

@DaneshSad

فصل سوم: آب، آهنگ زندگی

۱ کرهٔ زمین سامانه‌ای بزرگ شامل ۴ بخش مختلف است:

۱) هواکره (شامل گازها و ذرات ریز و مولکول‌های کوچک N_2 ، O_2 و ...)

۲) آب‌کره (شامل مولکول‌های کوچک آب، یون‌ها و ...)

۳) سنگ‌کره (شامل مواد جامد مانند ماسه، نمک‌ها و ...)

۴) زیست‌کره (شامل موجودات زنده و جانداران روی کرهٔ زمین. در واکنش‌های **زیست‌کره**، **درشت‌مولکول‌ها** نقش اساسی ایفا می‌کنند.)

توجه زمین از دیدگاه **شیمیایی** پویاست؛ یعنی همواره بخش‌های گوناگون کرهٔ زمین با یکدیگر برهم‌کنش **فیزیکی و شیمیایی** داشته و بین آن‌ها مواد گوناگون مبادله می‌شود.

نکات مهم

۱ زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود؛ زیرا **نزدیک به** ۷۵٪ سطح آن را آب پوشانده است، به گونه‌ای که جرم کل آب‌های روی کرهٔ زمین در حدود $۱/۵\times۱۰^{۱۸}$ تن برآورد می‌شود.

۲ **بخش عمده** *(نه همه!)* آب‌های روی کرهٔ زمین در اقیانوس‌ها و دریاها توزیع شده است، به گونه‌ای که اگر کرهٔ زمین را مسطح فرض کنیم، آب **همهٔ** سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند.

۳ آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن است که **اغلب** مزه‌ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است.(حدوداً ۵×۱۰^{۱۶} تن)

نکتهٔ خیلی مهم این‌که سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون نیز از سنگ‌کره وارد آب‌کره می‌شود ولی از آن‌جا که جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کرهٔ زمین تقریباً (نه دقیقاً!) ثابت است، پس باید همین مقدار نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شود.

۲ درون کرهٔ زمین و بین این چهار بخش مختلف، **پیوسته** مواد گوناگونی مبادله می‌شود؛ مثلاً سالانه:

- حجم عظیمی از بخار آب از دریاها (آب‌کره) وارد هواکره می‌شود و به صورت بارش از هواکره وارد آب‌کره و سنگ‌کره می‌شود.
- میلیاردها تن کربن دی‌اکسید توسط آبزیان از آب‌کره وارد **هواکره** شده و مقادیر بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب توسط آبزیان مصرف می‌شود.
- گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد توسط فعالیت آتشفشانی به صورت گرد و غبار وارد **هواکره** می‌شود.
- لاشهٔ جانوران و گیاهان بر اثر تجزیه به صورت مولکول‌های کوچک‌تری از زیست‌کره وارد آب‌کره، سنگ‌کره یا هواکره می‌شود.
- موجودات زنده نیز سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیبات کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کرهٔ زمین می‌کنند.

منابع آب

آب‌کره
- اقیانوس‌ها (۹۷/۲ درصد)
- منابع غیراقیانوسی (۲/۸ درصد)
  - کوه‌های یخ (۲/۱۵ درصد)
  - آب‌های زیرزمینی
  - آب شیرین و آب شور دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا
  - نهرها و جوی‌ها

با توجه به نمودار فوق، کوه‌های یخ، حدود ۷۷ درصد از کل منابع غیراقیانوسی آب‌کره را تشکیل می‌دهند.

– یون‌های حل‌شده در آب دریاها –

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
رتبهٔ فراوانی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸

۱ مقدار آنیون‌ها در آب دریا: $Cl^- > SO_4^{2-} > CO_3^{2-} > Br^-$

مقدار کاتیون‌ها در آب دریا: $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$

مقدار یون‌ها در آب دریا: $Cl^- > Na^+ > SO_4^{2-} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > CO_3^{2-} > Br^-$

۲ فراوان‌ترین (یون) آنیون حل‌شده در آب دریاها، **یون کلرید** (Cl^-) است که یون تک‌اتمی محسوب می‌شود اما فراوان‌ترین آنیون چنداتمی موجود در آب دریاها، **یون سولفات** (SO_4^{2-}) است.

۳ در بین موارد جدول صفحهٔ قبل، دو آنیون تک‌اتمی، هر دو مربوط به عناصر گروه ۱۷ جدول تناوبی هستند.

۴ فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریاها، **یون سدیم** (Na^+) است که مربوط به عنصر گروه ۱ جدول تناوبی است.

۵ از میان کاتیون‌های فراوان آب دریاها، دو یون مربوط به عناصر گروه ۱ و دو یون مربوط به عناصر گروه ۲ جدول تناوبی هستند.

۶ وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل **انحلال نمک‌های گوناگون در آن** است.

۷ بیشتر آب‌های روی زمین شور است و نمی‌توان از آن‌ها در کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد؛ از این رو تهیهٔ آب شیرین و آشامیدنی، هم‌چنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و ... یکی از چالش‌های اساسی در سطح جهان است.

۸ آب **اغلب** چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها که زلال و شفاف و همین‌طور شیرین، گوارا و آشامیدنی است، ناخالص می‌باشد.

۹ آب باران **در هوای پاک تقریباً خالص** است؛ زیرا هنگام تشکیل برف و باران، **تقریباً همهٔ** مواد حل‌شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیهٔ آب خالص است که **تقطیر** و فراوردهٔ آن، **آب مقطر** نام دارد.

@DaneshSad

– شناسایی برخی از یون‌های محلول در آب –

الف) شناسایی یون کلرید (Cl^-) در آب:

۱ یکی از روش‌های شناسایی یون کلرید موجود در یک محلول ($Cl^-(aq)$)، استفاده از محلولی حاوی یون نقره ($Ag^+(aq)$) است که در این صورت رسوب سفیدرنگ $AgCl(s)$ تولید می‌شود:

$$\underbrace{NaCl(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} + \underbrace{AgNO_3(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} \rightarrow \underbrace{AgCl(s)}_{\text{رسوب سفیدرنگ}} + \underbrace{NaNO_3(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}}$$

ب) شناسایی یون کلسیم (Ca^{2+}) در آب:

۱ یون کلسیم محلول در آب ($Ca^{2+}(aq)$) با یون فسفات ($PO_4^{3-}(aq)$)، رسوب سفیدرنگ کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2(s)$) تولید می‌کند.

۲ واکنش دو محلول **بی‌رنگ** سدیم فسفات و کلسیم کلرید که طی واکنش، رسوب **سفیدرنگ** کلسیم فسفات ایجاد می‌شود:

$$\underbrace{3CaCl_2(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} + \underbrace{2Na_3PO_4(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} \rightarrow \underbrace{Ca_3(PO_4)_2(s)}_{\text{رسوب سفیدرنگ}} + 6NaCl(aq)$$

پ) شناسایی یون باریم (Ba^{2+}) در آب:

۱ یون باریم محلول در آب ($Ba^{2+}(aq)$) با یون سولفات ($SO_4^{2-}(aq)$)، رسوب سفیدرنگ باریم سولفات ($BaSO_4(s)$) تولید می‌کند.

۲ واکنش دو محلول **بی‌رنگ** باریم کلرید و سدیم سولفات که طی واکنش، رسوب **سفیدرنگ** باریم سولفات ایجاد می‌شود:

$$\underbrace{BaCl_2(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} + \underbrace{Na_2SO_4(aq)}_{\text{محلول بی‌رنگ}} \rightarrow \underbrace{BaSO_4(s)}_{\text{رسوب سفیدرنگ}} + 2NaCl(aq)$$

– آب آشامیدنی –

۱ آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده و مقدار کمی از یون‌های گوناگون دارد. ۲ برخی از یون‌ها در مراکز تأمین آب آشامیدنی به آب افزوده می‌شوند؛ مانند: یون فلوئورید (F^-) که سبب حفظ سلامت دندان‌ها شده و مقدار بسیار کم و مناسبی به آب اضافه می‌شود. ۳ تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل‌شونده‌های آن است.

– انواع یون از نظر تعداد اتم –

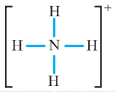
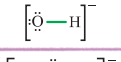
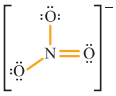
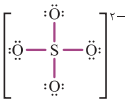
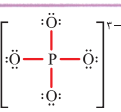
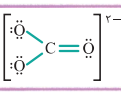
الف) یون تک‌اتمی: یونی که **فقط از یک اتم** (نه عنصر!) تشکیل شده است، مانند: Ca^{2+}، Na^+ و ...

ب) یون چنداتمی: یونی که از **اتصال دو یا چند اتم** تشکیل شده است، مانند: OH^-، NO_3^-، NH_4^+ و ...

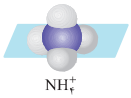
نکات مهم

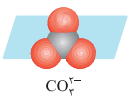
۱ در یک یون چنداتمی، بار یون به اتم خاصی تعلق نداشته و به کل یون تعلق دارد.

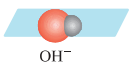
۲ دقت کنید که یون‌هایی مانند N_3^- (آزید)، O_2^- (پراکسید) و ... اگرچه از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند ولی چون بیش از یک اتم دارند، جزء یون‌های چنداتمی هستند.

ردیف	نام یون	فرمول شیمیایی	مدل فضاپرکن	ساختار لوویس
۱	آمونیوم	NH_4^+		
۲	هیدروکسید	OH^-		
۳	نیترات	NO_3^-		
۴	سولفات	SO_4^{2-}		
۵	فسفات	PO_4^{3-}		
۶	کربنات	CO_3^{2-}		

● در مدل فضا پرکن یون هیدروکسید (OH^-)، دو اتم اکسیژن (O) و هیدروژن (H) در یک صفحه قرار دارند، هم‌چنین در مدل فضاپرکن یون کربنات (CO_3^{2-}) یا نیترات (NO_3^-) تمام اتم‌ها در یک صفحهٔ فرضی جا شده‌اند، اما مثلاً در مدل فضاپرکن یون آمونیوم (NH_4^+) تنها ۳ اتم هیدروژن در یک صفحه جا شده است و اتم هیدروژن چهارم در خارج از صفحه قرار گرفته است؛ با توجه به مدل فضاپرکن یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) و فسفات (PO_4^{3-})، این دو یون نیز همانند یون آمونیوم، ساختار مسطح ندارند.


NH_4^+


CO_3^{2-}


OH^-

نکتهٔ مهم

فکر **نکنید** که عنصرهای تشکیل‌دهندهٔ همهٔ یون‌های چنداتمی صرفاً نافلزی هستند. برای مثال در ساختار یون پرمنگنات (MnO_4^-)، فلز وجود دارد!

یادآوری **نام‌گذاری ترکیب‌های یونی**

● نام‌گذاری ترکیب‌های یونی چنداتمی (مانند: $CaSO_4$، NH_4NO_3 و ...) همانند نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی (مانند $CaCl_2$، $NaCl$ و ...) بوده و به صورت روبه‌رو است:

نام کاتیون + نام آنیون

اگر فلز کاتیون دارای ظرفیت متغیر باشد، باید ظرفیت آن به صورت عدد رومی داخل پرانتز ذکر شود.

@DaneshSad

فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی چندتایی

۱ مانند فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی دوتایی، کاتیون را سمت چپ و آنیون را سمت راست می‌نویسیم. با توجه به این‌که یک ترکیب یونی خنثی است، بر این اساس شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص می‌کنیم.

۲ ظرفیت کاتیون را با آنیون جابه‌جا می‌کنیم. (ظرفیت یون برابر بار یون بدون علامت است.)

توجه کنید که اگر کاتیون یا آنیون چندتایی باشد، ابتدا دور کاتیون یا آنیون پرانتز گذاشته و سپس زیروندها را جابه‌جا می‌کنیم.

۳ زیروندها را اگر ساده می‌شوند، ساده می‌کنیم و از نوشتن زیروند ۱ خودداری می‌کنیم.

نکتهٔ مهم

در یک مول ترکیب یونی، تعداد الکترون‌های مبادله‌شده بین کاتیون و آنیون برابر است با:

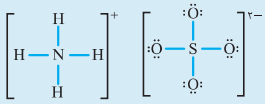
تعداد الکترون‌های مبادله‌شده = تعداد کاتیون × تعداد آنیون یا بار کاتیون × |بار آنیون|

نکات مهم

۱ گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر CO_2 و H_2O، به عنصرهایی مانند N ،P ،S و ... نیاز دارند.

۲ آمونیوم سولفات ($(NH_4)_2SO_4$) یکی از کودهای شیمیایی است که **دو عنصر نیتروژن و گوگرد** را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

۳ ساختار لوویس یون‌های سازندهٔ آمونیوم سولفات به صورت مقابل است:



۴ از انحلال هر واحد فرمولی آمونیوم سولفات در آب، سه یون تولید می‌شود و در مجموع از لحاظ بار الکتریکی خنثی است:

$$(NH_4)_2SO_4(s) \xrightarrow{\text{در آب}} \underbrace{2NH_4^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)}_{\text{مجموعاً ۳ مول یون}}$$

۵ در ساختار آمونیوم سولفات، دو نوع پیوند کووالانسی و یونی وجود دارد اما این ماده در مجموع یک ترکیب یونی محسوب می‌شود.

در اغلب ترکیبات یونی، حداقل یک فلز وجود دارد، اما آمونیوم سولفات برخلاف این قاعدهٔ کلی، هیچ عنصر فلزی ندارد و چهار عنصر سازندهٔ آن، نافلزی هستند!

محلول

تعریف: مخلوطی **همگن** از دو یا چند ماده که **حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی** در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

حالت فیزیکی محلول‌ها می‌تواند جامد (مانند آلیاژها)، مایع (مانند محلول ضد یخ) و یا گاز (مانند هوا) باشد.

محلول‌ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند:

۱) هوای پاکی که تنفس می‌کنیم، محلولی از گازهاست.

۲) گلاب مخلوطی همگن از چند مادهٔ **آلی** در آب است.

۳) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است؛ در کتاب درسی، این محلول با رنگ سبز نشان داده شده است.

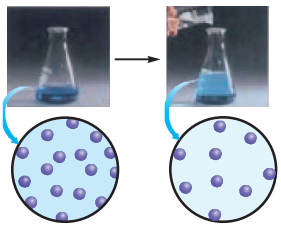
۴) سرم فیزیولوژی، محلول رقیق نمک خوراکی ($NaCl$) در آب است.

اجزای محلول

۱ حل‌شونده: جزئی از محلول که شمار مول‌های *(نه جرم!)* آن در محلول کم‌تر است.

ممکن است در یک محلول مانند آب دریا بیش از یک نوع حل‌شونده وجود داشته باشد؛ یعنی محلول از دو جزء تشکیل شده است، *نه دو ماده!*

۲ حلال: جزئی از محلول که شمار مول‌های *(نه جرم!)* آن بیشتر بوده و حل‌شونده را در خود حل می‌کند.



۳ پس: **حل‌شونده + حلال = محلول**

دقت کنید که اولین شرط حلال این است که حل‌شونده را در خود حل کند؛ بنابراین در محلول‌هایی که یکی از اجزای مایع و سایر اجزای جامد یا گاز هستند، مایع در نقش حلال می‌باشد. حتی اگر در شرایطی مقدار مول زیادی از یک نمک در مقدار مول کمی آب حل شده باشد، باز هم آب حلال است؛ زیرا نمک در آب حل شده است. (تغییر حالت فیزیکی نمک از جامد به محلول)

محلول غلیظ و محلول رقیق

محلول غلیظ: محلولی است که مقدار حل‌شونده(ها) در واحد مشخصی از آن زیاد است (یا مقدار حلال در آن کم است).

محلول رقیق: محلولی است که مقدار حل‌شونده(ها) در واحد مشخصی از آن کم است (یا مقدار حلال زیاد است).

نکته

خواص محلول‌ها به ۱) خواص حلال، ۲) خواص حل‌شونده و ۳) مقدار آن‌ها (غلظت آن‌ها) بستگی دارد. بنابراین دانستن این‌که چه مقدار حل‌شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

نکته

مقدار نمک‌های حل‌شده در آب دریاهای گوناگون با یکدیگر تفاوت دارد. هرچه مقدار نمک حل‌شده در آب یک دریا بیشتر باشد، چگالی آب آن دریا نیز بیشتر است:

میزان نمک در ۱۰۰ گرم آب: دریای مرده > دریای سرخ > دریای مدیترانه > اقیانوس آرام

در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل‌شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این‌رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌توان به راحتی روی آن شناور بماند. دریاچهٔ ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل‌شده در آن بسیار زیاد است.

@DaneshSad

غلظت

- تعریف: به مقدار مادهٔ حل‌شوندهٔ موجود در مقدار معینی از حلال یا محلول، غلظت محلول می‌گویند.
- چند نمونه از بیان انواع غلظت:

۱) قسمت در میلیون (ppm)

۲) درصد جرمی (a یا $W/W\%$)

۳) غلظت مولی یا مولار (M یا C_M)

۱- قسمت در میلیون (ppm)

- تعریف: به جرم مادهٔ حل‌شده در یک میلیون واحد (10^6) از **جرم محلول** را، قسمت در میلیون (ppm) می‌گویند.

نکات مهم

۱ ppm برای بیان غلظت محلول‌های **بسیار رقیق** استفاده می‌شود؛ مانند:

۱) غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، ۲) غلظت یون‌ها در آب آشامیدنی، ۳) غلظت یون در آب دریا، ۴) غلظت یون‌های بدن جانداران ۵) غلظت یون‌ها در بافت‌های گیاهی و ۶) مقدار آلاینده‌های هوا.

۲ این کمیت نشان می‌دهد در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل‌شونده وجود دارد.

۳ یکای صورت و مخرج در رابطهٔ ppm باید یکسان باشد. مثلاً هر دو میلی‌گرم (mg)، گرم (g) یا هر دو کیلوگرم (kg) و ... باشد؛ بنابراین **ppm یکا ندارد!**

- رابطهٔ اصلی برای محاسبهٔ غلظت محلول‌ها برحسب ppm:

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

- در صورت و مخرج رابطهٔ ppm، باید از یکای جرمی یکسانی استفاده شود.

فرمول‌های ppm

(۱) $ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$ (برای همهٔ محلول‌ها)

(۲) $ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده (mg)}}{\text{جرم محلول (kg)}}$ (برای همهٔ محلول‌ها)

(۳) $ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده (mg)}}{\text{جرم حلال (kg)}}$ (برای محلول‌های بسیار رقیق)

(۴) $ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده (mg)}}{\text{حجم محلول (L)}}$ (برای محلول‌های بسیار رقیق که حلال آن‌ها آب است.)

اگر جرم محلول آبی مشخص باشد، از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌کنیم ولی اگر حجم محلول آبی رقیق معلوم باشد، رابطهٔ (۴) مناسب‌تر است؛ توجه داشته باشید که رابطه‌های (۱) و (۲) برای **همهٔ محلول‌ها** ولی رابطهٔ (۴) فقط برای محلول‌های **آبی بسیار رقیق** کاربرد دارد.

- در بسیاری از سؤالات مربوط به بحث محلول‌ها، دو یا چند محلول با غلظت ppm مشخص با هم مخلوط شده و غلظت محلول حاصل از این فرایند از ما خواسته می‌شود. در چنین شرایطی، از روابط زیر استفاده کنیم:

$$\text{غلظت ppm محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول اول} \times \text{غلظت ppm محلول اول}) + (\text{جرم محلول دوم} \times \text{غلظت ppm محلول دوم}) + \cdots}{\text{جرم محلول اول} + \text{جرم محلول دوم} + \cdots}$$

مثال یک صافی تصفیهٔ آب آشامیدنی، ظرفیت جذب حداکثر ۳ مول یون نیترات را از آب دارد. با استفاده از این صافی حداکثر می‌توان چند لیتر آب شهری دارای ۱۰۰ ppm یون نیترات را به طور کامل تصفیه کرد؟ ($O = 16, N = 14 : g.mol^{-1}$ ، چگالی آب $= 1\ g.mL^{-1}$) (سراسری تجربی خارج از کشور ۹۴)

۱) ۱۸۶۰ ۲) ۸۶۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ گزینهٔ (۱)

وقتی آقای طراح! می‌گوید ۱۰۰ ppm یون نیترات در آب شهری وجود دارد، یعنی در هر 10^6 گرم از آب شهری ۱۰۰ گرم یون نیترات *همی یافت شود!*

به این ترتیب خواهیم داشت:

$$3\ mol\ NO_3^- \times \frac{62\ g\ NO_3^-}{3\ mol\ NO_3^-} \times \frac{10^6\ g\ \text{آب شهری}}{100\ g\ NO_3^-} \times \frac{1\ mL\ \text{آب شهری}}{1\ g\ \text{آب شهری}} \times \frac{1\ L\ \text{آب شهری}}{1000\ mL\ \text{آب شهری}} = 1860\ L$$

۲- درصد جرمی (a یا $W/W\%$)

- تعریف: به **جرم** مادهٔ حل‌شده در ۱۰۰ واحد **جرم** محلول، درصد جرمی می‌گویند.
- رابطهٔ اصلی محاسبهٔ غلظت محلول‌ها برحسب درصد جرمی (a یا $W/W\%$):

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

در مخرج این رابطه، باید جرم **محلول** را قرار دهیم. جرم محلول حاصل‌جمع جرم حلال و جرم حل‌شونده است؛ بنابراین می‌توان رابطهٔ درصد جرمی را به صورت زیر نوشت:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حل‌شونده} + \text{جرم حلال}} \times 100$$

@DaneshSad

نکات مهم

۱ درصد جرمی یک محلول، در حقیقت نوعی درصد خلوص حل‌شوندهٔ مورد نظر در محلول است؛ مثلاً بر روی ظرف حاوی محلول شست‌وشوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد» نوشته شده است؛ یعنی در هر ۱۰۰ گرم از این محلول، ۰/۹ گرم سدیم کلرید یا حل‌شونده وجود داشته و بقیه آب یا حلال (۹۹/۱ گرم) است.

۲ در واقع وقتی می‌گوییم محلول a٪ جرمی است، یعنی از هر ۱۰۰ گرم محلول، a گرم حل‌شونده و (۱۰۰−a) گرم حلال (مثلاً آب) داریم.

۳ در رابطه‌های قبلی که گفته شد، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد، مثلاً هر دو میلی‌گرم (mg)، گرم (g)، کیلوگرم (kg) یا .... باشد؛ از این‌رو **درصد جرمی هم مشابه ppm یکا نخواهد داشت.**

- غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با **درصد جرمی** بیان می‌شود، برای مثال:

سرکهٔ خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود، محلول ۵٪ جرمی استیک اسید (CH_3COOH) در آب است. محلول غلیظ نیتریک اسید (HNO_3) در صنعت با غلظت ۷۰٪ جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

- اگر دو یا چند محلول با جرم و درصد جرمی‌های متفاوت از یک حل‌شونده با هم مخلوط شوند، به کمک رابطهٔ زیر می‌توان درصد جرمی محلول حاصل را محاسبه نمود:

$$\%W/W = \frac{(\text{درصد جرمی محلول اول} \times \text{جرم محلول اول}) + (\text{درصد جرمی محلول دوم} \times \text{جرم محلول دوم}) + \cdots}{\text{جرم محلول اول} + \text{جرم محلول دوم} + \cdots}$$

- حواستان باشد که در این رابطه، یکای جرم همهٔ محلول‌ها باید **یکسان** باشد!

رابطهٔ درصد جرمی و قسمت در میلیون

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \quad , \quad \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

$$\Rightarrow \frac{\text{ppm}}{\text{درصد جرمی}} = 10^4 \Rightarrow \boxed{\text{ppm} = 10^4 \times \text{درصد جرمی}}$$

- حواستان باشد که در این رابطه، درصد جرمی بدون علامت درصد می‌باشد.

جداسازی و استخراج مواد از آب دریا

۱ مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های **فیزیکی** یا **شیمیایی** جدا کرد.

۲ تبلور یک روش فیزیکی جداسازی حل‌شوندهٔ جامد از حلال در محلول‌هاست که با سردکردن آرام محلول غلیظ یا با تبخیر آهستهٔ حلال، انجام می‌شود. در واقع جداسازی حل‌شونده از محلول به شکل بلورهای جامد را **تبلور** می‌نامند. برای مثال سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود و یا تولید نبات از محلول غلیظ آب و شکر به روش تبلور صورت می‌گیرد.

۳ سدیم کلرید یا نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد:

کاربردهای سدیم کلرید
- تهیهٔ گاز کلر، فلز سدیم، سود سوزآور و گاز هیدروژن ← فراوان‌ترین کاربرد
- ذوب یخ موجود در جاده‌ها
- فراوری گوشت، تهیهٔ کنسرو تن، تهیهٔ خمیر کاغذ، پارچه، رنگ، پلاستیک و صنعت نفت
- تولید سدیم کربنات
- مصارف خانگی
- تغذیهٔ جانوران

جداسازی و استخراج منیزیم به روش شیمیایی

با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کنند.
$MgCl_2(s) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

منیزیم هیدروکسید را با استفاده از هیدروکلریک اسید، به منیزیم کلرید ($MgCl_2$) تبدیل می‌کنند.

منیزیم را به صورت مادهٔ جامد منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2(s)$) رسوب می‌دهند.

منیزیم در آب دریا به شکل یون منیزیم ($Mg^{2+}(aq)$) وجود دارد.

۱ فلز منیزیم (Mg) **برخلاف** سدیم کلرید، به روش **شیمیایی** از آب دریا جدا می‌شود.

۲ برای تهیهٔ فلز منیزیم (Mg)، جریان برق از منیزیم کلرید مذاب (حالت l) عبور داده شود نه محلول آن (حالت aq)!

۳ فلز منیزیم در تهیهٔ آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد.

@DaneshSad

۳- غلظت مولی (مولار)

۱ تعریف: تعداد مول‌های مادهٔ حل‌شده در یک لیتر محلول را غلظت مولی می‌گویند.

۲ رابطهٔ اصلی برای محاسبهٔ غلظت محلول‌ها برحسب غلظت مولی یا مولار به صورت مقابل است:

$$C_M = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول (L)}} = \frac{n}{V} \quad \text{یا} \quad C_M = \frac{\text{جرم حل‌شونده (g)}}{\text{جرم مولی حل‌شونده } (g.mol^{-1}) \times \text{حجم محلول (L)}} = \frac{m}{V.M}$$

نکات مهم

۱ هرچند غلظت بسیاری از محلول‌ها (در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه) با درصد جرمی بیان می‌شود ولی به دو دلیل استفاده از درصد جرمی در آزمایشگاه توصیه نمی‌شود:

الف) تهیهٔ محلول‌های مایع به ویژه در آزمایشگاه با درصد جرمی کار ساده‌ای نیست؛ زیرا در آزمایشگاه اندازه‌گیری حجم یک مایع آسان‌تر از جرم آن است.

ب) از آن‌جا که شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می‌کنند و مبنای محاسبات کمّی در شیمی مول است، کار با درصد جرمی در آزمایشگاه کاربرد زیادی ندارد.

۲ بنابراین بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر است که با **مول‌های حل‌شونده و حجم محلول** ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را غلظت مولی (مولار) می‌نامند.

۳ وقتی گفته می‌شود محلول a مولار؛ یعنی در یک لیتر محلول، a مول مادهٔ حل‌شده و در ۱۰ لیتر محلول ۱۰a مول مادهٔ حل‌شده و در ۰/۱ لیتر محلول ۰/۱a مول مادهٔ حل‌شده وجود دارد.

۴ وقتی می‌گوییم محلول مولار، منظور محلولی است که غلظت مولی آن برابر $1\ mol.L^{-1}$ یا یک مولار است.

۳ با افزودن حل‌شونده به محلول در حجم ثابت، غلظت محلول افزایش و با افزودن آب (حلال) به محلول، غلظت محلول کاهش می‌یابد.

۴ غلظت مولی یک محلول با مقدار حل‌شونده رابطهٔ مستقیم و با حجم محلول رابطهٔ عکس دارد.

۵ قند خون همان **گلوکز** با فرمول شیمیایی $C_6H_{12}O_6$ است. دستگاه اندازه‌گیری قند خون در پزشکی، گلوکومتر نام دارد؛ این دستگاه میلی‌گرم‌های گلوکز $(1\ mg = 10^{-3}\ g)$ را در دسی‌لیتر $(1\ dL = 0/1\ L = 100\ mL)$ نشان می‌دهد.

● برای محاسبهٔ غلظت مولی گلوکز در خون یا همان قند خون می‌توان از رابطهٔ مقابل استفاده کرد:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{عدد دستگاه گلوکومتر}}{18000}$$

استوکیومتری محلول‌ها

کافی است در حل مسائل استوکیومتری محلول‌ها به کمک کسر تناسب، به جای کسر مربوط به مول از (حجم × غلظت مولی) استفاده کنیم:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد ذرات}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر گاز در STP}}{22/4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر گاز در غیر STP}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}}$$

نکات محاسباتی غلظت مولار!

۱- رقیق‌کردن و غلیظ‌کردن

۱ در آزمایشگاه برای تهیهٔ محلول‌های رقیق می‌توان از رقیق‌کردن محلول‌های غلیظ استفاده کرد.

۲ با افزودن حلال یا آب به محلول:

● حجم محلول افزایش می‌یابد.

● غلظت مولی محلول کاهش می‌یابد.

● تعداد مول‌های حل‌شونده بدون تغییر باقی می‌ماند.

۳ در مسائل مربوط به رقیق‌کردن یک محلول توسط آب خالص، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد (مقدار مادهٔ حل‌شوندهٔ موجود در محلول ثابت می‌ماند):

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

$$M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times (V_{\text{غلیظ}} + V_{\text{آب}})$$

● هنگام استفاده از رابطهٔ فوق دقت کنید که یکای حجم در دو طرف معادله باید یکسان باشد ولی مهم نیست که یکای آن میلی‌لیتر (mL)، لیتر (L) و یا ... باشد.

۲- اگر دو یا چند محلول با غلظت و حجم متفاوت از یک حل‌شونده با هم مخلوط شوند، به کمک رابطهٔ زیر می‌توان غلظت محلول حاصل را محاسبه کرد:

$$M_{\text{نهایی}} = \frac{M_1V_1 + M_2V_2 + M_3V_3 + \cdots}{V_1 + V_2 + V_3 + \cdots}$$

● هنگام استفاده از رابطهٔ فوق دقت کنید که یکای حجم همهٔ محلول‌ها باید یکسان باشد.

رابطهٔ غلظت مولی با درصد جرمی (و ppm) و چگالی

$M = (g.mol^{-1})$ جرم مولی و $d = (g.mL^{-1})$ چگالی

درصد جرمی $= a$ (در این رابطه، درصد جرمی را بدون مخرج ۱۰۰ باید جای‌گذاری کرد.)

$C_M = (mol.L^{-1})$ غلظت مولی

$$C_M = \frac{10 \times a \times d}{M} \qquad C_M = \frac{ppm \times d}{1000 \times M} \qquad ppm = a \times 10^4$$

@DaneshSad

مثال اگر ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید با چگالی $1/01\,g.mL^{-1}$ با ۰/۰۷۶ گرم آهن (II) سولفات واکنش کامل دهد، غلظت محلول سدیم هیدروکسید به تقریب، برابر چند ppm است؟ (فراورده‌های واکنش، آهن (II) هیدروکسید و سدیم سولفات هستند.) $(Fe=56, S=32, Na=23, O=16, H=1: g.mol^{-1})$

(سراسری تجربی ۱۳۹۲)

۱) ۶۸/۴ ۲) ۷۹/۲ ۳) ۸۵/۶ ۴) ۸۹/۳

پاسخ گزینهٔ (۲)

معادلهٔ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$2NaOH(aq)+FeSO_4(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(S)+Na_2SO_4(aq)$$

توجه! با توجه به رابطهٔ ppm باید مقدار گرم حل‌شونده (مقدار NaOH حل‌شده) و مقدار گرم محلول (جرم محلول NaOH) را حساب کرد.

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده (g)}}{\text{جرم محلول (g)}}\times 10^6$$

$$\text{جرم NaOH حل‌شده}=0/076\ g\ FeSO_4\times\frac{1\ mol\ FeSO_4}{152\ g\ FeSO_4}\times\frac{2\ mol\ NaOH}{1\ mol\ FeSO_4}\times\frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH}=0/04\ g\ NaOH$$

$$\text{جرم محلول NaOH}=500\ mL\times\frac{1/01\ g}{1\ mL}=505\ g \Rightarrow ppm=\frac{0/04}{505}\times 10^6\simeq 79/2$$

یه جور دیگه می‌توانیم ابتدا غلظت مولی محلول سدیم هیدروکسید را حساب کرده و بعد به کمک رابطهٔ «غلظت مولی $=\frac{10\,ad}{\text{جرم مولی}}$»، درصد جرمی (a) و ppm محلول را حساب کنیم:

$$FeSO_4 \sim 2NaOH$$

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{FeSO_4}}=\frac{\text{حجم (L)}\times\text{غلظت مولی}}{\underbrace{\text{ضریب}\times 1}_{NaOH}} \Rightarrow \frac{0/076}{1\times 152}=\frac{\text{غلظت مولی}\times 0/5}{2\times 1} \Rightarrow \text{غلظت مولی NaOH}=\frac{2}{2000\times 0/5}=0/002\ mol.L^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی}=\frac{10\,ad}{\text{جرم مولی}} \xrightarrow{a=ppm\times 10^{-4}} 2\times 10^{-3}=\frac{10\times 1/01\times ppm\times 10^{-4}}{40} \Rightarrow ppm=\frac{80}{1/01}\simeq 79/2$$

– آیا نمک‌ها به یک اندازه در آب حل می‌شوند؟ –

۱ انحلال‌پذیری یا قابلیت انحلال مواد: بیشترین مقدار ماده‌ای که **در دمای معین** در **۱۰۰ گرم حلال** (نه محلول!) حل می‌شود و محلول سیرشده به وجود می‌آورد را انحلال‌پذیری می‌گویند.

$$\text{یکای انحلال‌پذیری در آب}=\frac{\text{گرم حل‌شونده}}{100\ g\ H_2O}$$

۲ در واقع به طور خلاصه می‌توان گفت که انحلال‌پذیری را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\text{انحلال‌پذیری}=\frac{\text{جرم حل‌شونده(g)}}{\text{جرم حلال (g)}}\times 100$$

۳ محلول سیرشده محلولی است که نمی‌تواند حل‌شوندهٔ بیشتری را در خود حل کند؛ در تعریف انحلال‌پذیری، واژهٔ «بیشترین» نشان‌دهندهٔ رسیدن محلول به حالت سیرشده است. هم‌چنین واژهٔ «دمای معین» به این دلیل ذکر شده است که با تغییر دما، میزان انحلال‌پذیری مواد تغییر می‌کند و باید انحلال‌پذیری مواد در دمای معین اندازه‌گیری و گزارش شود.

۴ انحلال‌پذیری مواد در آب وابسته است به: الف) نوع ماده (قدرت نیروی جاذبهٔ بین ذرات) ب) دما (تأثیر دما بر انحلال‌پذیری مواد یکسان نیست.)

۵ نمودار زیر، انحلال‌پذیری برخی مواد را در آب و در دمای $25\ ^\circ C$ نشان می‌دهد:

انحلال‌پذیری مواد
- محلول ← شکر، سدیم نیترات، سدیم کلرید
- کم‌محلول ← کلسیم سولفات
- نامحلول ← کلسیم فسفات، نقره کلرید، باریم سولفات

۶ شیمی‌دان‌ها مواد حل‌شوندهٔ جامد را براساس انحلال‌پذیری در آب و در دمای اتاق به صورت زیر به سه دسته تقسیم می‌کنند:

۱) مواد محلول: موادی هستند که انحلال‌پذیری آن‌ها بیشتر از ۱ g حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب در دمای اتاق است.

نکات مهم

۱ همهٔ نمک‌های دارای یون آمونیوم (NH_4^+) در آب محلول هستند؛ مانند: آمونیوم کربنات، آمونیوم نیترات و ... .

۲ همهٔ نمک‌های دارای یون نیترات (NO_3^-) در آب محلول هستند؛ مانند: نقره نیترات، سدیم نیترات و ... .

۳ همهٔ نمک‌های دارای عناصر فلزی گروه اول (Li^+، Na^+، K^+ و ...) در آب محلول هستند؛ مانند: سدیم کلرید، لیتیم سولفات، پتاسیم کربنات و ... .

۲) مواد کم‌محلول: موادی هستند که انحلال‌پذیری آن‌ها بین ۰/۰۱ g تا ۱ g حل‌شونده در دمای اتاق در ۱۰۰ گرم آب است. تنها مادهٔ کم‌محلول معرفی‌شده در کتاب درسی، کلسیم سولفات ($CaSO_4$) است که انحلال‌پذیری آن در دمای $25\ ^\circ C$، برابر ۰/۲۳ g در ۱۰۰ g آب است.

۳) مواد نامحلول: موادی هستند که انحلال‌پذیری آن‌ها در دمای $25\ ^\circ C$، از ۰/۰۱ گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب، کم‌تر است.

@DaneshSad

مطالب حفظی کتاب درسی مربوط به انحلال‌پذیری

۱) آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. عوامل ایجاد سنگ کلیه:

۱) زمینهٔ ژن‌شناختی ۲) تغذیهٔ نامناسب ۳) کم‌تحرکی ۴) مصرف بیش از حد نمک خوراکی ۵) کم نوشیدن آب ۶) مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات ۷) اختلالات هورمونی

۲) تشکیل سنگ کلیه به میزان انحلال نمک‌ها در آب نیز بستگی دارد.

۳) اغلب (*نه همه!*) سنگ‌های کلیه از رسوب‌کردن برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند، یعنی:

الف) مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال‌پذیری آن‌ها در دمای بدن کم‌تر است.

ب) مقدار این نمک‌ها در ادرار افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، از انحلال‌پذیری آن‌ها در دمای بدن بیشتر است.

انواع محلول‌ها براساس مقدار حل‌شونده

محلول‌ها را براساس مقدار حل‌شونده‌ای که در دمای معین در آن‌ها حل شده، به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌کنند:

۱) محلول‌های **سیرنشده**: محلول‌هایی که در دمای معین **می‌توانند** مقدار بیشتری حل‌شونده را در خود حل کنند؛ یعنی مقدار مادهٔ حل‌شونده **کم‌تر** از میزان انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

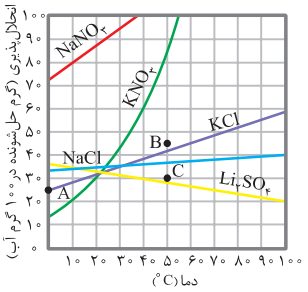
۲) محلول‌های **سیرشده**: محلول‌هایی که در دمای معین **نمی‌توانند** مقدار بیشتری حل‌شونده را در خود حل کنند؛ یعنی مقدار مادهٔ حل‌شونده **دقیقاً برابر** میزان انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

- اتانول و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند و **نمی‌توان** از آن‌ها محلول سیرشده در آب تهیه کرد!

۳) محلول‌های **فراسیرشده**: محلول‌هایی هستند که مقدار مادهٔ حل‌شده در آن‌ها **بیشتر** از میزان انحلال‌پذیری آن‌ها در دمای معین است.

- محلول فراسیرشده برخلاف محلول‌های سیرشده و سیرنشده **ناپایدار** است و در اثر ضربه و یا اضافه‌نمودن مقدار حل‌شونده به آن، مقدار اضافی حل‌شونده رسوب کرده و محلول فراسیرشده به محلول سیرشده تبدیل می‌شود.

نمودار انحلال‌پذیری ـ دما



۱) تعریف: به نموداری که وابستگی انحلال‌پذیری مواد به دما را نشان دهد، نمودار انحلال‌پذیری ـ دما می‌گویند.

۲) در این نمودار، محور افقی و عمودی به ترتیب نشان‌دهندهٔ دما (برحسب $^{\circ}C$) و انحلال‌پذیری (برحسب گرم حل‌شونده در ۱۰۰ g آب) است.

۳) جایگاه هر نقطه در نمودار انحلال‌پذیری، به صورت زیر تفسیر می‌شوند:

۱) تمام نقاط روی منحنی، نشان‌دهندهٔ محلول **سیرشده** است. در نقاط روی منحنی، مقدار مادهٔ حل‌شونده در محلول دقیقاً برابر مقدار انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

۲) تمام نقاط زیر منحنی، نشان‌دهندهٔ محلول **سیرنشده** است. در نقاط زیر منحنی، مقدار حل‌شوندهٔ موجود در محلول کم‌تر از مقدار انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

۳) تمام نقاط بالای منحنی نشان‌دهندهٔ محلول **فراسیرشده** است. در نقاط بالای منحنی، مقدار حل‌شوندهٔ موجود در محلول بیشتر از مقدار انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

منحنی انحلال‌پذیری مواد گوناگون برحسب دما

ماده	نمودار انحلال‌پذیری	شرایط مناسب برای انحلال‌پذیری بیشتر در آب
لیتیم سولفات (Li_2SO_4)	خطی، نزولی	دمای پایین
سدیم نیترات ($NaNO_3$)	خطی، صعودی	دمای بالا
پتاسیم نیترات (KNO_3)	منحنی (با شیب زیاد)، صعودی	دمای بالا
پتاسیم کلرید (KCl)	خطی، صعودی	دمای بالا
سدیم کلرید ($NaCl$)	خطی (با شیب کم)، صعودی	دمای بالا

نکتهٔ مهم

هر چه **اندازهٔ** شیب نمودار بیشتر باشد، یعنی انحلال‌پذیری آن ماده وابستگی بیشتری به دما دارد و در اثر تغییر دما انحلال‌پذیری آن ماده تغییر بیشتری می‌کند.

مقایسهٔ اندازهٔ شیب انحلال‌پذیری برحسب دما: $KNO_3 > NaNO_3 > KCl > Li_2SO_4 > NaCl$

مقایسهٔ تأثیر دما بر انحلال‌پذیری: $KNO_3 > NaNO_3 > KCl > Li_2SO_4 > NaCl$

@DaneshSad

تغییر دما و تشکیل رسوب

محلول سیرشده در
- انحلال با نمودار صعودی
  - با افزایش دما ← محلول به حالت سیرنشده تبدیل می‌شود.
  - با کاهش دما
    - کاهش آهستهٔ دما ← محلول به حالت فراسیرشده تبدیل می‌شود.
    - کاهش سریع دما ← مقداری از حل‌شونده رسوب می‌کند و محلول باقی‌مانده سیرشده است.
- انحلال با نمودار نزولی
  - با افزایش دما
    - افزایش آهستهٔ دما ← محلول به حالت فراسیرشده تبدیل می‌شود.
    - افزایش سریع دما ← مقداری از حل‌شونده رسوب کرده و محلول باقی‌مانده سیرشده است.
  - با کاهش دما ← محلول به حالت سیرنشده تبدیل می‌شود.

نکتهٔ مهم

مقدار رسوب تشکیل‌شده در اثر تغییر دما در ۱۰۰ گرم آب، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{مقدار رسوب} = |\text{انحلال‌پذیری در دمای ثانویه} - \text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}|$$

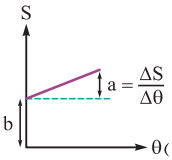
با تغییر دمای یک محلول سیرشده، جرم نمک رسوب‌شده یا جرم گاز آزادشده از محلول برابر است با:

$$\text{جرم رسوب یا جرم گاز آزادشده} = \frac{(A-B)\times m}{100+A}$$

A: انحلال‌پذیری در دمای اولیه، B: انحلال‌پذیری در دمای نهایی، m: جرم محلول

- اگر عدد به‌دست‌آمده در دو رابطهٔ بالا مثبت باشد، یعنی این مقدار رسوب تولید می‌شود و اگر منفی باشد، یعنی این مقدار حل‌شوندهٔ اضافی در محلول حل می‌شود.

تعیین معادلهٔ انحلال‌پذیری یک ماده برحسب دما



$$a = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

۱ نمودار انحلال‌پذیری برخی مواد در آب به صورت یک خط راست با شیب ثابت است، پس می‌توان انحلال‌پذیری آن‌ها را برحسب دما، به کمک معادلهٔ خط راست نمایش داد:

۲ حرف S از واژهٔ Solubility به معنای انحلال‌پذیری گرفته شده است.

۳ a، شیب نمودار انحلال‌پذیری (S) برحسب دما (θ) است که از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

- هر چه **اندازهٔ** شیب نمودار (a) بیشتر باشد، اثر دما بر انحلال‌پذیری ماده بیشتر است.
- با استفاده از علامت شیب می‌توان صعودی یا نزولی بودن نمودار انحلال‌پذیری ـ دمای مادهٔ مورد نظر را مشخص کرد؛ علامت مثبت شیب ($a > 0$) نشان‌دهندهٔ صعودی‌بودن نمودار و علامت منفی شیب ($a < 0$) نشان‌دهندهٔ نزولی‌بودن نمودار است.

۴ b، عرض از مبدأ نمودار یا همان انحلال‌پذیری ماده در دمای $0\,^\circ C$ است.

ترکیب انحلال‌پذیری با درصد جرمی

- اگر انحلال‌پذیری یک ماده در دمای معین، برابر با S گرم باشد، یعنی اگر S گرم ماده در ۱۰۰ g آب حل شود، (S+۱۰۰) گرم محلول سیرشده حاصل می‌شود؛ بنابراین برای محاسبهٔ درصد جرمی یک محلول می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$\text{درصد جرمی محلول سیرشده (a)} = \frac{S}{S+100}\times 100$$

مثال **درصد جرمی پتاسیم نیترات در محلول سیرشدهٔ آن در دمای $40\,^\circ C$، برابر ۳۷/۵٪ است. اگر ۳۶۰ گرم محلول دارای ۱۶۲ گرم این نمک در دمای $50\,^\circ C$ را تا $40\,^\circ C$ سرد کنیم، به تقریب چند گرم از آن در محلول باقی می‌ماند و چند مول از آن رسوب می‌کند؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید و جرم مولی KNO_3 را به تقریب، برابر ۱۰۰ گرم در نظر بگیرید.)** *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۹)*

۱) ۱۱۸/۸ ، ۰/۲۷ ۲) ۱۳۵ ، ۰/۲۷ ۳) ۱۳۵ ، ۰/۴۳ ۴) ۱۱۸/۸ ، ۰/۴۳

پاسخ گزینهٔ (۴)

ابتدا باید انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات را در دمای $40\,^\circ C$ به دست آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times 100 \Rightarrow 37/5 = \frac{S}{S+100}\times 100 \Rightarrow 62/5\,S = 3750 \Rightarrow S = 60 \quad (\text{انحلال‌پذیری در دمای } 40\,^\circ C)$$

در ۳۶۰ گرم محلول در دمای $50\,^\circ C$، ۱۶۲ گرم نمک و ۱۹۸ گرم آب (۱۹۸ = ۱۶۲ − ۳۶۰) وجود دارد. حالا ببینیم در دمای $40\,^\circ C$، چند گرم پتاسیم نیترات در ۱۹۸ گرم آب حل می‌شود:

$$198\ \text{g آب} \times \frac{60\ \text{g } KNO_3}{100\ \text{g آب}} = 118/8\ \text{g } KNO_3$$

بنابراین از ۱۶۲ گرم پتاسیم نیتراتی که در دمای $50\,^\circ C$ داریم، ۱۱۸/۸ گرم آن در محلول باقی می‌ماند و ۴۳/۲ گرم از آن (۴۳/۲ = ۱۱۸/۸ − ۱۶۲) رسوب می‌کند.

$$43/2\ \text{g } KNO_3 \times \frac{1\ \text{mol } KNO_3}{100\ \text{g } KNO_3} \simeq 0/43\ \text{mol } KNO_3$$

@DaneshSad

ویژگی‌های غیرعادی آب

۱ آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود. وجود و تبدیل این حالت‌ها به یکدیگر، زندگی را در سیارهٔ زمین، ممکن و دلپذیر کرده است.

۲ ویژگی‌های گوناگون و شگفت‌انگیز آب:

۱) توانایی حل‌کردن اغلب (نه همه!) مواد ۲) افزایش غیرعادی حجم هنگام انجماد (یخزدن) ۳) نقطهٔ جوش بالا و غیرعادی

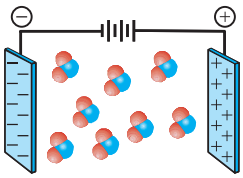
- این رفتار مولکول آب از ویژگی‌های ساختاری آب سرچشمه می‌گیرد؛ شکل مولکول آب خمیده (Vشکل) است و در مولکول آن هر اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی یگانه به اتم مرکزی (اتم O) متصل است.
- مولکول‌های آب در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، به این صورت که اتم‌های هیدروژن به سمت صفحه با بار منفی و اتم اکسیژن به سمت صفحه با بار مثبت قرار می‌گیرند؛ در واقع اتم‌های هیدروژن سر مثبت و اتم اکسیژن سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهند. (مولکول آب، مولکول قطبی است.)

– رفتار آب و دیگر مولکول‌ها در میدان الکتریکی –

مولکول‌ها را براساس جهت‌گیری آن‌ها در میدان الکتریکی به دو دستهٔ قطبی و ناقطبی تقسیم می‌کنند:

۱) مولکول‌های قطبی:

به مولکول‌هایی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند و در واقع این مولکول‌ها سرهای منفی و مثبت دارند، مولکول‌های قطبی یا دوقطبی می‌گویند.

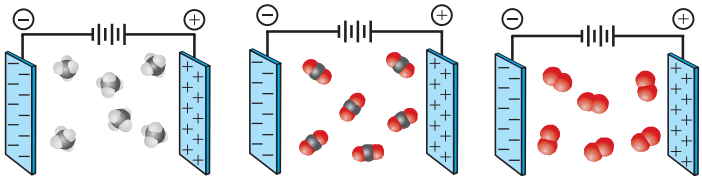

جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

مثال CO، NO، NO_2، O_3، HCl، H_2O، NH_3، $CHCl_3$، H_2S، HF، C_2H_5OH و ...

۲) مولکول‌های ناقطبی:

به مولکول‌هایی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند و در واقع در این مولکول‌ها سرهای منفی و مثبت وجود ندارد، مولکول‌های ناقطبی می‌گویند.

مثال H_2، N_2، O_2، I_2، F_2، CO_2، CCl_4، CH_4 و ...


رفتار مولکول‌های O_2، CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی

– طرز تشخیص مولکول قطبی از ناقطبی –

۱ در مولکول‌های دواتمی:

۱) اگر دو اتم یکسان نباشند (AB) ← مولکول قطبی؛ مثال: NO، CO، HBr، HCl و ...

۲) اگر دو اتم یکسان باشند (A_2) ← مولکول ناقطبی؛ مثال: F_2، N_2، O_2 و ...

۲ در مولکول‌هایی با بیش از دو اتم:

۱) دوعنصری $(AB_x\ ,\ x \geq 2)$: این مولکول‌ها در صورت داشتن هر دو شرط زیر ناقطبی هستند و در غیر این صورت قطبی هستند:

شرط اول: اتم مرکزی الکترون ناپیوندی نداشته باشد.

شرط دوم: اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند.

پس:

الف) اگر اتم مرکزی جفت ناپیوندی داشته باشد یا اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان نباشند: مولکول قطبی

مثال NH_3، H_2O، N_2O و ...

ب) اگر اتم مرکزی جفت ناپیوندی نداشته باشد و اتم‌های متصل به اتم مرکزی یکسان باشند: مولکول ناقطبی

مثال CO_2، SO_3 و ...

۲) چندعنصری $(A_xB_yC_z\cdots)$: این مولکول‌ها معمولاً قطبی هستند. مانند اتانول (C_2H_5OH)، استون (C_3H_6O)، گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ و ...

نکته

در یک مولکول، اتمی که خصلت نافلزی بیشتری دارد، سر منفی و اتم دیگر سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهد. مقایسهٔ خصلت نافلزی چند عنصر مهم:

خصلت نافلزی: $F > O > N > C > H$

@DaneshSad

گشتاور دوقطبی (μ)

۱ جهت‌گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی مبنای اندازه‌گیری کمیتی به نام گشتاور دوقطبی است. یکای آن دبای (D) است.

۲ گشتاور دوقطبی، قطبیت مولکول‌ها را نشان می‌دهد؛ به طوری که هرچه گشتاور دوقطبی بیشتر باشد، قطبیت مولکول بیشتر است و مولکول مورد نظر قطبی‌تر است.

مثال گشتاور دوقطبی H_2O برابر $1/85\ D$ (قطبی‌تر) و گشتاور دوقطبی H_2S برابر $0/97\ D$ است و میزان قطبیت مولکول‌های آب نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است.

۳ گشتاور دوقطبی در مولکول‌های ناقطبی برابر صفر و در مولکول‌های قطبی غیرصفر است. مثال: گشتاور دوقطبی در مولکول‌های ناقطبی O_2 ، CO_2 ، CH_4 و ... برابر صفر است.

۴ برای مولکول‌هایی با جرم تقریباً یکسان، هرچه گشتاور دوقطبی بیشتر باشد، نیروهای بین مولکولی معمولاً قوی‌تر است.

۵ گشتاور دوقطبی **اغلب** هیدروکربن‌ها مانند هگزان (C_6H_{14}) **ناچیز و در حدود صفر** است.

نیروهای بین‌مولکولی

۱ تعریف: به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازندهٔ یک ماده، نیروهای بین مولکولی می‌گویند.

۲ نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارد.

مقایسهٔ قدرت نیروهای بین مولکولی در شرایط یکسان: گاز < مایع < جامد

- البته باید توجه داشته باشید که نیروهای بین مولکولی به طور عمده به میزان قطبی‌بودن مولکول‌ها و جرم آن‌ها وابسته است.

۳ به طور کلی نیروهای بین مولکولی را به دو دستهٔ نیروهای وان‌درواسی و پیوند هیدروژنی تقسیم می‌کنند؛ در واقع به‌جز پیوندهای هیدروژنی، به باقی نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی، نیروی وان‌درواس می‌گویند.

- نیروهای بین مولکولی به عوامل زیر وابسته هستند:

۱- قطبی‌بودن مولکول‌ها

در میان چند گونهٔ مولکولی با جرم‌های مولی نزدیک به هم، هر چه مولکول‌ها قطبی‌تر باشند، قدرت نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی (از نوع وان‌درواسی) در آن‌ها بیشتر است.

هر چه مولکول قطبی‌تر باشد ← میزان بار جزئی مثبت و منفی آن بیشتر و جاذبهٔ بین بارهای ناهم‌نام در مولکول‌های مجاور بیشتر می‌شود ← نیروهای بین مولکولی قوی‌تر! ← نقطهٔ جوش ماده بالاتر

مقایسهٔ مولکول‌های F_2 و HCl

۱ مولکول‌های F_2 و HCl، دارای جرم مولی نزدیک به یکدیگر هستند، اما مولکول‌های HCl به علت قطبی‌بودن، در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

- در مولکول‌های HCl، اتم کلر (Cl) در میدان الکتریکی، سر منفی مولکول را تشکیل می‌دهد و به سمت صفحهٔ مثبت میدان الکتریکی قرار می‌گیرد و اتم هیدروژن (H)، سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهد و به سمت صفحهٔ منفی میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

۲ نقطهٔ جوش F_2 و HCl به ترتیب برابر $-188\ ^\circ C$ و $-85\ ^\circ C$ هستند، بنابراین نیروهای بین مولکولی در HCl قوی‌تر از F_2 است.

- برای ذوب‌کردن و جوشاندن مواد مولکولی باید بر نیروهای بین مولکولی غلبه شود و نه بر پیوند کووالانسی بین اتم‌ها!
- هر چه نقطهٔ جوش یک گاز بالاتر و به صفر نزدیک‌تر باشد، راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

۲- جرم و حجم مولکول‌ها

در گونه‌های مولکولی که دارای مولکول‌های ناقطبی هستند، هر چه جرم مولی و حجم مولکول‌ها بیشتر باشد، قدرت نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی (از نوع وان‌درواسی) در آن‌ها بیشتر خواهد بود.

مقایسهٔ مولکول‌های دواتمی Cl_2، Br_2 و I_2

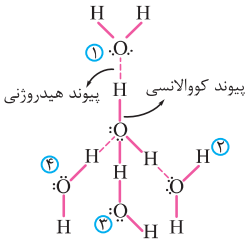
ویژگی / ماده	Cl_2	Br_2	I_2
حالت فیزیکی ($25\ ^\circ C$)	گاز	مایع	جامد
جرم مولی ($g.mol^{-1}$)	۷۱	۱۶۰	۲۵۴

اشتباه نکنید:

- هنگام مقایسهٔ قدرت نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی، هردو عامل قطبیت و جرم و حجم مولکول‌ها را باید به طور هم‌زمان در نظر گرفت و **نمی‌توان** گفت ترکیبی که قطبی‌تر است، قطعاً نیروهای بین مولکولی قوی‌تری دارد و یا ترکیبی که جرم مولی بیشتری دارد قطعاً نیروهای بین مولکولی در آن‌ها قوی‌تر است. در مقایسهٔ نقطهٔ جوش و قدرت نیروهای بین مولکولی، ارجحیت با حالت فیزیکی است.

@DaneshSad

پیوند هیدروژنی



۱ نوعی نیروی جاذبهٔ بین مولکولی *(نه درون‌مولکولی!)* است که میان اتم هیدروژن متصل به N یا O یا F از یک مولکول با اتم‌های N یا O یا F از مولکول‌های دیگر برقرار می‌شود.

۲ پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی جاذبهٔ بین مولکولی در موادی است که در مولکول آن‌ها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های N یا O یا F با پیوند کووالانسی متصل است.

تذکر پیوند کووالانسی قوی‌تر از پیوند هیدروژنی است.

توجه بسیاری از *(نه همه!)* خواص منحصربه‌فرد آب مانند داشتن نقطهٔ جوش بالا و غیرعادی، افزایش حجم در هنگام انجماد و ... ناشی از پیوندهای هیدروژنی موجود در میان مولکول‌های آب است.

مثال آب (H_2O) و هیدروژن سولفید (H_2S) هر دو دارای مولکول‌های خمیده و قطبی هستند و با این‌که جرم مولی آب تقریباً نصف جرم مولی هیدروژن سولفید است؛ اما مولکول‌های آب به دلیل قطبیت بیشتر و داشتن پیوند هیدروژنی، نقطهٔ جوش غیرعادی و بالاتری نسبت به هیدروژن سولفید دارند به طوری که تفاوتی برابر ۱۶۰ °C را نشان می‌دهد.

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضاپرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ($g.mol^{-1}$)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطهٔ جوش (°C)	گشتاور دوقطبی
آب	H_2O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰	۱/۸۵ D
هیدروژن سولفید	H_2S		قطبی	۳۴	گاز	−۶۰	۰/۹۷ D

مثال اتانول (C_2H_5OH) و استون (CH_3COCH_3)، دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند. از آن‌جا که بین مولکول‌های استون، برخلاف مولکول‌های اتانول، پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌شود؛ نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی در استون از اتانول ضعیف‌تر است.

در نتیجه اتانول، با وجود جرم مولی کم‌تر نسبت به استون، نقطهٔ جوش بیشتری نسبت به آن خواهد داشت:

نام ترکیب	اتانول	استون (پروپانون)
فرمول شیمیایی	C_2H_5OH	C_3H_6O
فرمول ساختاری	CH_3-CH_2-OH	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$
جرم مولی	۴۶ (جرم مولی کم‌تر)	۵۸ (جرم مولی بیشتر)
نیروی بین مولکولی	هیدروژنی	وان‌دروالسی
توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی با آب	دارد	دارد
نقطهٔ جوش (°C)	۷۸ (بالاتر)	۵۶ (پایین‌تر)

توجه لزوماً قدرت نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی در ماده‌ای که دارای پیوند هیدروژنی است از دیگر ترکیب‌های مولکولی که فاقد چنین نیروی جاذبه‌ای هستند، بیشتر **نیست**.

مثال

قدرت نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی: $I_2 > H_2O$ (حالت فیزیکی: جامد / مایع؛ وان‌دروالسی / هیدروژنی) $\Rightarrow$ نقطهٔ جوش: $I_2 > H_2O$

- با توجه به این‌که قدرت و خصلت نافلزی F بیشتر از O و آن هم بیشتر از N است، ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی این مواد به صورت زیر است:

خصلت نافلزی: $F > O > N$

$\overset{\delta^+}{H}-\overset{\delta^-}{F}$ $\quad$ $\overset{\delta^+}{H}-\overset{\delta^-}{O}$ $\quad$ $\overset{\delta^+}{H}-\overset{\delta^-}{N}$

قدرت پیوند هیدروژنی: $HF > H_2O > NH_3$

اما ترتیب دمای جوش این مواد متفاوت است، زیرا تعداد پیوندهای هیدروژنی در H_2O بیشتر از دو مادهٔ دیگر است:

ترتیب دمای جوش: $H_2O > HF > NH_3$

- برای تشکیل پیوند هیدروژنی، به ازای هر اتم هیدروژن متصل به FON، یک جفت‌الکترون ناپیوندی روی عناصر FON باید وجود داشته باشند.

@DaneshSad

مقایسهٔ برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن‌دار عناصر گروه‌های ۱۵ تا ۱۷ جدول دوره‌ای

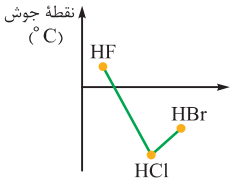
۱- ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۷

الف) همهٔ این ترکیبات قطبی هستند اما HF با این‌که از سایر ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۷، جرم مولی کم‌تری دارد، ولی به دلیل وجود پیوند هیدروژنی، نقطهٔ جوش آن بیشتر از سایر ترکیبات آورده‌شده در جدول زیر است:

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($g.mol^{-1}$)	نقطهٔ جوش ($^\circ C$)
HF	۲۰	۱۹
HCl	۳۶/۵	−۸۵
HBr	۸۱	−۶۷

ب) نقطهٔ جوش (برحسب $^\circ C$) مثبت و نقطهٔ جوش HBr و HCl (برحسب $^\circ C$) منفی است.

پ) HF به دلیل داشتن H متصل به F، بین مولکول‌هایش پیوند هیدروژنی دارد؛ بنابراین نقطهٔ جوش آن از بقیه بالاتر است. بین HBr و HCl، نقطهٔ جوش HBr بالاتر است؛ چون جرم و حجم HBr از HCl بیشتر است.



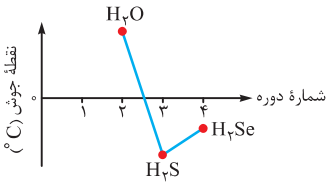
ت) مقایسهٔ کلی نقطهٔ جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار سه عنصر اول گروه ۱۷ جدول دوره‌ای به صورت زیر است:

نقطهٔ جوش: HF (پیوند هیدروژنی) > HBr (جرم مولی بیشتر) > HCl (جرم مولی کم‌تر)

۲- ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۶

الف) همهٔ این ترکیبات قطبی هستند اما H_2O به دلیل داشتن H متصل به O، بین مولکول‌هایش پیوند هیدروژنی دارد؛ بنابراین نقطهٔ جوش آن از بقیه بالاتر است. بین H_2S و H_2Se، نقطهٔ جوش H_2Se بالاتر است؛ چون جرم و حجم H_2Se از H_2S بیشتر است.

ب) نقطهٔ جوش H_2O (برحسب $^\circ C$) مثبت و نقطهٔ جوش H_2S و H_2Se (برحسب $^\circ C$) منفی است.

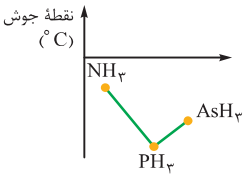


۳- ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۵

الف) همهٔ این ترکیب‌ها قطبی هستند اما NH_3 با وجود جرم مولی کم‌تر ولی به دلیل وجود پیوند هیدروژنی، نقطهٔ جوش آن از سایر ترکیبات آورده‌شده در جدول زیر بیشتر است:

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($g.mol^{-1}$)	نقطهٔ جوش ($^\circ C$)
NH_3	۱۷	−۳۳/۵
PH_3	۳۴	−۸۷/۵
AsH_3	۷۸	−۶۲/۵

ب) نمودار مقایسهٔ نقطهٔ جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار سه عنصر اول گروه ۱۵ جدول دوره‌ای:



پ) NH_3 به دلیل داشتن H متصل به N، بین مولکول‌هایش پیوند هیدروژنی دارد؛ بنابراین نقطهٔ جوش آن از بقیه بالاتر است. بین PH_3 و AsH_3، نقطهٔ جوش AsH_3 بالاتر است؛ چون جرم و حجم AsH_3 از PH_3 بیشتر است.

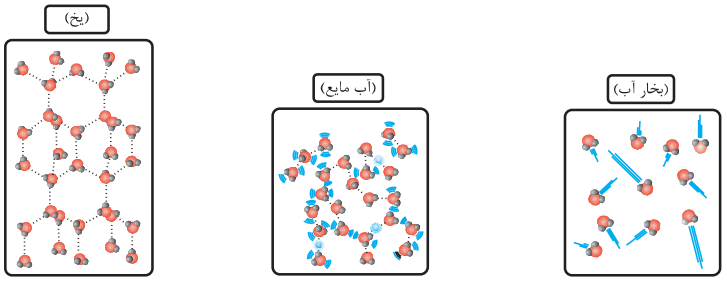
ت) مقایسهٔ کلی نقطهٔ جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار سه عنصر اول گروه ۱۵ جدول دوره‌ای به صورت زیر است:

نقطهٔ جوش: NH_3 (پیوند هیدروژنی) > AsH_3 (جرم مولی بیشتر) > PH_3 (جرم مولی کم‌تر)

البته دقت کنید که نقطهٔ جوش هر سه این ترکیبات پایین‌تر از صفر درجهٔ سلسیوس است؛ پس نمودار نقطهٔ جوش، محور افقی را قطع نمی‌کند.

@DaneshSad

پیوند هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب



مولکول‌های H_2O در یخ، آب و بخار

۱ حالت بخار

۱) مولکول‌های H_2O جدا از هم بوده و گویی میان آن‌ها پیوند هیدروژنی وجود ندارد.

۲) مولکول‌ها آزادانه و **نامنظم** از جایی به جای دیگر منتقل می‌شوند.

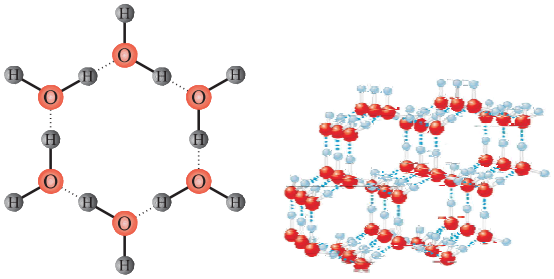
۳) فاصلهٔ بین مولکول‌های H_2O در حالت گاز زیاد است.

۲ حالت مایع

۱) فاصلهٔ بین مولکول‌های H_2O در مقایسه با گاز بسیار کم‌تر است.

۲) پیوند هیدروژنی قوی بین مولکول‌ها وجود دارد.

۳) مولکول‌ها روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند و ساختار آب منظم نیست؛ زیرا در حالت مایع به دلیل زیادبودن انرژی جنبشی مولکول‌ها، پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌ها به طور دائمی شکسته و تشکیل می‌شوند.



۳ حالت جامد (یخ)

۱) برخلاف آب، ساختار یخ منظم است.

۲) در یخ هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن پیوند کووالانسی (اشتراکی) و با دو اتم هیدروژن دیگر پیوند هیدروژنی دارند.

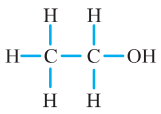
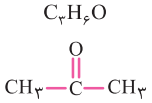
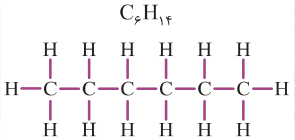
۳) در یخ، مولکول‌ها در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند.

۴) در ساختار یخ، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار داشته و شبکه‌ای مانند کندوی عسل به وجود می‌آورند. این حلقه‌های شش‌ضلعی مبنای تشکیل بلورهای زیبای دانه‌های زیبای برف هستند.

توجه بر اثر یخزدن آب و تشکیل شبکهٔ حلقه‌های شش‌ضلعی با داشتن فضاهای خالی منظم، حجم آب و حجم یاخته‌های دارای آب به طور غیرعادی افزایش یافته در نتیجه باعث تخریب دیوارهٔ یاخته‌ها می‌شود.

با توجه به ثابت‌بودن جرم آب و افزایش حجم آن به هنگام یخزدن، چگالی یخ نسبت به آب مایع کاهش و حجم آن افزایش می‌یابد.

سه حلال غیرآبی و برخی ویژگی آن‌ها

نام حلال	فرمول و ساختار شیمیایی	μ(D) و قطبیت	انحلال در آب	کاربرد
اتانول	C_2H_5OH 	$\mu > 0$ و قطبی	به هر نسبت در آب حل شده و نمی‌توان محلول سیرشده از آن تهیه کرد.	حلال در تهیهٔ مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	C_3H_6O 	$\mu > 0$ و قطبی	به هر نسبت در آب حل شده و نمی‌توان محلول سیرشده از آن تهیه کرد.	حلال چربی، رنگ و انواع لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14} 	$\mu \simeq 0$ و ناقطبی	در آب حل نمی‌شود.	حلال مواد ناقطبی و رقیق‌کنندهٔ رنگ (تینر)

@DaneshSad

- بنزین، مخلوطی همگن از چند هیدروکربن با ۵ تا ۱۲ اتم کربن است. بنزین را می‌توان به طور میانگین C_8H_{18} (اوکتان) در نظر گرفت.
- در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند اما قابل چشم‌پوشی است.
- مخلوط‌های (آب و هگزان) و (آب و یخ)، ناهمگن بوده و حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در مخلوط آن‌ها یکسان و یکنواخت نیست.

– شرایط حل‌شدن دو ماده در یکدیگر (شرط انحلال) –

۱ برخی حل‌شونده‌ها در برخی حلال‌ها حل می‌شوند و محلول تشکیل می‌دهند، در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می‌سازند.

۲ در صورتی یک ماده می‌تواند در مادهٔ دیگر حل شده و محلول ایجاد کند که شرط زیر برقرار باشد:

(میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شوندهٔ خالص) > (جاذبه‌های حل‌شونده ــ حلال در محلول)

۳ اگر مولکول‌های حلال را با A و ذره‌های حل‌شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبهٔ میان آن‌ها را در حالت خالص با A…A و B…B نشان داد. با این توصیف برای محلول B در A رابطهٔ مقابل برقرار است:

$$(A\ldots B) > \frac{(A\ldots A)+(B\ldots B)}{۲}$$

۴ با توجه به عبارت «شبیه در شبیه خود حل می‌شود.» یعنی:

۱) اغلب *(نه همه!)* ترکیبات یونی و مواد قطبی در حلال‌های قطبی بهتر حل می‌شوند.

اما برخی ترکیب‌های یونی مانند $AgCl$، $Mg(OH)_2$، $Ca_3(PO_4)_2$ و $BaSO_4$ در آب (حلال قطبی) حل نمی‌شوند.

۲) مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی بهتر حل می‌شوند؛ زیرا نیروهای جاذبهٔ هر دوی آن‌ها شبیه به هم و از نوع وان‌درواسی ضعیف است.

۳) موادی که دارای پیوند هیدروژنی هستند در حلال‌هایی که دارای پیوند هیدروژنی هستند بهتر حل می‌شوند؛ زیرا در اثر انحلال، پیوند هیدروژنی جدید و قوی‌تری تشکیل می‌شود.

مثال با توجه به این‌که منیزیم سولفات و باریم سولفات در دمای $۲۵\ ^\circ C$، به ترتیب محلول و نامحلول در آب هستند، خواهیم داشت:

الف) نیروی جاذبهٔ یون ـ دوقطبی در محلول > میانگین نیروی پیوند یونی در $MgSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب

ب) نیروی جاذبهٔ یون ـ دوقطبی در محلول < میانگین نیروی پیوند یونی در $BaSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب

پ) نیروی جاذبه میان مولکول‌ها در محلول اتانول در آب > میانگین جاذبهٔ میان مولکول‌های آب خالص و اتانول خالص

– انواع انحلال از نظر نوع حل‌شدن –

۱ انحلال مولکولی: انحلالی که در آن مادهٔ حل‌شونده، به صورت مولکولی در حلال حل شده و به یون تبدیل نمی‌شود.

مثال ۱) انحلال مواد قطبی (به‌جز اسید و باز) در آب: اتانول در آب و ... ۲) انحلال مواد ناقطبی در حلال ناقطبی مانند ید در هگزان و ...

نکته

در انحلال مولکولی، ساختار مولکول‌های حل‌شونده تغییر نکرده و مولکول‌ها ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند؛ گویی ساختار مولکول‌های حل‌شونده در محلول دچار تغییر نشده است.

۲ انحلال یونی: انحلالی که در آن مادهٔ حل‌شونده، به صورت یونی در حلال حل شده و یون‌ها در محلول پخش می‌شوند.

مثال ۱) انحلال ترکیب‌های یونی در آب: $NaCl$ و ... در آب ۲) انحلال اسیدهای قوی (ترکیب مولکولی) در آب: HCl و ... در آب

نکات مهم

۱ در انحلال یونی، مادهٔ حل‌شونده پس از انحلال در آب به صورت یون‌های آبپوشیده در محلول پخش می‌شوند.

۲ در انحلال یونی، بین مولکول‌های حلال (آب) و یون‌ها، جاذبهٔ یون ـ دوقطبی به وجود می‌آید.

۳ انحلال مولکولی ـ یونی: موادی که کمی به صورت یونی و بیشتر به صورت مولکولی در حلال حل می‌شوند.

مثال ۱) انحلال اسیدهای ضعیف در آب: HF و ... در آب ۲) انحلال بازهای ضعیف در آب: NH_3، آمین‌ها (CH_3NH_2) و ... در آب

- در انحلال مولکولی ـ یونی: در محلول هم مولکول و هم یون وجود دارد.
- انحلال مولکولی ـ یونی را هم با مولکول و هم با یون‌ها با فلش دوطرفه نشان می‌دهند.

$$NH_3(g) \xrightarrow{H_2O} NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$$

$$HF(g) \xrightarrow{H_2O} HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$$

– چگونگی انحلال نمک طعام در آب (انحلال یونی) –

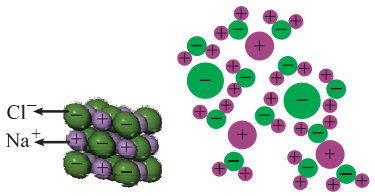
سدیم کلرید یک ترکیب یونی با بلورهای مکعبی است که یون‌های Na^+ و Cl^- در آن با آرایش سه‌بعدی جای گرفته‌اند. اگر یک بلور کوچک سدیم کلرید را در آب بریزیم، مراحل:

۱ مولکول‌های آب از سرهای مخالف به یون‌های بیرونی بلور نزدیک شده و نیروی جاذبهٔ بین آن‌ها برقرار می‌شود. این نیروی جاذبه، یون ـ دوقطبی نام دارد.

۲ آب از سر مثبت خود (اتم‌های H) به یون منفی نمک (Cl^-) و از سر منفی خود (اتم‌های O) به یون مثبت نمک (Na^+) نزدیک می‌شود.

۳ جاذبهٔ یون ـ دوقطبی باعث جداشدن یون‌ها از شبکهٔ بلور و پراکنده‌شدن در آب می‌شود که این یون‌ها توسط لایه‌ای از مولکول‌های آب احاطه می‌شوند (آبپوشیده می‌شوند).

۴ یون‌های آبپوشیده در سرتاسر محلول پراکنده و پخش می‌شوند؛ به طوری که می‌توان محلول آب نمک را محلولی محتوی یون‌های $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ دانست.



@DaneshSad

– عوامل مؤثر بر انحلال‌پذیری گازها در آب –

انحلال گازها در آب به نوع گاز، دمای آب، فشار گاز بالای سطح آب و میزان نمک موجود در آب بستگی دارد.

۱- نوع گاز:

به طور کلی تشکیل پیوند هیدروژنی، قطبی‌بودن مولکول‌های گاز، داشتن جرم و حجم زیاد و واکنش شیمیایی با آب سبب افزایش انحلال‌پذیری گازها در آب می‌شود.

الف) قطبی‌بودن مولکول‌های گاز: مولکول‌های آب قطبی می‌باشند؛ همان‌طور که در قسمت قبل خواندیم، «شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند.» از این رو هر چه قطبیت مولکول‌های یک گاز بیشتر باشد، میزان انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر خواهد بود. $NO > O_2$:قطبیت مولکول‌های گاز ⟵ $NO > O_2$:انحلال‌پذیری در آب

ب) جرم و حجم مولکول‌های گاز: به طور کلی هر چه جرم و حجم مولکول‌های یک گاز بیشتر باشد، امکان ایجاد نیروهای بین مولکولی قوی‌تر با آب وجود داشته و در نتیجه میزان انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر خواهد بود. برای نمونه، در شرایط یکسان: $O_2 > N_2$:انحلال‌پذیری در آب ⟵ $O_2 > N_2$:جرم و حجم مولکول‌های گاز

پ) توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب: گازهایی که مولکول‌های آن‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، انحلال‌پذیری زیادی در آب دارند. برای نمونه انحلال‌پذیری گاز آمونیاک در آب بسیار زیاد است.

ت) واکنش شیمیایی با آب: اغلب اکسیدهای نافلزی گازی‌شکل مانند CO_2 ، SO_3 و ... با آب واکنش می‌دهند؛ از این رو انحلال‌پذیری نسبتاً زیادی در آب دارند. برای مثال:

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq)$$

مثال در فشار و دمای یکسان، انحلال‌پذیری گاز CO_2 از گاز NO بیشتر است؛ زیرا اگرچه مولکول‌های CO_2 ناقطبی هستند ولی به علت واکنش با مولکول‌های آب و داشتن حجم و جرم مولکولی بالاتر، انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به NO دارد.

- مقایسهٔ انحلال‌پذیری در آب:

N_2 (جرم مولی کم‌تر) $< O_2$ (جرم مولی بیشتر) $< NO$ (قطبی‌بودن) $< CO_2$ (واکنش شیمیایی با آب)

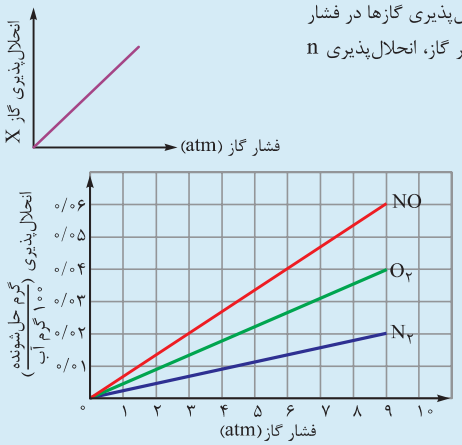
۲- اثر فشار بر انحلال‌پذیری گازها:

در دمای ثابت، انحلال‌پذیری گازها با فشار گاز بالای محلول رابطهٔ مستقیم دارد، یعنی با افزایش فشار، نفوذ مولکول‌های گاز در آب، بیشتر شده و انحلال‌پذیری گاز افزایش می‌یابد.

- قانون هنری: در دمای ثابت، انحلال‌پذیری گازها در آب با فشار گاز رابطهٔ مستقیم دارد.

نکات مهم

۱ نمودار انحلال‌پذیری گازها برحسب فشار به صورت **خط راست با شیب مثبت** است. از طرفی انحلال‌پذیری گازها در فشار صفر اتمسفر برابر صفر است؛ از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در دمای ثابت، با n برابر شدن فشار گاز، انحلال‌پذیری n برابر می‌شود.



۲ معادلهٔ کلی انحلال‌پذیری گازها برحسب فشار به صورت زیر می‌باشد:

$$S = KP$$

S (انحلال‌پذیری گاز)، P (فشار گاز) و K (شیب نمودار انحلال‌پذیری است که به نوع گاز، دما و ... بستگی دارد.)

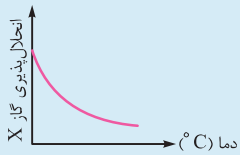
۳ هر گازی که انحلال‌پذیری بیشتری در آب داشته باشد، تأثیر فشار نیز بر انحلال‌پذیری آن بیشتر است.

۳- اثر دما بر انحلال‌پذیری گازها:

در فشار ثابت، انحلال‌پذیری گازها با دما رابطهٔ عکس دارد؛ یعنی با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد.

نکته

نمودار انحلال‌پذیری گازها برحسب دما در فشار ثابت به صورت یک منحنی نزولی غیرخطی می‌باشد و در فشار ثابت، با n برابر شدن دما انحلال‌پذیری $\frac{1}{n}$ برابر نمی‌شود.



نکات مهم

۱ در هوای گرم، به دلیل کم‌ترشدن انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند.

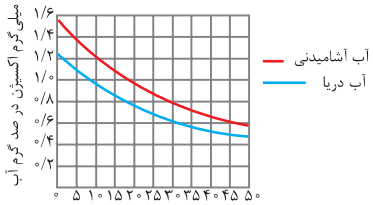
۲ انحلال گازها در آب، با تولید گرما (گرماده) همراه است.

@DaneshSad

۴. اثر غلظت یون‌ها بر انحلال‌پذیری برخی گازهای ناقطبی مانند O_2:

انحلال‌پذیری گازهای ناقطبی با افزایش انحلال انواع نمک‌ها در آب، کاهش می‌یابد؛ زیرا با انحلال نمک‌ها در آب، بین یون‌های حاصل و مولکول‌های آب نیروی جاذبهٔ یون ـ دوقطبی ایجاد می‌شود و تمایل مولکول‌های آب برای آبپوشی مولکول‌های گاز کم شده در نتیجه انحلال‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد.

مثال نمودار انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا:



— الکترولیت‌های بدن —

۱ کنترل احساسات و حرکات ما هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود.

۲ محیط شیمیایی موجود در بدن ما یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگون مانند Cl^-، K^+، Na^+ و ... است.

۳ احساس خستگی پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین، ناشی از کاهش چشمگیر یون‌های Cl^-، K^+، Na^+ و ... در مایع‌های بدن است، از این رو نوشیدن محلول‌هایی حاوی این یون‌ها ضروری است.

۴ یکی از مهم‌ترین یون‌ها در الکترولیت‌های بدن، یون پتاسیم (K^+) است؛ به طوری که نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است ولی از آن‌جا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند، کمبود آن به ندرت احساس می‌شود.

۵ وجود یون پتاسیم برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه **عصبی** بسیار ضروری است به طوری که انتقال پیام‌های عصبی در عصب‌ها بدون وجود این یون امکان‌پذیر نیست و اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی می‌شود و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود.

— ردپای آب در زندگی —

۱ روزانه هر فرد در حدود ۳۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند که این مقدار آب افزون بر نوشیدن، شامل پخت‌وپز، شست‌وشوی لباس و ... می‌باشد. از طرفی مصرف آب به فعالیت‌های روزانه هر شخص محدود نمی‌شود؛ بلکه روزانه در صنایع گوناگون حجم بسیار زیادی آب استفاده می‌شود.

- در میان صنایع، **کشاورزی** بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است.

۲ بررسی‌ها نشان می‌دهد که برای تولید **هر** وسیله، کالا یا فراورده مقدار معینی آب نیاز است.

۳ ردپای آب را نیز همانند ردپای کربن دی‌اکسید می‌توان برای هر فرد تعریف کرد. در واقع ردپای آب برای هر فرد نشان می‌دهد که آن فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس را مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آبی کم می‌شود. این میزان، همهٔ آبی را که در تولید کالاها، ارائهٔ خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود، نشان می‌دهد.

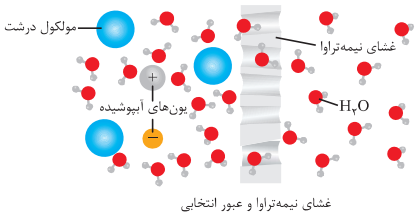
توجه هر چه ردپای آب ایجادشده سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و زودتر به پایان می‌رسند.

- میانگین ردپای آب برای هر فرد در یک سال در حدود **یک میلیون لیتر (۱۰۰۰ متر مکعب)** است.
- میزان مصرف آب برای تولید برخی مواد به صورت زیر است:

یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی < یک کیلوگرم گندم < ۱۰۰ گرم شکلات < یک بلوز نخی < یک کیلوگرم چرم :میزان مصرف آب

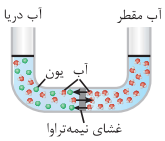
— پدیدهٔ اسمز و اسمز معکوس —

۱ غشای نیمه‌تراوا: دیواره‌ای است که دارای روزنه‌هایی می‌باشد که ذره‌های سازندهٔ مواد می‌توانند از آن عبور کنند (دارای نفوذپذیری انتخابی)؛ به گونه‌ای که این روزنه‌ها **فقط** اجازهٔ گذر به **برخی** *(نه همه!)* از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند.



غشای نیمه‌تراوا و عبور انتخابی

۲ اگر مطابق شکل زیر حجم‌های برابری از آب دریا و آب مقطر را به وسیلهٔ یک غشای نیمه‌تراوا که تنها اجازهٔ عبور مولکول‌های **آب را می‌دهد جدا کنیم، مولکول‌های آب در هر دو جهت حرکت می‌کنند اما سرعت حرکت آن‌ها از سمت آب مقطر به سمت آب دریا بیشتر است.**



۳ با گذشت زمان مولکول‌های آب به صورت خودبه‌خودی از آب مقطر (محلول رقیق) به آب دریا (محلول غلیظ) منتقل می‌شوند و در نتیجه حجم و ارتفاع آب مقطر کاهش و حجم و ارتفاع آب دریا افزایش می‌یابد و به این ترتیب غلظت آب دریا کاهش می‌یابد.

۴ با رقیق‌ترشدن محلول، به تدریج به جایی می‌رسیم که سرعت حرکت مولکول‌های آب در دو جهت برابر شده و به تعادل می‌رسد. در حالت تعادل، حرکت مولکول‌های آب درون غشا در هر دو جهت ادامه می‌یابد اما به دلیل برابربودن سرعت آن‌ها، غلظت و حجم محلول‌ها ثابت می‌ماند.

نکتهٔ مهم

هر چه غلظت محلول بیشتر ← اختلاف ارتفاع دو مایع در دو طرف غشا، بیشتر ← فشار اسمزی بیشتر

مثال هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز و حبوبات درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خودبه‌خود از محیط رقیق، با گذر از روزنه‌های دیوارهٔ سلولی، به محیط غلیظ (بافت میوه) می‌روند و در نتیجه میوه و حبوبات آبدار و متورم می‌شوند. در این فرایند برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.

این در حالی است که خیار در آب شور چروکیده می‌شود؛ زیرا آب به طور خودبه‌خودی از درون خیار (محیط رقیق) به درون آب شور (محیط غلیظ) انتقال می‌یابد.

@DaneshSad

۵ در فرایند اسمز، زمانی که تمایل آب به عبور از غشا با فشاری که ستون مایع وارد می‌کند، برابر شود، اسمز در ظاهر متوقف می‌شود. فشار لازم برای توقف ظاهری اسمز را فشار اسمزی می‌گویند.

نکته

در پدیدهٔ اسمز، کاری به جنس محلول‌ها نداریم! فقط C_M ذرات حل‌شونده در محلول‌ها را محاسبه می‌کنیم و اسمز زمانی متوقف می‌شود که C_M ذرات (یون‌ها و مولکول‌ها) برابر شوند.

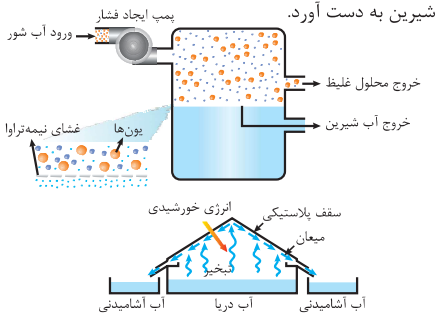


۶ با توجه به توضیحات ارائه‌شده در بالا، به کمک فرایند اسمز نمی‌توان از آب دریا نمک‌زدایی کرد و آب شیرین به دست آورد.

۷ مطابق شکل، با اعمال نیرو بر سطح محلول غلیظ (آن‌قدر که فشار واردشده بر محلول بیشتر از فشار اسمزی باشد!)، عکس فرایند اسمز رخ می‌دهد. یعنی مولکول‌های آب از محلول غلیظ به سمت آب مقطر (یا محلول رقیق) مهاجرت می‌کنند؛ از این رو به این فرایند، **اسمز وارونه (معکوس)** می‌گویند.

۸ در فرایند اسمز معکوس، با گذشت زمان، مولکول‌های آب به صورت غیرخودبه‌خودی (با اعمال نیرو بر سطح محلول غلیظ‌تر) از محلول خارج شده و به طرف دیگر غشای نیمه‌تراوا جابه‌جا می‌شوند. از این رو حجم و ارتفاع آب مقطر افزایش و حجم محلول کاهش می‌یابد و به این ترتیب غلظت محلول (غلیظ) افزایش می‌یابد.

ویژگی / فرایند		اسمز	اسمز معکوس
جهت خالص انتقال مولکول‌های حلال (آب)		از محلول رقیق‌تر به محلول غلیظ‌تر	از محلول غلیظ‌تر به محلول رقیق‌تر
تغییر غلظت محلول‌ها با گذشت زمان	محلول رقیق	غلیظ‌تر می‌شود.	رقیق‌تر می‌شود.
	محلول غلیظ	رقیق‌تر می‌شود.	غلیظ‌تر می‌شود.
تغییر حجم و ارتفاع محلول‌ها با گذشت زمان	محلول رقیق	کاهش می‌یابد.	افزایش می‌یابد.
	محلول غلیظ	افزایش می‌یابد.	کاهش می‌یابد.
نوع فرایند		خودبه‌خودی	غیرخودبه‌خودی (اعمال فشار)

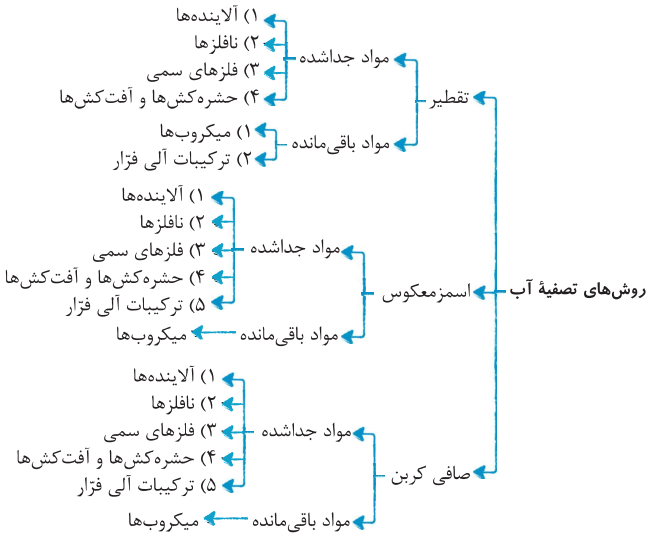


۹ به کمک روش اسمز معکوس می‌توان از آب دریا که حاوی انواع حل‌شونده‌ها است، نمک‌زدایی کرد و آب شیرین به دست آورد.

۱۰ از دستگاه مقابل برای تهیهٔ آب شیرین از آب دریا به روش اسمز معکوس استفاده می‌شود. در این دستگاه با استفاده از یک پمپ ایجاد فشار، به آب دریا فشار (بیشتر از فشار اسمزی) اعمال می‌کنند و آب با گذر از غشای نیمه‌تراوا در قسمت پایین دستگاه ذخیره شده و از دستگاه خارج می‌شود.

۱۱ یکی دیگر از روش‌های تهیهٔ آب شیرین از آب دریا، روش تقطیر است. تقطیر عبارت است از تبخیر و سپس میعان! (فرایندی کاملاً فیزیکی)

بررسی برخی روش‌های تصفیهٔ آب



نکات مهم

۱ آب به‌دست‌آمده از روش‌های اسمز معکوس و صافی کربن نسبت به روش تقطیر، آلایندهٔ کم‌تری دارد.

۲ از آن‌جا که به کمک هیچ‌یک از سه روش نمی‌توانیم میکروب‌های موجود در آب را از بین ببریم، آب تصفیه‌شده در این روش‌ها را باید پیش از مصرف کلرزنی کرد.

@DaneshSad