

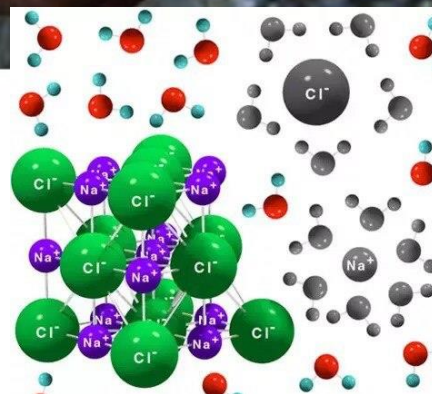
# شیمی ۱

## آب، آهنگ زندگی

فصل ۳

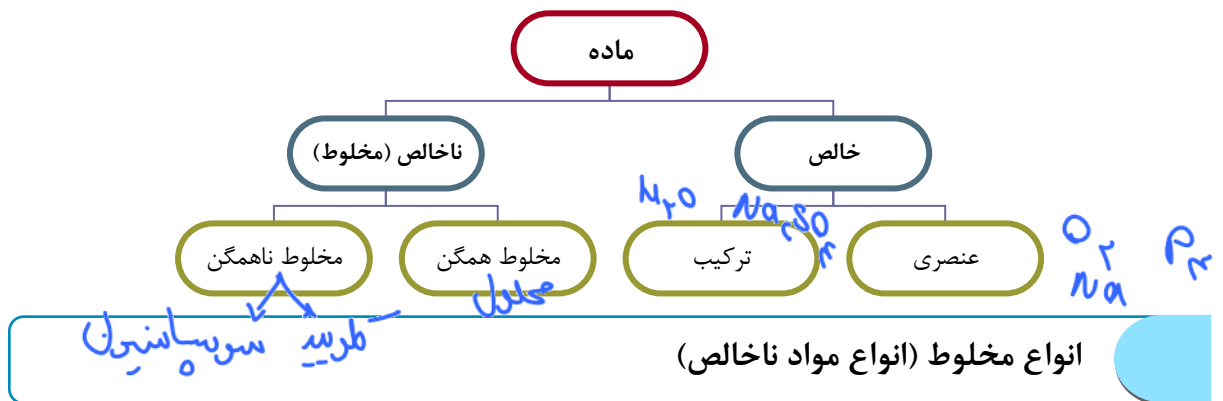


دکتر حسن پلویی: استاد



ماده خالص و ناخالص (مخلوط)

اگر سامانه مورد مطالعه فقط شامل یک نوع ماده‌ی ساده ( $O_2$ , Na,  $P_4$  و ...) یا ترکیب ( $H_2O$ , NaCl,  $H_2O$ ,  $C_6H_{12}O_6$  و ...) باشد، به آن «ماده خالص» می‌گویند. چنانچه سامانه مورد مطالعه شامل دو یا چند نوع ماده ساده یا ترکیب باشد، به آن «ماده ناخالص» یا «مخلوط» می‌گویند. مانند هوا، آب آشامیدنی، شیر، آلیاژها، آب گل و ...  
 فاز: به قسمتی از سامانه که خواص فیزیکی و شیمیایی در همه جای آن یکسان باشد، «یک فاز» یا «تک فاز» گویند.  
 نکته: مواد خالص «تک فاز» می‌باشند. **مخلوط همن (محلول)، تک فاز است**



**(A) مخلوط همگن (محلول):**

- اگر ذرات حل شونده (مولکول‌ها یا یون‌ها یا هر دو)، به طور یکنواخت و همگن لابلای حلال پخش شده باشند، به مخلوط حاصل محلول گویند.
- واژه حل شونده (جزء کمتر) و حلال (جزء بیشتر)، صرفاً در مورد مخلوط‌های همگن استفاده می‌شود.
- محلول‌ها می‌توانند حالت فیزیکی جامد (مانند آلیاژها) یا مایع (محلول شکر در آب) و یا گازی (هوا پاک) داشته باشند.
- محلول‌ها «تک فازی» می‌باشند.
- محلول‌ها پایدارند (تشنه‌نم نمی‌شوند).

**(B) مخلوط‌های ناهمگن:**

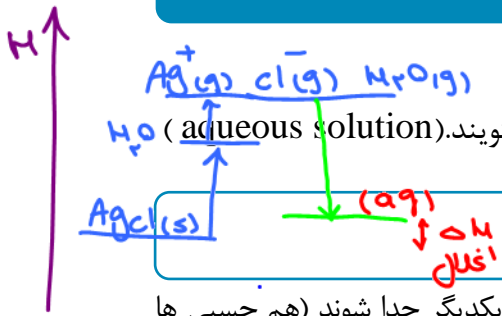
- اگر ذرات جز کمتر (مولکول‌ها یا یون‌ها یا هر دو) به طور کامل از هم جدا نشوند و مجموعه مجموعه لابلای جز بیشتر پخش شوند، به مخلوط حاصل، مخلوط ناهمگن گویند. (که شامل دو دسته‌ی کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها می‌باشد)
- در کلوئیدها توده‌های ذرات به نسبت سوسپانسیون کوچکترند و بر خلاف سوسپانسیون، مخلوط کلوئیدها پایدار است. شیر، مخلوط آب و صابون، ژل نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند و آب گل، هوای دارای گرد و غبار و شربت معده نمونه‌هایی از سوسپانسیون می‌باشند.
- کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها، دارای دو یا چند فاز می‌باشند. (به عبارتی خواص فیزیکی و شیمیایی در همه جای آنها یکسان نیست).

مدالدری نفتی ✖ حداقل اندزی ✓

محلول‌ها

۱- این فصل اختصاص به بررسی ویژگی‌های محلول‌ها دارد.

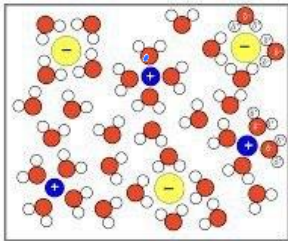
۲- اگر حلال در محلول‌های مایع آب باشد، به محلول مورد نظر (aq) می‌گویند. (aqueous solution)  $H_2O$



علت حل شدن یا نشدن دو جسم در یکدیگر

برای حل شدن دو جسم در یکدیگر می‌بایست ذرات حل شونده و ذرات حلال از یکدیگر جدا شوند (هم چسبی‌ها شکسته شوند) و سپس بین ذرات حل شونده و حلال جاذبه ایجاد شود (دگر چسبی‌ها ایجاد شوند).

اگر مجموع جاذبه‌های هم چسبی کمتر از جاذبه‌های دگر چسبی باشد، دو جسم در یکدیگر حل می‌شوند و محلول ایجاد می‌شود. در غیر این صورت محلول تشکیل نشده و حل شونده در حلال « نامحلول » می‌باشد.



الف) حل شدن مواد یونی در آب:

نمک‌هایی مانند  $NaCl$ ،  $MgCl_2$ ،  $MgSO_4$  در آب حل می‌شوند، می‌توان گفت:

میانگین پیوند یونی در ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب

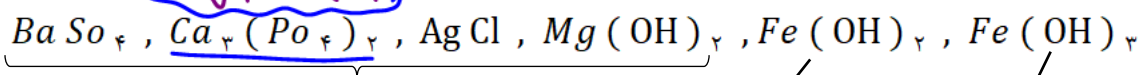
نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول

اگر ترکیب یونی چندان در آب حل نشود (نامحلول)، می‌توان گفت:

میانگین پیوند یونی در ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب

نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول

نکته ۱: در حد کتاب درسی ترکیبات یونی زیر نامحلولند:



رسوب سفید

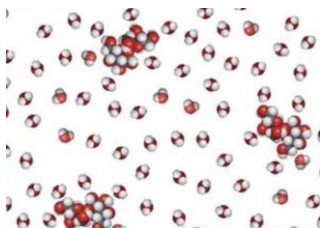
رسوب سبز

رسوب قرمز قهوه‌ای

همچنین  $CaSO_4$  کم محلول می‌باشد. (سفید)

نکته ۲: در محلول ترکیبات یونی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها به طور جداگانه توسط آب آبپوشی می‌شوند. به عنوان نمونه در محلول  $NaCl(aq)$ ، هر یون  $Na^+$  توسط چند مولکول آب آبپوشی شده و هر یون  $Cl^-$  نیز جداگانه آبپوشی شده است.

ب) حل شدن مواد مولکولی در آب:



حل شدن یا نشدن یک ماده مولکولی در آب وابسته به قطبی یا ناقطبی بودن مولکول حل شونده دارد که در طول فصل بررسی می‌شود. (مقایسه مجموع هم چسبی مولکول‌های آب و نیز حل شونده با دگر چسبی بین آب و حل شونده)

زمین از نظر شیمیایی پویاست



۱ - کره زمین را می توان سامانه بزرگی در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است. در این چهار بخش همواره مواد گوناگونی مبادله می شود و بین آنها برهم کنش های فیزیکی و شیمیایی وجود دارد.

۲ - از جمله این برهم کنش ها بین ۴ قسمت کره زمین ( پویا بودن زمین ) می توان به موارد زیر اشاره کرد:

ورود سالانه میلیاردها تن مواد از سنگ ها به داخل آب، تبخیر آب های سطحی و ورود

آن به هواکره، ورود آب به شکل بارندگی به سنگ کره، تولید سالانه میلیاردها تن  $CO_2$  توسط جانداران ذره بینی، مصرف  $O_2$  توسط جانداران ذره بینی آب، ورود مواد شیمیایی مختلف توسط آتشفشان ها به هواکره، تجزیه جسد جانوران و گیاهان و ورود مولکول های کوچک به کره زمین و یا ورود ترکیبات کربن دار توسط گیاهان به کره زمین و ...

۳ - زمین از فضا به رنگ آبی دیده می شود زیرا حدود ۷۵٪ سطح آن را آب می پوشاند.

۴ - آب اقیانوس ها و دریاها مخلوطی همگن است که به دلیل حل شدن نمک های گوناگون سنگ کره، اغلب مزه شور دارد.

۵ - جرم کل آب های روی کره زمین  $10^{18} \times 1/5$  تن می باشد.

۶ - جرم نمک های حل شده در آب اقیانوس ها و دریاها  $10^{16} \times 5$  تن می باشد که چون مقدار ورودی و خروجی آنها برابر است، در نتیجه این مقدار در کل ثابت است.

۷ - حدود ۵۰٪ مردم جهان از کم آبی رنج می برند و تا سال ۲۰۲۵ این درصد به ۶۶٪ خواهد رسید.

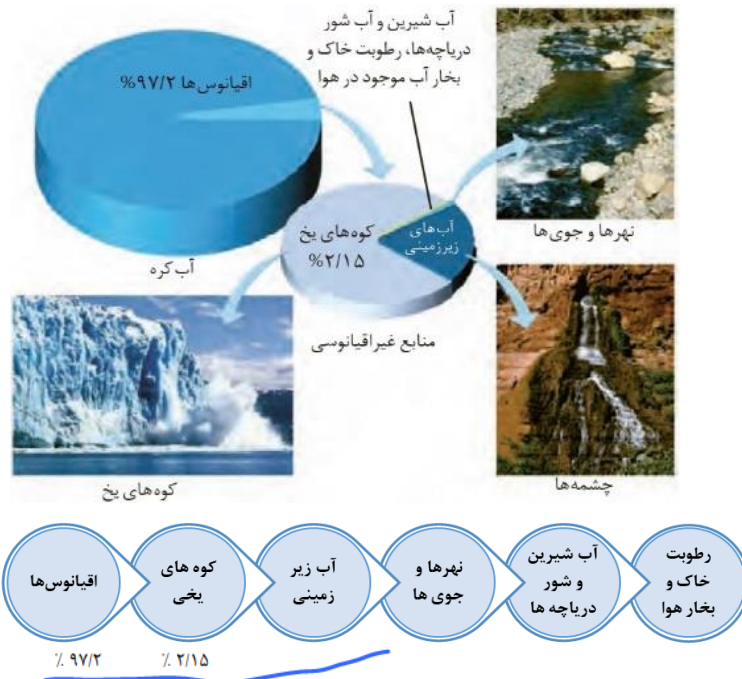
۸ - اگر همه آب کره زمین را روی سطح کل کره زمین پخش کنیم، ارتفاع آب در همه جا به ۲ متر خواهد رسید.

۹ - اقیانوس ها و دریاها منبع ارزشمندی برای تهیه مواد شیمیایی مانند NaCl و ... نیز آبیان است.

۱۰ - بیشتر آب های زمین شور است و نمی توان در کشاورزی و مصارف خانگی و صنعتی از آن استفاده کرد.



۱۱ - نحوه توزیع آب در جهان:



۱۲ - آب موجود در برف و باران تقریباً خالص است که در طی فرایند تقطیر تولید می شوند.

۱۳ - در میان یون های موجود در آب دریاها، بیشترین مقدار جرمی به شکل زیر است:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>
مقدار (کیلوگرم آب دریا)	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

$Cl^- > Na^+ > SO_4^{2-} > Mg^{2+}$

یعنی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا  $\approx$  ppm

۱۴ - وجود هر یون به خاطر انحلال نمک های گوناگون آن یون می باشد. به عنوان نمونه وجود  $Cl^-$  می تواند ناشی از حل شدن  $NaCl$ ،  $CaCl_2$  و ... باشد و نیز وجود  $Na^+$  می تواند ناشی از انحلال  $NaCl$ ،  $NaNO_3$  و ... باشد.

۱۵ - آب آشامیدنی مخلوطی همگن و زلال است که حاوی مقدار کمی از یون های مختلف است. اکثر این

یون ها به طور معمول در آب هستند اما برخی مانند یون فلوئورید ( $F^-$ ) در مراکز تامین آب آشامیدنی به مقدار بسیار کم به آب اضافه می شوند ( یون فلوئورید باعث حفظ سلامت دندان ها می شود).



شکل ۴. برخی یون های موجود در آب های آشامیدنی و شیرین. مقدار و نوع یون های موجود در آب های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد.

تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب ها در نوع و مقدار حل شونده های آنها است.

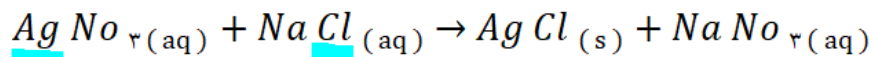
## چگونگی شناسایی یون‌های موجود در محلول آبی

همانگونه که قبلاً ذکر شد، ترکیبات یونی می‌توانند محلول در آب یا نامحلول باشند و چنانچه مجموع قدرت پیوند یونی بین یون‌ها و نیروی بین مولکول‌های آب (هم چسبی‌ها) قوی‌تر از پیوند یون - دو قطبی بین یون و مولکول‌های آب باشند، نمک مورد نظر نامحلول (رسوب) می‌باشد.

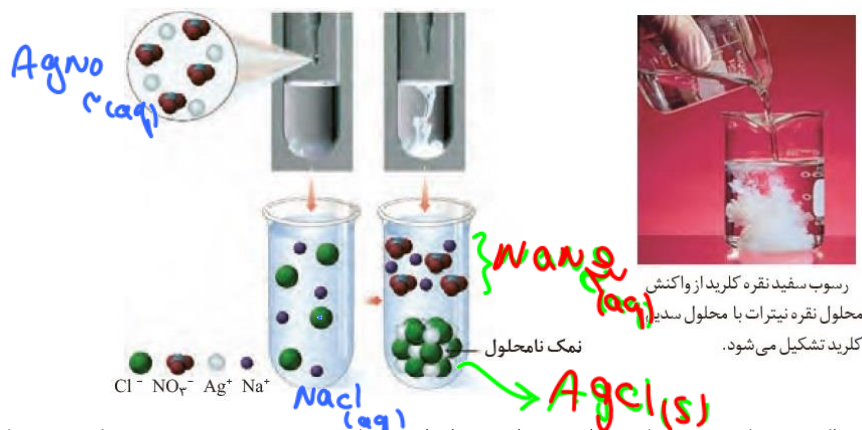
اساس شناسایی وجود یا عدم وجود یک یون در محلول، همین اصل می‌باشد.

۱ - شناسایی یون نقره ( $Ag^+$ ):

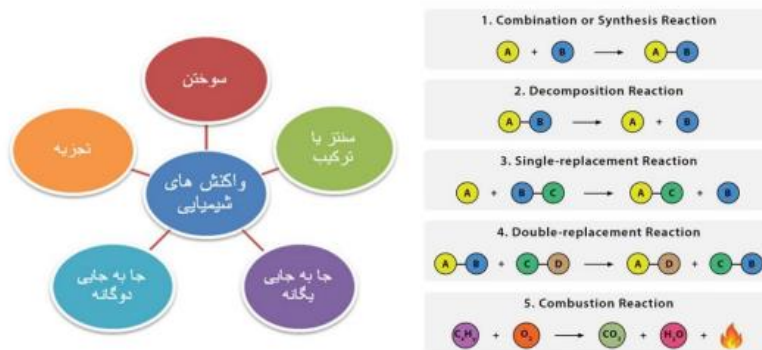
چنانچه به محلولی که دارای یون نقره می‌باشد (مثلاً نقره نیترات)، مقداری از محلولی که دارای یون کلرید است (مثلاً سدیم کلرید)، اضافه شود، رسوب سفید رنگ نقره کلرید ایجاد می‌شود.



رسوب سفید

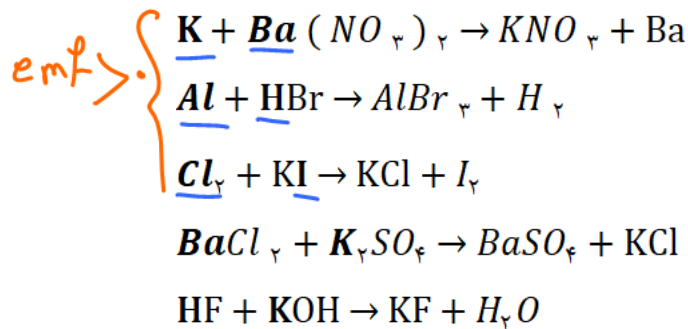


یادآوری: واکنش‌های شیمیایی را می‌توان به انواعی مانند سوختن، تجزیه، ترکیب، جابجایی یگانه و دوگانه تقسیم کرد. واکنش‌های رسوبی از دسته جابجایی دوگانه هستند.



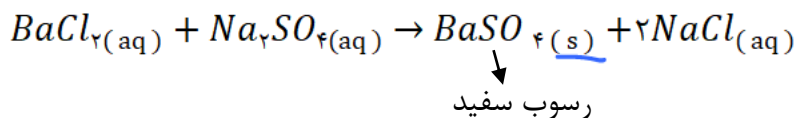
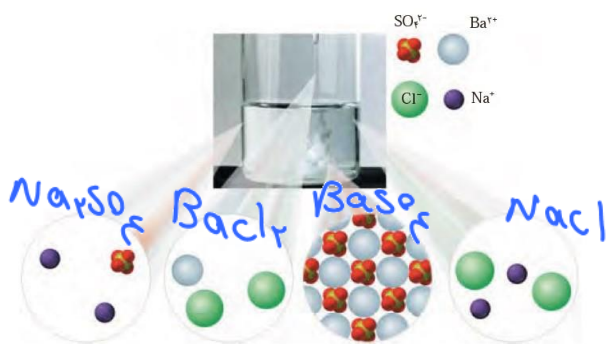
نکته: در واکنش‌های جابجایی یگانه و دوگانه: جای فلز (کاتیون) با فلز یا H عوض می‌شود. جای نافلز (آنیون) با نافلز عوض می‌شود.

مثال 



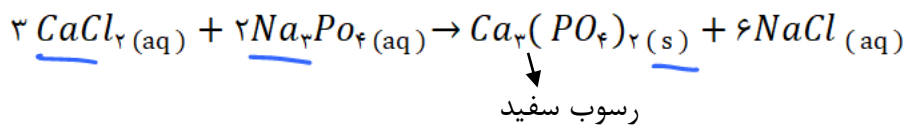
۲ - شناسایی یون باریم ( $Ba^{2+}$ ):


چنانچه به محلولی که دارای یون باریم می باشد ( مثلاً باریم کلرید )، مقداری از محلولی که دارای یون سولفات است ( مثلاً سدیم سولفات )، اضافه شود، رسوب سفید رنگ باریم سولفات ایجاد می شود:



۳ - شناسایی یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ ):

تقریباً مشابه دو حالت بالا عمل می نماییم، به شکلی که رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ایجاد شود:



تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟ 

در محلول NaCl در آب خواص فیزیکی و شیمیایی همه جا یکسان بوده و دارای سه نوع ذره می باشد. ✓

محلول آبی  $C_2H_5OH$  همگن بوده و دارای دو نوع ذره می باشد. ✓

طعم و مزه آب دریاها و رودخانه ها وابسته به نوع و مقدار حل شونده های آنها می باشد. ✓

برای شناسایی یون  $Ba^{2+}$  در یک محلول می توان محلول  $K_2SO_4$  به آن اضافه کرد. ✓

برای شناسایی یون  $Mg^{2+}$  در یک محلول می توان محلول NaOH به آن اضافه کرد. ✓

۲ (۴)

$Mg(OH)_2$

۴ (۲)

۵ (۱)

$$CaCl_2 + Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6NaCl$$

تست ۲: کدام گزینه در مورد واکنش کامل  $CaCl_2$  و  $Na_3PO_4$  نادرست است؟  
 (۱) به ازای مصرف ۱/۱ مول از واکنش دهنده ها،  $0.24 N_A$  ذره محلول در آب تولید می شود.  
 (۲) به ازای مصرف ۰/۳ مول  $CaCl_2$ ،  $6.02 \times 10^{23}$  عدد آویون به شکل رسوب تولید می شود.  
 (۳) همه مواد شرکت کننده در واکنش ترکیب یونی هستند و محلول نهایی ۳ نوع ذره دارد.  
 (۴) در لحظات اولیه مخلوط شدن دو محلول با یکدیگر (قبل از ایجاد رسوب)، در مجموع پنج نوع ذره موجود می باشد.

$\frac{mol}{x} = \frac{1 \times 2 \times N_A}{12 \times N_A} \rightarrow x = 1$   
 $\frac{mol}{x} = \frac{1 \times 2 \times N_A}{12 \times N_A} \rightarrow x = 1$   
 $x_c = 1, 5$

یون های چند اتمی

- یون های چند اتمی یون هایی هستند که دارای دو یا چند اتم  $NH_4^+$  Ammonium می باشند:  $OH^-$ ،  $NO_3^-$  و ...
- اتصال اتم ها در درون یون های چند اتمی به وسیله پیوند کووالانسی است.
- یون های چند اتمی با پیوند یونی به یونی با بار مخالف خود متصل شده و تولید « ترکیب یونی » می کنند:  $Na^+$ ،  $OH^- \rightarrow NaOH$
- ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند، هم دارای پیوند یونی و هم دارای پیوند اشتراکی ( در درون یون چند اتمی ) می باشند، اما کاملاً خواص ترکیبات یونی را ندارند نه مولکولی.
- مواد یونی که دارای دو نوع عنصر هستند (مانند  $K_2O$ ) ترکیب یونی دوتایی نامیده می شوند.
- مواد یونی که دارای سه نوع عنصر هستند (مانند  $KNO_3$ ) ترکیب یونی سه تایی نامیده می شوند.
- یون های چند اتمی:

$OH^-$	هیدروکسید	$O_2^{2-}$	پر اکسید	$PO_4^{3-}$	فسفات
$HS^-$	هیدروژن سولفید	$SO_4^{2-}$	سولفات	$SiO_4^{4-}$	سیلیکات
$NO_3^-$	نیتрат	$SO_3^{2-}$	سولفیت		
$HCO_3^-$	هیدروژن کربنات	$CO_3^{2-}$	کربنات		
$CN^-$	سیانید				
$MnO_4^-$	پر منگنات				
$HCOO^-$	فرمات (متانوات)			$H_2PO_4^-$	هیدروژن فسفات
$CH_3COO^-$	استات (اتانوات)			$NH_4^+$	آمونیم

**یادآوری:** در انتهای یون منفی تک اتمی پسوند « ید » می آید و بار آنها نیز بستگی به فاصله عنصر تا گاز نجیب هم دوره خود دارد: نیتريد:  $N^{3-}$

**نکته:** در یون های چند اتمی بار الکتریکی متعلق به اتم خاصی نیست، بلکه متعلق به کل اتم های یون می باشد.

Dr. Hasan Poloei

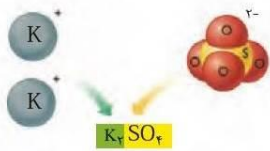


فرمول نویسی ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند

همانند ترکیب‌های یونی دوتایی (  $Al_2O_3$  و ... ) عمل می‌کنیم. یعنی کاتیون را در سمت چپ و آنیون در سمت راست نوشته و بار هر یک را زیروند کل یون دیگر قرار می‌دهیم و در صورت امکان زیروندها را ساده می‌نماییم



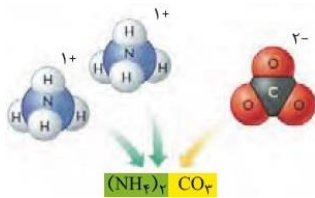
پتاسیم سولفات :  $K_2SO_4$



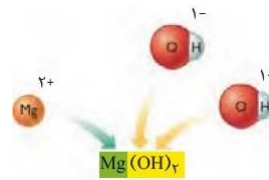
سدیم نیترات :  $NaNO_3$



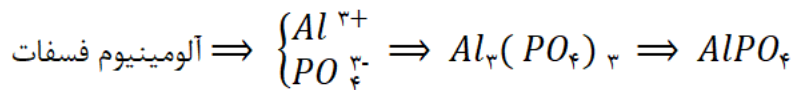
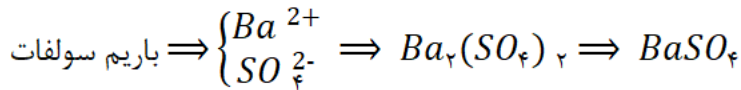
آمونیم کربنات :  $(NH_4)_2CO_3$



منیزیم هیدروکسید :  $Mg(OH)_2$



چند مثال دیگر:



نام گذاری ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند

ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را بیان می‌نماییم:

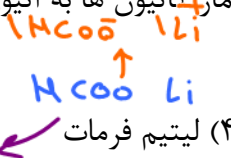
کلسیم کربنات :  $CaCO_3$

مثال:  $(NH_4)_2S$  : آمونیم سولفید

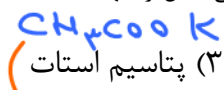
آهن III سولفات :  $Fe_2(SO_4)_3$

آهن II کربنات :  $FeCO_3$

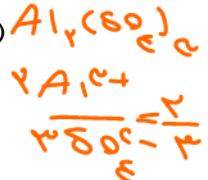
تست: شمار الکترون های مبادله شده در تشکیل کدام مورد، سه برابر نسبت شمار کاتیون ها به آنیون



(ها) در فرمول شیمیایی آلومینیوم سولفات است؟ (ریاضی داخل اردیبهشت ۱۴۰۳)



سدیم کربنات (۱) کربالت (۲) اکسید (۳)



سوال ۱: جدول زیر را تکمیل کنید:

کاتیون \ آنیون	$Cl^-$ یون کلرید	$NO_3^-$ یون نیتрат	$SO_4^{2-}$ یون سولفات	$CO_3^{2-}$ یون کربنات	$OH^-$ یون هیدروکسید
$Li^+$ یون لیتیم			$Li_2SO_4$ لیتیم سولفات		
$Mg^{2+}$ یون منیزیم					$Mg(OH)_2$ منیزیم هیدروکسید
$Fe^{2+}$ یون آهن (II)					
$Al^{3+}$ یون آلومینیم					
$NH_4^+$ یون آمونیوم				$(NH_4)_2CO_3$ آمونیوم کربنات	$NH_4OH$ آمونیوم هیدروکسید

سوال ۲: در مورد آمونیوم سولفات به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) ساختار لوویس یون‌های آن را رسم کنید.

ب) نسبت تعداد آنیون به کاتیون:

پ) نسبت تعداد اتم به عنصر:

ت) مقدار مول الکترون مبادله شده در اثر تشکیل ۱ مول از آن:

ث) تعداد پیوند کووالانسی در ۱ واحد شیمیایی از آن:

$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2NH_4^+ + 1SO_4^{2-}$   
 $2 \times 1 = 2$   
 $2 + 4 + 4 = 10$

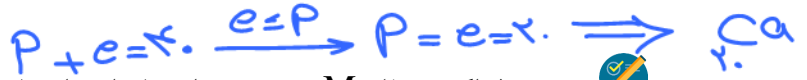
۱۵/۳

نکته: گیاهان برای رشد خود، عنصر کربن را از  $CO_2$  هوا و عنصر هیدروژن را از  $H_2O$  به دست می‌آورند.

عناصر دیگر مانند N, P, S و ... به شکل مواد محلول در آب توسط ریشه آنها جذب می‌شود.  $(NH_4)_2SO_4$  یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر N و S را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد.

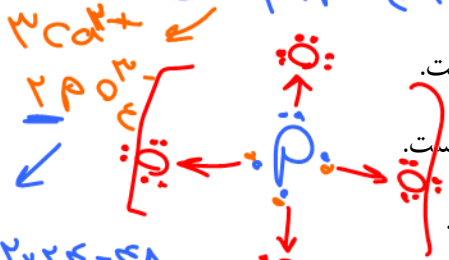


$n = p = e$



تست ۱: اگر در فلز M مجموع ذرات باردار برابر با ۴۰ بوده و تعداد ذرات بنیادی آن برابر باشد، کدام

گزینه در مورد ترکیب حاصل از M و یون فسفات نادرست است؟  $Ca_3(PO_4)_2$

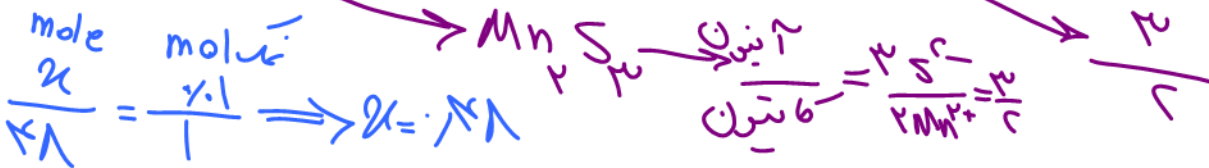


(۱) انحلال پذیری آن در آب ناچیز بوده و رسوبی سفید رنگ است.

(۲) هم پیوند کووالانسی و هم پیوند یونی دارد و در کل خنثی است.

(۳) در ۰/۰۱ مول از آن ۰/۲۴ مول الکترون ناپیوندی وجود دارد.

(۴) نسبت تعداد کاتیون به آنیون در آن برابر با نسبت تعداد آنیون به کاتیون در منگنز III سولفید است.



تست ۲: در محلولی به حجم ۱ لیتر مقدار ۲/۱۳ گرم آلومینیوم نیترات وجود دارد. چه تعداد از مطالب زیر

نادرست است؟ ( $Al = 27, N = 14, O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ )

در ۱۰۰ میلی لیتر از آن  $6/02 \times 10^{21}$  مول نمک وجود دارد.

در کل محلول ۰/۰۴ مول یون حل شده است.

مقدار مول نمک، آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ۱۰ میلی لیتر از محلول به ترتیب ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۴ و ۰/۰۰۰۰۱

مول می‌باشد.

تعداد نیترات در ۵۰ میلی لیتر محلول، برابر با تعداد نمک حل شده در ۱۵۰ میلی لیتر از محلول است.

اگر چگالی محلول ۱ g / m.L باشد، در هر ۱۰۰ گرم محلول ۰/۰۲۷ گرم  $Al^{3+}$  وجود دارد.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۰ (۱)

تست ۳: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

در ساختار کدام ترکیب، پیوند یونی و اشتراکی وجود دارد و هنگام انحلال آن در آب، نیروی جاذبه یون - دوقطبی

از میانگین نیروی پیوند یونی در ترکیب، و پیوند هیدروژنی در آب، بیشتر است؟



محلول و مقدار حل شونده‌ها



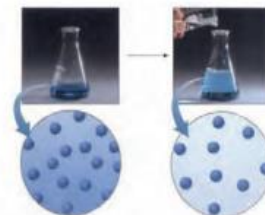
● در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

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

۱ - محلول، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده است که خواص فیزیکی و شیمیایی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. (یک فاز)

برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژیک رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشفه غلیظ می‌باشند.

۲ - محلول‌ها با توجه به نوع حلال یا حل شونده می‌توانند بی‌رنگ یا رنگی باشند. به عنوان نمونه محلول نمک طعام یا شکر در آب بی‌رنگ می‌باشند اما محلول  $CuSO_4$  به دلیل وجود یون  $Cu^{2+}$ ، آبی رنگ می‌باشد.



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



مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاها گوناگون

۳ - مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاها گوناگون نیز با یکدیگر تفاوت دارد. به عنوان نمونه در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمت) حدود ۲۷ گرم حل شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد و در نتیجه به دلیل چگالی زیاد آن حتی انسان می‌تواند روی آب شناور بماند. در دریاچه ارومیه نیز غلظت نمک‌ها بسیار زیاد بوده و منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون است.

۴ - خواص یک محلول به نوع حلال، نوع و مقدار حل شونده (ها)، وابسته است.

۵ - برای بیان غلظت یک محلول، روش‌ها و بیان‌های مختلفی وجود دارد، به طور کلی می‌توان گفت: غلظت یک محلول برابر مقدار حل شونده (g, mol و ...) در مقدار معینی از محلول یا حلال (g, L و ...) می‌باشد:

$$\text{غلظت} \approx \frac{\text{مقدار حل شونده}}{\text{مقدار معینی محلول یا حلال}}$$

۱/۴

$$M_{Cu^{2+}} = \sqrt{16} = 4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$



درصد جرمی (%a)

تعریف درصد جرمی یک محلول: به مقدار گرم ماده حل شونده که در هر ۱۰۰ گرم محلول وجود دارد گویند. (% a یا % w/w)

$$\text{درصد جرمی (\% a)} = \frac{m \text{ (گرم حل شونده)}}{m \text{ (گرم محلول)}} \times 100$$

۱- در رابطه درصد جرمی، صورت و مخرج باید هم یکا باشند.

۲- سرکه محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید در آب است. به عبارتی به ازای هر ۱۰۰ گرم محلول سرکه، ۵ گرم استیک اسید و ۹۵ گرم آب وجود دارد.

۳- محلول غلیظ نیتریک اسید ( $HNO_3$ ) در صنعت با غلظت ۷۰٪ جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

مثال: برای تهیه ۵۰۰ گرم محلول ۱۶٪ از KCl، به چند گرم KCl و آب نیاز است؟

محلول g KCl

$$\frac{x}{100} = \frac{500}{100}$$

۱۶٪

$$\text{درصد جرمی} = \frac{g \text{ KCl}}{g \text{ محلول}} \times 100 \Rightarrow 16 = \frac{g \text{ KCl}}{500} \times 100 \Rightarrow g \text{ KCl} = 80$$

$$g H_2O = 500 - 80 = 420$$

$$\frac{x}{n} = \frac{m}{n} \rightarrow m = 9,12 g$$

سوال: ۰/۲ مول اتانول با جرم مولی ۴۶ گرم بر مول در ۲۰۸ گرم آب حل شده است، درصد جرمی محلول حاصل چند است؟

$$\%a = \frac{9,12}{9,12 + 208} \times 100 = 4,23\%$$

تست ۱: ۲/۵ مول سدیم هیدروکسید در ۷۰۰ گرم آب حل می‌شود، کدام گزینه نادرست است؟

$$\%a = \frac{100}{700 + 100} \times 100 = 12,5\%$$

$$\frac{100}{1 \times 23} = \frac{x}{1 \times 16} \Rightarrow x = 57,4 g NaOH$$

(۱) درصد جرمی محلول حاصل ۱۲/۵ بوده و در کل ۵ مول یون وجود دارد.

(۲) مقدار یون سدیم در ۲۰۰ گرم از این محلول حدود ۱۴/۴ گرم است.

$$\%a = \frac{100}{1500} \times 100$$

$$\frac{200}{100} = \frac{x}{57,4} \Rightarrow x = 114,8$$

(۴) نسبت درصد جرمی کاتیون به آنیون محلول،  $\frac{23}{17}$  می‌باشد.

تست ۲: اگر ۴۰۰ میلی‌گرم ید در ۳۱ میلی‌لیتر کربن تترا کلرید حل شود، درصد جرمی ید در محلول حاصل کدام است؟ (چگالی کربن تترا کلرید  $\frac{1,49}{mL}$  است. (سراسری ۱۳۸۶))

$$\frac{1,4}{V_{31}} = \frac{m}{V_{31}} \rightarrow m = 49,7 g$$

۰/۸ (۱)      ۰/۶ (۲)      ۱/۲ (۳)      ۲/۴ (۴)

$$\%a = \frac{49,7}{49,7 + 31} \times 100 = 61,4\%$$

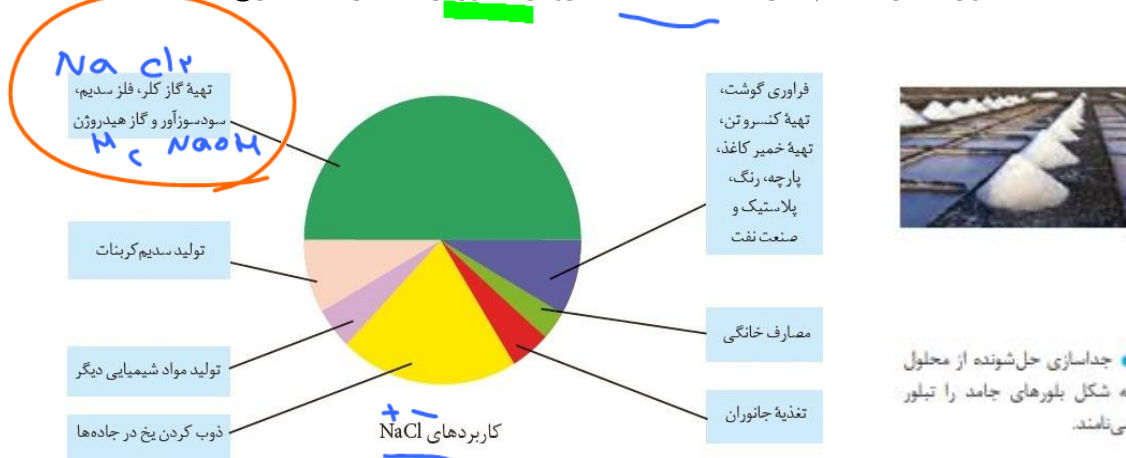
تست ۳: دو محلول شامل آب و متانول، اولی دارای ۴۰ درصد و دومی دارای ۷۰ درصد جرمی از متانول است. اگر ۲۰۰ گرم از محلول اول با ۳۰۰ گرم محلول دوم با یکدیگر مخلوط شوند، درصد جرمی متانول در محلول نهایی به تقریب کدام است؟ (سراسری ۹۳)

۲۰۰ گرم اولی (۴۰٪) + ۳۰۰ گرم دومی (۷۰٪) = ۵۰۰ گرم محلول نهایی

جرم متانول در اولی:  $200 \times 0.4 = 80$  گرم  
 جرم متانول در دومی:  $300 \times 0.7 = 210$  گرم  
 جرم کل متانول:  $80 + 210 = 290$  گرم  
 درصد جرمی متانول در محلول نهایی:  $\frac{290}{500} \times 100 = 58\%$

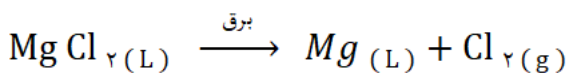
جداسازی مواد شیمیایی آب دریا

- ۱ - جرم کل آب‌های زمین حدود  $10^{18} \times 1/5$  تن است که درصد جرمی نمک‌ها به طور میانگین ۳/۵٪ بوده و در نتیجه جرم کل مواد شیمیایی محلول در آب دریاها  $5 \times 10^{16}$  تن می‌باشد.
- ۲ - مواد شیمیایی موجود در آب دریاها را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی جدا کرد. « تبلور » یکی از روش‌های فیزیکی جداسازی حل شونده از محلول به شکل بلورهای جامد می‌باشد.
- ۳ - سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید ( $\text{NaCl}$ ) با روش تبلور از آب دریا استخراج می‌کنند.



۴ - فلز منیزیم ( $\text{Mg}$ ) ماده ارزشمند دیگری است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تولید این فلز آب دریاست:

منیزیم در آب دریا به شکل  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$  وجود دارد. برای استخراج آن ابتدا منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید ( $\text{MgCl}_2$ ) تبدیل کرده و در نهایت با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند:



قسمت در میلیون (p.p.m)

$$ppm = \frac{m \text{ (گرم حل شونده)}}{m \text{ (گرم محلول)}} \times 10^6$$

: به مقدار گرم ماده حل شونده که در p.p.m تعریف  
 یک میلیون گرم محلول وجود دارد گویند:  
 ۱ - در رابطه ppm نیز همانند a %، صورت و مخرج  
 می توانند هر یک از یکاهای جرم باشند، فقط می بایست  
 هم واحد باشند. (ppm و a فاقد یکا می باشند).  
 ۲ - ppm اصولاً برای محلول های بسیار رقیق کاربرد دارد.

Handwritten calculations:  
 $0.0004\% = 4 \text{ ppm}$   
 $\frac{0.0004}{100} \times 10^6 = 4$   
 $ppm = 4$



شکل ۱۱- در هر ۱۰۰ گرم محلول شماره ۵، حدود ۰.۰۰۰۵ گرم مس (II) سولفات وجود دارد.

۳ - با توجه به اینکه غلظت ppm برای محلول های بسیار رقیق بیان می شود، بنابراین جرم محلول تقریباً برابر با جرم حلال (معمولاً آب) می باشد و چنانچه چگالی محلول ارائه نشده باشد، چگالی آن را برابر با چگالی آب در نظر می گیریم. ( $\frac{g}{m.L}$ )  
 ۴ - از ppm علاوه بر بیان غلظت یون ها و دیگر حل شونده های رقیق در محلول های آبی (مانند غلظت مواد در بدن جانداران و گیاهان)، برای بیان غلظت آلاینده های هوا نیز استفاده می شود.  
 ۵ - مقدار ppm یک حل شونده، نشان دهنده میلی گرم حل شونده در یک کیلوگرم محلول نیز می باشد. به عنوان مثال اگر غلظت یون  $Na^+$  در محلولی برابر ppm ۳۰۰ باشد، می توان گفت در ۱ میلیون گرم محلول، ۳۰۰ گرم یون  $Na^+$  وجود دارد و همچنین می توان گفت در ۱ کیلوگرم محلول مقدار ۳۰۰ میلی گرم  $Na^+$  وجود دارد.

$$ppm = a \times 10^4$$

۶- رابطه ppm و درصد جرمی (a):

مثال: در ۵۶۰ گرم آب، ۰/۰۰۰۲ مول پتاسیم هیدروکسید حل می کنیم. غلظت محلول چند ppm است؟

Handwritten solution for the example:  
 $(KOH = 56 : g.mol^{-1})$   
 $? g KOH = 0/0002 \text{ mol} \times \frac{56 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 112 \times 10^{-4} \text{ g KOH}$   
 $? g KOH = 0/0002 \text{ mol} \times \frac{56 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 112 \times 10^{-4} \text{ g KOH}$   
 $ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{112 \times 10^{-4}}{560} \times 10^6 = 20 \text{ ppm}$

تست ۱: اگر غلظت یون سدیم در آب دریا برابر ppm ۱۰۳/۵ باشد، در یک لیتر از این نمونه آب چند

Handwritten calculation for the test:  
 مول یون سدیم وجود دارد؟ ( $Na = 23 : g.mol^{-1}$ ) (ریاضی - ۸۹)  
 $1.035 = \frac{g Na^+}{1000 \text{ g}} \times 10^6 \rightarrow g Na^+ = 1.035 \text{ g}$   
 $n = \frac{m}{M} = \frac{1.035}{23} = 0.045 \text{ mol}$

Dr. Hasan Poloei

$4/5 \times 10^{-3}$  (۴)       $4/5 \times 10^{-2}$  (۳)       $3 \times 10^{-3}$  (۲)       $3/5 \times 10^{-2}$  (۱)

تست ۲: برای تهیه ۲۰۰ ml محلول با غلظت ۱۰ ppm از یون‌های کلرید، به تقریب چند گرم کلسیم کلرید نیاز است؟ (Ca = 40, Cl = 35/5 : g.mol<sup>-1</sup>) (تجربی-۹۳)

$3 \times 10^{-3}$  (۴)       $2 \times 10^{-3}$  (۳)       $4 \times 10^{-3}$  (۲)       $8 \times 10^{-3}$  (۱)

$$10 = \frac{m_{Cl^-}}{2 \cdot g} \times 100 \Rightarrow m_{Cl^-} = 2 \times 10^{-3} \text{ gr}$$

$$\frac{m_{CaCl_2}}{1 \times 111} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2 \times 35.5}$$

تست ۳: یک صافی تصفیه آب، 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؟ (N = 14, O = 16 : g.mol<sup>-1</sup>, d<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1  $\frac{g}{mL}$ ) (تجربی-۹۳)

۴۰۰ (۴)      ۸۰۰ (۳)      ۸۶۰ (۲)      ۱۸۶۰ (۱)

$$100 = \frac{184}{x} \times 100 \Rightarrow x = 184 \times 10^{-3} \text{ g} \xrightarrow{d=1} 184 \times 10^{-3} \text{ mL} \xrightarrow{\div 1000} 0.184 \text{ L}$$

تست ۴: چنانچه غلظت یون برمید در محلولی از آلومینیوم برمید ۴۰۰ ppm باشد، درصد جرمی محلول

آلومینیوم برمید کدام است؟ (Al = 27, Br = 80 : g.mol<sup>-1</sup>)

$PPM = \frac{a}{b} \times 10^6$

$$400 = \frac{m_{Br^-}}{m_{AlBr_3}} \times 10^6 \Rightarrow \frac{m_{Br^-}}{m_{AlBr_3}} = 0.0004$$

$$\frac{m_{Br^-}}{m_{AlBr_3}} = \frac{0.0004}{0.000445} = 0.0009 \Rightarrow 0.09\%$$

تست ۵: یک نمونه سوخت دارای ۹۶ ppm گوگرد است. از سوختن هر تن از آن چند گرم سولفوریک اسید به محیط زیست وارد می‌شود؟ (S = 32, H = 1, O = 16 : g.mol<sup>-1</sup>) (تجربی-۹۴)

$96 = \frac{m_S}{1 \cdot g} \times 10^6 \Rightarrow m_S = 96 \text{ g}$

$$\frac{96}{32} = \frac{x}{98} \Rightarrow x = 294 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

تست ۶: مقداری از نمک X(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> را در آب خالص حل می‌کنیم تا محلولی با غلظت ۴۷ ppm به دست

آید. اگر غلظت یون نیترات برابر ۳۱ ppm باشد، جرم مولی عنصر X چند گرم بر مول است؟ (N = 14, O = 16 : g.mol<sup>-1</sup>)

$47 = \frac{m_{X(NO_3)_2}}{1 \cdot g} \times 10^6 \Rightarrow m_{X(NO_3)_2} = 47 \text{ g}$

$$31 = \frac{m_{NO_3^-}}{1 \cdot g} \times 10^6 \Rightarrow m_{NO_3^-} = 31 \text{ g}$$

$$47 - 31 = 16 \text{ g X}$$

تست ۷: چند میلی لیتر از یک محلول ۳۶/۵ درصد جرمی HCl با چگالی 1/2  $\frac{g}{mL}$  باید به ۱۰ لیتر آب

اضافه کنیم تا غلظت یون کلرید به تقریب ۱۰۹/۵ ppm شود؟ (H = 1, Cl = 35/5 : g.mol<sup>-1</sup>)

$109.5 = \frac{m_{Cl^-}}{10 \cdot g} \times 10^6 \Rightarrow m_{Cl^-} = 1.095 \text{ g}$

$$\frac{1.095}{1 \cdot 35.5} = \frac{x}{1 \cdot 36.5} \Rightarrow x = 1.12 \text{ mL}$$

آموزش را با دبیران برند ایران تجربه کنید

Dr. Hassan Plooyi



غلظت مولی (مولار) (مولاریته) یا M [ ]

$$M = \frac{n \text{ (تعداد مول حل شونده)}}{V \text{ (لیتر محلول)}}$$

تعریف مولاریته (M): به تعداد مول ماده حل شونده که در یک لیتر محلول وجود دارد، غلظت مولار حل شونده گویند ( $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$ )  
 ۱- واحد غلظت مولی،  $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$  یا M می باشد.

۲- غلظت مولار نسبت به درصد جرمی و ppm در شیمی کاربرد بیشتری دارد (برتری دارد)، زیرا اندازه گیری حجم یک مایع آسان تر از جرم آن است و از طرفی مبنای محاسبات کمی در علم شیمی، مول است.

۳- غلظت بسیاری از محلول در صنعت، کشاورزی و زندگی روزمره با درصد جرمی بیان می شود. به عنوان مثال سرکه خوراکی محلول ۵٪ جرم استیک اسید در آب است و یا محلول نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد تولید می شود و بسته به کاربرد آن رقیق می شود.

مثال ۱: مقدار ۰/۱۶ گرم سود (NaOH) در ۲۰۰ میلی لیتر محلول وجود دارد، مولاریته، درصد جرمی و ppm محلول چند است؟ ( $\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{H} = 1 : \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}, d_{\text{محلول}} \approx 1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ )

$n = \frac{m}{M}$  جرم مولی

$M = \frac{n}{V} = \frac{0/16}{\frac{200}{1000}} = 0/02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0/08 \%$

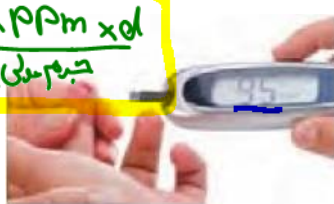
$a = \frac{m \text{ حل شونده}}{m \text{ محلول}} \times 100 = \frac{0/16}{200} \times 100$

$\text{ppm} = \frac{m \text{ حل شونده}}{m \text{ محلول}} \times 10^6 = \frac{0/16}{200} \times 10^6 = 800 \text{ ppm}$

سوال ۲: در ۱۲۵ میلی لیتر محلول  $\text{H}_2\text{SO}_4$  با مولاریته ۰/۱ مولار، چند گرم اسید وجود دارد؟ ( $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ )

$M = \frac{10 \times a \times d}{M \text{ (جرم مولی)}} \text{ (مولاریته)}$

۴- رابطه مولاریته و درصد جرمی محلول: (d: چگالی محلول)



$M = \frac{1 \times \text{ppm} \times d}{1 \times \text{جرم مولی}}$

۵- گلوکومتر (دستگاه اندازه گیری قند خون)، نشان دهنده مقدار گلوکز خون (برحسب میلی گرم)، در ۰/۱ لیتر (یک دسی لیتر) از خون است.

$\text{ppm} = 10 \times \text{گلوکومتر}$

۶- چنانچه مقدار حل شونده در یک لیتر محلول را به جای مول، برحسب

گرم بیان کنیم، به آن «غلظت گرم بر لیتر» می گویند:

$C = \frac{m \text{ (گرم حل شونده)}}{V \text{ (لیتر محلول)}} = \frac{1 \cdot 9}{0.1} = 10.9$

به عنوان مثال، محلولی از NaOH با غلظت  $2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ، دارای غلظت  $80 \frac{\text{g}}{\text{L}}$  می باشد (جرم مولی NaOH برابر ۴۰ گرم بر مول است).

$M = \frac{C}{\text{جرم مولی}}$  غلظت مولی

Dr. Hasan Plooei  
 $\text{NaOH} = 40$   
 $C = 10.9$   
 $M = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

با هم ببیندیشیم

۱- شکل زیر دو محلول از یک نوع حل شونده را در آب نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



- (آ) کدام کمیت در این محلول ها یکسان است؟  
 (ب) کدام کمیت در این محلول ها متفاوت است؟  
 (پ) اگر هر ذره حل شونده در شکل هم ارز با  $1/100$  مول باشد، نسبت مول های حل شونده به حجم محلول (بر حسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به دست آورید.  
 (ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و یکای آن را مشخص کنید.  
 (ث) بر اساس غلظت مولی محاسبه شده، کدام محلول رقیق تر است؟ چرا؟

۲- با توجه به شکل، هریک از جمله های زیر را با خط زدن واژه های نادرست کامل کنید.  
 (آ) با افزودن مقداری حلال به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول کاهش می یابد.



(ب) با افزودن مقداری حلال به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول افزایش می یابد.



تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟ (KOH = 56 g.mol)

• برای تهیه ۳۰۰ گرم محلول ۲۰٪ درصد جرمی KOH، مقدار ۶۰ گرم KOH را در ۲۴۰ گرم آب

حل می‌نماییم.  $20 = \frac{m}{300} \times 100 \rightarrow 60 \text{ g KOH}$   $M_{KOH} = 56$   $M_{H_2O} = 18$

• برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول مولار KOH، ۵/۶ گرم KOH در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل می‌نماییم. X

• برای تهیه ۰/۲ لیتر محلول ۰/۵ مولار KOH، ۵/۶ گرم KOH را در مقداری آب حل کرده و سپس حجم محلول را با افزودن آب به ۲۰۰ میلی لیتر می‌رسانیم. ✓

• اگر عدد گلوکومتر خون فردی با حجم ۵ لیتر خون برابر با ۱۰۰ باشد، در خون فرد ۵ گرم گلوکز وجود دارد. ✓

• عددی که گلوکومتر نشان می‌دهد، معادل غلظت ppm گلوکز در خون می‌باشد. X

روشن!  $ppm = 100 \times 100 = 10000$

$ppm = \frac{m}{\text{volume}} \times 10^6 \rightarrow m = 5 \text{ gr}$

خون  $\frac{2}{100 \text{ mg}} = \frac{5 \text{ L}}{1 \text{ L}} \Rightarrow 5 \text{ mg} \rightarrow 5 \text{ gr}$

تست ۲: اگر مولاریته یونها در محلول آلومینیوم سولفات برابر ۰/۱۵ مول بر لیتر باشد، در ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول چند عدد کاتیون وجود دارد؟

- ۱)  $3/612 \times 10^{21}$  (۱) ۲)  $5/18 \times 10^{21}$  (۲) ۳)  $3/612 \times 10^{20}$  (۳) ۴)  $5/18 \times 10^{20}$  (۴)

سولفاتها  $\frac{1/15}{5} = \frac{x}{2 \times 6.2 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 3,412 \times 10^{22}$

تست ۳: دستگاه اندازه گیری خون فردی عدد ۱۰۸ را نشان می‌دهد. مولاریته گلوکز خون فرد چند مولار

است. ( $C_6H_{12}O_6 = 180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ )

روشن!  $ppm = \text{عدد مولار} \times 10 = 108$

$M = \frac{10 \times ppm \times d}{1.4 \times \text{حجم}} = \frac{10 \times 108 \times 1}{1.4 \times 18} = 0.07$

تست ۴: اگر ۴ گرم سدیم هیدروکسید در ۱۰۶ گرم آب خالص حل شود و محلولی با چگالی ۱/۱  $\frac{\text{g}}{\text{mL}}$  به دست آید، غلظت این محلول چند  $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$  است؟ (تجربی - ۸۸)

( $Na = 23, O = 16, H = 1 : \text{g.mol}^{-1}$ )

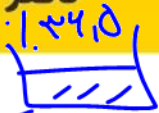
- ۱) X (۱) ۲) ۰/۱۲ (۲) ۳) ۱/۴۴ (۳) ۴) ۰/۱۴۴ (۴)

$\%a = \frac{\text{محلوز}}{\text{محلوز} + \text{آب}} \times 100 = 37.4\%$

$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{حجم}} = 1$

$n = \frac{4}{4} = 1$

$M = \frac{n}{V} = \frac{1}{1} = 1$



تست ۵: با ۸۰ گرم محلول ۳۶/۵٪ درصد جرمی HCl، چند میلی لیتر محلول  $\frac{3}{2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  آن را می توان تهیه کرد؟ (ریاضی - ۹۲) (H = 1, Cl = 35/5 :  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

۲۵۰ (۱) ۲۰۰ (۲) ۱۵۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۳۴,۵

$\%a = \frac{m_{\text{ماده}}}{m_{\text{محلول}}} \times 100 \rightarrow m = 29,2 \text{ g HCl}$

$M = \frac{n}{V} \Rightarrow 3,2 = \frac{29,2}{V} \rightarrow V = 9,125 \text{ L} \rightarrow \times 100 = 91,25$

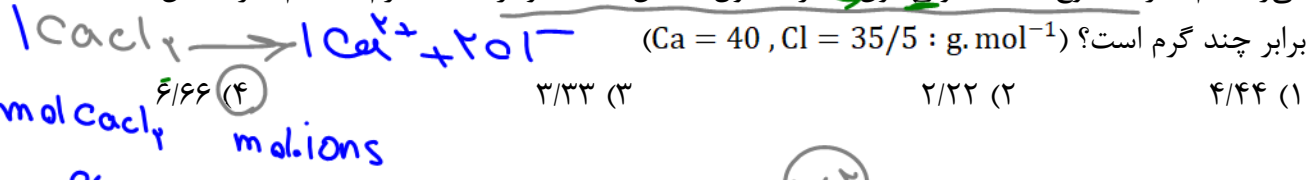
تست ۶: در ۲۵ میلی لیتر محلول ۳۴ درصد جرمی آمونیاک با چگالی  $0,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  چند مول آمونیاک وجود دارد و این محلول چند مولار است؟ (ریاضی - ۹۳) (N = 14, H = 1 :  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

۱۶/۶،۰/۵۲ (۴) ۱۵/۷،۰/۵۲ (۳) ۱۹/۶،۰/۴۹ (۲) ۱۵/۷،۰/۴۹ (۱)

$\%a = \frac{m_{\text{NH}_3}}{m_{\text{محلول}}} \times 100 \rightarrow m_{\text{NH}_3} = 1,44 \rightarrow n = \frac{1,44}{17} = 0,0847$

$M = \frac{n}{V} = \frac{0,0847}{25 \times 10^{-3}} = 3,388$

تست ۷: مقداری کلسیم کلرید جامد را در آب حل کرده و حجم محلول را با اضافه کردن آب به ۳L می رسانیم. اگر مجموع غلظت مولی یورها در محلول حاصل ۰/۰۶ مولار باشد، جرم کلسیم کلرید حل شده برابر چند گرم است؟ (Ca = 40, Cl = 35/5 :  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )



$\frac{x}{1} = \frac{0,6}{2} \Rightarrow x = 0,3 \text{ mol CaCl}_2 \Rightarrow M = \frac{n}{V} \rightarrow n = 0,9 \text{ mol}$

تست ۸: کدام موارد زیر نادرست است؟ (H = 1, O = 16, Na = 23 :  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) (ریاضی - ۱۴۰)

(آ) تفاوت شمار اتم‌های سازنده اسکاندیوم سولفات و آمونیوم فسفات برابر ۳ است. ✓  
 (ب) درصد جرمی یون  $\text{K}^+$  از درصد جرمی یون  $\text{Na}^+$  در آب دریا بیشتر است. ✓

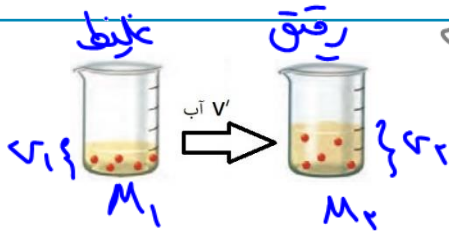
(پ) در ۵۰۰ گرم محلول ۱۰۰ ppm سدیم هیدروکسید،  $1/25 \times 10^{-3}$  مول از آن وجود دارد. ✓  
 (ت) اگر در ۴۰۰ میلی لیتر از محلول یک ماده، ۰/۶ مول از آن وجود داشته باشد، غلظت آن ۲/۵ مولار است. ✓

(۱) آ، پ (۲) آ، ت (۳) ب، ت (۴) ب، پ

$M = \frac{10 \times \text{ppm} \times d}{1,4} = \frac{1}{4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow M = \frac{n}{V} \rightarrow n = 1,25 \times 10^{-2}$



رقیق کردن محلول



$$\begin{aligned} n_1 &= n_2 \\ n &= M \cdot V \end{aligned} \Rightarrow M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$m = \frac{n}{V}$$

سوال: با اضافه کردن چند mL آب به 200 mL محلول 0.8 مولار نمکی، غلظت آن به 0.1 مولار می‌رسد؟

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \rightarrow 0.8 \times 200 = 0.1 \times V_2 \rightarrow V_2 = 1600 \text{ mL}$$

تست ۱: برای تهیه 100 میلی لیتر محلول 0.9 مولار  $H_2SO_4$ ، چند میلی لیتر محلول 98 درصد

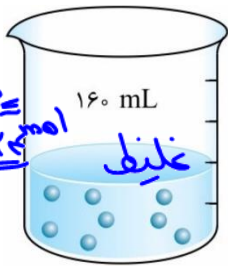
جرمی سولفوریک اسید تجاری با چگالی 1.8 g/mL لازم است؟ ( $H_2SO_4 = 98 \frac{g}{mol}$ ) (تجربی - 96)

$$M = \frac{1.0 \times 98 \times 1.8}{1.0 \times 1000} = 1.764$$

10 (4)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1.8 \times V_1 = 0.9 \times 100 \rightarrow V_1 = 50$$

5 (3)



تست ۲: تصویر مقابل نمایی از محلول اتیلن گلیکول با فرمول  $C_2H_4(OH)_2 = 98 \frac{g}{mol}$  در آب را نشان می‌دهد. اگر هر ذره حل شونده در این تصویر هم ارز 0.3 مول باشد، برای تهیه 900 گرم محلول 0.8 مولار اتیلن گلیکول با چگالی  $1.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  به چند میلی لیتر از این محلول نیاز است؟ (ریاضی)

$$M_{\text{غلظت}} = \frac{n}{V} = \frac{900}{1.2 \times V} = 1.5 \frac{\text{mol}}{L}$$

10 (3)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1.8 \times V_1 = 0.8 \times 160 \rightarrow V_1 = 71.1$$

48 (2)

مخلوط کردن دو محلول (بیون انجام واکنش)

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$M = \frac{n_1 + n_2}{V_1 + V_2}$$

تست ۱: 3 لیتر محلول 0.2 مولار سدیم سولفات را با یک لیتر محلول 0.6 مولار سدیم نیترات مخلوط می‌کنیم. غلظت یون  $Na^+$  در محلول نهایی چند مول بر لیتر است؟

$$n_{Na^+} = 3 \times 0.2 + 1 \times 0.6 = 1.2 \text{ mol}$$

12 (4)

تست ۲: چند لیتر محلول 6 مولار  $H_2SO_4$  باید با 10 لیتر محلول مولار آن مخلوط شود تا پس از رقیق شدن تا حجم 20 لیتر، به محلول حدود 3 مولار این اسید تبدیل شود؟ (ریاضی - 91)

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow 6V_1 + 10 \times 1 = 3 \times 20 \rightarrow V_1 = 10$$

9/2 (4)

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow 4 \times V_1 + 1 \times 1 = 2 \times V_2 \rightarrow V_2 = 1.5$$

7/4 (3)

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow 1.2 \times V_1 + 0.9 \times 1 = 1.5 \times V_2 \rightarrow V_2 = 1.4$$

8/3 (2)

$$M_1 V_1 + M_2 V_2 = M_3 V_3 \Rightarrow 1.2 \times V_1 + 0.9 \times 1 = 1.5 \times V_2 \rightarrow V_2 = 1.4$$

6/8 (1)

Dr. Hasan Poloui

۳۹۵۰ g

تست ۳: ۳۰۰ گرم محلول ۱۵ درصد جرمی منیزیم سولفات را با ۶۰۰ گرم محلول ۴/۵ درصد جرمی از این نمک مخلوط می‌کنیم. اگر چگالی محلول حاصل  $\frac{1}{2} \frac{g}{mol}$  باشد، غلظت این محلول چند  $mol.L^{-1}$  می‌باشد؟  
( $Mg = 24, S = 32, O = 16 : g.mol^{-1}$ )

Handwritten calculations for the test problem:

$$a = \frac{m_1}{m_{مخلوط}} \times 100 \rightarrow 45 g$$

$$a = \frac{m_1}{m_{مخلوط}} \times 100 \rightarrow 27 g$$

$$a = \frac{m_1 + m_2}{m_{مخلوط}} \times 100 = 12$$

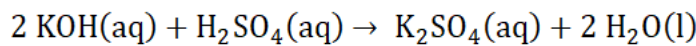
$$M = \frac{1 \times 9 \times 0.1}{10 \times 1.2 \times 1.2} = 12$$

غلظت کردن دو محلول با انجام واکنش (استوکیومتری واکنش‌ها در حالت محلول)



بسیاری از واکنش‌ها در حالت محلول آبی انجام می‌شوند. بنابراین چنانچه اطلاعات یک یا هر دو ماده شرکت کننده در واکنش را در محلول آن (ها) دادند، باید مقدار مول یا گرم واقعی (خالص) مواد شرکت کننده را به دست آورده و در کسرهای مولی یا گرمی، این مقدار را قرار دهیم (در روش کسر تبدیل یا همان روش قطاری نیز نهایتاً مقدار واقعی مواد شرکت کننده می‌بایست مدنظر قرار گیرد).

مثال: ۲۰۰ گرم محلول ۵/۶٪ جرمی KOH با چند میلی لیتر محلول ۰/۴ مول بر لیتر از  $H_2SO_4$  واکنش کامل می‌دهد؟ ( $K = 56, O = 16, H = 1 : g.mol^{-1}$ )



روش ۱ (کسر هم ارز): ابتدا مقدار KOH واقعی را به دست می‌آوریم:

$$a = \frac{m_{KOH}}{m_{مخلوط}} \times 100 \Rightarrow 5/6 = \frac{m_{KOH}}{200} \times 100 \Rightarrow m_{KOH} = 11/2 g$$

از مقدار KOH به مقدار مول واقعی  $H_2SO_4$  مصرفی می‌رسیم (کسر هم ارز):

$$\frac{11/2}{2 \times 56} = \frac{x}{1} \Rightarrow 0/1 mol H_2SO_4$$

و در نهایت حجم مورد نیاز از محلول  $H_2SO_4$  را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{n}{v} \Rightarrow 0/4 = \frac{0/1}{v} \Rightarrow v = 0/25 L \xrightarrow{\times 1000} 250 m.L$$

روش ۲ (روش قطاری): ابتدا به مول  $H_2SO_4$  مصرفی می‌رسیم:

$$? mol H_2SO_4 = 200 (g KOH محلول) \times \frac{5/6 g KOH}{100 g KOH محلول} \times \frac{1 mol KOH}{56 g KOH} \times \frac{1 mol H_2SO_4}{2 mol KOH}$$

$$= 0/1 mol H_2SO_4$$

حال حجم محلول  $H_2SO_4$  مورد نیاز را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{n}{v} \Rightarrow 0/4 = \frac{0/1}{v} \Rightarrow v = 0/25 L \xrightarrow{\times 1000} 250 m.L$$

نکته: در روش کسرهای هم ارز چنانچه صحبت از مولاریته جسمی بود، می توان از کسر زیر استفاده کرد:

$$\frac{M \cdot V}{1000 \times \text{ضریب}} = m.l$$

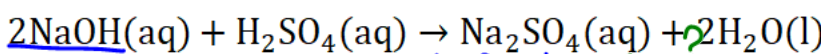
M: مولاریته  
V: حجم محلول (m.l)

سوال: برای تولید ۶/۷۲ لیتر گاز H<sub>2</sub> در شرایط STP، مقدار ۶۰۰ میلی لیتر محلول چند مولار HCl نیاز است؟  
 $6 \text{ HCl(aq)} + 2 \text{ Al(s)} \rightarrow 2 \text{ AlCl}_3(\text{aq}) + 3 \text{ H}_2$

$$\frac{M \cdot V}{1000} = \frac{6 \cdot 72}{3 \times 22.4} \rightarrow M = 1$$

تست ۱: ۱۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید با درصد جرمی ۴۰٪ و چگالی ۱/۱۲ g/mL، چند مول H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> را می تواند خنثی کند؟ (Na = 23, H = 1, O = 16 : g.mol<sup>-1</sup>) (ریاضی-۸۸)

- ۰/۱۱۲ (۱)      ۰/۵۶ (۲)      ۱/۱۲ (۳)      ۵/۶ (۴)

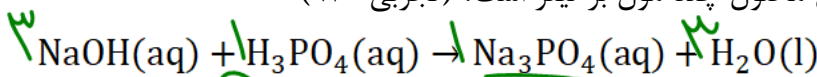


$$M = \frac{1 \cdot x \cdot 100}{1000} = \frac{1 \cdot 40 \cdot 112}{1000} = 4.48$$

$$\frac{M \cdot V}{1000} = \frac{2 \cdot 112}{2 \cdot 40} \Rightarrow M = 1.12$$

روش ۲:  $\frac{44.1}{2 \cdot 40} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 1.12$

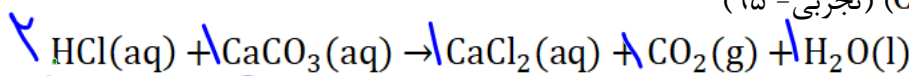
تست ۲: اگر ۲۵۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید بتواند در واکنش کامل با فسفریک اسید، ۰/۱ مول سدیم فسفات تشکیل دهد، غلظت این محلول چند مول بر لیتر است؟ (تجربی-۹۳)



$$\frac{M \cdot V}{1000} = \frac{1 \cdot 100}{3 \cdot 100} \rightarrow M = 1.12$$

روش ۳:  $\frac{100}{3 \cdot 100} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 1.12$

تست ۳: به ۱۰ میلی لیتر محلول ۲ مولار HCl، آب مقطر اضافه می کنیم تا حجم آن به یک لیتر برسد. ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول جدید با چند میلی گرم کلسیم کربنات خنثی می شود؟ (CaCO<sub>3</sub> = 100 g.mol<sup>-1</sup>) (تجربی-۹۵)



$$\frac{2 \cdot 100}{1000} = \frac{x}{100} \rightarrow x = 1 \text{ g}$$

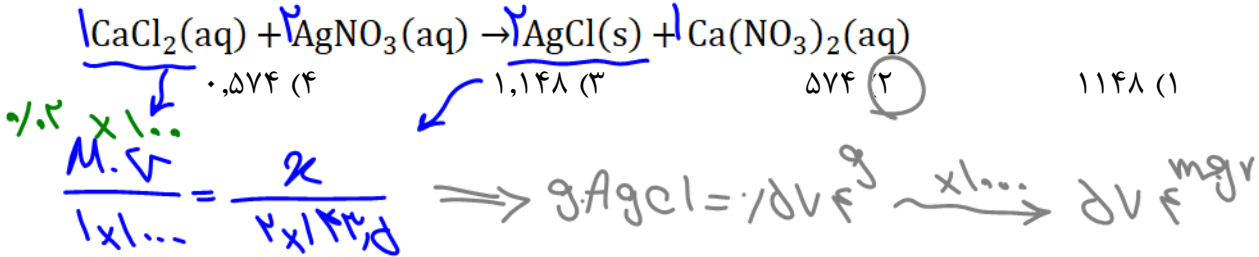
شیمی دهم

دکتر حسن پلویی

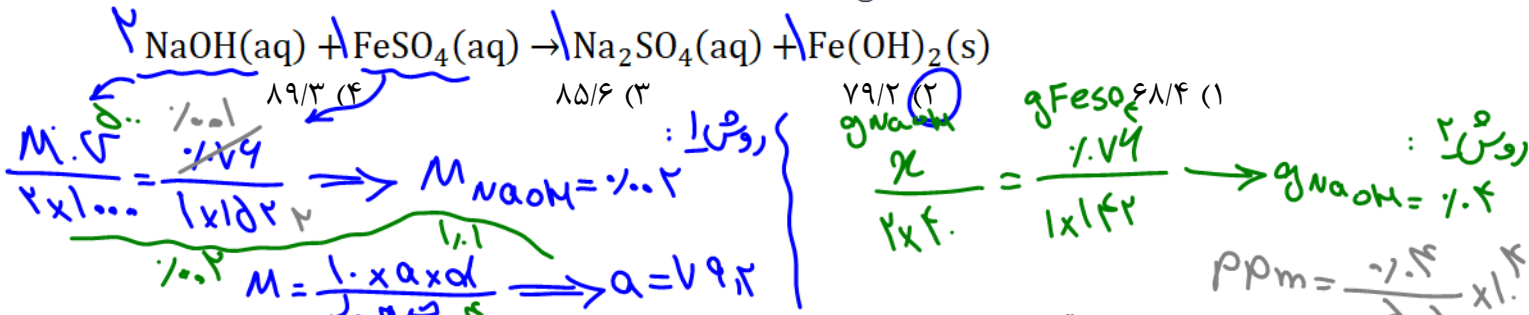
معل-یون با  $CaCl_2$  مول

$$\frac{x}{1} = \frac{0.4}{3} \Rightarrow \text{مرباربه } CaCl_2 = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

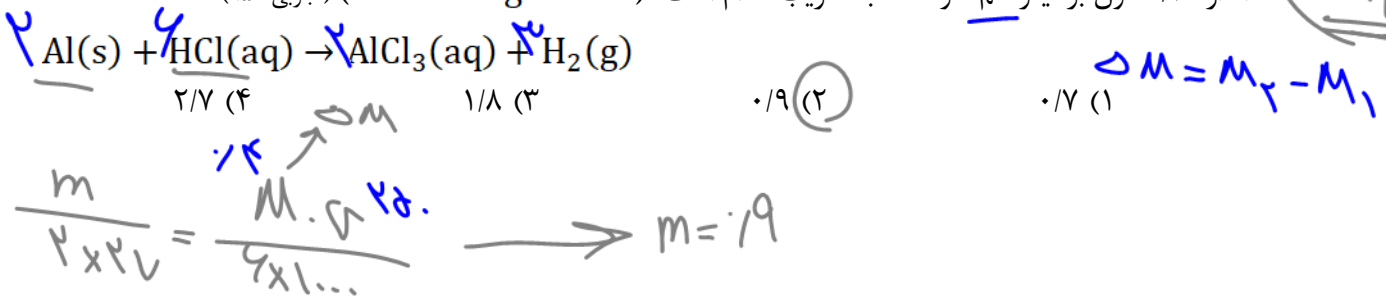
تست ۴: اگر غلظت مولی کل یون‌های یک نمونه محلول کلسیم کلرید  $0.06 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  باشد، در واکنش ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول با نقره نیترات، چند میلی گرم رسوب تشکیل می‌شود؟  
(ریاضی- ۹۱) ( $Ag = 108, Cl = 35/5 : \text{g. mol}^{-1}$ )



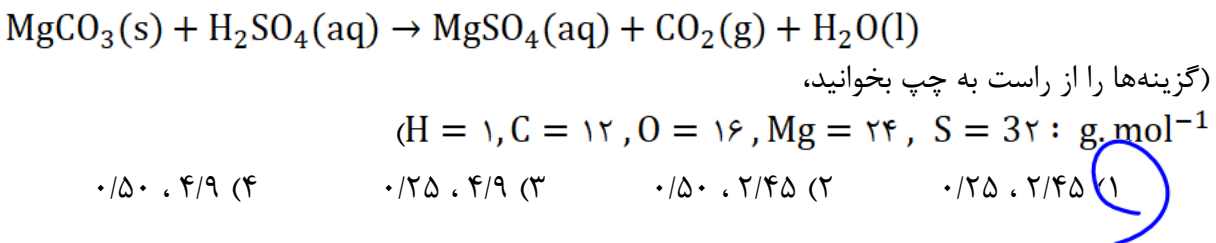
تست ۵: اگر ۵۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید با چگالی  $1.01 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$  با  $0.076$  گرم آهن II سولفات واکنش کامل دهد، غلظت محلول سدیم هیدروکسید چند ppm است؟ (تجربی- ۹۲)  
( $Fe = 56, H = 1, O = 16, Na = 23, S = 32 : \text{g. mol}^{-1}$ )



تست ۶: اگر  $m$  گرم گرد آلومینیوم با  $250 \text{ mL}$  محلول هیدروکلریک اسید واکنش کامل دهد و غلظت مولار به اندازه  $0.4$  مول بر لیتر کم شود،  $m$  به تقریب کدام است؟ ( $Al = 27 : \text{g. mol}^{-1}$ ) (تجربی- ۹۵)

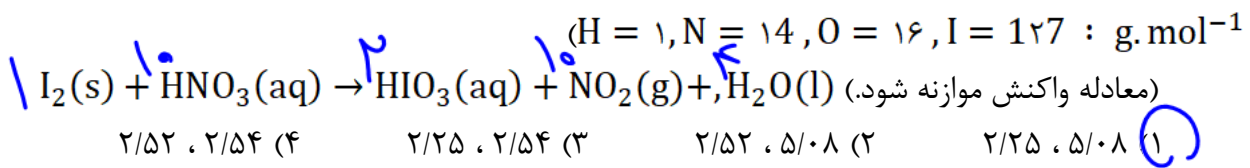


تست ۷: ۱۰ میلی لیتر محلول سولفوریک اسید با ۲۱۰ گرم منیزیم کربنات واکنش کامل می‌دهد. جرم اسید در ۱۰۰ میلی لیتر محلول آن چند گرم و غلظت آن چند مولار است؟ (ریاضی- ۹۹)





تست ۸: با توجه به واکنش زیر، چند گرم ید لازم است تا ۰/۲ مول گاز NO<sub>2</sub> تشکیل شود و نیتریک اسید مصرفی، هم ارز چند لیتر محلول ۵۰۰ ppm آن است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید. (ریاضی - ۱۴۰۰)



$\alpha = 1 \rightarrow m_{\text{محلول}} = 5 = 300$

تست ۹: غلظت یک نمونه محلول نمک MnO<sub>3</sub> برابر ۱۷۰ ppm است. اگر شمار مول‌های یون‌ها در ۳۰۰ گرم محلول آن، به تقریب  $1.2 \times 10^{-4}$  باشد، فلز M کدام است؟ (N = ۱۴, O = ۱۶ : g.mol<sup>-1</sup>) (تجربی ۱۴۰۲)

۱۰۸ Ag (۴)      ۳۹K (۳)      ۲۳Na (۲)      ۷Li (۱)

$M = \frac{n}{\nu} \rightarrow M = \frac{3 \times 10^{-4}}{1.2 \times 10^{-4}} = 2.5$

$M = \frac{1.0 \times \text{ppm} \times \alpha}{1.04 \times 10^{-4}}$

$M_{MnO_3} = 170$   
 $M + 3 \times 16 = 170$   
 $M = 108$

آیا نمک‌ها به یک اندازه در آب حل می‌شوند؟

حداکثر مقدار انحلال پذیری (S) مواد مختلف در مقدار معینی آب یا حلال‌های دیگر متفاوت می‌باشد. این مقدار (S)، به نوع حل شونده، نوع حلال و به دمای محلول وابسته است.

انحلال پذیری (S) (Solubility)

تعریف: بیشترین مقدار از یک ماده حل شونده (گرم)، که در دمای معین در ۱۰۰ گرم حلال (معمولاً آب) حل می‌شود را انحلال پذیری آن ماده گویند.

نام حل شونده	فرمول شیمیایی	انحلال پذیری (گرم حل شونده / ۱۰۰g H <sub>2</sub> O)
شکر	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	۲۰۵
سدیم نیترات	NaNO <sub>3</sub>	۹۲
سدیم کلرید	NaCl	۳۶
کلسیم سولفات	CaSO <sub>4</sub>	۰/۲۳
کلسیم فسفات	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	۵ × ۱۰ <sup>-۴</sup>
نقره کلرید	AgCl	۲/۱ × ۱۰ <sup>-۴</sup>
باریم سولفات	BaSO <sub>4</sub>	۱/۹ × ۱۰ <sup>-۴</sup>

نیم محلول  
نامحلول

۱- یکای انحلال پذیری (S) برحسب گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب می‌باشد. به عنوان مثال انحلال پذیری CaSO<sub>4</sub> در دمای ۲۵°C برابر با ۰/۲۳ گرم در ۱۰۰ گرم H<sub>2</sub>O است (یعنی در دمای ۲۵°C، حداکثر ۰/۲۳ گرم از کلسیم سولفات را می‌توان در ۱۰۰ گرم آب حل کرد).

۲- مواد مختلف را از نظر انحلال پذیری در دمای اتاق (۲۵°C) می‌توان به سه دسته مواد محلول، کم محلول و نامحلول تقسیم کرد.



Dr. Hasan Poloei

به عنوان مثال، شکر و NaCl، جزو مواد محلول در آب هستند ( $S > 1$ ).  
 $CaSO_4$ ، جزو مواد کم محلول در آب می باشد ( $1 > S > 0.1$ ).  
 $AgCl$ ،  $BaSO_4$ ،  $Ca_3(PO_4)_2$ ،  $Mg(OH)_2$ ،  $Fe(OH)_2$  و  $Fe(OH)_3$ ، جزو مواد نامحلول (رسوب) می باشند ( $S < 0.1$ )

**سوال:** در دمای  $25^\circ C$  حداکثر می توان ۲/۱ گرم از ماده ای را در ۳۰۰ گرم آب حل کرد. این ماده جزو کدام دسته از مواد (محلول، کم محلول یا نامحلول) محسوب می شود؟

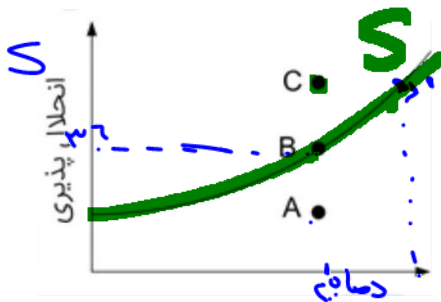
محلول سیر شده و فرا سیر شده

$$\frac{2.1}{300} = \frac{S}{100} \Rightarrow S = 0.7$$

کم محلول

➤ محلول سیر شده، سیر نشده و فرا سیر شده:

محلول سیر شده: محلولی است که در آن مقدار گرم ماده حل شده به ازای ۱۰۰ گرم آب، دقیقاً برابر



با مقدار انحلال پذیری (S) ماده مورد نظر در دمای مورد نظر می باشد (نقطه B) چنانچه مقدار ماده حل شده کمتر از مقدار انحلال پذیری (S) آن باشد (نقطه A)، به محلول حاصل «محلول سیر نشده» گفت می شود و اگر بیشتر از مقدار انحلال پذیری (S) حل شده باشد (نقطه C)، به آن «محلول فرا سیر شده» می گویند.

**سوال:** مقدار ۹۰ گرم NaCl در دمای  $60^\circ C$  در ۳۰۰ گرم آب حل شده است. اگر انحلال پذیری نمک طعام در این

دما برابر با ۳۸ گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد، محلول حاصل سیر شده، سیر نشده یا فرا سیر شده است؟

$$\frac{90}{300} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 30$$

➤ علت ایجاد سنگ کلیه:

اغلب سنگ های کلیه از رسوب کردن برخی نمک های کلسیم دار در کلیه ها تشکیل می شوند. مقدار این نمک ها در ادرار افراد سالم از انحلال پذیری آنها کمتر است (سیر نشده) اما در افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می شوند، مقدار این نمک ها در ادرار، از انحلال پذیری آنها بیشتر بوده (فرا سیر شده) و مقدار اضافی این نمک ها در کلیه ها رسوب می کند (حدود ۳٪ جمعیت ایران به سنگ کلیه دچار هستند). عوامل ژنتیکی، تغذیه نامناسب، کم تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی و نیز پروتئین حیوانی و لبنیات، نوشیدن کم آب و اختلالات هورمونی و ... باعث ایجاد سنگ کلیه می شوند.

Handwritten calculation for  $CaSO_4$  solubility:

$$S = \frac{0.2}{100} = 0.2$$

تست: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

• در  $AgCl$ ،  $BaSO_4$  و  $Mg_3(PO_4)_2$  مجموع نیروهای بین مولکولی آنها و پیوند یونی بین یون ها، بیشتر از جاذبه بین یون ها و آب می باشد. ✓

- همه ترکیبات مولکولی جزو مواد محلول در آب می باشند. ✗
- ماده ای که جزو مواد نامحلول می باشد، قطعاً رسوب محسوب می شود. ✗
- انحلال پذیری (S) همان بیشترین درصد جرمی (a) یک حل شونده در آب می باشد. ✗
- اغلب سنگ های کلیوی، از رسوب برخی نمک های کلسیم ایجاد می شوند که عواملی مانند مصرف

کم پروتئین و لبنیات، شانس ایجاد آنها را افزایش می دهد. ✗

۳ (۴)

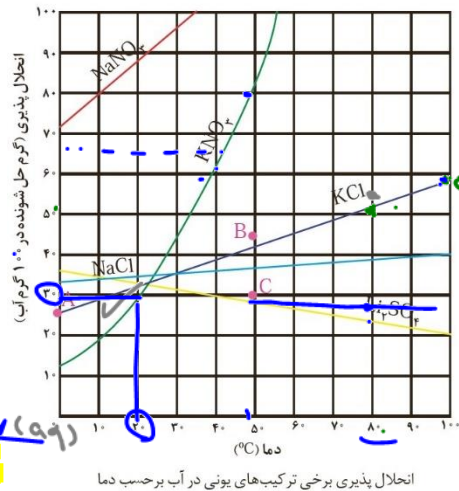
۲ (۳)

۱ (۲)

۰ (۱)

نمودار «انحلال پذیری - دما»ی نمک ها

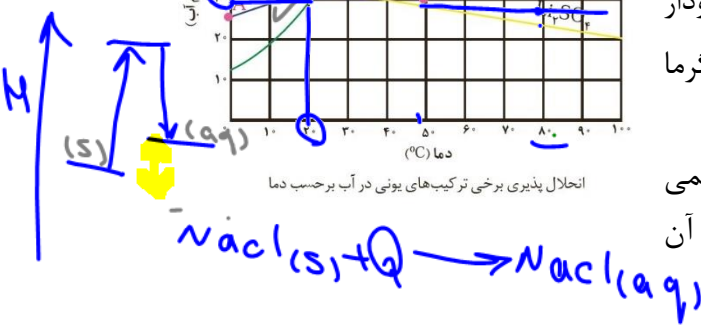
۱- انحلال پذیری (S) نمک ها در آب به نوع آنها و دما بستگی دارد. میزان انحلال پذیری نمک و دیگر مواد از داده های تجربی به دست می آید.



۲- نمودار انحلال پذیری - دما در مورد اکثر نمک ها صعودی است. یعنی با افزایش دما، انحلال پذیری نمک ها افزایش می یابد. (در حد کتاب درسی صفحه ۱۱۸ انحلال پذیری همه نمک ها غیر از  $CaCl_2$  و  $Li_2SO_4$  در آب صعودی می باشد.)

۳- انحلال هر ماده ای در آب یا گرماگیر است ( $\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$ ) و یا گرما ده ( $\Delta H_{\text{انحلال}} < 0$ ). در انحلال های گرماگیر نمودار انحلال پذیری - دمای جسم صعودی است و در انحلال های گرما ده، این نمودار نزولی است.

۴- هر چه شیب نمودار انحلال پذیری - دما در مورد جسمی بیشتر باشد، به این معنی است که تأثیر دما روی انحلال آن بیشتر است و  $|\Delta H|$  انحلال آن نیز بیشتر می باشد.



۵- **انحلال های گرماگیر مهم (A)** (شیب نمودار صعودی است): الف) انحلال نمک ها (غیر از  $CaCl_2$  و  $Li_2SO_4$ )

ب) انحلال شکر

۶- **انحلال های گرما ده مهم (B)** (شیب نمودار نزولی است):

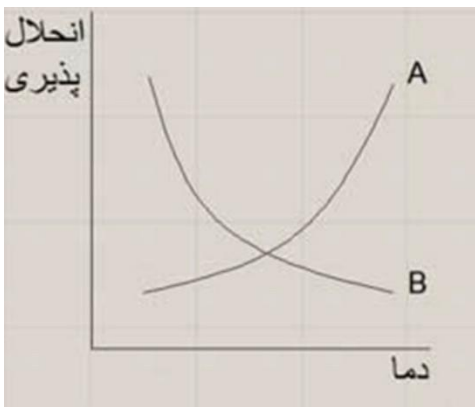
الف) انحلال اسیدها و بازهای قوی

ب) انحلال الکل های سبک

پ) انحلال فلزات گروه ۱ و ۲

ت) انحلال اکسید فلزات و اکسید نافلزات

ث) انحلال گازها



۷- نمودار انحلال پذیری - دما ممکن است خطی یا غیر خطی باشد (مانند  $KNO_3$ ).

۸- نمودار انحلال پذیری - دما برای هر جسم، نشان دهنده حالت سیر شده جسم می باشد.

۹- برای تولید محلول فرا سیر شده، از جسمی در دمای معین، ابتدا محلول سیر شده ای در دمایی که انحلال پذیری جسم بیشتر است تولید می کنند و سپس به آهستگی دما را به دمای مورد نظر می رسانند تا محلول فرا سیر شده ایجاد شود. (در سوالات و تست ها معمولاً صحبت از قید «آهسته» نمی باشد، در این صورت با تغییر دما، همه مقدار اضافه حل شونده رسوب کرده و در دمای مورد نظر محلولی سیر شده ایجاد می شود نه فرا سیر شده)

نکته ۱: برای حل مسائل انحلال پذیری هم می توان از روش کسر تبدیل (قطاری) استفاده کرد و هم از تناسب.

سوال ۱: با توجه به نمودار، به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) در ۳۰۰ گرم آب در دمای ۴۰°C حداکثر چند گرم  $KNO_3$  می توان حل کرد؟

$$\frac{g KNO_3}{g H_2O} = \frac{40}{100} \rightarrow 124 g$$

ب) مقدار ۲۵۰ گرم  $KNO_3$  در دمای ۴۰°C در ۵۰۰ گرم آب حل شده است. این محلول سیر شده یا سیر نشده یا فرا سیر شده است؟

$$\frac{g KNO_3}{g H_2O} = \frac{500}{400} \rightarrow 1250$$

پ) در چه دمایی ۱۵ گرم  $KNO_3$  در ۵۰ گرم آب، محلول سیر شده ایجاد می کند؟

$$\frac{g KNO_3}{g H_2O} = \frac{15}{50} = \frac{S}{100} \rightarrow S = 30 \rightarrow 20^\circ C$$

ت) در ۴۰۰ گرم محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای ۴۸°C چند گرم نمک و چند گرم آب وجود دارد؟

$$\frac{g KNO_3}{g H_2O} = \frac{400}{100} = \frac{178}{100} \rightarrow 178 g KNO_3 \rightarrow g H_2O = 400 - 178 = 222$$

ث) دو مول  $KNO_3$  در ۵۰۲ گرم از محلول آن، در چه دمایی حالت سیر شده دارد؟

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = 204 g \Rightarrow g H_2O = 502 - 204 = 298 \Rightarrow \frac{204}{298} = \frac{S}{100}$$

ج) درصد جرمی محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای ۳۰°C چند درصد است؟

$$\%a = \frac{S}{100+S} \times 100 = \frac{45}{100+45} \times 100 = 31\% \quad \text{روشن ۱}$$

چ) مولاریته محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای ۳۵°C چند مولار است؟

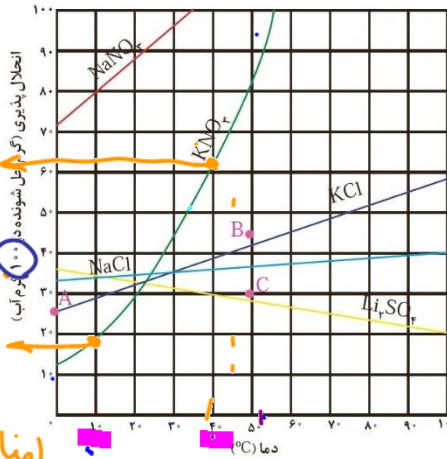
$$M = \frac{1000 \times S \times d}{(100+S) \times 100} = \frac{1000 \times 45 \times 1.21}{(100+45) \times 100} = 4$$

ح) محلول ۲۳٪ جرمی  $KNO_3$  در چه دمایی حالت سیر شده دارد؟

$$a = \frac{S}{100+S} \times 100 \rightarrow 23 = \frac{S}{100+S} \times 100 \rightarrow S = 29$$

$$\theta = 29^\circ C$$





خ) غلظت مولی محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای  $45^\circ C$  حدوداً چند مولار است؟ ( $d_{\text{محلول}} = 1/3 \frac{g}{m.L}$ ) ( $KNO_3 = 101$ )

$$M = \frac{1000 \times S \times d}{(100 + S) \times 101} = 0.3$$

د) اگر  $300$  گرم محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای  $10^\circ C$  را تا دمای  $53^\circ C$  گرم کنیم، چند گرم  $KNO_3$  دیگر می‌توان در محلول حل کرد؟

افزایش  $KNO_3$  و محلول

$$\frac{x}{72} = \frac{300}{118} \rightarrow x = 183$$

انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونر در آب بر حسب دما

$$\frac{2x}{72} = \frac{200}{100} \Rightarrow x = 144$$

ذ) اگر  $600$  گرم محلول سیر شده  $KNO_3$  در دمای  $40^\circ C$  را به دمای  $10^\circ C$  برسانیم، چند گرم  $KNO_3$  رسوب می‌کند؟

طبق خودار: آند  $142$  گرم محلول را از  $40^\circ C$  به  $10^\circ C$  برسانیم،  $44$  گرم رسوب می‌ماند.

$$\frac{x}{142} = \frac{44}{44} \rightarrow x = 142$$

نکته ۲: برای حل مسائل ترکیب انحلال پذیری با درصد جرمی، ppm و مولاریته، علاوه بر دو روش ذکر شده در نکته ۱، می‌توان از فرمول‌های درصد جرمی و ppm و غلظت مولی نیز استفاده کرد.

تست ۱: با توجه به نمودار زیر، به تقریب در چه دمایی غلظت  $KCl$  در محلول سیر شده آن برابر ۴ مول بر لیتر خواهد بود؟ ( $d_{\text{محلول}} = 1/1 \frac{g}{m.L}$ ) ( $KCl = 74/5$ ) (نمودار انحلال بالا)

۱۰۰°C (۴)      ۸۰°C (۳)      ۴۰°C (۲)      ۰°C (۱)

$$M = \frac{1000 \times S \times d}{(100 + S) \times 74.5} \rightarrow S = 37 \rightarrow \theta = 40^\circ$$

تست ۲: انحلال پذیری کلسیم سولفات در  $10^\circ C$  برابر  $0.17$  گرم در  $100$  گرم آب است. غلظت یون کلسیم در محلول سیر شده آن در این دما حدود چند ppm است؟ ( $Ca = 40, SO_4^{2-} = 96 \frac{g}{m.L}$ )

۱۰۰۰ (۴)      ۱۷۰۰ (۳)      ۵۰۰ (۲)      ۸۵۰ (۱)

$$ppm = \frac{S}{100 + S} \times 10^6 \rightarrow ppm = 1700$$

$$\frac{y}{4} = \frac{1700}{134} \rightarrow ppm_{Ca^{2+}} = 50$$

Dr. Hasan Poloei

تست ۳: انحلال پذیری ۱-هگزانول ( $C_6H_{12}OH$ ) در دمای معین  $0.51$  گرم در  $100$  گرم آب است. غلظت مولار محلول سیر شده آن در این دما ( $d = 1 \frac{g}{mL}$ ) به تقریب کدام است؟ (ریاضی-۹۴)

- (۱)  $0.05$  (۲)  $0.1$  (۳)  $0.005$  (۴)  $0.01$

$$M = \frac{100 \times 5 \times 0.51}{(100 + 5)} = 0.5$$

تست ۴: محلول سیر شده نمکی با جرم مولی  $80$  گرم بر مول و چگالی  $1/2 \text{ g.mL}^{-1}$  در دمای معین تهیه شده است. اگر غلظت مولی آن در همان دما  $2/5 \frac{mol}{L}$  باشد، انحلال پذیری آن در دمای مورد نظر چند گرم در  $100$  گرم آب است؟ (ریاضی-۹۵)

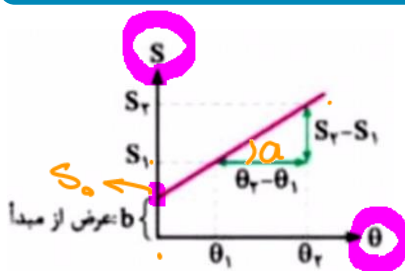
- (۱)  $30$  (۲)  $24$  (۳)  $20$  (۴)  $16$

تست ۵: انحلال پذیری  $KClO_3$  در دمای  $55^\circ C$  برابر  $20$  گرم است. درصد جرمی محلول سیر شده آن در این دما به تقریب کدام است؟

- (۱)  $20$  (۲)  $17$  (۳)  $25$  (۴)  $33$

$$a = \frac{S}{100 + S} \times 100$$

### معادله انحلال پذیری



در مورد حل شونده‌هایی که منحنی انحلال پذیری-دما در آن‌ها خطی است، می‌توان معادله ی انحلال پذیری را به شکل زیر بیان کرد (معادله ی درجه یک):

۱-  $a$  شیب نمودار انحلال پذیری جسم می‌باشد:

$$S = a\theta + b \rightarrow S = a\theta + S_0$$

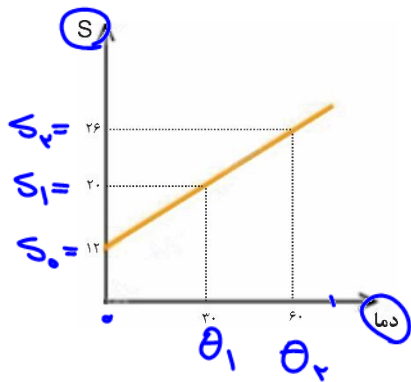
۲-  $b$  عرض از مبدا (انحلال پذیری در دمای  $0^\circ C$ ) می‌باشد ( $S_0$ )

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

۳- بنابراین نمودار انحلال پذیری درجه یک:

$$S = \left( \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \right) \theta + S_0$$

$$S = a\theta + S_0$$



مثال: معادله انحلال پذیری ماده ای که نمودار انحلال آن به شکل زیر است:

$$S = \frac{26-20}{\theta_2-\theta_1} \theta + 12$$

$$S = \frac{6}{\theta_2-\theta_1} \theta + 12$$

جواب:

$$S_{\theta=10} = \frac{6}{10} \times 10 + 12 = 18$$

پیوند با ریاضی

۱- دانش آموزی از منابع علمی، انحلال پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون (θ) حرف S از واژه Solubility به معنای انحلال پذیری گرفته شده مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

θ(°C)	۰	۲۰	۳۰
S (g NaNO <sub>3</sub> / 100g H <sub>2</sub> O)	۷۲	۸۰	۸۸

$$a = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{88 - 72}{30 - 0} = 18$$

$$S = a\theta + S_0$$

او توانست با استفاده از داده های این جدول، معادله  $S = 18\theta + 72$  را به دست آورد. (آ توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟  
 ب) انحلال پذیری سدیم نیترات را در ۷۰°C پیش بینی کنید.

$$S = 18 \times 70 + 72 = 128$$

۲- با توجه به جدول زیر، معادله ای برای انحلال پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به دست آورید.

θ(°C)	۰	۲۰	۴۰	۶۰
S (g KCl / 100g H <sub>2</sub> O)	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

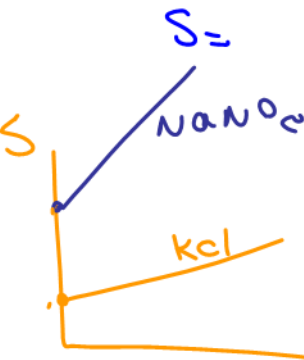
$$S = \frac{46-27}{60-0} \theta + 27$$

$$S = 17\theta + 27$$

۳- با مقایسه دو معادله به دست آمده برای سدیم نیترات و پتاسیم کلرید: (آ) تأثیر دما بر انحلال پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.

(ب) توضیح دهید چرا در هر دمای، انحلال پذیری سدیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟

↑  
NaNO<sub>3</sub>  
(شیب ↑)



نکته ۱: هر چه قدر مطلق شیب منحنی انحلال پذیری- دما (|a|) در ماده ای بیشتر باشد:

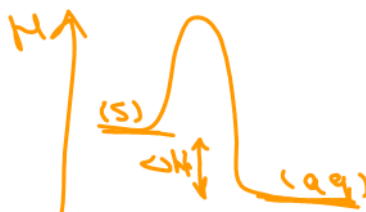
(الف) تأثیر دما روی انحلال آن بیشتر است.

(ب) |ΔH| آن بیشتر است.

انحلال

نکته ۲: در انحلال های گرما گیر، شیب منحنی (a) عددی مثبت و در انحلال های گرماده، شیب منحنی (a)

عددی منفی می باشد.



تست ۱: رابطه انحلال پذیری نمکی به شکل  $S = 0/1 \theta + 8$  می باشد، چه تعداد از موارد زیر درست می باشند؟

• نمودار انحلال پذیری - دما در آن خطی بوده و حداکثر انحلال پذیری آن در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  در  $200$  گرم آب برابر  $16$  گرم می باشد.

• در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  مقدار  $30$  گرم از حل شونده در  $330$  گرم محلول، حالت سیر شده دارد.

• حداکثر درصد جرمی محلول آن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  برابر  $12/3\%$  می باشد.

• چنانچه  $226$  گرم محلول سیر شده آن در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  را به  $10^{\circ}\text{C}$  برسانیم،  $7$  گرم نمک رسوب می کند.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

Handwritten calculations for Test 1:

- $S_{20} = 0/1 \times 20 + 8 = 10$
- $S_{60} = 0/1 \times 60 + 8 = 16$
- $S_{50} = 0/1 \times 50 + 8 = 13$
- $S_{10} = 0/1 \times 10 + 8 = 9$
- For 30g in 330g solution at 20°C:  $\frac{30}{330} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 9.09$
- For 226g solution at 50°C:  $\frac{226}{100} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 22.6$
- At 10°C:  $\frac{226 - 7}{100} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 21.9$

تست ۲: اگر معادله انحلال پذیری یک نمک به صورت  $S = 0/2 \theta + 35$  باشد، چند مورد از مطالب زیر درباره این نمک درست است؟ (تجربی - ۱۴۰۱)

• انحلال پذیری آن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  برابر  $47$  گرم در  $100$  گرم آب است.

• محلول سیر شده آن در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  یک محلول  $20\%$  جرمی است.

• روند انحلال پذیری آن نسبت به دما در آب، مشابه لیتیم سولفات است.

• با سرد کردن  $150$  گرم محلول سیر شده آن در دمای  $10^{\circ}\text{C}$  به  $20^{\circ}\text{C}$  مقدار  $6$  گرم نمک رسوب می کند.

۱) چهار ۲) سه ۳) دو ۴) یک

Handwritten calculations for Test 2:

- $S_{60} = 0/2 \times 60 + 35 = 47$
- $S_{50} = 0/2 \times 50 + 35 = 45$
- $S_{10} = 0/2 \times 10 + 35 = 37$
- For 150g solution at 10°C:  $\frac{150}{100} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 150$
- At 20°C:  $\frac{150 - 6}{100} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = 144$

تست ۳: با توجه به نمودار «انحلال پذیری - دما» نشان داده شده، چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟ (تجربی - ۱۴۰۰)

• در نقطه B، محلول های دارای یون نیترات سیر شده اند.

• تفاوت انحلال پذیری نمک های دارای یون کلرید در  $90^{\circ}\text{C}$  حدود  $15$  گرم است.

• در دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ، مجموع انحلال پذیری نمک های دارای یون  $\text{K}^+$  با انحلال پذیری  $\text{NaNO}_3$  در این دما برابر است.

• اگر انحلال پذیری یک نمک در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  برابر  $33$  گرم باشد، آن نمک، لیتیم سولفات با معادله انحلال پذیری

$S = +0/15 \theta + 35$  است.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

Handwritten calculations for Test 3:

- At  $90^{\circ}\text{C}$ :  $S_{\text{KCl}} = 45$ ,  $S_{\text{NaNO}_3} = 40$ ,  $S_{\text{Li}_2\text{SO}_4} = 30$
- At  $25^{\circ}\text{C}$ :  $S_{\text{KNO}_3} = 38$ ,  $S_{\text{NaNO}_3} = 35$
- At  $20^{\circ}\text{C}$ :  $S_{\text{KNO}_3} = 35$ ,  $S_{\text{NaNO}_3} = 32$

انحلال پذیری برخی ترکیب های یونی در آب بر حسب دما



Dr. Hasan Poloei



$$S_B = \alpha \times \theta + S_0 \rightarrow 35$$

تست ۴: معادله «انحلال پذیری- دما» برای نمک A در آب به صورت:  $S = 0/97 \theta + 35$  است. اگر نسبت انحلال پذیری نمک A به نمک B در دماهای  $0^\circ\text{C}$  و  $40^\circ\text{C}$  به ترتیب برابر ۱ و  $2/46$  باشد، نسبت غلظت مولار محلول سیر شده B به غلظت مولار محلول سیر شده A در دمای  $50^\circ\text{C}$  به تقریب کدام است؟ (جرم مولی نمک A و B به ترتیب برابر ۳۳۰ و ۱۱۰ گرم در نظر گرفته شود؛ از تغییر حجم آب در اثر حل کردن نمک، چشم پوشی شود؛ معادله «انحلال پذیری- دما» در آب برای نمک B به صورت خطی است).

ریاضی - (۱۴۰۰)

د.:

$$S_A = 1/0.3 \quad (2)$$

$$S_B = 2/1.1 \quad (3)$$

د.:

$$\frac{S_A}{S_B} = \frac{1/0.3}{2/1.1} = \frac{1.1}{0.6} = 1.83$$

د.:

$$\frac{S_A}{S_B} = 1 \rightarrow S_B = 35$$

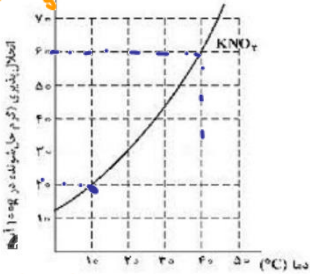
د.:

$$\frac{S_A}{S_B} = 1 \rightarrow \frac{0.97a + 35}{0.97b + 35} = 1$$

د.:

$$\frac{100 \times S \times d}{(100 + S) \times 110}$$

د.:

$$\frac{100 \times S \times d}{(100 + S) \times 110}$$


تست ۵: غلظت یک نمونه محلول سیر شده از  $\text{KNO}_3$  در دمای  $a^\circ\text{C}$  پس از سرد شدن تا دمای  $b^\circ\text{C}$ ، از  $37/5$  به  $16/7$  درصد جرمی کاهش می یابد، تفاوت  $a$  و  $b$  چند درجه سلسیوس است؟ (ریاضی - ۱۴۰۰)

- ۱۰ (۴)      ۲۰ (۳)      ۳۰ (۲)      ۴۰ (۱)

د.:

$$1/a = \frac{S}{100 + S} \times 100 \rightarrow 4.9 \rightarrow a = 4.0$$

د.:

$$1/b = \frac{S}{100 + S} \times 100 \rightarrow 2.9 \rightarrow b = 1.0$$

بار مؤثر هسته  $\approx$  الکترونگاتیوی  $\approx$  خاصیت نافلزی

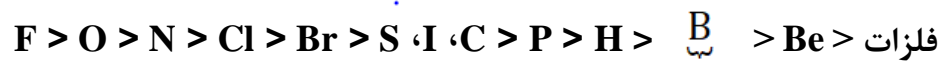
تعریف: به جاذبه هسته (پروتون‌ها) بر روی الکترون‌های لایه ظرفیت اتم، بار مؤثر هسته گویند.

۱- بار مؤثر هسته (F) با تعداد لایه اتم رابطه عکس و با تعداد پروتون آن رابطه مستقیم

دارد:  $F \propto \frac{P}{(\text{تعداد لایه})^2}$

۲- هرچه بار مؤثر هسته عنصری بیشتر باشد، عنصر نافلزتر بوده و جاذبه هسته آن بر الکترون‌های لایه ظرفیت خود و نیز بر جفت الکترون پیوند کووالانسی (الکترونگاتیوی) بیشتر است.

ترتیب الکترونگاتیوی عنصرها: (نافلز و شبه فلزات)

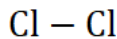


و مابقی شبه فلزات

نکته: عناصری که در این ترتیب آمده‌اند (نافلزات و شبه فلزات) با یکدیگر پیوند کووالانسی ایجاد می کنند و با دیگر عناصر (فلزات) معمولاً پیوند یونی تشکیل می دهند.

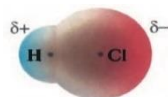
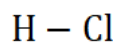
انواع پیوند کووالانسی از نظر قطبیت

الف) پیوند کووالانسی ناقطبی: اگر دو اتم درگیر در پیوند کووالانسی جورهسته (یکسان) باشند (الکترونگاتیوی برابر)، ابر الکترونی به طور یکنواخت و متقارن در اطراف دو اتم پخش شده و در دو طرف پیوند، تراکم ابر الکترونی یکنواخت خواهد بود (فاقد قطب). به این پیوند، پیوند کووالانسی ناقطبی گویند



(صفحه‌های تقارن متعدد وجود دارد).

ب) پیوند کووالانسی قطبی: چنانچه دو اتم ناجور هسته (متفاوت)، با یکدیگر پیوند کووالانسی ایجاد کنند، ابر الکترونی در سمت عنصری که الکترونگاتیوی بیشتر دارد، متراکم‌تر بوده و جزئی منفی ( $\delta^-$ ) و طرف دیگر پیوند جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) می‌شود (صفحه‌های تقارن متعدد وجود ندارد).



تست: در چه تعداد از موارد، پیوند کووالانسی ناقطبی وجود دارد؟

Handwritten notes and diagrams for the test. A list of molecules is shown: HBr, O<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, KBr, Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, LiOH, N<sub>2</sub>. Each molecule is annotated with its number of non-polar bonds in parentheses: HBr (1), O<sub>3</sub> (4), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (3), KBr (1), Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2), LiOH (2), N<sub>2</sub> (1). Diagrams show Lewis structures for O<sub>3</sub> (with a central oxygen having a positive charge and two terminal oxygens having negative charges), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (with a central C-C bond circled), KBr (ionic bond), Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peroxide ion), and LiOH (lithium ion and hydroxide ion).

مولکول قطبی و ناقطبی

مولکول قطبی:

تعریف (۱) مولکولی است که مرکز اثر بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر منطبق نیستند.

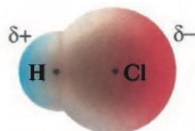
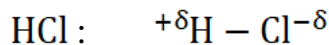
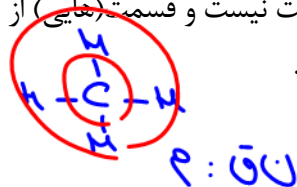
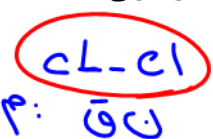
تعریف (۲) مولکولی که محور تقارن ندارد.

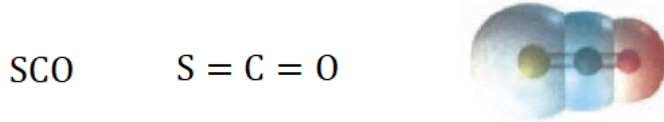
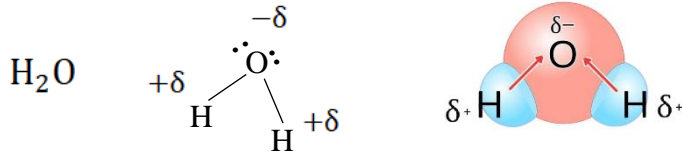
تعریف (۳) مولکولی که صفحه‌های تقارن متعدد ندارد.

تعریف (۴) مولکولی که تراکم ابر الکترونی در اطراف آن یکنواخت نیست و قسمت (هایی) از مولکول بار جزئی

منفی ( $\delta^-$ ) و قسمت (هایی) از آن بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) دارد.

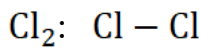
مثال:



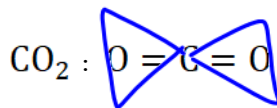


➤ **مولکول ناقطبی:** مولکولی است که مرکز اثر بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر منطبق می‌باشند. به عبارت دیگر، دارای مرکز تقارن بوده و صفحه‌های تقارن متعددی برای مولکول می‌توان در نظر گرفت. به بیانی تراکم ابر الکترونی اطراف مولکول یکنواخت می‌باشد.

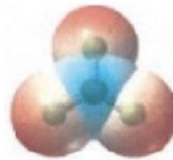
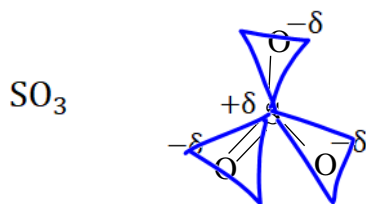
📌 نکته: قطبی یا ناقطبی بودن پیوند و مولکول، دو مقوله متفاوت هستند.



۱ : ن ق  
۲ : ن ق



۱ : ق  
۲ : ن ق



۳ : ق  
۳ : ن ق

تشخیص سریع مولکول‌های قطبی و ناقطبی

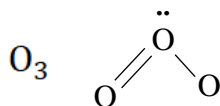
الف) مولکول دو اتمی (فاقد اتم مرکزی): قطبی یا ناقطبی بودن مولکول، همانند پیوند می‌باشد:

$O_2 \rightarrow$  مولکول ناقطبی  $\rightarrow$  پیوند ناقطبی

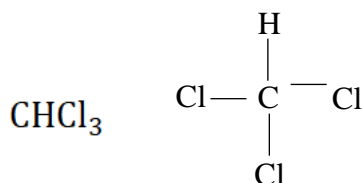
$CO \rightarrow$  مولکول قطبی  $\rightarrow$  پیوند قطبی

ب) مولکول چند اتمی (دارای یک اتم مرکزی): چنانچه یک یا دو شرط زیر برقرار باشد، مولکول قطبی است؛ وگرنه مولکول ناقطبی خواهد بود.

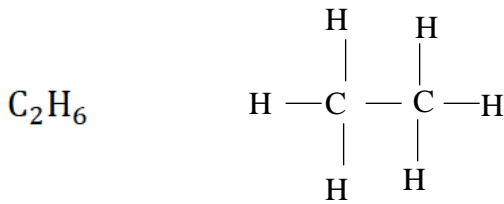
(۱) اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشد.



(۲) به اتم مرکزی، اتم‌های یکسان متصل نباشد.

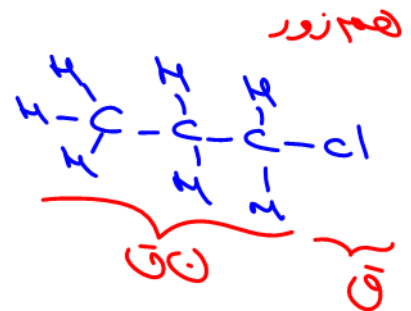
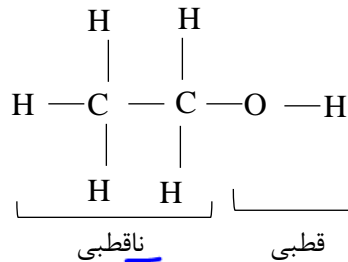
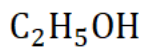


پ) مولکول چند اتمی (دارای دو یا چند اتم مرکزی): در این صورت، ممکن است مولکول قطبی یا ناقطبی و یا قسمت(هایی) از مولکول قطبی و قسمت(هایی) از مولکول ناقطبی باشد.  
مولکول: ناقطبی (۶ پیوند قطبی و ۱ پیوند ناقطبی)



مولکول: برتری با قطبی (۷ پیوند قطبی و ۱ پیوند ناقطبی)

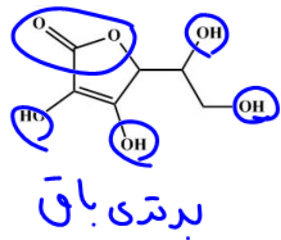
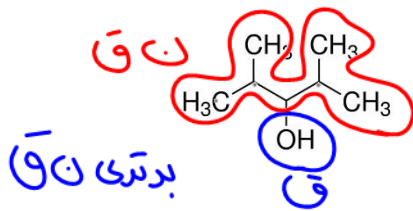
بدتری باقی



نکته ۱: در این مولکول‌ها، قسمت(هایی) از مولکول که فقط C و H دارند، قسمت ناقطبی و هر قسمتی که غیر از C و H متصل است، قسمت قطبی مولکول در نظر گرفته می‌شود.

نکته ۲: چنانچه این مولکول‌ها هر دو قسمت و ناقطبی را دارا باشند، ممکن است برتری با قسمت قطبی بوده و مولکول در کل قطبی محسوب شود و یا برعکس.

عدد ۳

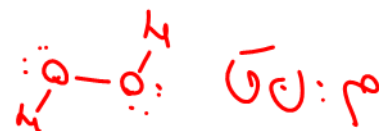


نکته ۳: در این مولکول‌ها به طور تقریبی می‌توان هر کربن قسمت ناقطبی را ۱ واحد ناقطبی و هر اتم غیر از C و H را ۱ واحد قطبی در نظر گرفت و به این گونه، برتر بودن قسمت قطبی یا ناقطبی مولکول را تخمین زد:

تست: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

- در مولکول اوزون، پیوندها ناقطبی، اما مولکول قطبی است. ✓
  - همه مولکول‌های دواتمی جوهرهسته، ناقطبی هستند. ✓
  - در مولکول  $C_2H_5Cl$  نسبت تعداد پیوندهای قطبی به ناقطبی ۶ بوده، ولی مولکول در کل ناقطبی می‌باشد. ✗
  - شرط اساسی ناقطبی بودن یک مولکول، انطباق بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر است. ✓
  - در مولکول  $CS_2$ ، پیوندها و نیز مولکول ناقطبی می‌باشد. ✗
  - اگر اتم یا اتم‌های مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشند، مولکول قطبی خواهد بود. ✗
- ۲ (۱)      ۳ (۲) ✗      ۴ (۳)      ۵ (۴)

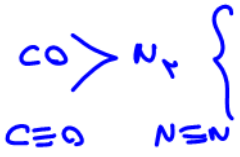
Dr. Hassan Plooyi





مقایسه مولکول‌های قطبی و ناقطبی

ویژگی	نوع مولکول	مولکول قطبی	مولکول ناقطبی
تقارن الکتریکی	ندارد	دارد	دارد
گشتاور دوقطبی ( $\mu$ )	دارد	دارد	ندارد
نیروی بین مولکولی (با جرم برابر)	بیشتر	بیشتر	کمتر
دمای ذوب و جوش (با جرم برابر)	بیشتر	بیشتر	کمتر
انحراف در میدان الکتریکی	دارد	دارد	ندارد
انحراف به سمت جسم باردار	دارد	دارد	ندارد
انحلال در حلال‌ها	در حلال قطبی حل می‌شود.	در حلال ناقطبی حل می‌شود.	در حلال ناقطبی حل می‌شود.



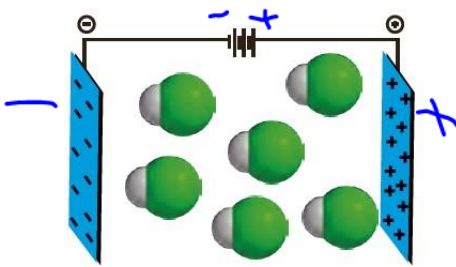
رفتار مولکول‌ها در میدان الکتریکی

یادآوری: منبع یا مولد جریان برق (مانند باتری و ...) دارای قطب  $-$  و  $+$  می‌باشد. در قطب منفی، تراکم الکترون‌ها بیشتر از پروتون‌ها است و در قطب مثبت، بالعکس. « $-|+$ »  $F_{\text{oncl}} - \mu$  چنانچه به قطب منفی و مثبت، منبع جریان الکتریسیته، دو صفحه رسانا متصل شده و این دو صفحه به طور موازی در نزدیکی یکدیگر قرار گیرند، «میدان الکتریکی» ایجاد می‌شود.



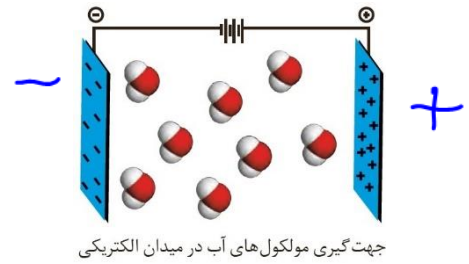
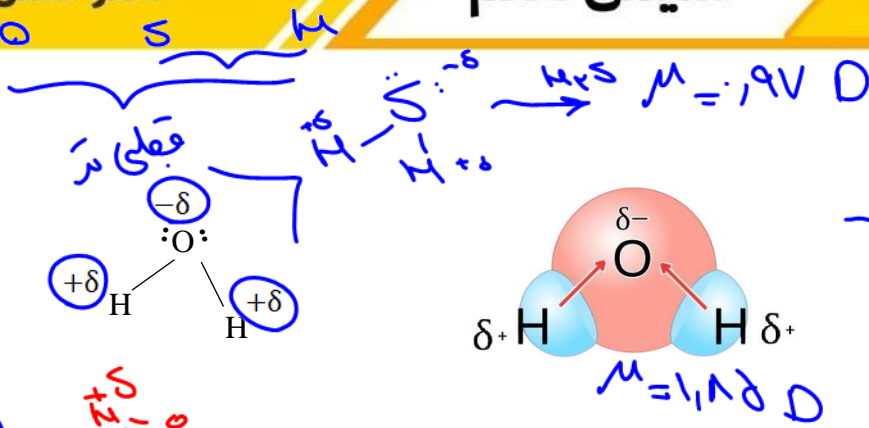
جهت‌گیری مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی

چون تراکم ابر الکترونی در اطراف مولکول‌های قطبی یکسان نیست و دارای قسمت  $+\delta$  و  $-\delta$  می‌باشند، در اثر قرارگیری مولکول‌های گازی قطبی در میدان الکتریکی، هر مولکول در راستایی قرار می‌گیرد که سر جزئی منفی ( $-\delta$ ) آن به سمت قطب مثبت میدان و سر جزئی مثبت ( $+\delta$ ) آن به سمت قطب منفی میدان قرار گیرد. به عبارت دیگر، این مولکول‌ها در میدان الکتریکی در راستا و جهت مشخصی قرار می‌گیرند.



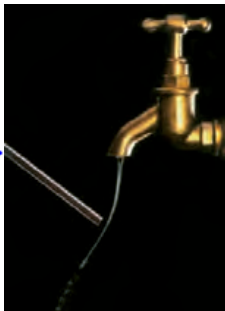
مثال: جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی:

آب دارای مولکول خمیده (شکل ۷) می‌باشد که اتم اکسیژن به دلیل دارا بودن جفت الکترون ناپیوندی و نیز بار مؤثر هسته بیشتر از H، سر منفی و اتم‌های هیدروژن، سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. در نتیجه با قرارگیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی، هر مولکول به شکلی قرار می‌گیرد که اکسیژن آن به سمت قطب مثبت و هیدروژن‌ها به سمت قطب منفی میدان قرار گیرند.



به مولکول هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند، مولکول دوقطبی یا قطبی می گویند.

**نکته:** مواد قطبی (دوقطبی) در حالت مایع، به سمت جسمی که دارای بار الکتریکی می باشد، نیز منحرف می شوند. به عنوان نمونه، انحراف باریکه ای از آب مایع به سمت میله شیشه ای که توسط مالش با موی خشک دارای بار منفی است، به شکل زیر می باشد.

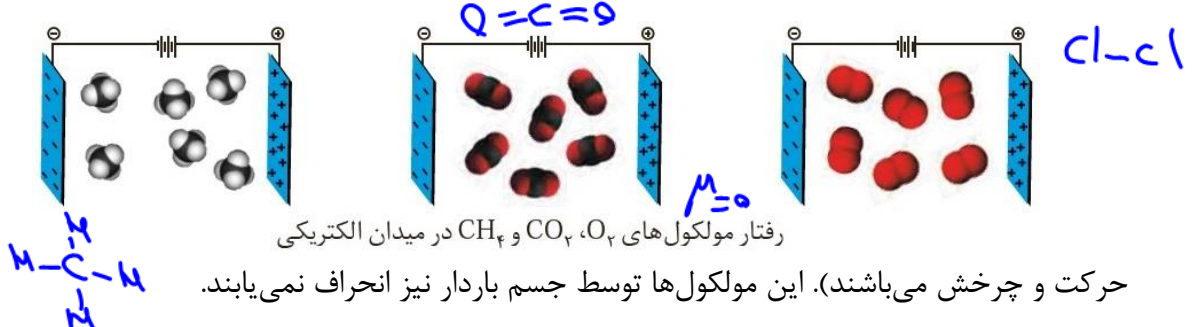


به عبارتی، سر مثبت مولکول های آب (هیدروژن ها) به سمت میله منفی چرخیده و

### عدم جهت گیری مولکول های ناقطبی در میدان الکتریکی

باعث انحراف باریکه آب به سمت شیشه می شود.

مولکول هایی مانند  $O_2$ ،  $CO_2$  و متان ( $CH_4$ ) به دلیل نداشتن سر مثبت و منفی، در میدان الکتریکی عکس العملی نشان نداده و جهت گیری نمی کنند (مولکول ها جهت یکسان و مشخصی نداشته و آزادانه در



حرکت و چرخش می باشند). این مولکول ها توسط جسم باردار نیز انحراف نمی یابند.

### گشتاور دوقطبی ( $\mu$ )

**تعریف:** کمیتی تجربی است که نشان دهنده اثر و میزان چرخاندگی یک مولکول در میدان الکتریکی است.

- ۱- هرچه مولکول قطبی تر باشد، تأثیر میدان الکتریکی روی آن بیشتر بوده و در نتیجه با شدت بیشتری توسط میدان چرخیده شده و حرکت آن در میدان الکتریکی محدودتر و کمتر خواهد بود. به عبارتی، هرچه مولکول قطبی تر باشد، گشتاور دوقطبی ( $\mu$ ) آن بیشتر است و بالعکس.
- ۲- واحد گشتاور دوقطبی (دبای) می باشد که با نماد D نشان می دهند.
- ۳- به دلیل قطبی تر بودن  $H_2O$  نسبت به  $H_2S$ ، گشتاور دوقطبی  $H_2O$  حدود دو برابر بیشتر از  $H_2S$  است (به ترتیب  $1/85$  و  $0/97$  دبای (D)).

۴- گشتاور دوقطبی مولکول‌های ناقطبی صفر است. زیرا مرکز بارهای مثبت و منفی، یکدیگر را خنثی می‌کنند (تراکم ابر الکترونی در اطراف مولکول یکسان است) و به عبارتی میدان الکتریکی، اثر چرخاندگی روی این مولکول‌ها ندارد.

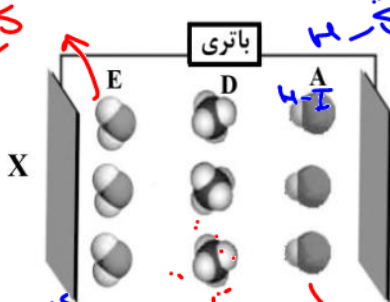
ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> )	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطه جوش (°C)
آب	H <sub>2</sub> O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	H <sub>2</sub> S		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

تست ۱: کدام گزینه درست است؟

- (۱) مولکول SO<sub>2</sub> قطبی بوده و در میدان الکتریکی به سمت قطب‌ها حرکت می‌کند. X
- (۲) از نظر گشتاور دوقطبی مولکول‌ها: HF > HCl > CH<sub>4</sub> ✓
- (۳) مولکول‌های CCl<sub>4</sub> و BCl<sub>3</sub> ناقطبی ولی دارای پیوند قطبی بوده و هر دو مولکول، گشتاور دوقطبی بالای صفر دارند. X
- (۴) در بین مولکول‌های CH<sub>2</sub>O، SO<sub>3</sub>، C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>، دو مولکول اثر چرخاندگی در میدان الکتریکی دارا هستند.

تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به شکل داده شده، که جهت گیری مولکول‌ها را در میدان الکتریکی نشان می‌دهد، کدام مورد، نادرست است؟



- (۱) A، D و E، به ترتیب می‌توانند مولکول‌های HI، SiH<sub>4</sub> و H<sub>2</sub>S باشند. ✓
- (۲) اگر مولکول E، H<sub>2</sub>O باشد، صفحه X بار الکتریکی منفی دارد و گشتاور دوقطبی مولکول D، برابر صفر است. ✓
- (۳) اگر E، مولکول SO<sub>2</sub> باشد، علامت بار الکتریکی اتم‌های جانبی، Y مخالف علامت بار الکتریکی صفحه Y است. ✓
- (۴) اگر A، مولکول HCl باشد، علامت بار جزئی اتم‌های جانبی مولکول D، می‌تواند همانند علامت بار جزئی اتم Cl در مولکول A باشد.

تست ۳: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به واکنش داده شده، کدام مورد درست است؟

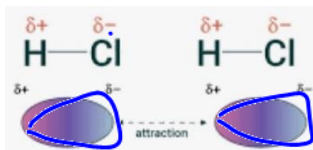
- (۱) همه اتم‌ها در ساختار واکنش دهنده‌ها به آرایش گاز نجیب رسیده‌اند. ✓
- (۲) بار کربن در واکنش دهنده برابر -۲ و با بار آن در فرآورده متفاوت است. ✓
- (۳) این واکنش، نمونه‌ای از تشکیل فرآورده‌های قطبی از واکنش دهنده‌های ناقطبی است. ✓
- (۴) CF<sub>4</sub>، بیشترین شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی را در میان مولکول‌های شرکت کننده در واکنش دارد. ✓



$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

نیروهای بین مولکولی

در مواد مولکولی، اتم‌ها توسط پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شده و تولید پکیج یا بسته مشخصی به نام مولکول می‌کنند. سؤالی که مطرح می‌شود این است که چه عاملی مولکول‌ها را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد؟ پاسخ «نیروهای بین مولکولی» است که به مراتب ضعیف‌تر از پیوند کووالانسی می‌باشند. به عبارتی نیروهای بین مولکولی به برهم کنش مولکول‌های سازنده یک ماده مولکولی می‌گویند.



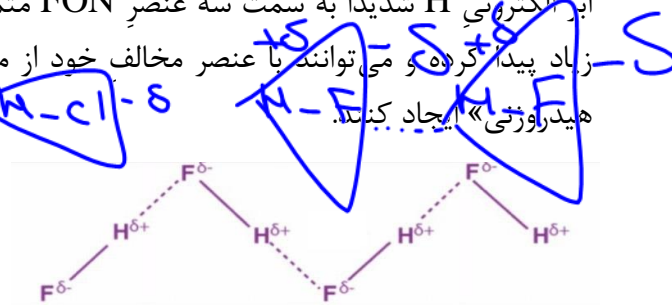
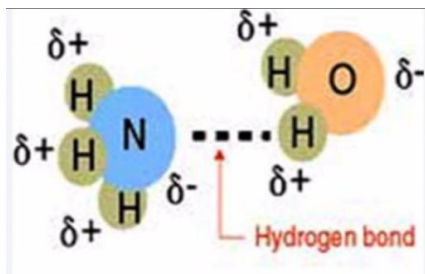
**نکته:** اساس همه نیروهای بین مولکولی همانند پیوند یونی، نیروی الکتروستاتیک می‌باشد که طبق رابطه  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  قابل توجه است. به عبارتی، ماهیت پیوند یونی در ترکیبات یونی و نیروهای بین مولکولی در ترکیبات مولکولی یکسان می‌باشد. هرچند پیوند یونی به مراتب قوی‌تر از نیروهای بین مولکولی است.

اسم جاذبه مولکولی: دو قطبی  
 دو قطبی آبی:  $\delta^+ \delta^-$   
 یون: یون



انواع نیروهای بین مولکولی

**الف) پیوند هیدروژنی:** در مولکول‌هایی که هیدروژن متصل به یکی از سه عنصر FON وجود داشته باشد، ابر الکترونی H شدیداً به سمت سه عنصر FON متمایل شده و در نتیجه اتم H بار  $\delta^+$  و FON بار  $\delta^-$  زیاد پیدا کرده و می‌توانند با عنصر مخالف خود از مولکول مجاور، نیروی بین مولکولی قوی به نام «پیوند هیدروژنی» ایجاد کنند.



- ۱- بنابراین نیروی بین مولکولی بین  $\text{H}_2$  متصل به FON از یک مولکول و FON متصل به H از مولکول دیگر را «پیوند هیدروژنی» گویند.
- ۲- پیوند هیدروژنی معمولاً نسبت به مابقی نیروهای بین مولکولی (یعنی نیروهای واندروالسی) قوی‌تر است.
- ۳- مقایسه قدرت پیوندها و نیروها:

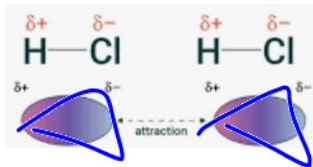


نیروهای واندروالسی > نیروی هیدروژنی > پیوند یونی > پیوند کووالانسی

- ۴- دو ویژگی FON که امکان تشکیل پیوند هیدروژنی با H را به آن‌ها می‌دهد، شامل الکترونگاتیوی (خاصیت نافلز) زیاد و نیز شعاع کوچک آن‌هاست.
- ب) نیروهای واندروالسی:** به کلیه نیروهای بین مولکولی غیر از هیدروژنی، نیروی واندروالسی گویند که شامل سه دسته می‌شوند:

Dr. Hasan Poloei





۱- نیروی دوقطبی - دوقطبی: به نیروی بین دو مولکول قطبی گفته می‌شود (به شرطی که پیوند دو مولکول از نوع هیدروژنی نباشد).

نکته: پیوند هیدروژنی در حقیقت نوعی نیروی دوقطبی - دوقطبی

است، اما قوی‌تر. به عنوان نمونه، مولکول‌های  $H_2O$  و  $H_2S$  هر دو قطبی و V شکل هستند، اما چون قطبیت  $H_2O$  به مراتب بیشتر از  $H_2S$  می‌باشد (۱/۸۵ در مقابل ۰/۹۷ دبابی)، در نتیجه نیروی بین مولکولی در آب بسیار قوی‌تر بوده و دانشمندان برای این نوع نیروی دوقطبی - دوقطبی، اصطلاح «پیوند هیدروژنی» را بیان می‌کنند.



۲- نیروی دوقطبی القایی - دوقطبی القایی (نیروی لاندون): تنها نیرویی است که باعث اتصال مولکول‌های ناقطبی می‌شود.

هرچند مولکول‌های ناقطبی سر  $\delta+$  و  $\delta-$  دائمی ندارند، اما در اثر برخورد مولکول‌ها به یکدیگر، جابجایی ابر الکترونی و هسته مولکول‌ها یکسان نبوده و عملاً مولکول، قطبیت لحظه‌ای پیدا کرده (سر  $\delta+$  و  $\delta-$  موقت) و در نتیجه در مولکول مجاور نیز قطبیت القایی ایجاد شده و دو مولکول می‌توانند جاذبه‌ای موقت بر یکدیگر وارد کنند.

نکته ۱: نیروی دوقطبی القایی - دوقطبی القایی در مولکول‌های قطبی می‌تواند ایجاد شود.

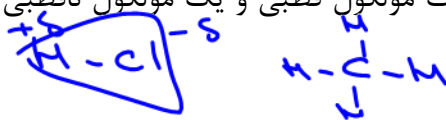


نکته ۲: هرچه جرم و حجم مولکول بیشتر باشد، امکان قطبیت لحظه‌ای و القایی آن‌ها بیشتر شده و در نتیجه نیروی لاندون افزایش می‌یابد.

به عنوان مثال در گروه ۱۷:  $F_2(g)$ ،  $Cl_2(g)$ ،  $Br_2(l)$ ،  $I_2(s)$

نکته ۳: ممکن است جرم و حجم مولکول به قدری زیاد باشد که نیروی لاندون قوی‌تر است از هیدروژنی شود. به عنوان مثال نیروی بین مولکولی در  $I_2$  قوی‌تر از  $H_2O$  است.

۳- نیروی دوقطبی - دوقطبی القایی: نیرویی است که بین یک مولکول قطبی و یک مولکول ناقطبی ایجاد می‌شود که بسیار ضعیف و نزدیک صفر می‌باشد.



تست: چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟

• نیروهای بین مولکولی فقط در حالت مایع و جامد بین مولکول‌ها وجود دارد و در حالت گازی، این نیرو تقریباً صفر می‌باشد. ✓

• نیروی دوقطبی القایی - دوقطبی القایی صرفاً بین مولکول‌های ناقطبی ایجاد می‌شود. ✗

• نیروی بین مولکولی در مولکول‌هایی که پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند، همواره بیشتر از مولکول‌های دیگر است. ✗

• بین مولکول‌های  $H_2O$  و  $CH_2O$ ، نیروی بین مولکولی از نوع هیدروژنی است. ✗

• \* ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی:  $H_2O > CH_4 > H_2S > H_2$

۴ (۴)

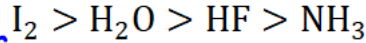
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

مقایسه دمای جوش ترکیبات مولکولی

**اولویت ۱) پیوند هیدروژنی:** معمولاً مولکولی که امکان تشکیل پیوند هیدروژنی داشته باشد، نیروی بین مولکولی قوی تر و در نتیجه دمای جوش بالاتر دارد.

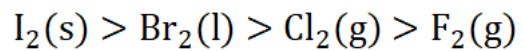


هیدروژنی ندارد

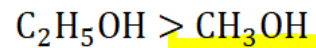
مقایسه دمای جوش:

**اولویت ۲)** اگر دو مولکول مورد بررسی، هر دو هیدروژنی داشتند یا هر دو نداشتند، هر مولکولی که جرم و حجم بیشتر داشته باشد، نیروی بین مولکولی و دمای جوش بالاتری دارد.

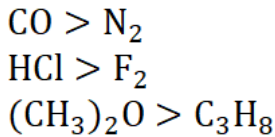
مثال ۱: مولکول های گروه ۱۷:



مثال ۲: دو الکل اتانول و متانول:



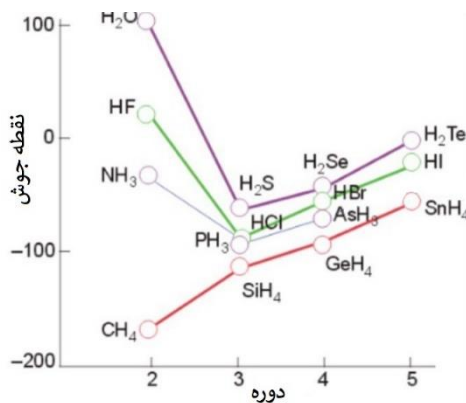
**اولویت ۳)** در صورتی که دو مولکول جرم و حجم تقریباً برابر داشته باشند، نیروی بین مولکولی و دمای جوش مولکول قطبی بیشتر از مولکول ناقطبی خواهد بود.



H-Cl F-F

-CH<sub>2</sub>-O-  
 دی-متیل اتر

مقایسه نیروی بین مولکولی و دمای جوش ترکیبات هیدروژنی دار گروه های ۱۴ تا ۱۷:



گروه ۱۷:  $HF > HI > HBr > HCl$

گروه ۱۶:  $H_2O > H_2Te > H_2Se > H_2S$

گروه ۱۵:  $NH_3 > AsH_3 > PH_3$

گروه ۱۴:  $SnH_4 > GeH_4 > SiH_4 > CH_4$

Handwritten notes on the right side of the graph, including a list of boiling points: 100, 20, -33, -80, -162, -182, -196, -253, -269, -280, -295, -300, -320, -330, -340, -350, -360, -370, -380, -390, -400, -410, -420, -430, -440, -450, -460, -470, -480, -490, -500.

**نکته:** اگر دو مولکول در دمای معمولی، گازی باشند،

مولکولی که نیروی بین مولکولی و دمای جوش بالاتر دارد، آسان تر و زودتر مایع می شود (برخلاف دو ماده ی جامد).

به عنوان مثال، اگر دمای دو گاز CO و N<sub>2</sub> را پایین آوریم، گاز CO زودتر به حالت مایع می رسد.



با هم ببیندیشیم

۱- دو جدول زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

ترکیب مولکولی	جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> )	نقطه جوش (°C)	ترکیب مولکولی	جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> )	نقطه جوش (°C)
NH <sub>3</sub>	۱۷	-۳۳/۵	HF	۲۰	۱۹
PH <sub>3</sub>	۳۴	-۸۷/۵	HCl	۳۶/۵	-۸۵
AsH <sub>3</sub>	۷۸	-۶۲/۵	HBr	۸۱	-۶۷

آ) در میان ترکیب‌های هر جدول انتظار دارید مولکول‌های کدام ماده توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را داشته باشد؟ توضیح دهید. *NH<sub>3</sub> و HF*

ب) جمله زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

پیوند هیدروژنی، قوی‌ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های F و Cl ، Br و F و N ، O با پیوند اشتراکی متصل است.

۲- اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن دار هستند که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند. به کمک داده‌های جدول زیر پیش‌بینی کنید هریک از نقطه جوش‌های  $56^{\circ}\text{C}$  و  $78^{\circ}\text{C}$  مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟

*استون*

*اتانول*

*هیدروژنی*

جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> )	فرمول شیمیایی	ترکیب آلی
۴۶	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	اتانول
۵۸	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CCH}_3 \end{array}$	استون

خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

ویژگی	ماده	Cl <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>
حالت فیزیکی (۲۵°C)	گاز	مایع	جامد	
جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> )	۷۱	۱۶۰	۲۵۴	

*M=0*  
*نق*

آ) آیا مولکول‌های سازنده این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟ *خند*

ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید. *I<sub>2</sub> بدو حجم آ*

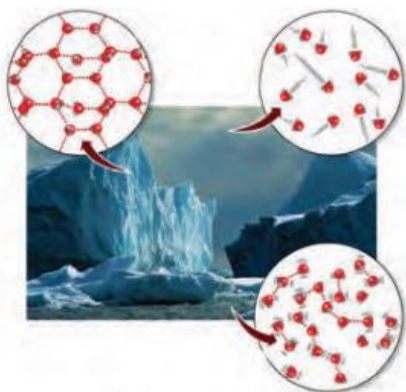
پ) جمله زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، دمای جوش کاهش می‌یابد.

تست: کدام موارد از مطالب زیر درست است؟ (ریاضی دی ۱۴۰۱)

- (آ) در مواد مولکولی ناقطبی، با افزایش جرم مولی، نیروهای بین مولکولی افزایش می‌یابد.  
 (ب) با اینکه جرم مولی گازهای  $N_2$  و  $CO$  برابر است،  $CO$  زودتر از  $N_2$  به مایع تبدیل می‌شود.  
 (پ) آب و هیدروژن سولفید، هر دو مولکول‌های خمیده، قطبی و نقطه جوش نزدیک به هم دارند. **X**  
 (ت) چون جرم مولی  $F_2$  از  $HCl$  بیشتر است، نقطه جوش آن از  $HCl$  بالاتر است.
- (۱) آ، ب      (۲) آ، ت      (۳) ب، پ      (۴) ب، ت

### پیوند هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب



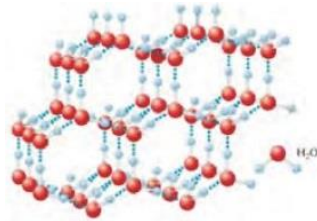
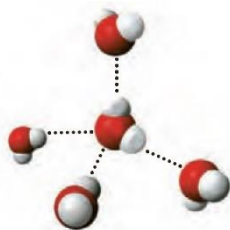
شکل ۱۸- حالت‌های فیزیکی آب

آب تنها ماده‌ای است که در کره زمین به هر سه حالت فیزیکی یافت می‌شود.

**الف) حالت گاز (بخار آب):** فاصله مولکول‌ها به قدری زیاد است که می‌توان گفت بین مولکول‌ها، نیروی هیدروژنی وجود نداشته و آزادانه و نامنظم در حال حرکت هستند.

**ب) حالت مایع (آب):** بین مولکول‌ها، پیوند هیدروژنی وجود دارد اما چون به نسبت حالت جامد، این پیوندها ضعیف‌تر است، در نتیجه مولکول‌ها می‌توانند روی حرکت لغزیده و حرکت کنند.

**پ) حالت جامد (یخ):** پیوند هیدروژنی به قدری محکم است که مولکول‌ها در جای خود تقریباً ثابت بوده و فقط لرزش و ارتعاش دارند.



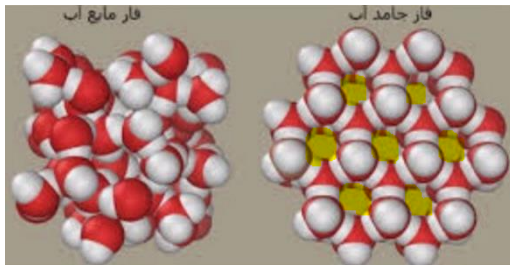
در ساختار یخ به این نکات توجه شود:

- ۱- هر اتم اکسیژن با چهار پیوند به چهار اتم هیدروژن متصل است (دو پیوند کووالانسی درون مولکولی و دو پیوند هیدروژنی با دو مولکول مجاور).
- ۲- هر اتم هیدروژن با دو پیوند به دو اتم اکسیژن متصل است (یک پیوند کووالانسی درون مولکولی و یک پیوند هیدروژنی با مولکول مجاور).
- ۳- هر مولکول آب با چهار مولکول مجاور، چهار پیوند هیدروژنی برقرار کرده است.
- ۴- مولکول‌های آب ایجاد شبکه‌ای سه‌بعدی، حلقه‌های شش ضلعی منتظم ایجاد کرده‌اند (شکل زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از این شش ضلعی‌هاست).



۵- برخلاف بقیه مواد، چگالی  $H_2O$  در حالت جامد کمتر از حالت مایع می‌باشد (در نتیجه یخ روی آب شناور می‌ماند). علت چگالی کمتر یخ نسبت به آب به دلیل فضاهای خالی است که در حلقه‌های شش ضلعی یخ وجود دارد و باعث سبک‌تر شدن حالت جامد نسبت به حالت مایع  $H_2O$  میشود.

۶- افزایش حجم  $H_2O$  هنگام تبدیل از حالت آب به یخ، مسبب تخریب بافت موادی مانند کلم، سبزیجات و



میوه‌ها به هنگام منجمد شدن است. زیرا هنگام انجماد کلم، حجم درون سلول‌ها افزایش یافته و دیواره سلول‌ها پاره می‌شوند.

تست: کدام گزینه درست است؟

(۱) در اثر تبدیل بخار آب به آب، پیوندهای کووالانسی بین مولکول‌ها ایجاد می‌شود که در حالت گازی تقریباً وجود نداشتند.

### آب و دیگر حلال‌ها

(۲) در ساختار آب و یخ، حلقه‌های شش ضلعی در سه بعد وجود دارند.

(۳) در ساختار یخ، هر مولکول آب به چهار مولکول با چهار پیوند هیدروژنی متصل است.

(۴) علت تخریب دیواره سلول‌ها در بافت کلم بر اثر یخ زدن آن، شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی در یخ می‌باشد.

آب: ۱- رایج ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه می‌باشد.

۲- بسیاری از مواد مولکولی و یونی در آب حل می‌شوند.

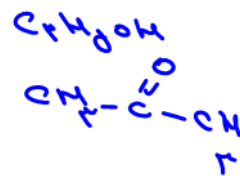
۳- آب و محلول‌های آلی (aq) در زندگی جانداران نقش حیاتی دارند. اغلب محلول‌های بدن انسان محلول آبی هستند و واکنش‌های شیمیایی در بدن از جمله گوارش، کنترل دمای بدن، تنفس، سوخت و ساز، جلوگیری از خشکی پوست و... در محلول‌های آبی بدن انجام می‌شوند.

۴- بخش عمده‌ی اغلب خوراکی‌ها و بدن انسان را آب تشکیل می‌دهد که در بدن انسان بیش از نیمی از آن درون سلول‌ها و باقی آن در مایع‌های بین سلولی و خون وجود دارد.

۵- محلول های آبی برون سلولی، مواد مغذی و نیز مواد زائد را بین سلول ها و دستگاه گردش خون جابجا می کنند.

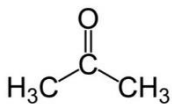
نام حلال	فرمول شیمیایی	$\mu(D)$	کاربرد
اتانول	$C_2H_6O$	$>0$	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	$C_4H_8O$	$>0$	حلال برخی چربی ها، رنگ ها و لاک ها
هگزان	$C_6H_{14}$	$\approx 0$	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر)

برتره با .  
هم زور  
نق



- ۶- حل کردن مواد زائد تولیدی در سلول و دفع آن ها از جمله نقش های کلیدی است که آب به عهده دارد.  
۷- هر فرد بالغ بطور میانگین ۱/۵ تا ۳ لیتر آب را به صورت ادرار، تعریق و در بازدم و... از دست می دهد.  
۸- از جمله ویژگی های غیر عادی آب: افزایش حجم هنگام انجماد، داشتن نقطه جوش به نسبت بالاست.  
**حلال های آلی پر کاربرد:**

**نکته ۱:** برخی مواد شیمیایی مانند متانول (الکل چوب) اتانول (الکل معمولی) و استون (پروپانول یا همان حلال لاک ناخن) به هر نسبتی در آب حل می شوند. از این رو نمی توان محلول سیر شده ای از آن ها تهیه کرد.



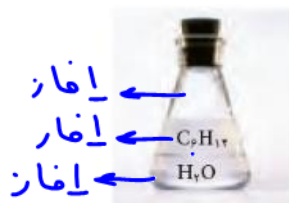
- نکته ۲:** اغلب هیدروکربن ها گشتاور دو قطبی ( $\mu$ ) ناچیز و در حدود صفر دارند (مانند هگزان)  
**نکته ۳:** استون هم مواد ناقطبی و هم مواد قطبی مانند آب را به خوبی در خود حل می کند.  
**نکته ۴:** به محلول هایی که حلال آن ها آلی است، محلول های غیر آبی ( $non\ aq$ ) می گویند.



مانند محلول بنفش ید در هگزان و یا بنزین  
 $C_6H_{14}$   $C_6H_6$   $I_2$   
نق

سوال: ?

آیا حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر هر یک از مخلوط های زیر یکسان و یکنواخت است؟ چرا؟



(آ) آب و هگزان

دوفاز (سهامازی)



(ب) آب و یخ

افاز

کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟

فرآیند انحلال در صورتی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

(میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل شونده خالص) > (جاذبه‌های حل شونده با حلال در محلول)

دگر چینی

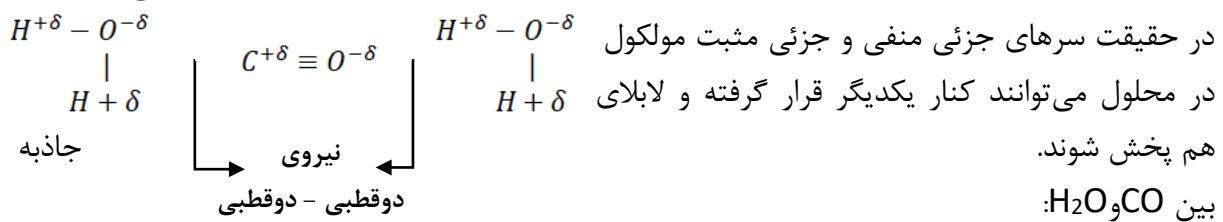
طبق گفته کتاب می‌توان گفت: «شبيه، شبيه را حل می‌کند.»

اگر مولکول‌های حلال را با A و ذره‌های حل شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبه میان آنها را در حالت خالص با A...A و B...B نشان داد. با این توصیف برای محلول B در A رابطه زیر برقرار است.

$$(A...B) > \frac{(A...A) + (B...B)}{2}$$

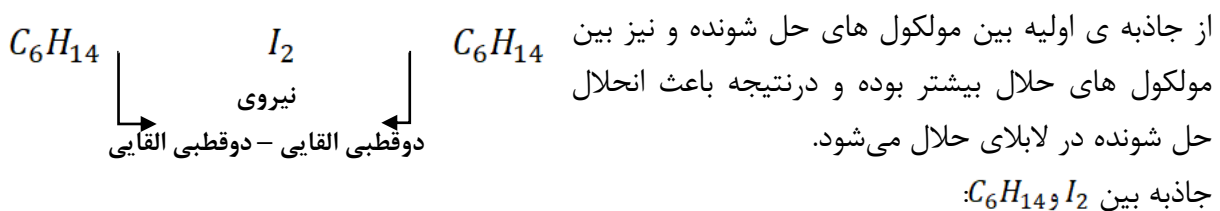
۱- مولکول قطبی در حلال قطبی حل می‌شود:

بین ماده قطبی و حلال قطبی جاذبه ی واندروالسی به نام دو قطبی - دو قطبی ایجاد شده که از جاذبه اولیه بین مولکول های حل شونده و مولکول های حلال بیشتر بوده و باعث انحلال حل شونده می‌شود.



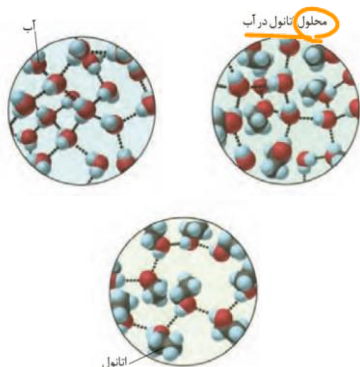
۲- مولکول ناقطبی در حلال ناقطبی حل می‌شود:

بین ماده ناقطبی و حلال ناقطبی جاذبه ی واندروالسی دو قطبی القایی - دو قطبی القایی ایجاد می‌شود که

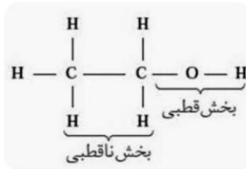


۳- مولکول دارای پیوند هیدروژنی در حلالی که پیوند هیدروژنی دارد حل می‌شود:

به عنوان نمونه انحلال اتانول در آب:



بین مولکول های آب و نیز بین مولکول های اتانول پیوند هیدروژنی وجود دارد که با مخلوط شدن آنها پیوند هیدروژنی بین آب و اتانول ایجاد می‌شود که از پیوندهای هیدروژنی اولیه تولید بوده و باعث انحلال اتانول در آب می‌شود.



**نکته ۱:** اتانول دارای بخش ناقطبی نیز می‌باشد که مانع از انحلال اتانول در آب می‌شود اما پیوند هیدروژنی بین قسمت O-H آن و آب به قدری قوی است که باعث انحلال اتانول به هر نسبتی در آب می‌شود.

اتانول - اتانول > آب - آب > آب - اتانول

**نکته ۲:** ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی: در کل می‌توان گفت:

نیروی جاذبه میان مولکول های اتانول و آب < میانگین جاذبه میان مولکول های آب خالص و نیز اتانول خالص

**نکته ۳:** انحلال اکثر مواد مولکولی مانند اتانول در آب، استون در آب، CO و در آب یا ید در اتانول و ... را «انحلال مولکولی» می‌گویند، زیرا در این نوع انحلال، مولکول های حل شونده ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند و فقط نیروهای بین مولکولی دستخوش تغییر می‌شود نه ساختار مولکول. (حل شدن فیزیکی و به شکل مولکولی)

اما در دسته ای از ترکیبات مولکولی در هنگام انحلال، ساختار مولکولی دچار تغییر می‌شود همانند انحلال اسیدها که مولکول های اسید کم و بیش تبدیل به یون شده و لابلای حلال پخش می‌شوند.

در انحلال ترکیبات یونی در آب نیز شبکه بلور شکسته شده و یون ها لابلای آب پخش می‌شوند و در نتیجه انحلال ترکیب یونی در آب نیز ساختار و ماهیت حل شونده ها دچار تغییر می‌شود. (حل شدن شیمیایی و به شکل یونی)

**۴- ترکیبات یونی در حلال قطبی حل می‌شوند (بشاید)**

ترکیبات یونی (مانند NaCl) به دلیل داشتن یون + و - می‌توانند به سر جزئی منفی و جزئی مثبت مولکول قطبی مانند آب متصل شده و با جاذبه «یون - دو قطبی» در حلال قطبی حل شوند. به عنوان نمونه انحلال سدیم کلرید در آب:

✓ بین یون های  $Cl^- . Na^+$  پیوند قوی یونی وجود داشته و ساختار مکعبی دارد.

✓ بین مولکول های آب نیز هیدروژنی وجود دارد.

در اثر قرارگیری  $NaCl(s)$  در آب، مولکول های آب از سمت هیدروژن خود ( $+\delta$ ) به یون های منفی نمک طعام ( $Cl^-$ ) نزدیک شده و با ایجاد جاذبه یون - دو قطبی یون های  $Cl^-$  را از شبکه بلور نمک جدا کرده و وارد آب می‌کنند و  $Cl^-$  بلافاصله توسط سایر مولکول های آب، آبپوشی می‌شود. همین فرآیند بین یون مثبت نمک ( $Na^+$ ) و سمت اکسیژن مولکول آب ( $-\delta$ ) ایجاد می‌شود و در نهایت بلور  $NaCl(s)$  لابلای مولکول های آب آبپوشیده و حل می‌شود (حل شدن یونی)



فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون های آبپوشیده





نکته ۱: در مورد ترکیبات یونی که در آب حل می‌شوند می‌توان گفت:

میانگین پیوند یونی و در نمک و پیوندهای  $>$  نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول هیدروژنی در آب و در مورد ترکیبات یونی که در آب حل نمی‌شوند (مانند  $Baso_4$ ) می‌توان گفت:

میانگین پیوند یونی در نمک و پیوندهای هیدروژنی در آب  $<$  نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول  
 نکته ۲: ترکیباتی یونی در حلال‌هایی که فقط قسمت قطبی دارند ممکن است حل شوند (مانند آب) و در حلال‌هایی که هر دو قسمت ناقطبی و قطبی را دارا هستند، حل نمی‌شوند. (مانند اتانول)

**۵- مولکول ناقطبی در حلال قطبی حل نمی‌شود:**

زیرا بین مولکول ناقطبی (فاقد سر جزئی مثبت و منفی) و مولکول قطبی (دارای سر جزئی مثبت و منفی) جاذبه ی چندانی وجود ندارد (دو قطبی القایی - دو قطبی) که بتواند بر جاذبه ی بین مولکول‌های حل‌شونده‌ها بر یکدیگر و نیز مولکول‌های حلال بر یکدیگر غلبه کند. به همین دلیل است که مولکول‌هایی مانند هیدروکربن‌ها، روغن و... در آب حل نمی‌شوند.

**۶- ترکیبات یونی در حلال ناقطبی حل نمی‌شوند:**

زیرا ترکیب یونی دارای یون + و - است اما مولکول ناقطبی فاقد سر جزئی مثبت و منفی است. در نتیجه جاذبه بین یون‌ها و مولکول‌ها ناقطبی به قدری ضعیف است که نمی‌تواند بر پیوند یونی در ماده یونی و نیز نیروی لاندون مولکول‌های ناقطبی (حلال) غلبه کند.

**۷- ترکیبات یونی در حلال یونی حل می‌شوند:**

چون ترکیبات یونی در دمای معمولی جامدند، برای انحلال آن‌ها می‌بایست دماهای بالا (دمای ذوب) ایجاد کرد. در اینصورت در حالت مایع به راحتی با ایجاد پیوند یونی در هم حل می‌شوند.



تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

- \* علت انحلال پذیری بی‌نهایت استون و اتانول در آب، ایجاد پیوند هیدروژنی است.
- \* محلول ید در اتانول یک محلول آبی (aq) و دارای رنگ بنفش است که حل شدن ید مولکولی است.
- \* مولکول‌هایی که گشتاور دو قطبی صفر یا حدود صفر دارند در هگزان حل می‌شوند.
- \* در محلول  $MgSO_4(aq)$  نوع برهم‌کنش بین ذره ای از نوع پیوند هیدروژنی و یون - دو قطبی است.
- \* مخلوطی از آب، یخ، اتانول، ید و هگزان دارای سه فاز است.
- \* اگر ۳۰ گرم از هر یک از چهار ماده ی آب، لاک ناخن و استون به خوبی هم زده شوند، یک محلول ایجاد می‌شود.

۱ (۴)

۲ (۳)

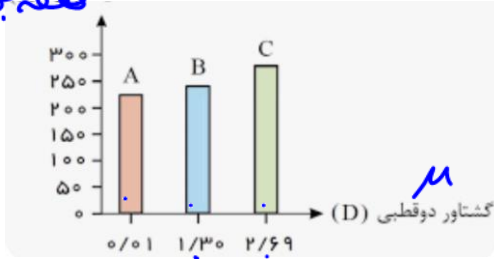
۳ (۲)

۴ (۱)

Handwritten notes: "فازها", "هم‌زور", "ق ناقطبی", "ق قطبی", "ایز", "۱", "۲", "۳", "۴".

تست ۲: با توجه به نمودار روبرو، چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

(هر سه ترکیب مولکولی با جرم مولی تقریباً برابرند)



- از نظر قطبیت مولکولها:  $C > B > A$  ✓
- از نظر جهت گیری در میدان الکتریکی:  $C > B &gt; A$  ✓
- از نظر تحرک در میدان الکتریکی:  $C > B > A$  ✗
- انحلال پذیری در بنزین:  $C < B < A$  ✓
- ترتیب دمای جوش:  $C > B > A$  ✓
- اگر C مولکول HCl باشد، B می تواند مولکول HF باشد. ✗

۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)

۵۴۷۰  
حداقل انرژی  
۵۴۷۰  
۵۴۷۰

محلول مساعد برای انجام دیفراکشن

### آیا گازها هم در آب حل می شوند؟

همانطور که جامدات و مایعات کم یا زیاد در آب حل می شوند (حتی در مخلوطی مانند هگزان و آب که دو فاز ایجاد می کنند نیز هگزان به مقدار بسیار کم در آب حل می شود)، مولکول های گازی نیز به مقدار کم یا زیاد در آب حل می شوند. یکی از عوامل مؤثر در انحلال گازها، دما می باشد.

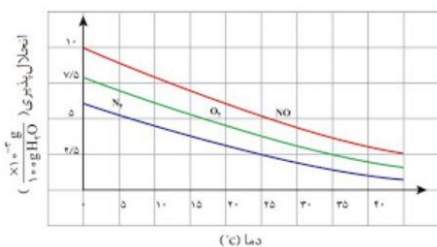
به عنوان نمونه ۱: انحلال پذیری (S) گاز ناکتبی  $O_2$  در آب کمتر از  $0.01$  گرم در  $100$  گرم آب می باشد (نامحلول) اما همین مقدار ناچیز در شرایط معمول برای سوخت و ساز آبیان کافیهست. البته چون با افزایش دما انحلال پذیری گازها از جمله اکسیژن کاهش می یابد پس در هوای گرم مقدار اکسیژن محلول کاهش یافته و ماهی ها به سطح آب می آیند تا با باز و بسته کردن دهان و آبشش ها مقدار بیشتری از اکسیژن هوا را وارد آبشش های خود نمایند.

نمونه ۲: اگر دو قرص جوشان یکسان را وارد دو ظرف آب با جرم یکسان ولی دمای متفاوت نماییم، مقدار گاز  $CO_2$  خارج شده از ظرفی که دمای کمتر دارد، کمتر خواهد بود. زیرا در ظرفی که دمای آب کمتر است، مقدار بیشتری  $CO_2$  گازی در آب حل شده و در نتیجه مقدار گاز  $CO_2(g)$  که از آب خارج می شود، کمتر خواهد بود.

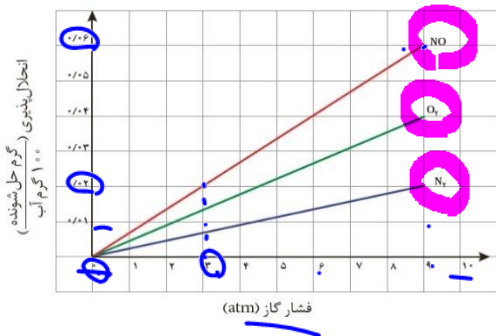
### عوامل موثر در انحلال گازها

۱- دما: انحلال یک گاز با دما رابطه عکس دارد. زیرا انحلال گازها گرماده می باشد.

۲- فشار: انحلال یک گاز با فشار رابطه مستقیم و خطی دارد. قانون هنری: در دمای ثابت، انحلال یک گاز با افزایش فشار، افزایش می یابد.



Dr. Hasan Poloei

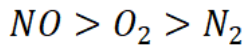


نکته ۱: انحلال پذیری هر گازی در آب در فشار صفر atm ، صفر می باشد.

نکته ۲: تاثیر فشار بر انحلال پذیری هر گازی در آب، خطی می باشد. بنابراین

اگر فشار، a برابر شود، انحلال پذیری گاز نیز a برابر می شود.

نکته ۳: ترتیب افزایش فشار شیب روی سه گاز نمودار فوق حفظ شود:



تست: کدام گزینه نادرست است؟

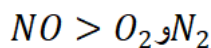
- ۱) در فشار ۵ اتمسفر و دمای برابر، انحلال پذیری محلول سیر شده:  $NO > O_2 > N_2$  ✓
- ۲) اگر انحلال پذیری گازی در فشار ۲ atm برابر ۰/۰۵ گرم باشد، انحلال آن در دمای ثابت و فشار ۸ atm برابر ۰/۲ گرم خواهد بود. ✓
- ۳) اگر انحلال پذیری گازی در دمای ۱۰ °C و فشار ۴ atm برابر گرم باشد، انحلال پذیری آن در دمای ۲۰ °C و فشار ۱۲ atm کمتر از ۱۵ گرم خواهد بود. ✓
- ۴) مقدار گازهای حل شده در بدن انسان، با صعود به ارتفاعات و شنادر عمق آب کاهش می یابد. ✗

۳- مقدار نمک های موجود در آب: انحلال پذیری یک گاز با مقدار نمک های مختلف موجود در آب رابطه عکس دارد.

به عنوان مثال با افزودن نمک طعام به نوشابه، مقداری از گاز محلول آن به شکل نامحلول درآمده و خارج می شود. به همین دلیل انحلال پذیری و مقدار اکسیژن محلول در آب های شیرین بیشتر از آب های شور می باشد. علت: نیروی یون - دو قطبی بین یون های نمکها و آب بسیار قوی تر از نیروی بین مولکولی بین مولکول گاز و آب می باشد. در نتیجه در صورت اضافه شدن نمک در آب، مولکول های آب از مولکول های گاز جدا شده و به یون های نمک متصل شده و در نتیجه مولکول های گازی از محلول خارج می شوند.

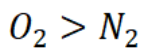
۴- میزان قطبیت مولکول گاز:

با توجه به قطبی بودن مولکول های آب، بدیهی است طبق «شبيهه، شبيهه را حل می کند»، انحلال پذیری گاز قطبی در آب، بیشتر از گاز ناقطبی است.



۵- جرم مولی گاز:

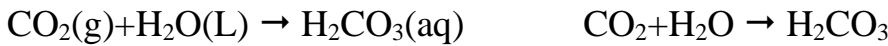
چنانچه دو گاز از نظر قطبیت یکسان باشند (هر دو قطبی و یا هر دو ناقطبی)، گازی که جرم مولی بیشتری دارد، انحلال پذیری بیشتری در آب دارد.



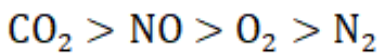
۶- نوع انحلال:

دسته‌ای از مولکول‌های گازی در آب به دو شکل مولکولی (فیزیکی) و یونی (شیمیایی) حل می‌شوند. در نتیجه انحلال پذیری این نوع گازها بیشتر از حالت معمول است.

مثال: گاز  $CO_2$  به مقدار کم با آب واکنش داده و  $H_2CO_3$  تولید می‌کند (شیمیایی)، هرچند بیشتر مولکول‌های  $CO_2$  بدون تغییر ماهیت و به همان شکل فیزیکی ( $CO_2(aq)$ ) در آب حل می‌شوند.



این عامل در کنار جرم مولی بیشتر  $CO_2$  نسبت به  $NO$  باعث می‌شود که انحلال گاز  $CO_2$  در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، از انحلال گاز  $NO$  بیشتر باشد (با آنکه گشتاور دو قبلی  $CO_2$  بر خلاف  $NO$  صفر است)



نکته: ترتیب انحلال گازهایی که در کتاب اشاره شده:

تست ۱: با توجه به جدول زیر، می‌توان دریافت که  $(H = 1, S = 32, Cl = 35.5 \frac{g}{mol})$

انحلال پذیری (g/100 gH<sub>2</sub>O) سه گاز در دماهای مختلف در فشار 1 atm

گاز	دما (°C)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
CO <sub>2</sub>		۰/۱۶۹	۰/۱۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸
H <sub>2</sub> S		۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۵
Cl <sub>2</sub>		۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۳

- محلول ۰/۰۵ مول گاز کلر در ۱۰۰ گرم آب در دمای  $60^\circ C$  سیر شده است. (ریاضی ۹۳)
- انحلال پذیری این گازها در دماهای داده شده به صورت  $CO_2 > Cl_2 > H_2S$  می‌باشد.
- محلول ۰/۰۱۵ مول گاز  $H_2S$  در ۳۰۰ گرم آب در دمای  $40^\circ C$  سیر نشده است.
- تاثیر افزایش دما بر نسبت غلظت مولار گاز  $CO_2$  (در  $20^\circ C$  نسبت به  $60^\circ C$ ) در مقایسه با دو گاز دیگر، کم‌تر است.

تست ۲: چند مورد از مطالب زیر درباره انحلال پذیری گازها درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

- روند کلی تاثیر کاهش دما بر افزایش انحلال پذیری گازهای  $O_2$  و  $N_2$  مشابه است.
- تاثیر افزایش فشار بر انحلال پذیری گاز  $NO$ ، در مقایسه با انحلال پذیری گاز  $N_2$  بیشتر است.
- در شرایط یکسان انحلال پذیری گاز  $NO$  (مولکول قطبی)، بیشتر از انحلال گاز  $CO_2$  (مولکول ناقطبی) است.
- در دما و فشار معین، انحلال پذیری گازهای  $O_2$  و  $N_2$  می‌تواند به ترتیب  $3/75$  و  $2/5$  میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



تست ۳: کدام موارد از مطالب زیر درست است؟ (تجربی ۱۴۰۱)

- الف- روش تجربی، مناسب‌ترین روش تعیین انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب است.  
 ب- نمودار انحلال‌پذیری - دما برای یک ترتیب یونی در آب، می‌تواند به صورت خطی باشد.  
 پ- قانون هنری نشان می‌دهد که تغییر فشار بر انحلال‌پذیری گاز با مولکول قطبی نسبت به انحلال‌پذیری گازها با مولکول نا قطبی، تاثیر بیشتری دارد.  
 ت- هنگام انحلال اتانول در آب، سر قطبی حل شونده از یک سر و سر نا قطبی آن از سوی دیگر، با مولکول‌های آب پیوند می‌دهد.

- (۱) پ، ت                      (۲) ب، ت                      (۳) الف، پ                      (۴) الف، ب

نکاتی در مورد یون پتاسیم ( $K^+$ ):

- ۱- یون‌های  $K^+, Na^+, Cl^-$  محیط شیمیایی مناسب برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی در بدن را فراهم می‌کنند.
- ۲- خستگی حاصل از انجام فعالیت بدنی به دلیل کاهش چشمگیر این نوع یون‌ها در بدن ایجاد می‌شود که ورزشکاران با نوشیدن نوشیدنی‌های ویژه‌ای از افت این الکترولیت‌ها جلوگیری می‌کنند.
- ۳- یون  $K^+$  یکی از مهم‌ترین یون‌ها در مایع‌های بدن است.
- ۴- نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به  $K^+$  دو برابر  $Na^+$  است.
- ۵- چون بیشتر مواد غذایی حاوی  $K^+$  می‌باشند کمبود آن به ندرت اتفاق می‌افتد.
- ۶- یون  $K^+$  برای تنظیم مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است و انتقال پیام‌های عصبی بدون آن غیر ممکن است. در نتیجه اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و در موارد شدید گاهی منجر به مرگ می‌شود.

### ردپای آب



**تعریف:** ردپای آب برای هر فرد نشان می‌دهد که هر فرد چه مقدار آب قابل استفاده و در دسترس را (بطور مستقیم یا غیر مستقیم) در یک بازه‌ی زمانی معین مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود.

مقدار «ردپای آب» برای هر فرد برابر با مجموع دو دسته زیر است:



ردپای آب برای تولید برخی فرآورده‌ها

**الف)** آب مصرفی در فعالیت‌های روزانه: مقدار آبی است که هر فرد به شکل نوشیدن، استحمام، شستشوی لباس و ... مصرف می‌کند (حدود ۳۵۰ لیتر).

**ب)** آب مصرفی که در تولید کالاهای مختلف فرد نیاز

است: مقدار آبی است که برای هر فرد در تولید کالاهایی مانند پوشاک، کفش، غذا و ... مصرف می‌شود. بدیهی است هر چه مصرف این کالاها بیشتر باشد، «ردپای آب» فرد نیز بزرگتر است.

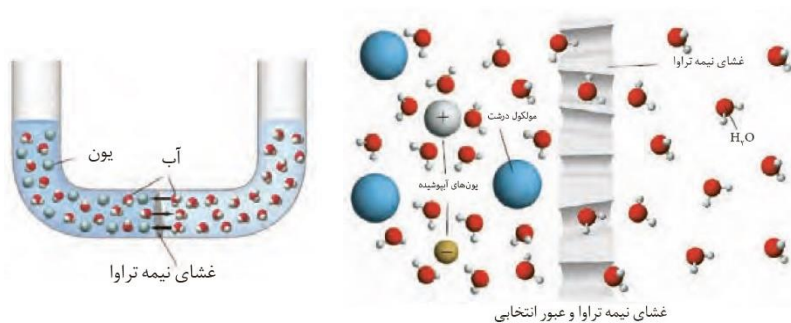
**نکته ۱:** ردپای آب سالیانه‌ی هر فرد حدود ۱ میلیون لیتر است.

**نکته ۲:** همه‌ی آب مصرفی در همه‌ی صنایع از منابع آب شیرین می‌باشند. صنعت کشاورزی در میان

### اسمز (گذرندگی)

صنایع مختلف بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد.

**تعریف:** فرآیندی است که طی آن مولکول‌های یک حلال (مانند آب)، از طریق یک غشای نیمه تراوا از یک محلول با غلظت پایین‌تر به محلولی با غلظت بالاتر جابجا می‌شوند (خود بخودی)



**غشای نیمه تراوا: دیواره‌ای** است که روزنه‌ها و سوراخ‌های بسیار ریز دارد و فقط اجازه‌ی عبور برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک (مانند آب و برخی یون‌ها) را می‌دهد.

۱- متورم شدن حبوبات و میوه‌های خشک با قرار دادن آنها در آب، مثالی از پدیده اسمز می‌باشد. زیرا با قرار دادن آنها در آب، مولکول‌های آب خود به خود از روزنه‌های ریز دیواره سلول‌ها از محیط رقیق‌تر (آب) وارد محیط غلیظ‌تر (درون سلول‌ها) حرکت می‌کنند. البته حرکت مولکول‌های آب در دو جهت اتفاق می‌افتد اما برآیند آن در جهت ورود به درون سلول‌ها می‌باشد. البته در این فرآیند برخی نمک‌ها و ویتامین‌ها نیز وارد آب می‌شوند.

۲- علت چروکیدگی خیار در آب شور نیز به دلیل پدیده اسمز است. زیرا غلظت نمک در آب شور بیشتر از غلظت نمک در درون سلول‌های خیار بوده و در نتیجه مولکول‌های آب از خیار به سمت آب شور حرکت کرده و به تدریج خیار چروکیدگی می‌شود.



شکل ۲۵. نمونه‌هایی از پدیده اسمز در زندگی روزانه

۳- حرکت مولکول‌های آب از غشای نیمه تراوا دو طرفه است، اما جابجایی مولکول‌های آب در یک جهت بیشتر می‌باشد، و بعد از مدتی سرعت این فرآیند دو طرفه برابر خواهد شد (تعادل).

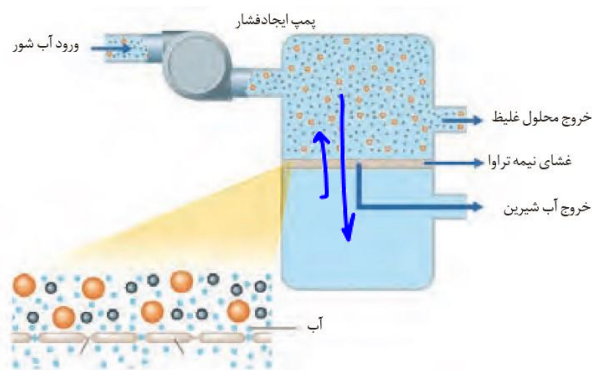
۴- در انتهای فرایند اسمز (ایجاد تعادل) ممکن است غلظت محلول‌های دو طرف غشای نیمه تراوا یکسان شوند و یا یکسان نشوند.

### اسمز معکوس

تعریف: فرآیندی غیر خود بخودی است که با اعمال فشار بر محلول غلیظ‌تر، مولکول‌های آب بر خلاف روند اسمز و از محیط غلیظ‌تر به محیط رقیق‌تر حرکت می‌کنند.



تولید آب شیرین از آب دریا به کمک اسمز معکوس:

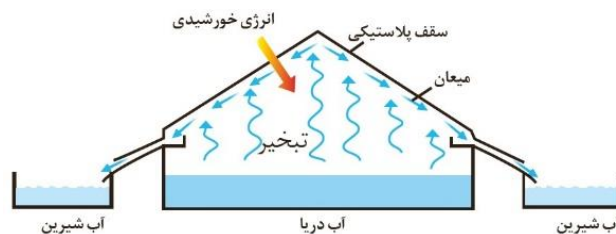


طبق شکل، ابتدا آب دریا را از قسمت بالایی وارد کرده و پمپ ایجاد فشار باعث افزایش فشار آب شور و عبور مولکول‌های آب از آب شور به آب شیرین می‌شود (اسمز معکوس) (کیفیت آب بر مدت زمان استفاده موثر از غشای نیمه تراوا نقش اساسی دارد).

### روش‌های شیرین‌سازی و تصفیه‌ی آب

۱- تقطیر: به عمل هم زمان تبخیر و میعان تقطیر گویند.

در عمل شیرین‌سازی آب دریا به روش تقطیر، طبق شکل، انرژی خورشیدی باعث تبخیر مولکول‌های آب شده و در اثر برخورد آن‌ها به سقف شیشه‌ای، عمل میعان اتفاق افتاده و آب تقریباً خالص و شیرین تولید می‌شود.



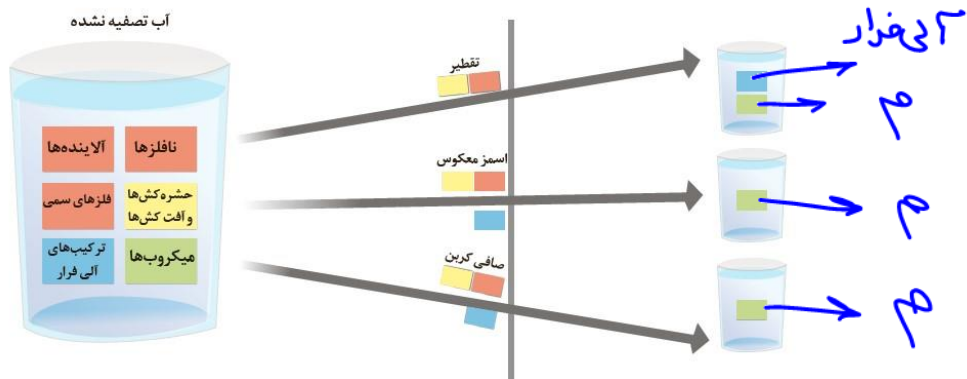
۲- اسمز معکوس

۳- صافی کربن: آب تصفیه نشده را از درون صافی‌هایی از جنس کربن متخلخل عبور داده و بسیاری از ناخالصی‌های آب توسط کربن جذب شده و در نتیجه آب تصفیه شده تولید می‌شود.

نکته ۱: طبق شکل زیر، آب تصفیه نشده ۶ دسته‌ی مهم ناخالصی دارد.

هیچکدام از سه روش قادر به جداسازی میکروب‌ها نمی‌باشند.

در روش تقطیر، علاوه بر میکروب، ترکیب‌های آلی فرار نیز وارد آب تصفیه شده می‌شوند.



نکته ۲: چون در هر سه روش تصفیه آب، میکروب‌ها وارد آب تصفیه شده می‌شوند، بنابراین آب تولید شده در هر سه روش را باید «کلرزنی» کرد تا میکروب‌ها از بین بروند.

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

- ردپای آب برای هر فرد برابر با مجموع آب مصرفی برای خوراک، شست‌وشو و ... و نیز آب مصرفی برای تولید کالاهایی است که فرد در یک بازه زمانی معین استفاده می‌کند. ✓
- در فرآیند اسمز بر خلاف اسمز معکوس در نهایت غلظت مواد در دو طرف غشای نیمه تراوا برابر می‌شود. ✗
- از غشای نیمه تراوا فقط مولکول‌های حلال (مانند آب) می‌توانند عبور کنند. ✗
- از میان شش دسته مهم از ناخالصی‌های آب تصفیه نشده، صافی کربنی می‌تواند چهار دسته را ✗ جذب کند.
- آب به دست آمده از روش تقطیر نسبت به دو روش دیگر خالص‌تر است. ✗

۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۱ (۱)

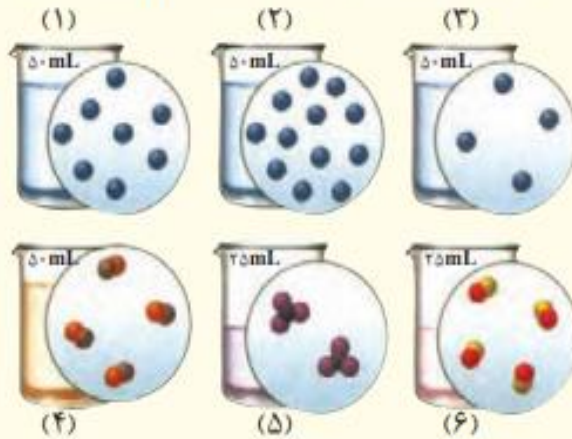
تست ۲: کدام مورد نادرست است؟ (تجربی ۱۴۰۲)

- ۱- با استفاده از روش اسمز معکوس می‌توان شیر را تغلیظ کرد.
- ۲- فرآیند اسمز، خود بخودی و فرآیند معکوس آن، غیر خود بخودی است.
- ۳- در فرآیند اسمز، در نهایت غلظت حل شونده در دو محیط جدا شده با غشای نیمه تراوا برابر می‌شود. (۳)
- ۴- کیفیت آب می‌تواند بر مدت زمان استفاده موثر از غشای نیمه تراوا برای شیرین‌سازی آب دریا در فرآیند اسمز معکوس، تاثیر بگذارد.



تمرین‌های دوره‌ای

۱- اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذره حل شونده هم‌ارز با  $0.2$  مول باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



(آ) کدام محلول غلیظ‌تر است؟ چرا؟

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

(پ) غلظت مولی محلول به دست آمده از مخلوط کردن محلول (۱) و (۳) را حساب کنید.

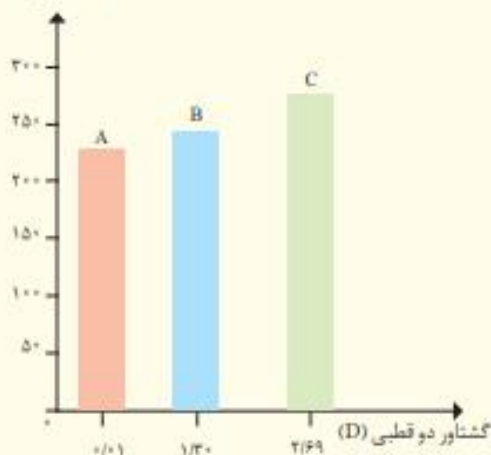
(ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن  $110$  میلی لیتر آب به آن حساب کنید.

(ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال  $0.2$  مول حل شونده به دست آورید (از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید).

۲- ادامه زندگی اغلب ماهی‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که غلظت اکسیژن محلول در آب بیشتر از  $5 \text{ ppm}$  باشد. با انجام

محاسبه مشخص کنید که آیا  $9 \text{ kg}$  آب حاوی  $67/5$  میلی گرم اکسیژن محلول برای ادامه زندگی ماهی‌ها مناسب است؟

نقطه جوش (K)



۳- با توجه به نمودار روبه‌رو به پرسش‌های مطرح شده پاسخ

دهید. جرم مولی هر سه ماده A، B، و C با یکدیگر برابر است.

(آ) جهت‌گیری و منظم شدن مولکول‌های کدام ترکیب در میدان

الکتریکی محسوس‌تر است؟ چرا؟

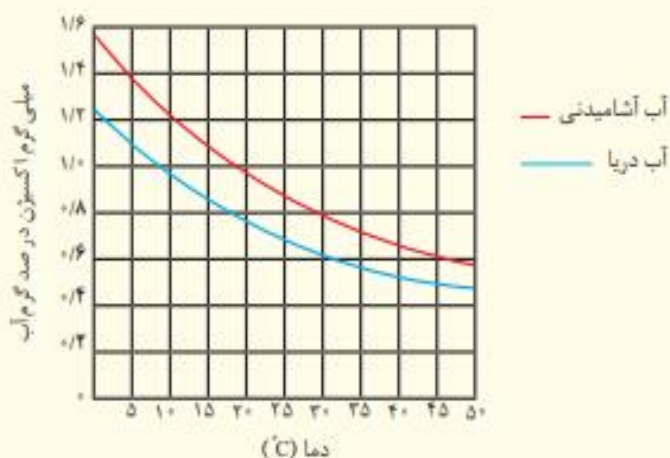
(ب) سه ترکیب داده شده را بر اساس کاهش قدرت نیروهای بین

مولکولی مرتب کنید؟

(پ) پیش‌بینی کنید کدام ماده در شرایط یکسان انحلال‌پذیری

بیشتری در هگزان دارد؟ چرا؟

۴- در نمودار زیر انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است.



ا) در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  انحلال پذیری گاز اکسیژن چقدر است؟

ب) با افزایش دما چه تغییری در مقدار حل شدن گاز اکسیژن مشاهده می شود؟

پ) آیا می توان گفت با افزایش مقدار نمک در آب، انحلال پذیری گاز اکسیژن کاهش می یابد؟ توضیح دهید.

۵- هر یک از شکل های زیر نمایی از آغاز و پایان آزمایشی برای درک مفهوم انحلال پذیری سه ماده در آب و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  است. نتیجه هر یک از این آزمایش ها را بنویسید.

افزودن تدریجی حل شونده	<p>۱ گرم شکر</p>	<p>۱۰ قطره روغن لایه روغن</p>	<p>۱۰ قطره اتانول</p>	آغاز
	<p>۳۰ گرم شکر ۹۵g حل شده</p> <p>(ا)</p>	<p>قطره های بیشتر روغن لایه روغن</p> <p>(ب)</p>	<p>قطره های بیشتر اتانول</p> <p>(پ)</p>	پایان

۶- هر یک از شکل‌های زیر، کاربردی از یک ترکیب یونی را نشان می‌دهد.



آ) کدام شکل کاربرد کلسیم سولفات و کدام شکل کاربرد آمونیوم نیترات را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
 ب) اگر انحلال‌پذیری کلسیم سولفات و آمونیوم نیترات در آب و دمای  $20^{\circ}\text{C}$  به ترتیب برابر با  $0.2$  و  $65/5$  گرم باشد، درصد جرمی محلول سیرشدهٔ هریک را در این دما حساب کنید.

۷- کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصلهٔ دورتر حس کنند. اگر یک قطره (۱/۱ گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم  $10^{14} \times 4$  لیتر پخش شود، این کوسه‌ها بوی خون را حس می‌کنند. حساب کنید حس بویایی این کوسه‌ها به حداقل چند ppm خون حساس است؟ (جرم یک لیتر آب دریا را یک کیلوگرم در نظر بگیرید).



تست جامع فصل



تست ۱: در یک ظرف دربسته مخلوطی شامل ۱/۸ مول متانول ( $CH_3OH$ ) و اتانول ( $C_2H_5OH$ ) با اکسیژن بطور کامل می‌سوزند. اگر حجم گاز  $CO_2$  تولید شده از سوختن متانول ۴۰٪ حجم گاز  $CO_2$  تولیدی از سوختن اتانول باشد، درصد جرمی متانول در مخلوط آغازین چند بوده و در شرایط STP چند لیتر گاز در ظرف واکنش وجود خواهد داشت؟ (تجربی ۱۴۰۲)

$$(H = 1, C = 12, O = 16, g.mol^{-1})$$

۱۶۵/۷، ۱۶۴/۳ (۴)      ۱۶۵/۷، ۳۵/۷ (۳)      ۶۲/۷۲، ۶۴/۳ (۲)      ۶۲/۷۲، ۳۵/۷ (۱)

تست ۲: شکل زیر، تغییر انحلال پذیری سه گاز با تغییر منشأ گاز در دمای ثابت می‌باشد. اگر در فشار  $\frac{a+b}{2}$  اتمسفر، مقدار عددی غلظت مولی NO به تقریب، برابر با مقدار عددی انحلال پذیری گاز  $N_2$  در فشار ۴/۵ اتمسفر باشد، انحلال پذیری گاز  $O_2$  در فشار  $a+b$  اتمسفر کدام است؟ (تجربی ۱۴۰۲)

$$(N = 14, O = 16 g.mol^{-1})$$

۰/۴۰ (۱)      ۰/۰۳۵ (۲)

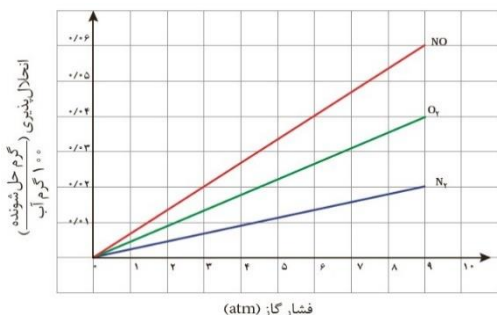
۰/۰۳۰ (۳)      ۰/۰۲۳ (۴)

تست ۳: غلظت محلول  $MnO_3$  برابر ۱۷۰ ppm است. اگر شمار مول های نمک در ۲۰۰ گرم محلول آن، به تقریب  $6 \times 10^{-4}$  باشد، فلز  $M$  کدام است؟ (تجربی ۱۴۰۲)

۱ Li (۱)      ۲۳ Na (۲)      ۳۹ K (۳)      ۱۰۸ Ag (۴)

تست ۴: با توجه به ویژگی‌های مولکول‌های آب و هیدروژن سولفید، کدام مورد درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۲)

- ۱) تفاوت نیروی جاذبه موجود بین مولکول‌ها، مهم ترین عامل تفاوت نقطه جوش آن‌هاست.
- ۲) تفاوت در ساختار مولکولی، یکی از مهم ترین عوامل تعیین کننده‌ی تفاوت نقطه جوش در مولکول است.
- ۳) تفاوت شعاع اتمی و جرم مولی اتم‌های مرکزی، نقش بسزایی در تعیین تفاوت نقطه جوش در مولکول دارد.
- ۴) تفاوت قطبیت دو مولکول، مانند تفاوت قطبیت مولکول - های  $CO_2$  و  $CS_2$  است و نقشی در تعیین نقطه جوش آنها ندارد.



تست ۵: اگر  $M, D, A$  سه ماده غیرگازی شکل باشند و در



واکنش زیر، یک محلول به یک مخلوط تبدیل شود، کدام مقایسه درباره انحلال پذیری این سه ماده درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۲)  $A + D \rightarrow M + H_2O(L)$

- (۱)  $M < A < D$       (۲)  $A > M > D$       (۳)  $M < A, D$       (۴)  $M > A, D$

تست ۶: مقدار کافی باریم کلرید با ۲۰۰ گرم محلول سدیم سولفات ده درصد جرمی واکنش می دهد و سدیم کلرید ، یکی از فراورده های این واکنش است. با توجه به آن، کدام مطلب درست است؟ ( از تغییر حجم محلول چشم پوشی شود،  $O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35/5, Ba = 137: g.mol^{-1}$  (ریاضی ۹۹)

- (۱) به تقریب ۳۲/۸ گرم باریم سولفات بدست می آید.  
 (۲) به تقریب ۱/۱۷ مول فراورده محلول در آب تشکیل می شود.  
 (۳) در این واکنش، شماره  $1/7 \times 10^{22}$  یون کلرید مصرف می شود.  
 (۴) نیروی جاذبه یون- دو قطبی قوی سبب انحلال فراورده ها در آب می شوند.

تست ۷: کدام مطلب زیر، درست است؟ (ریاضی ۹۹)

- (۱) ترتیب نقطه جوش  $ASH_3 > PH_3, NH_3$  ، به صورت  $ASH_3 > PH_3 > NH_3$  است.  
 (۲) مولکول های آب و استون ، هر دو قطبی اند، جرم مولی استون بیشتر و نقطه جوش آن بالاتر است.  
 (۳) یخ ساختار سه بعدی دارد و در آن هر مولکول آب، با چهار مولکول دیگر آب با پیوند اشتراکی متصل است.  
 (۴) موادی که در مولکول آن ها ، اتم هیدروژن با اتم هایی مانند اکسیژن و فنونور پیوند دارند، نقطه جوش بالاتر از ترکیب های هیدروژن دار مشابه دارند.

تست ۸: چند مورد از مطالب زیر درست است؟ (ریاضی ۹۹)

- انحلال گازها در آب، گرماده است.
  - در اثر انحلال مواد آلی در آب ،ممکن است مخلوط همگن یا ناهمگن ایجاد کنند.
  - افزایش فشار و دما، روی انحلال پذیری گازها در آب، عکس یکدیگر عمل می کند.
  - کاهش دما ، انحلال پذیری لیتیم سولفات و پتاسیم نترات را در اب، افزایش می دهد.
- (۱) ۲(۲)      ۳(۳)      ۴(۴)