۰
- ۳) ۳۳۰
- ۴) ۱۵۰

حل مسائل انحلال پذیری

اگرچه قبلاً با تعریف «انحلال پذیری» آشنا شدیم، اما بد نیست یک بار دیگر ذکر چندی از آن بشود! انحلال پذیری به بیشترین مقدار از یک ماده برحسب گرم که در دمای معین در ۱۰۰ گرم آب حل شود و محلول سیر شده ایجاد کند، «انحلال پذیری» آن ماده می‌گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{انحلال پذیری (s)} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال}} \times 100$$

مسائل انحلال پذیری تنوع زیادی دارند که در این جا با آن ها آشنا می شویم.

مثال: در دمای 75°C مقدار 0/25 مول مس (II) سولفات در 120 گرم محلول سیرشده آن وجود دارد. انحلال پذیری مس (II) سولفات در این دما چند است؟ ($\text{Cu} = 64, \text{S} = 32, \text{O} = 16: \text{gmol}^{-1}$)

45 (1) 32 (2) 50 (3) 28 (4)

مثال: انحلال پذیری شکر در آب در دمای 20°C برابر 205 گرم است. ت. اگر است. ت. اگر 30/5 گرم محلول سیرشده شکر در آب در دمای 20°C را با ملایمت تبخیر کنیم، چند گرم شکر خشک از آن به دست می آید؟

20/5 (1) 3/05 (2) 7/0 (3) 25/5 (4)

مثال: دمای 120 گرم محلول سدیرشده پتاسیم نترات را از 75°C تا 25°C پایین می آوریم. هرگاه انحلال پذیری این نمک در دمای 75°C برابر 150 گرم و در دمای 25°C برابر 40 گرم باشد، چند گرم رسوب پتاسیم نترات حاصل می شود؟

110 (1) 52/8 (2) 11 (3) 55/5 (4)

مثال: با توجه به شکل روبه رو، 31 گرم محلول سه پیرشدۀ پتاسیم کلرید در دمای 90°C را به تقریب چند درجۀ سلسیوس سرد کنیم تا 4 گرم رسوب تشکیل شود؟

20°C (1 40°C (2 50°C (3 60°C (4

مثال: انحلال پذیری سدیم سولفات (Na_2SO_4) در دمای 40°C برابر 55 گرم است. هرگاه 93 گرم محلول سه پیرشدۀ آن در دمای 40°C را تا دمای 80°C گرم کنیم 6 گرم نمک رسوب می کند. انحلال پذیری سدیم سولفات در دمای 80°C کدام است؟

30 (1 40 (2 45 (3 35 (4

تفاوت درصد جرمی با انحلال پذیری

بین درصد جرمی و انحلال پذیری دو تفاوت اساسی وجود دارد:

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

(1) انحلال پذیری در 100 گرم حلال (آب) تعریف می شود، در حالی که درصد جرمی در 100 گرم محلول تعریف می شود

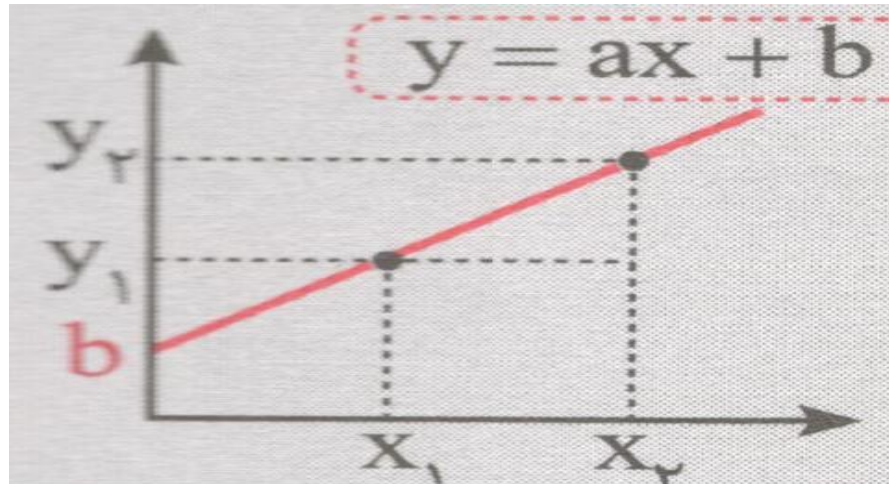
(2) در تعریف انحلال پذیری، محلول مورد نظر، سیرشده است ولی در تعریف درصد جرمی، الزامی بر سیرشده بودن محلول وجود ندارد.

نکته: بین انحلال پذیری (s) و درصد جرمی (a) روابط روبه رو برقرار است:

$$a = \frac{100s}{100 + s} \quad \text{یا} \quad s = \frac{100a}{100 - a}$$

معادله انحلال پذیری بر حسب دما

نمودار انحلال پذیری برخی مواد به صورت یک خط راست است. از این رو می توان چگونگی تغییر انحلال پذیری این مواد بر اثر دما را به صورت معادله یک خط راست نشان داد که به آن معادله انحلال پذیری می گویند.



از درس ریاضی به یاد دارید که معادله کلی یک خط راست به صورت زیر است:

$$\Rightarrow \text{که در آم } a \text{ شیب خط و } b \text{ عرض از مبدأ آن است. } a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

اگر نمودار «انحلال پذیری - دما» برای یک ترکیب به صورت خط راست باشد، برای آن می توان معادله ای شبیه معادله فوق در نظر گرفت، فرم کلی معادله انحلال پذیری بر حسب دما به صورت زیر است.

که در آن θ بیان گر دما و S بیانگر انحلال پذیری آن در دمای مربوطه است. a و b هم به ترتیب شیب و عرض از مبدأ

$$\Rightarrow \text{نمودار هستند. } a = \frac{\Delta S}{\Delta \theta} = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

توجه! S از واژه **solubility** به معنای انحلال پذیری گرفته شده است.

توجه! در نمودار انحلال پذیری، نقطه برخورد نمودار با محور عمودی، عرض از مبدأ آن نام دارد که نشان دهنده انحلال پذیری ترکیب مورد نظر در دمای 0°C است.

مثال: با توجه به جدول روبه‌رو، چند مورد از مطلب زیر نادرست‌لند؟ (فرض کنید نمودار انحلال پذیری A و B بر حسب دما یک خط راست است).

$\theta (^\circ\text{C})$	0	10	20	30
$S_A \left(\frac{\text{g}}{100\text{gH}_2\text{O}} \right)$	10	15	20	25
$S_B \left(\frac{\text{g}}{100\text{gH}_2\text{O}} \right)$	35	37	39	41

(آ) اثر دما بر انحلال پذیری نمک A بیشتر از نمک B است.

(ب) در 4/7 گرم محلول سیرشده نمک A در دمای 15°C ، 0/7 گرم نمک حل شده است.

(پ) چنان چه محلول سیرشده این دو نمک را از دو مقدار یکسان آب در دمای 80°C تهیه کنیم، جرم محلول B بیشتر می شود.

(ت) در دمای حدود 85°C انحلال پذیری دو نمک با هم برابر است.

4 (4)

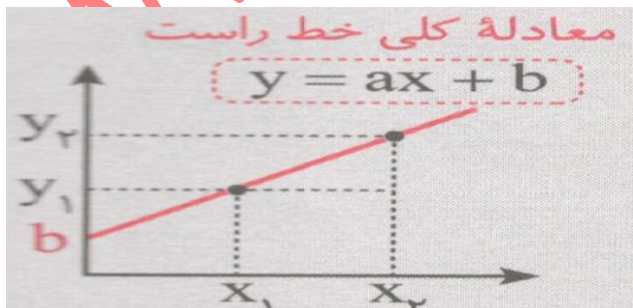
3 (3)

2 (2)

1 (1)

نوشتن معادله انحلال پذیری بدون داشتن عرض از مبدأ

همان طور که می دانید با داشتن مختصات دو نقطه، می توان معادله خط راستی که از این دو نقطه می گذرد را نوشت. به عنوان مثال معادله خط راستی که از دو نقطه $A(x_1, y_1)$ و $B(x_2, y_2)$ می گذرد به صورت زیر است:



$$y - y_1 = \underbrace{\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)}_{a = \text{شیب خط}} (x - x_1)$$

این مقدمه را از این جهت گفتیم که به طور مشابه اگر انحلال پذیری (S) یک نمک را در دو دمای متفاوت (θ) داشته باشیم به راحتی می‌توانیم معادله انحلال پذیری آن نمک را به دست آوریم. به عبارت دیگر با داشتن مختصات دو نقطه (θ_1, S_1) و (θ_2, S_2) می‌توان نوشت:

$$S - S_1 = \underbrace{\left(\frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \right)}_a (\theta - \theta_1)$$

مثال: انحلال پذیری پتاسیم کلرید در دو دمای 20C و 40C به ترتیب برابر 33 و 39 گرم (در 100 گرم آب) است. معادله انحلال پذیری آن را به دست آورید.

HELP

(۲۷۸) با توجه به جدول زیر، در ۳۸ گرم محلول سیرشده سدیم نیترات در دمای $22.5^\circ C$ ، چند گرم سدیم نیترات حل شده است و درصد جرمی محلول سیرشده آن در ۱۰۰ گرم آب در چه دمایی برابر ۵۰ می‌باشد؟ (گزینه‌ها را به ترتیب از راست به چپ بخوانید.)

$\theta (^\circ C)$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S \left[\frac{gNaNO_3}{100gH_2O} \right]$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

۳۲,۵,۳۴,۲ (۴)

۳۵,۱۸ (۳)

۳۵,۳۴,۲ (۲)

۳۲,۵,۱۸ (۱)

WWW

(۲۵۳) انحلال پذیری لیتیم سولفات از معادله $S = -0.15\theta + 36$ پیروی می کند، اگر 532 گرم محلول سیر شده

آن را از دمای $20^\circ C$ درجه تا $70^\circ C$ گرم کنیم، کدام یک از عبارت های زیر صحیح است؟

① مقداری از حل شونده رسوب می کند، به طوری که جرم محلول باقیمانده برابر 502 گرم می شود.

② 22.5 گرم ماده حل شونده رسوب می کند.

③ محلول سیر نشده ای به دست می آید که با افزودن 30 گرم لیتیم سولفات سیر می شود.

④ محلول سیر نشده ای به دست می آید که با افزودن 22.5 گرم لیتیم سولفات سیر می شود.

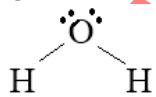
ویژگی مولکول های آب

آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می شود. وجود و تبدیل این حالت ها به یکدیگر زندگی را در سیاره آبی ممکن ساخته است.

① آب ویژگی های گوناگونی دارد که برخی از آن ها عبارت اند از:

(آ) توانایی حل کردن اغلب مواد (ب) افزایش حجم هنگام انجماد (پ) داشتن نقطه جوش بالا و غیر عادی

② رفتار مولکول های آب از ویژگی های ساختار آن سرچشمه می گیرد. شکل مولکول آب، خمیده (V شکل) است که در آن،



هر اتم هیدروژن با یک پیوند کووالانسی یگانه به اتم مرکزی (اکسیژن) متصل است:

نکته: نوع اتم های سازنده و ساختار خمیده مولکول آب، نقش تعیین کننده ای در خواص آن دارد.

③ اتم اکسیژن **خاصیت نافلزی** بیشتری از اتم هیدروژن دارد، از این رو در مولکول آب، اتم اکسیژن دارای بار الکتریکی

جزئی منفی ($\delta -$) و اتم های هیدروژن دارای بار الکتریکی جزئی مثبت ($\delta +$) هستند.

به مولکول هایی مانند H_2O که دارای سرهای منفی و مثبت هستند، مولکول های دوقطبی یا قطبی می گویند.

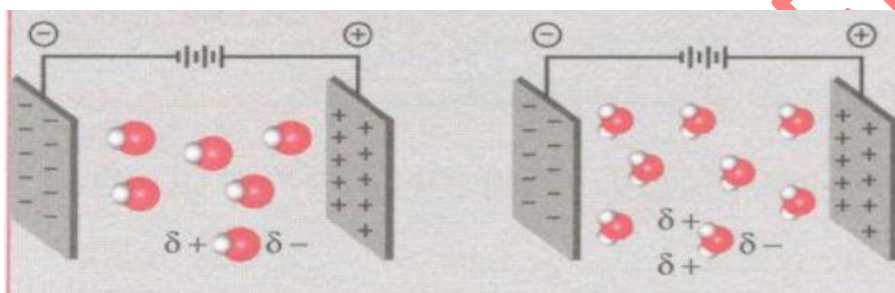
④ مولکول های آب به دلیل داشتن سرهای منفی و مثبت، در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند، به طوری که سرهای

مثبت (اتم هیدروژن) به سمت صفحه منفی و سرهای منفی (اکسیژن) به سمت صفحه مثبت جهت گیری می کنند.

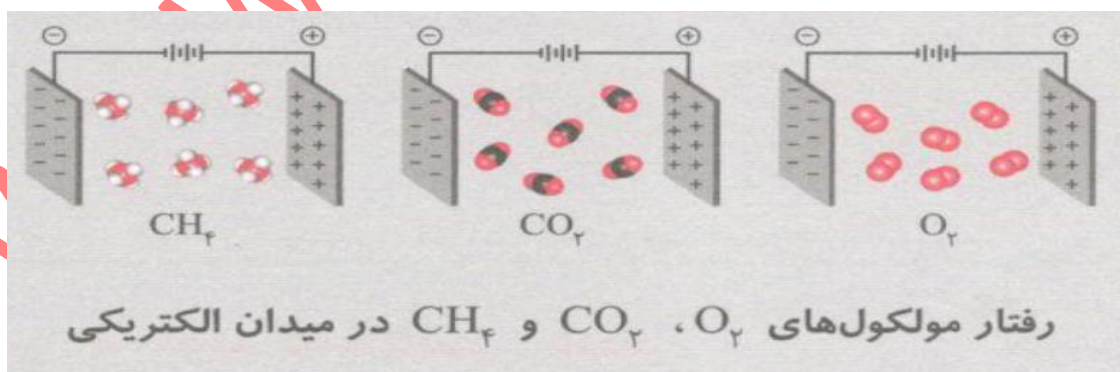
5) با توجه به مطالب فوق به راحتی می‌توان دلیل انحراف باریکه آب به وسیله میله شیشه‌ای مالش داده شده به موی سر را توجیه نمود. میله شیشه‌ای از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، اما بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. در این شرایط مولکول‌های آب (از سر مثبت خود) به سوی آن جذب می‌شوند.

2- مولکول‌های قطبی و ناقطبی

مولکول قطبی (دوقطبی): مولکولی است که الکترون‌ها به طور غیریکنواخت روی آن توزیع شده‌اند و دارای سرهای (یا قطب‌های) مثبت و منفی است. مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، به طوری که سر مثبت مولکول به سمت صفحه با بار منفی و سر منفی مولکول به سمت صفحه با بار مثبت قرار دارد. بدین ترتیب همه مولکول‌ها هم جهت می‌شوند. به عنوان مثال به نحوه جهت‌گیری مولکول‌های قطبی هیدروژن کلرید (HCl) و آب (H_2O) توجه نمایید.



مولکول ناقطبی: مولکولی است که الکترون‌ها به طور یکنواخت روی آن توزیع شده‌اند و مولکول فاقد سرهای (قطب‌های) مثبت و منفی است. مولکول‌های ناقطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. به عنوان مثال مولکول‌های اکسیژن (O_2)، کربن دی‌اکسید (CO_2) و متان (CH_4) ناقطبی‌اند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. رفتار مولکول‌های O_2 ، CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی:



3- گشتار دوقطبی

به ساختار لوویس مولکول‌های H_2O و H_2S ، CO_2 توجه نمایید:

گفتیم که هر پیوند کووالانسی قطبی را می‌توان به صورت یک بردار نشان داد که جهت آن از سمت قطب مثبت ($\delta +$) به سمت قطب منفی ($\delta -$) است. هرگاه در یک مولکول برآیند این بردارها صفر نباشد (مانند مولکول CO_2) آن مولکول ناقطبی است. اما اگر برآیند بردارها صفر نباشد مولکول مورد نظر، یک مولکول قطبی به شمار می‌آید (مانند H_2O و H_2S).

نکته: برای اندازه‌گیری میزان قطبیت مولکول‌ها از کمیتی به نام گشتاور دوقطبی استفاده می‌شود. گشتاور دوقطبی (μ ، می‌یو) مولکول‌ها را با یکای دبا (D) گزارش می‌کنند. با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، گشتاور دوقطبی افزایش می‌یابد. به عنوان مثال گشتاور دوقطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر 0.97D و 1.85D است و این نشان می‌دهد که میزان قطبیت مولکول‌های آب نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. یادآوری: در علوم نهم خواندید که گشتاوی نیرو، اثر چرخاندگی نیرو را نشان می‌دهد. گشتاور دوقطبی ویژه مولکول‌های دوقطبی است که اثر و میزان چرخاندگی مولکول را نشان می‌دهد.

بنابراین

هر چه مولکول قطبی‌تر $\leftarrow$ اثر میدان الکتریکی بر آن بیش‌تر $\leftarrow$ میزان چرخاندگی بیش‌تر $\leftarrow$ گشتاور دو قطبی بیش‌تر

نکته: در مولکول‌های ناقطبی (مانند O) گشتاور دو دوقطبی برابر صفر است، پس:

میدان الکتریکی بر آن بی‌اثر
چرخاندگی صفر
گشتاور دوقطبی صفر
مولکول

نکاتی برای تشخیص سریع‌تر مولکول‌های قطبی و ناقطبی

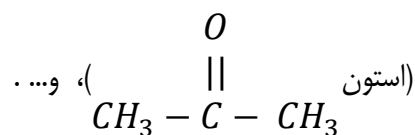
برای تشخیص سریع‌تر مولکول‌های قطبی و ناقطبی به مطالب زیر توجه نمایید:

1) در مولکول‌های دو اتمی اگر دو اتم متصل به هم یکسان باشند (با فرمول کلی A_2)، آن مولکول ناقطبی است (مانند H_2 و O_2 و N_2 و I_2) و اگر دو اتم متصل به هم، متفاوت باشند (با فرمول کلی AB) آن مولکول قطبی است (مانند NO، HCl و CO).

نکته: به‌طور کلی، کلیه مولکول‌هایی که از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند، ناقطبی‌اند، مانند O_2 ، N_2 ، Br_2 ، P_4 و S_8 و...

در این میان مولکول اوزون (O_3) یک استثناء است، یعنی مولکولی قطبی است و علت آن را می‌توان به شکل خمیده (V شکل) مولکول نسبت داد که سبب می‌شود مولکول مرکز تقارن نداشته باشد.

(2) در مولکول‌های چند اتمی با یک اتم مرکزی، وجود هر یک از ویژگی‌های زیر برای قطبی بودن مولکول کافی است:
 (آ) اگر اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان نباشند، مولکول قطبی است. مانند $COCl_2, HCN, CH_2Cl_2, CH_3Cl$



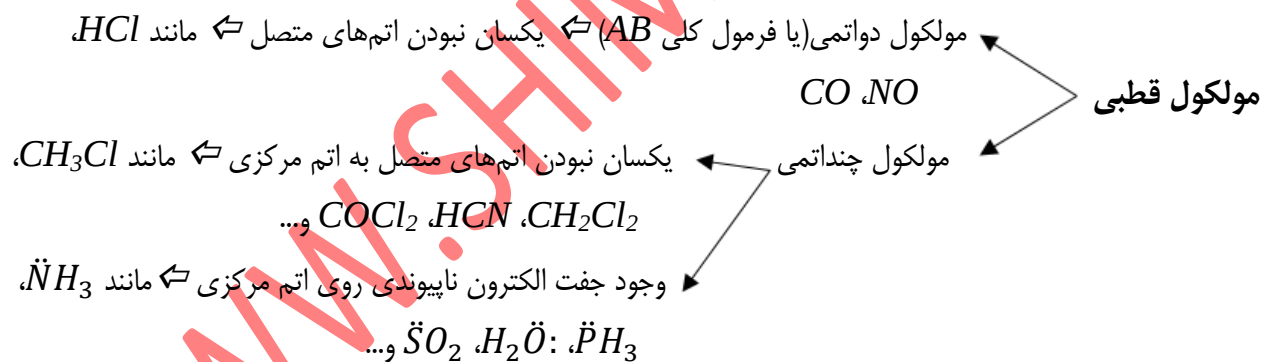
(ب) اگر اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشد، مولکول مورد نظر قطبی است. مانند:

تذکره: بدیهی است اگر مولکول‌های چند اتمی دو شرط فوق (آ و ب) را نداشته باشند، ناقطبی‌اند.

مانند: $CH_4, SiCl_4, CCl_4, SO_3, CO_2, BCl_3, BeF_2, \dots$

نکته: اگر چه اتم مرکزی در NO_2 به جای یک جفت الکترون ناپیوندی یک تک الکترون ناپیوندی دارد ولی این مولکولی قطبی است.

(3) گشتاور دو قطبی اغلب هیدروکربن‌ها (ترکیب‌هایی که فقط از C و H تشکیل شده‌اند) ناچیز و در حدود صفر است. یعنی اغلب هیدروکربن‌ها را می‌توان ناقطبی در نظر گرفت. بنابراین هیدروکربن‌هایی مانند متان (CH_4)، اتان (C_2H_6)، پروپان (C_3H_8)، اتن (C_2H_4)، اتین (C_2H_2)، هگزان (C_6H_{14})، بنزن (C_6H_6) ناقطبی‌اند. به طور خلاصه، نحوه شناسایی مولکول‌های قطبی و دلایل قطبی بودن آن‌ها به صورت زیر است:



مثال: چه تعدادی از مولکول‌های زیر قطبی‌اند؟

CH_3OH	C_6H_6	O_3	BF_3	SO_2Cl_2	$NOCl$	N_2O	CH_3F	SF_4	SF_6	NCl_3	OCS	C_4H_{10}
IF_3	OCl_2	H_2Se	SiH_4	$HClO$	CO	NO	NO_2	Al	$AlCl_3$	CH_2O		
14 (4)	17 (3)	15 (2)	12 (1)									

نیروهای بین مولکولی

پیش از این آموختید که در مولکول ها، اتم ها به وسیله پیوندهای کووالانسی به یک دیگر متصل شده و کنار هم قرار می گیرند. اما چه نیرویی مولکول ها را در کنار هم قرار می دهد؟ نیروهای جاذبه ای که میان هسته های اتم های یک مولکول و الکترون های مولکول و الکترون های مولکول دیگر به وجود می آید سبب می شود که مولکول ها بتوانند در کنار هم قرار بگیرند.

به برهم کنش های میان مولکول های سازنده یک ماده، نیروهای بین مولکولی می گویند.

نیروهای بین مولکولی را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود:

1- هیدروژنی 2- واندروالسی

نیروهای وان دروالسی

به جز پیوندهای هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروهای وان دروالس می گویند. یکی از نیروهای وان دروالس

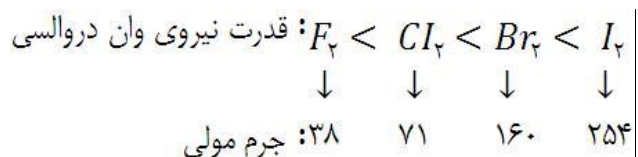
نیروی جاذبه، یون - دوقطبی است. مانند نیروی بین مولکول آب و محلول آب نمک

قدرت نیروهای وان دروالسی

قدرت نیروهای وان دروالسی به طور عمده به دو عامل زیر بستگی دارد:

1- جرم مولکول 2- قطبیت مولکول

(1) جرم مولکول: هرچه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، نیروی وان دروالسی بین مولکول ها قوی تر خواهد بود. زیرا هرچه مولکول سنگین تر و حجیم تر باشد تغییر شکل ابر الکترونی (قطبش پذیری) در آن ها راحت صورت می گیرد و دوقطبی های لحظه ای (القایی) قوی تری پدید می آیند. برای مثال ترتیب نیروهای وان دروالسی در هالوژن ها به صورت زیر است:



(2) قطبیت مولکول: معمولاً هر چه مولکول ها قطبی تر باشند، نیروی وان دروالسی بین آن ها قوی تر است.

نکته: در ترکیب های مولکولی با جرم مولی مشابه (یا نزدیک به هم)، نیروی وان دروالسی بین مولکول های قطبی، قوی تر از مولکول های ناقطبی است. زیرا مولکول های قطبی دارای سرهای مثبت و منفی هستند که بین سر مثبت هر مولکول یا سر منفی مولکول دیگر، جاذبه ای نسبتاً قوی برقرار می شود. برای مثال با آن که CO و N_2 جرم مولی مشابهی دارند، اما نیروی وان دروالسی بین مولکول های CO قوی تر از N_2 است زیرا مولکول CO قطبی اما مولکول N_2 ناقطبی است:

$CO > N_2$: نیروی وان دروالسی

↓ ↓
جرم مولی : 28 28

به عنوان مثال دیگر می‌توان به مقایسه نیروی وان دروالسی در F_2 و HCl پرداخت که جرم مولی آن‌ها نزدیک به یک دیگر است ($F_2 = 38, H = 36/5: g.mol^{-1}$)، اما چون مولکول HCl قطبی است. نیروی وان دروالسی در آن قوی‌تر از مولکول ناقطبی F_2 می‌باشد:

$HCl > F_2$: نیروی وان دروالسی

↓ ↓
جرم مولی : 36/5 38

تذکر: برای مقایسه نیروهای دروالسی، باید به هر دو عامل قطبیت و جرم مولکول توجه نماییم. عامل قطبیت به شرطی اهمیت دارد که جرم مولی دو ترکیب مورد نظر، تقریباً مشابه باشد. پس اگر جرم مولی دو ترکیب قطبی، تفاوت زیادی داشته باشد، عامل جرم مولکول تعیین کننده قدرت نیروی وان دروالسی است. به عنوان مثال HCl و HBr هر دو قطبی هستند و قطبیت HCl از HBr بیشتر است، اما چون جرم مولی HBr بیشتر از HCl است، نیروی وان دروالسی در HBr قوی‌تر است.

اما چون
 $HCl < HBr$: نیروی وان دروالسی $\rightarrow HCl < HBr$: جرم مولی ($g.mol^{-1}$)
 (۸۱) (۳۶/۵) (۱۰/۷۸) (۱/۰۳)
 قطبیت (D) : $HCl > HBr$

در ضمن به هنگام مقایسه نیروی وان دروالسی یک ترکیب قطبی و یک ترکیب ناقطبی، نباید تصور کرد که همواره نیروی وان دروالسی در ترکیب قطبی بیشتر است. به عنوان مثال I_2 یک مولکول ناقطبی اما HCl یک مولکول قطبی است، اما چون جرم مولی و حجم I_2 بیشتر از HCl است، نیروی وان دروالسی در آن قوی‌تر است:
 $I_2 > HCl$: نیروی وان دروالسی.

نیروهای بین مولکولی و حالت فیزیکی

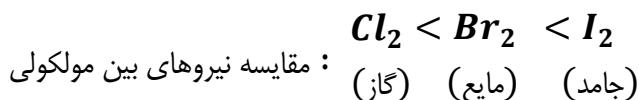
نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب مولکولی نقش مهمی دارند. در حالت جامد برهم کنش های میان مولکول های سازنده آن ماده (نیروهای بین مولکولی) زیاد است، به طوری که این ذره ها به طور منظم و در جاهای نسبتاً ثابتی کنار یک دیگر قرار می گیرند. اما در حالت مایع این برهم کنش ها کمتر شده و فاصله میان مولکول ها بیشتر می شود به طوری که مولکول ها دیگر جای ثابتی نداشته و می توانند از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا شوند. البته هنوز دست یک دیگر را رها نکرده و کنار هم قرار دارند. در حالت گازی برهم کنش ها به کم ترین حد خود می رسد، به طوری که رشته های محبت بین آن ها گسسته شده! و ماده مورد نظر چیزی نیست جز مجموعه ای از مولکول های مجزا به طور خلاصه می توان گفت قدرت نیروهای بین مولکولی، تعیین کننده حالت فیزیکی یک ماده است.

گاز > مایع > جامد: نیروهای بین مولکولی در حالت های مختلف یک ماده

با توجه به مطالب فوق، برای مقایسه قدرت نیروهای بین مولکولی در دو ماده، می توان به حالت فیزیکی آن ها توجه نمود. بدین ترتیب که (در شرایط یکسان) از دو ماده که یکی جامد و دیگری مایع است، نیروهای بین مولکولی در ماده جامد بیشتر است و از دو ماده مایع و گازی شکل، ماده مایع نیروهای بین مولکولی قوی تر دارد.

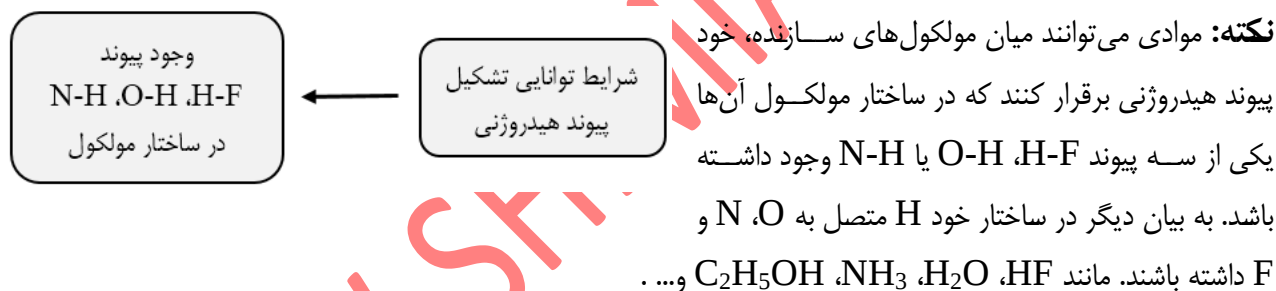
گاز > مایع > جامد: مقایسه نیروهای بین مولکولی (در شرایط یکسان)

مثال: کلر (Cl_2)، بر (Br_2) و ید (I_2) در دمای $25^\circ C$ به ترتیب به صورت گاز، مایع و جامد هستند، پس، ترتیب نیروهای بین مولکولی در این سه ماده به صورت زیر است:



پیوند هیدروژنی

هنگامی که هیدروژن به یکی از سه اتم فلوئور (F)، اکسیژن (O) و نیتروژن (N) متصل شود، شرایط برای ایجاد نوع مهمی از نیروهای بین مولکولی به نام پیوند هیدروژنی فراهم می شود. سه عنصر O، F و N دارای دو ویژگی مهم هستند که عنصرهای دیگر از آن بی بهره اند. این دو ویژگی عبارتند از:



پیوند هیدروژنی بین مولکول های H_2O و C_2H_5OH پیوند هیدروژنی بین مولکول های H_2O و NH_3

توجه! برخی از مولکول ها (مانند استون) که در ساختار خود فاقد H متصل به FON هستند و میان خودشان قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی نیستند اگر در ساختار خود یکی از اتم های FON را داشته باشند می توانند با مولکول هایی که قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی هستند، پیوندهای هیدروژنی برقرار نمایند. به عنوان مثال به پیوند هیدروژنی میان استون و آب توجه نمایید:

نکته: با توجه به شکل های فوق، می بینیم که پیوند هیدروژنی هنگامی تشکیل می شود که اتم هیدروژن بین دو اتم از عنصرهای FON قرار بگیرد. به طوری که با یکی پیوند کووالانسی و با دیگری پیوند هیدروژنی برقرار نماید.

نکته: پیوند هیدروژنی در واقع نوعی نیروی جاذبه دوقطبی - دوقطبی بسیار قوی است که به خاطر استحکام بیش از اندازه آن، پیوند هیدروژنی نامیده می شود.

همان طور که اشاره شد، پیوند هیدروژنی بین یون‌های مثبت و منفی به وجود نمی‌آید، پس نمی‌توان آن را پیوند یونی دانست. هم چنین از به اشتراک گذاشتن جفت الکترون بین دو اتم هم به وجود نمی‌آید، پس نمی‌توان آن را یک پیوند کووالانسی به شمار آورد. به همین دلیل ممکن است به کار بردن واژه پیوند هیدروژنی کمی گمراه کننده باشد. پیوند هیدروژنی از پیوندهای کووالانسی بسیار ضعیف‌تر، اما از نیروی وان دروالسی غالباً قوی‌تر است:

نیروی وان دروالسی > پیوند هیدروژنی >> پیوند کووالانسی: مقایسه قدرت

پیوندهای هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

دانستیم که آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود و ایضاً دانستیم که بین مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی برقرار است. اکنون می‌خواهیم ببینیم پیوندهای هیدروژنی در حالت‌های مختلف آب چگونه‌اند؟

آ- حالت گاز (بخار آب)

در این حالت فاصله میان مولکول‌های آب چنان زیاد است که می‌توان گفت عملاً بین آن‌ها پیوند هیدروژنی وجود ندارد. از این رو مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند.

ب - حالت مایع (آب)

در حالت مایع، با این که بین مولکول‌های آب، پیوندهای هیدروژنی قوی برقرار است اما این پیوندها آن چنان قوی نیست که بتواند مولکول‌های آب را در جاهای نسبتاً ثابت نگه دارد. از این رو مولکول‌ها روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند.

پ- حالت جامد (یخ)

در یخ، پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، چنان قوی است که این مولکول‌ها در جاهای به نسبت ثابت قرار دارند. به همین دلیل برخلاف آب، ساختار یخ منظم است. در مورد ساختار یخ به نکات زیر توجه نمایید:

1. در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن با پیوند کووالانسی و با دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است.

2. در ساختار یخ، پیرامون هر مولکول H_2O ، چهار مولکول H_2O دیگر وجود دارد به طوری که با هر کدام یک پیوند هیدروژنی برقرار می کند. بنابراین هر مولکول H_2O ، چهار پیوند هیدروژنی برقرار می کند که دوتای آن توسط اتم های هیدروژن و دوتای دیگر توسط جفت الکترون های ناپیوندی روی اتم اکسیژن برقرار می شود.

3. در ساختار یخ، آرایش مولکول های آب به گونه ای است که در آن اتم های اکسیژن در رأس حلقه های شش ضلعی قرار دارند و شبکه ای مانند شانه عسل را به وجود می آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش می یابد. در واقع، یخ ساختاری باز دارد. شکل های زیبا و متنوع دانه های برف ناشی از وجود این حلقه های شش ضلعی است.

نکته: در حلقه های شش ضلعی یخ، هر ضلع شامل یک پیوند کووالانسی و یک پیوند هیدروژنی است. فاصله اتم هیدروژن از اتم اکسیژنی که با آن پیوند کووالانسی دارد کمتر از فاصله این اتم با اکسیژنی است که با آن پیوند هیدروژنی دارد: $a < b$

4. در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر، چگالی یخ از آب کمتر است. آب از معدود موادی است که در آن چگالی در حالت جامد از چگالی در حالت مایع کمتر است. علت آن را می توان با توجه به ساختار یخ توضیح داد. همان طور که گفته شد در ساختار یخ، مولکول های آب به صورت حلقه های شش ضلعی در کنار یک دیگر قرار دارند و در مرکز این حلقه های شش ضلعی فضاهای خالی زیادی وجود دارد. بنابراین هنگامی که آب

دما ($^{\circ}C$) چگالی ($g \cdot mL^{-1}$)

0/9998

آب

0/9167

یخ

منجمد می شود به علت ایجاد این حلقه های شش ضلعی و فضاهای خالی میان آن ها، منبسط شده افزایش حجم می دهد و در نتیجه چگالی آن کاهش می یابد.

تذکره: دیواره یاخته ها (سلول ها) در بافت کلم بر اثر یخ زدن تخریب می شود. زیرا آب

موجود درون دیواره یاخته ها بر اثر یخ زدن منبسط می شود با انبساط آب، دیواره یاخته می ترکد و تخریب می شود.

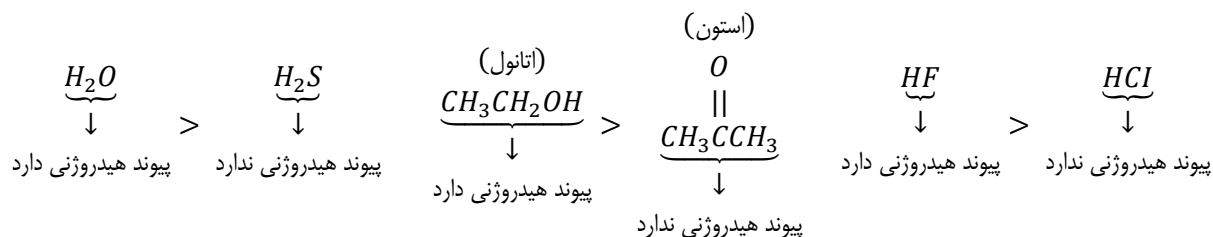
توجه! ابرها را می توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع در نظر گرفت. آب موجود در ابرها به طور عمده به صورت ریز قطره هاست. برآورد می شود که حدود 15/000/000 ریز قطره در شرایط مناسب می توانند یک قطره باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آن ها گذر می کنند.

مقایسه نقطه جوش ترکیب های مولکولی

به طور کلی در ترکیب های مولکولی، هر اندازه نیروهای جاذبه بین مولکولی قوی تر باشد. نقطه ذوب و جوش نیز بیش تر خواهد بود. به هنگام مقایسه نقطه جوش ترکیب های مولکولی به موارد زیر توجه می نمایم:

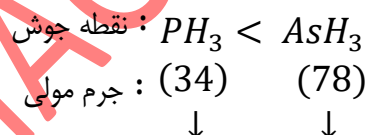
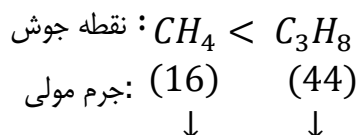
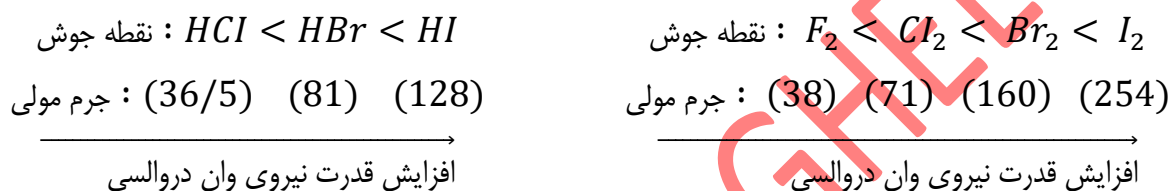
(1) از آن جا که به طور کلی قدرت پیوند هیدروژنی از نیروهای وان دروالسی بیشتر است، ترکیبی که دارای پیوند هیدروژنی است. نقطه جوش بالاتری دارد. مثال:

نقطه جوش



2) در مورد ترکیب هایی که نیروهای بین مولکولی آن ها از نوع وان دروالسی است (قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی نیستند) دو حالت ممکن است پیش آید:

آ- جرم مولی دو ترکیب مورد نظر تفاوت قابل توجهی دارد، در این صورت ترکیبی که جرم مولی بزرگ تری دارد، نیروی وان دروالسی قوی تری داشته و در نتیجه نقطه جوش آن بالاتر است. مثال:

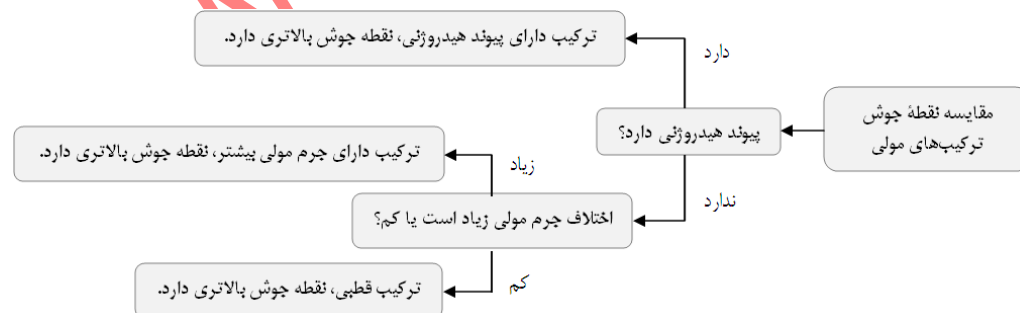


نیروی وان دروالسی قوی تر نیروی وان دروالسی ضعیف تر نیروی وان دروالسی قوی تر نیروی وان دروالسی ضعیف تر

ب- دو ترکیب مورد نظر جرم مولی مشابه یا نزدیک به هم دارند. در این صورت به قطبیت آن ها توجه می کنیم، بدین ترتیب که ترکیب قطبی- به دلیل داشتن نیروی وان دروالسی قوی تر - نقطه جوش بالاتر خواهد داشت. مثال:



نتیجه گیری :



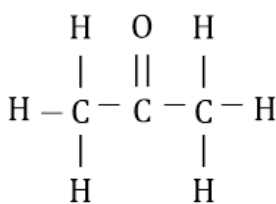
حلال‌های آلی

اتانول، استون و هگزان سه نمونه مهم از حلال‌های آلی هستند. ویژگی‌های هر یک از این حلال‌ها به صورت زیر ارائه شده است:

1- اتانول (الکل معمولی)

- فرمول شیمیایی اتانول به صورت CH_3CH_2OH یا C_2H_6O است.
- ساختار لوویس اتانول به صورت روبه‌روست و همان‌طور که دیده می‌شود، در ساختار آن 8 پیوند کووالانسی وجود دارد.
- اتانول، مولکولی قطبی است؛ یعنی گشتاور دو قطبی آن بزرگتر از صفر است.
- اتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شود، از این‌رو از آن نمی‌توان محلول سیر شده تهیه نمود. (در ساختار اتانول پیوند O-H وجود دارد و تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های اتانول و آب، سبب ایجاد جاذبه‌های نسبتاً قوی بین آن‌ها شد که سبب افزایش شدید انحلال پذیری می‌شود.)
- اتانول به عنوان حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد.

2- استون



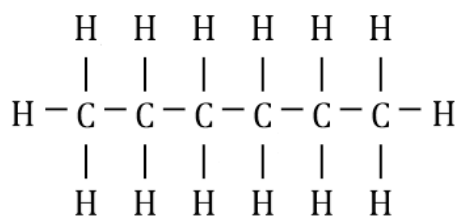
فرمول شیمیایی استون به صورت $CH_3C(=O)CH_3$ یا C_3H_6O است.

- ساختار لوویس استون به صورت روبه‌روست و همان‌طور که دیده می‌شود در ساختار آن، 10 پیوند کووالانسی وجود دارد.
 - استون مولکول قطبی است؛ یعنی گشتاور دو قطبی آن بزرگتر از صفر است. ($\mu > 0$)
 - استون به هر نسبتی در آب حل می‌شود؛ از این‌رو نمی‌توان از آن محلول سیر شده تهیه نمود. (اتم اکسیژن در استون دارای باز جزیی منفی (δ^-) است و می‌توان از این ناحیه با اتم هیدروژن مربوط به آب، پیوند هیدروژنی برقرار کند.)
 - استون به عنوان حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها کاربرد دارد.
- نکته:** نقطه جوش اتانول از استون بالاتر است. زیرا پیوندهای هیدروژنی در اتانول قوی‌تر از نیروهای وان دروالسی در استون است:
- مولکول استون قطبی است. بنابراین برهم کنش میان این مولکول‌ها از نوع «دوقطبی - دوقطبی» است که جزء نیروهای وان دروالسی به شمار می‌آید:
- توجه!** به اتانول و استون که در ساختار خود اتم اکسیژن دارند. ترکیب‌های آلی اکسیژن دار گفته می‌شود.

3- هگزان

• فرمول شیمیایی آن C_6H_{14} است.

• ساختار لوویس هگزان به صورت زیر است و همان طور که دیده می‌شود



در ساختار آن 19 پیوند کووالانس وجود دارد:

• گشتاور دوقطبی مولکول هگزان تقریباً برابر صفر است. بنابراین هگزان

عملاً مولکولی ناقطبی است.

نکته: گشتاور دوقطبی اغلب هیدروکربن‌ها (ترکیب‌هایی که فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند) ناچیز و در حدود صفر

است؛ یعنی اغلب هیدروکربن‌ها ناقطبی هستند.

• هگزان به عنوان حلال مواد ناقطبی رقیق کننده رنگ (تینر) کاربرد دارد.

خلاصه مطالب:

نام حلال	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	گشتاور دوقطبی $\mu(D)$	کاربرد
اتانول	C_2H_6O	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-\ddot{O}-H \\ & \\ H & H \end{array}$	> 0	حلال در تهیه مواد دارویی - آرایشی و بهداشتی
استون	C_3H_6O	$\begin{array}{c} H & \ddot{O} & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & & H \end{array}$	> 0	حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14}	$\begin{array}{ccccccc} & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -C & -C & -C- H \\ & & & & & & \\ & H & H & H & H & H & H \end{array}$	$\cong 0$	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر)

محلول غیرآبی: محلول‌هایی که حلال آن‌ها آلی است، محلول‌های غیرآبی می‌گویند. مانند محلول یُد در هگزان و بنزین

نکته: بنزین مخلوطی از چند هیدروکربن متفاوت با 5 تا 12 اتم کربن است. به طور میانگین می‌توان بنزین مورد استفاده

در خودروها را با 8 اتم کربن و با فرمول مولکولی C_8H_{18} در نظر گرفت.

نام حلال	جرم مولی (g. mol ⁻¹)	شمار پیوندهای کووالانسی	انحلال در آب	μ(D)	کاربرد
اتانول (C ₂ H ₆ O)	46	8	به هر نسبت حل می‌شود	° >	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون (C ₃ H ₆ O)	58	10	به هر نسبتی حل می‌شود	° >	حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها
هگزان (C ₆ H ₁₄)	86	19	نامحلول	° ≡	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ

براساس آگاهی از نوع و قدرت نیروهای جاذبه‌ای موجود میان ذره‌های تشکیل دهنده ماده حل شونده و حلال، پیش و پس از مجاورت با یکدیگر، پیش بینی انحلال پذیر بودن یا نبودن ماده حل شونده در حلال امکان پذیر است. دانشمندان اغلب برای پیش بینی انحلال پذیری مواد از قاعده «شبيه، شبيه را حل می‌کند» استفاده می‌کنند. در همین ارتباط می‌توان مواد زیر را در نظر گرفت.

وقتی یک ماده قطبی در یک حلال قطبی قرار می‌گیرد نیروی وان دروالسی ایجاد شده میان آن‌ها (که از نوع دوقطبی - دوقطبی است) انرژی لازم برای غلبه بر نیروهای وان دروالسی اولیه را فراهم می‌کند. در نتیجه عمل انحلال صورت می‌گیرد. مانند حل شدن H_2S در آب.

نیروی بین مولکولی مادهٔ ناقطبی و نیز حلال ناقطبی هر دو از نوع وان دروالسی (دوقطبی القایی - دوقطبی القایی) است. با قرار گرفتن مادهٔ ناقطبی در حلال ناقطبی، بین آن‌ها نیروی وان دروالسی جدیدی (که آن هم از نوع دوقطبی القایی - دوقطبی القایی است) ایجاد می‌شود که بر نیروهای وان دروالسی اولیه غلبه می‌کند و عمل انحلال صورت می‌گیرد. مانند انحلال I_2 در هگزان (C_6H_{14})

نیروی وان دروالسی (دوقطبی القایی - دوقطبی القایی)

$$C_6H_{14} \cdots \cdots I - I \cdots \cdots C_6H_{14}$$

زیرا میان مولکول‌های آن‌ها جاذبهٔ چندانی به وجود نمی‌آید که بتواند بر نیروهای بین مولکولی اولیه غلبه کند. به عنوان مثال هگزان (C_6H_{14}) که مولکول‌هایی ناقطبی دارد نمی‌تواند در آب که یک حلال قطبی است، حل شود. نیروهای بین مولکولی در هگزان از نوع نیروی ضعیف وان دروالسی (دوقطبی القایی - دوقطبی القایی) است، درحالی که بین مولکول‌های آب، پیوندهای نسبتاً قوی هیدروژنی، برقرار است. جاذبه‌های ایجاد شده بین مولکول‌های هگزان و آب، به آن اندازه نیست

نکته: چگالی هیدروکربن ها (مانند هگزان بنزین و...) از آب کمتر است. بنابراین اگر مقداری از آن ها را با آب مخلوط کنیم، دو لایه جداگانه (با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت) تشکیل می شود که لایهٔ زیرین آن آب بالایی، هیدروکربن است.

نکته: در مخلوط های ناهمگن به حلت مایع ، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یک دیگر حل می شوند. که البته قابل چشم پوشی است.

ترکیب‌های یونی (مانند NaCl ، KCl ، NaNO_3 و...) در آب حل می‌شوند. زیرا میان مولکول‌های قطبی آب و یون‌های سازنده ترکی یونی، نیروهای جاذبه ای قوی یون - دوقطبی به وجود می‌آید که می‌تواند انرژی لازم برای جدا شدن یون‌ها را فراهم کند.

نکته: وقتی می‌گوییم ترکیب‌های یونی در آب حل می‌شوند منظورمان این نیست که همه آن‌ها در آب حل می‌شوند. همان‌طور که می‌دانید بعضی از ترکیب‌های یون مانند AgCl ، BaSO_4 و $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$ در آب نامحلول‌اند.

نکته: وقتی می‌گوییم حلال‌های قطبی می‌توانند ترکیب‌های یونی در خود حل کنند ایضاً منظورمان این نیست که همه حلال‌های قطبی از عهده این کار برمی‌آیند. به عنوان مثال اتانول (C_2H_5OH) عمده‌تاً یک حلال قطبی به شمار می‌آید اما این حلال نمی‌تواند ترکیب‌های یونی را در خود حل کند. زیرا گشتاور دوقطبی آن کمتر از آب است و برای حل کردن ترکیب‌های یونی کافی نیست.

میانگین نیروی پیوند یونی در MgSO_4 و نیروی جاذبه یون - دوقطبی در محلول

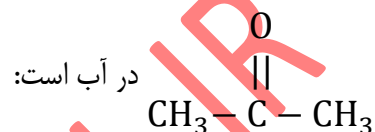
نیروی جاذبه یون -
دوقطبی در محلول

میانگین نیروی پیوند یونی در BaSO_4 و $\square$
پیوندهای هیدروژنی در آب

5- تشکیل پیوند هیدروژنی

ترکیب‌هایی که در ساختار آن‌ها H متصل به FON وجود دارد می‌توانند در حلال‌هایی با ویژگی‌های مشابه - به علت تشکیل پیوندهای هیدروژنی - حل شوند. به عنوان مثال می‌توان به حل شدن اتانول در آب اشاره نمود:

نکته: برخی از مولکول‌ها با وجود این که در ساختار خود H متصل به FON ندارند اما به جهت داشتن یکی از اتم‌های FON در ساختار خود می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی برقرار نمایند. بهترین مثال در این مورد انحلال استون



نکته: به طور کلی فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل شونده خالص $\geq$ «جاذبه‌های حل شونده - حلال» در محلول

ردپای آب

همانند ردپای کربن دی اکسید، برای هر فرد ردپای آب نیز تعریف می‌شود.

ردپای آب: ردپای آب نشان می‌دهد که هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس را مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود.

ردپای آب برای هر فرد مجموع دو مورد زیر است:

آ - آب مصرفی در فعالیت‌های روزانه

آبی است که هر فرد به طور روزانه مصرف می‌کند که شامل نوشید، پخت‌وپز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و... می‌شود. هر فرد روزانه در حدود 350 لیتر آب مصرف می‌کند.

ب- آب مصرفی برای تولید فرآورده‌های مورد استفاده فرد

آبی است که در صنایع گوناگون برای هر تولید وسیله، کالا یا فرآورده مصرف می‌شود. بدیهی است هر چه یک فرد، مصرف بیشتری از این کالاها داشته باشد، ردپای او بزرگ‌تر است.

1) در میان صنایع، صنعت کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است.

(2) میزان مصرف آب برای تهیه و تولید برخی فرآورده‌ها به صورت زیر است:

یک کیلوگرم گوجه فرنگی > یک کیلوگرم گندم > یک بلوز نخی > یک کیلوگرم چرم: میزان مصرف آب: میزان مصرف آب
(180 لیتر) (1830 لیتر) (2700 لیتر) (16600 لیتر)

(3) میانگین ردپای آن برای هر فرد در یک سال در حدود یک میلیون (10^6) لیتر است.

(4) تقریباً همه آب‌های مصرفی در کشاورزی و صنایع گوناگون از منابع آب‌های شیرین، یعنی آب‌های سطحی (رود، دریاچه و نهر آب شیرین) و یا آب‌های زیرزمینی (چشمه، قنات و چاه عمیق) تهیه می‌شوند. از این رو گفته می‌شود هر چه ردپای آب ایجاد شده، سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و زودتر به پایان می‌رسند.

(5) ردپای آب برای یک سال در حدود 7×10^{15} لیتر است. این ردپا برای کشورهایی مانند چین و هند به دلیل جمعیت زیاد و در کشورهای توسعه یافته به دلیل حجم فعالیت صنایع گوناگون سنگین‌تر و بزرگ‌تر است.

عوامل مؤثر بر انحلال پذیری گازها در آب

گازها در مایع حل شده، محلول ایجاد می‌کنند. در این میان، شناخت ویژگی‌های محلول آبی گازهای مختلف و عوامل مؤثر بر انحلال گازها در آب از اهمیت زیادی برخوردار است. عواملی که روی انحلال پذیری گازها در آب تأثیر می‌گذارند. عبارت‌انداز: نوع گاز، دما و فشار

آ - نوع گاز

در جدول زیر انحلال پذیری چند گاز، در فشار یک اتمسفر و دمای 25°C آورده شده است:

گاز	HCl	NH ₃	CO ₂	NO	O ₂	N ₂
انحلال پذیری (g/100gH ₂ O)	69/5	47/0	0/145	0/0056	0/0039	0/0018

اکنون به مطالب زیر در مورد جدول فوق توجه نمایید:

(1) گازهایی که دارای مولکول‌های قطبی هستند (مانند HCl و NH₃) اغلب از گازهایی که مولکول‌های ناقطبی دارند (مانند CO₂، O₂ و N₂) بیشتر در آب حل می‌شوند. زیرا مولکول‌های قطبی در مقایسه با مولکول‌های ناقطبی جاذبه‌های قوی‌تری با مولکول‌های آب برقرار می‌کنند.

توجه! در عبارت بالا از لفظ «اغلب» استفاده کرده‌ایم نه «همواره»! زیرا این گونه نیست که همواره گازهای قطبی بیشتر از گازهای ناقطبی در آب حل شوند. شاهد این مطلب هم انحلال پذیری بیشتر گاز CO₂ از گاز NO است. گاز CO₂ مولکول‌های ناقطبی دارد اما انحلال پذیری آن از گاز NO که مولکول‌های قطبی دارد بیشتر است (در فشار یک

اتمسفر و هر دمایی، انحلال پذیری CO_2 بیشتر از NO است.) دلیل آن این است که گاز CO_2 با آب واکنش می‌دهد در حالی که NO با آب واکنش نمی‌دهد.

توجه! انحلال پذیری گاز NO از گازهای O_2 و N_2 بیشتر است. زیرا مولکول NO برخلاف مولکول‌های O_2 و N_2 یک مولکول قطبی است که با مولکول‌های آب جاذبه‌های قوی تری ایجاد می‌کند.

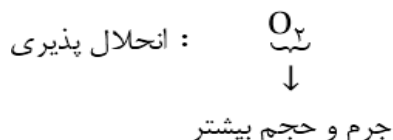
(2) گازهایی (مانند NH_3) که قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی هستند، انحلال پذیری نسبتاً زیادی در آب دارند. به همین دلیل انحلال پذیری گاز NH_3 از گازهای CO_2 ، NO ، O_2 و N_2 بیشتر است.

(3) هیدروژن هالیدها (HCl ، HBr ، HF و HI) که همگی گازی شد کل هس تند، ضد من انحلال در آب یونیده شده و به یون‌های H^+ و X^- تبدیل می‌شوند. این یون‌ها با مولکول‌های قطبی آب، جاذبه‌های قوی یون - دوقطبی ایجاد می‌کنند که سبب پیشرفت انحلال آن‌ها می‌شود. البته به جز HF که به طور جزئی یونیده می‌شود، HCl ، HBr و HI در آب به طور کامل به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شوند.

(4) انحلال پذیری گاز HCl از گاز NH_3 بیشتر است (به دلایل فوق!)

(5) گازهایی که مولکول‌های ناقطبی دارند، اغلب انحلال پذیری کمی در آب دارند. مولکول‌های O_2 و N_2 .

نکته: هر چه مولکول ناقطبی، جرم و حجم بیش تری داشته باشد جاذبه‌های قوی تری با آب برقرار کرده و انحلال پذیری آن در آب بیشتر است.

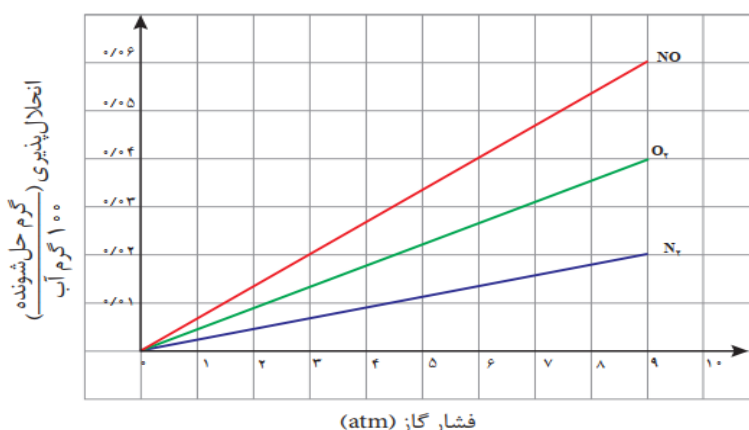


ب- دما

انحلال پذیری گازها با دما رابطه عکس دارد؛ یعنی با افزایش دما انحلال پذیری گازها، کاهش و با کاهش دما، افزایش می‌یابد. دلیل آن را به طور مختصر چنین می‌توان گفت که با افزایش دما انرژی جنبشی مولکول‌های گاز افزایش می‌یابد و سبب می‌شود که تعدادی از آن‌ها بتوانند بر جاذبه بین آن‌ها و مولکول‌های آب، غلبه کنند و به صورت مولکول‌های آزاد از آب خارج شوند.

I. نمودار کلی «انحلال پذیری گاز - دما» به صورت یک منحنی نزولی است.

II. نمودار زیر انحلال پذیری سه گاز O_2 ، N_2 و NO را در فشار یک اتمسفر نشان می‌دهد:



از این نمودار مطالب زیر را می‌توان استخراج نمود:

1) در فشار ثابت و در هر دمایی، ترتیب انحلال پذیری این سه گاز به صورت زیر است (علت آن را چند سطر پیش عرض کردیم).

2) شیب منحنی هر سه گاز تقریباً یکسان است؛ یعنی تأثیر دما بر انحلال پذیری این سه گاز تقریباً یکسان است. بنابراین اگر دما به مقدار معینی افزایش یابد، انحلال پذیری هر سه گاز به یک میزان کاهش می‌یابد. دمای بالاتر، ماهی کمتر!

ماهی‌ها (و البته همهٔ جلنداران) برای زنده ماندن به اکسیژن (O_2) نیازمندند. آن‌ها با عبور دادن آب از درون آبشش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب جذب می‌کنند. با این که اکسیژن به میزان کمی در آب حل می‌شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد. در ماه گرم سال به دلیل افزایش دمای آب، انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب کم شده و غلظت اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد. به همین دلیل ماهی‌ها برای دریافت اکسیژن به سطح آب می‌آیند.

پ - فشار

انحلال پذیری گازها با فشار رابطهٔ مستقیم دارد. برای این که گاز بتواند در آب حل شود، مولکول‌های آن باید لابه‌لای مولکول‌های آب قرار بگیرند، به طور کلی با افزایش فشار، تعداد مولکول‌های گاز بیشتری می‌توانند به داخل آب نفوذ کرده و لابه‌لای مولکول‌های آن قرار بگیرند. بدین ترتیب انحلال پذیری نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نخستین بار توسط ویلیام هنری، دانشمند انگلیسی مطرح شد. از این رو از آن به نام قانون هنری یاد می‌شود.

قانون هنری: در دمای ثابت، انحلال پذیری یک گاز معین با فشار آن رابطهٔ مستقیم دارد.

نکته: قانون هنری فقط برای گازهایی صدق می‌کند که با آب واکنش نمی‌دهند (مانند N_2 ، O_2 و NO)، گازهایی (مانند CO_2 ، SO_2 ، HF ، NH_3 و HCl) که با آب واکنش می‌دهند به طور کامل و صددرصد از این قلمون پیروی نمی‌کنند. یعنی نمودار «انحلال پذیری فشار» در آن‌ها به صورت یک خط راست نیست.

توجه: هنگامی که نوشابه برای خود باز می‌کنید! حجم زیادی گاز همراه مقداری نوشابه از بطری بیرون می‌آید. این مطلب را می‌توان به کمک قانون هنری توجیه نمود. در نوشابه‌ها، گاز CO_2 تحت فشار زیاد حل شده است که با باز شدن در پوش بطری و برداشته شدن فشار، به سرعت از محلول (یعنی نوشابه) خارج می‌شود: کاهش فشار $\rightarrow$ کاهش انحلال پذیری $\rightarrow$ خروج گاز از محلول

در صفحه 123 کتاب درسی نمودار «انحلال پذیری - فشار» گازهای NO ، O_2 و N_2 در دمای $20^\circ C$ آورده شده است. دو نکته زیر را می‌توان از این نمودار استخراج نمود:

1. ترتیب انحلال پذیری این سه گاز در هر فشار به صورت زیر است:

$NO > O_2 > N_2$: مقایسه انحلال پذیری در هر فشار

البته دلیل آن در سطور قبل و در همین درس نامه از نظر مبارک‌تان گذشت!

2. از آن‌جا که شیب خط‌های مربوط به این سه گاز به صورت $NO > O_2 > N_2$ می‌باشد می‌توان دریافت که اثر فشار بر انحلال پذیری این سه گاز هم به صورت $NO > O_2 > N_2$ می‌باشد:

$NO > O_2 > N_2$: مقایسه شیب خط و تأثیر فشار بر انحلال پذیری

فرآیند اسمز (گذرندگی)

پیش از ورود به مبحث فرآیند اسمز (گذرندگی) لازم است با غشای نیمه تراوا آشنا شویم. غشای نیمه تراوا: دیواره‌ای است که روزنه‌های بسیار ریز دارد و فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کند.

فرآیند اسمز (گذرندگی)

به حرکت خود به خودی مولکول‌های حلال از طریق غشای نیمه تراوا، از یک محلول با غلظت کم‌تر به سوی مخلوطی با غلظت بیشتر، فرآیند اسمز (گذرندگی) می‌گویند. شکل زیر را در نظر بگیرید (شکل سمت چپ). حجم‌های برابری از آب مقطر و محلول آب نمک به وسیله یک غشای نیمه تراوا از یک دیگر جدا شده‌اند. اگر به فلش‌های روی غشای نیمه تراوا که

بیانگر حرکت مولکول‌های آب هستند دقت کنید می‌بینید که دو فلش از سمت راست به محلول سمت چپ بیشتر از جهت معکوس است (این مطلب واضح است زیرا تعداد مولکول‌های آب در سمت راست بیشتر از محلول سمت چپ است). با گذشت زمان و مهاجرت مولکول‌های آب (حل فرآیند اسمز) از سمت راست غشا به سمت چپ آن، ارتفاع مایع در لوله سمت چپ افزایش می‌یابد (و ارتفاع آب در لوله سمت راست کاهش می‌یابد). این افزایش ارتفاع در نقطه‌ای متوقف می‌شود و آن زمانی است که فشار ناشی از مایع اضافی بر غشاء سبب یکسان شدن سرعت حرکت مولکول‌های آب در دو سوی غشاء می‌شود. یعنی تعداد مولکول‌های آبی که به دو سوی غشای نیمه تراوا حرکت می‌کند با یک دیگر برابر می‌شود و حالت تعادل برقرار می‌شود.

برقراری حالت تعادل، به معنای توقف فرآیند اسمز است. به عبارت دیگر فشار ناشی از مایع اضافی یا فشار ناشی از اختلاف سطح دو مایع در شکل فوق، سبب توقف فرآیند اسمز شده است.

فشار اسمزی محلول: فشار لازم برای توقف کامل فرآیند اسمز را فشار اسمزی می‌گویند.

نکته: هر چه غلظت یک محلول بیشتر (یا اختلاف غلظت دو محلول در دو طرف غشای نیمه تراوا بیشتر باشد) اختلاف ارتفاع دو مایع در دو طرف غشاء بیشتر و در نتیجه فشار اسمزی بیشتر خواهد بود.

اسمز و مواد خوراکی

(1) هنگامی که حبوبات میوه‌های خشک درون آب قرار می‌گیرند. مولکول‌های آب خودبه خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی (که مانند غشای نیمه تراوا عمل می‌کند) به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه، میوه، آبدار و متورم می‌شود. در این فرآیند برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و... از بافت میوه به آب راه می‌یابند.

(2) با قرار دادن خیار در آب شور، خیار چروکیده می‌شود. زیرا بر اثر پدیده اسمز، مولکول‌های آب از قسمت پُر آب‌تر (یعنی بافت میوه) و از طریق دیواره سلول‌های خیار، وارد آب شور (محلول کم آب‌تر و یا غلیظ‌تر) می‌شوند. بدین ترتیب خیار چروکیده می‌شود.

نکته: از فرآیند اسمز نمی‌توان برای نمک زدایی آب دریا و تولید آب شیرین استفاده کرد. زیرا به جای آن که آب از طرف آب دریا (محلول) به سمت آب خالص برود. این مسیر را بر عکس طی می‌کند! چاره این مشکل، اسمز معکوس است.

اسمز معکوس

براساس شکل روبه رو، اگر بر پیستون آن قدر نیرو وارد کنیم که فشار وارد شده بر محلول بیشتر از فشار اسمزی آن باشد. مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر وارد محلول رقیق‌تر (در این جا آب خالص) می‌شوند. در واقع اتفاقی که رخ می‌دهد. عکس فرآیند اسمز است. از این رو به آن، اسمز معکوس می‌گویند.

اسمز معکوس: فرآیندی غیر خودبه‌خودی است که در طی آن با اعمال فشاری بیشتر از فشار اسمزی بر محلول غلیظ‌تر، مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر وارد محلول رقیق‌تر می‌شوند.

تولید آب شیرین از آب دریا به نمک اسمز معکوس

همان طور که گفتیم از اسمز معکوس برای نمک زدایی از آب دریا و تولید آب شیرین استفاده می‌شود. شکل روبه‌رو طرح ساده‌ای از دستگاه تولید آب شیرین را نشان می‌دهد. آب شور دریا از قسمت فوقانی دستگاه وارد می‌شود و پمپ ایجاد فشار بر روی آب شور دریا، فشار زیادی (بیشتر از فشار اسمزی آن) وارد می‌کند که این امر سبب انجام فرآیند اسمز معکوس می‌شود. بدین ترتیب که مولکول‌های آب تحت فشار از غشای نیمه تراوا عبور کرده و وارد آب شیرین می‌شوند. آب دریا نیز با گذشت زمان غلیظ‌تر شده و در نهایت از سمت دیگر دستگاه خارج می‌شود.

اثر مقدار نمک حل شده بر انحلال پذیری گازها در آب

در نمودار روبه‌رو انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود در یک دما و فشار معین، انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب دریا کمتر از آب آشامیدنی است.

اما دلیل آن چیست؟

جاذبه میان مولکول‌های آب و یون‌ها (مانند Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} و...) بسیار قوی‌تر از جاذبه میان مولکول‌های آب و مولکول‌های ناقطبی O_2 است. بنابراین حضور این یون‌ها در آب سبب می‌شود که مولکول‌های آب، مولکول‌های ناقطبی O_2 را رها کرده و طرح دوستی با این یون‌ها بریزند! و نتیجه این دوستی جدید سبب قهر مولکول‌های O_2 و خروج آن‌ها از آب می‌شود! و هر چه غلظت این یون‌ها در آب بیشتر باشد قهر مولکول‌های O_2 شدیدتر شده و انحلال پذیری آن‌ها در آب کمتر است. آب دریا در مقایسه با آب آشامیدنی دارای نمک بیشتری است پس انحلال پذیری گاز O_2 در آب دریا به دلیل فوق کمتر است.

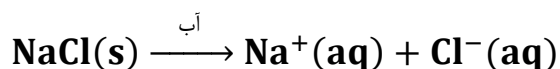
نکته: انحلال پذیری گازها در آب با مقداری نمک حل شده در محلول رابطه عکس دارد.

حتماً تجربه افزودن نمک به نوشابه را هنگام صرف غذا داشته‌اید! و دیده‌اید که چقدر سریع نوشابه کف می‌کند! دلیل آن همان است که در مورد اکسیژن گفتیم: به محض افزودن نمک به نوشابه، مولکول‌های آب روابط نه چندان مستحکم خود با مولکول‌های CO_2 را گسسته و با یاران تازه وارد (یون‌های Na^+ , Cl^- سریعاً) روابط مستحکم و پایدار برقرار می‌کنند. مولکول‌های CO_2 هم که دهانشان از این بی‌وفایی کف کرده، صحنه را سریعاً ترک می‌نمایند! می‌شود. زیرا یون‌های Na^+ به سوی قطب منفی و یون‌های Cl^- به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی یون‌ها نشان دهنده جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول NaCl است.

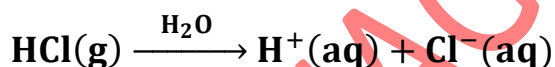
نیز وجود دارند و این دو به یک دیگر تبدیل می‌شوند. البته غلظت مولکول‌های حل شونده از غلظت یون‌ها بسیار بیشتر است.

تفاوت تفکیک شدن و یونیده شدن

واژه تفکیک شدن (Dissociation) برای انحلال ترکیب‌های یونی به کار می‌رود. هنگامی که یک ترکیب یونی (مانند NaCl) در آب وارد می‌شود، یون‌های سازنده آن (Na^+ و Cl^-) از یک دیگر جدا (تفکیک) شده و در آب پراکنده می‌شود:



اما واژه یونیده شدن (Ionization) برای انحلال ترکیب‌های مولکولی به کار می‌رود. ترکیب‌هایی مانند (HCl) در ساختار خود فاقد یون‌های مثبت و منفی هستند اما با ورود در آب، مولکول‌های H_2O آن را احاطه کرده و پیوند کووالانسی را به گونه‌ای می‌شکنند که در آن اتم‌های H و Cl به صورت یون‌های H^+ و Cl^- از آن جدا شوند. در این حالت می‌گوییم، HCl در آب یونیده شده است، یعنی به یون‌های مثبت و منفی تبدیل شده است:



روش‌های تصفیه آب

آب تصفیه نشده دارای شش نوع ماده آلوده کننده است که عبارت‌اند از:

- 1- نافلزها
- 2- فلزهای سمی
- 3- حشره کش‌ها و آفت کش‌ها
- 4- آلاینده‌ها
- 5- ترکیب‌های آلی فرار
- 6- میکروب‌ها

سه روش مهم تصفیه آب: این روش‌ها عبارت‌اند از:

- 1- تقطیر
- 2- اسمز معکوس
- 3- صافی کربن
- 1- تقطیر

در روش تقطیر، آب را حرارت می‌دهند که بر اثر آن آب و هم چنین مواد فرار موجود در آن تبخیر می‌شوند. سپس با سرد کردن این بخارات، آن را به مایع تبدیل می‌کنند. در واقع تقطیر شامل دو فرآیند فیزیکی تبخیر و میعان است.

- تذکر: در روش تقطیر از آلاینده‌های شش-گانه، 4 مورد آن جداسازی می‌شوند و تنها میکروب‌ها و ترکیب‌های آلی فرار در آب باقی می‌مانند.

میکروب‌ها که تبخیر نمی‌شوند!

ترکیب‌های آلی فرار اگر چه نقطه جوش پایین‌تری از آب دارند و زودتر از آب تبخیر می‌شوند اما بخارات آن‌ها همراه بخار آب مایع می‌شود. بنابراین باز هم در آب تصفیه شده وجود خواهند داشت. با روش تقطیر می‌توان جامدات و مایعاتی که نقطه جوش بالاتری از آب دارند را جداسازی نمود.

شکل روبه‌رو نوعی فرایند تقطیر برای تهیه آب شیرین از آب دریا نشان می‌دهد:

در این شکل ابتدا آب موجود در آب دریا بر اثر حرارت خورشید تبخیر می‌شود و سپس بخارهای حاصل در برخورد با سقف پلاستیکی میعان شده و در ظرف‌هایی به صورت آب شیرین، جمع آوری می‌شوند.

2- اسمز معکوس

3- صافی کربن

در این روش آب تصفیه نشده را از درون فیلترهایی عبور می‌دهند که حاوی کربن متخلخل هستند و ناخالص‌های موجود در آب را درون خلل و فرج خود به دام می‌اندازند.

تذکر: در روش‌های اسمز معکوس و صافی کربن، از میان آلاینده‌های شش گانه، پنج مورد آن جدا می‌شوند و فقط میکروب‌ها در آب باقی می‌مانند.

جمع بندی: آن چه گفتیم را در این جدول خلاصه کرده‌ایم:

روش تصفیه	شمار و نوع آلاینده‌های جداسازی شده	آلاینده‌های باقی مانده
تقطیر	4مورد: نافلزها، فلزهای سمی، آلاینده‌ها، حشره کش‌ها و آفت کش‌ها	میکروب‌ها+ترکیب‌های آلی فرار
اسمز معکوس	5مورد: نافلزها، فلزهای سمی، آلاینده‌ها، حشره کش‌ها و آفت کش‌ها، ترکیب‌های آلی فرار	میکروب‌ها
صافی کربن	5مورد: نافلزها، فلزهای سمی، آلاینده‌ها، حشره کش‌ها و آفت کش‌ها، ترکیب‌های آلی فرار	میکروب‌ها

با توجه به جدول فوق می‌توان گفت:

1) روش اسمز معکوس و صافی کربن در مقایسه با روش تقطیر، روش‌های مناسب‌تری برای تصفیه آب آشامیدنی هستند زیرا آلاینده‌های بیشتری را جداسازی می‌کنند.

2) هیچ کدام از روش‌های سه گانه، قادر به جداسازی میکروب‌ها نیستند. برای از بین بردن میکروب‌ها از کلر استفاده می‌شود. به همین دلیل آب تصفیه‌شده به روش‌های فوق را باید پیش از مصرف کلرزنی کرد.

برخی شرکت‌ها و فروشندگان دستگاه‌های تصفیه آب برای نشان دادن این که در آب شهری، چه میزان از یون‌های گوناگون وجود دارد، آزمایشی مانند شکل زیر انجام می‌دهند. در این آزمایش با عبور جویان برق از درون آب آشامیدنی و انجام واکنش، برخی یون‌ها از تیغ‌های فلزی وارد آب شده و سبب تغییر رنگ آن می‌شوند. توجه کنید که این آزمایش، میزان یون‌های موجود در آب را به راستی نشان نمی‌دهد.