

درصد جرمی

درصد جرمی: درصد جرمی را با نماد $W/W\%$ نمایش می‌دهند که برابر شمار قسمت‌های حل شونده در 100 قسمت محلول می‌باشد.

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

تست ✓

۱) 5 گرم سود با خلوص 80% درصد را در 20 گرم آب حل می‌کنیم. درصد جرمی سود در این محلول کدام است؟

۱۶ (۱) $16/6$ (۲) $15/7$ (۳) 15 (۴)

تست ✓

۲) 36 گرم آب چند گرم سود حل کنیم تا درصد جرمی سود در این محلول برابر 10% شود؟

40 (۱) 4 (۲) 6 (۳) 36 (۴)

تست ✓

۳) اگر 400 میلی‌گرم ید در 31 میلی‌لیتر کربن تتراکلرید حل شود، درصد جرمی ید در محلول حاصل کدام است؟
(چگالی کربن تتراکلرید را برابر $1/6 \text{ g.cm}^{-3}$ در نظر بگیرید.)

$0/8$ (۱) $0/6$ (۲) $1/2$ (۳) $2/4$ (۴)

تست ✓

۴) چند گرم کلسیم برمید به ۸۰ گرم محلول ۴۰٪ جرمی آن اضافه کنیم تا درصد جرمی محلول به ۶۰٪ افزایش یابد؟

۱۶(۱) ۴۰(۲) ۳۲(۳) ۶۰(۴)

تست ✓

۵) دو محلول شامل آب و متانول، اولی دارای ۴۰ درصد و دومی دارای ۷۰ درصد جرمی از متانول، موجود است. اگر ۲۰۰ گرم از محلول اول با ۳۰۰ گرم از محلول دوم با یکدیگر مخلوط شوند، درصد جرمی متانول در محلول به دست آمده به تقریب کدام است؟

۴۹(۱) ۵۸(۲) ۶۱(۳) ۶۵(۴)

⇒ قسمت در میلیون (ppm) ⇐

قسمت در میلیون (ppm): نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد.

📌 نکته از ppm برای بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا استفاده می‌کنند.

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

۶ با توجه به فرمولهای زیر عدد ضرب شده در هر کسر را مشخص کنید.

$$\text{ppm} = \frac{\text{کیلوگرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times \boxed{}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times \boxed{}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}} \times \boxed{}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{تن محلول}} \times \boxed{}$$

$$\text{ppm} = \text{درصد جرمی} \times \boxed{}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \times \boxed{}$$

۷ ۱۰۰ گرم محلول نقره سولفات ۱۵/۶ ppm، شامل چند مول از این نمک است؟

($\text{Ag} = 108, \text{S} = 32, \text{O} = 16: \text{g.mol}^{-1}$)

$$15/6 \times 10^{-4} \text{ (۴)}$$

$$12/3 \times 10^{-3} \text{ (۳)}$$

$$5 \times 10^{-6} \text{ (۲)}$$

$$2 \times 10^{-5} \text{ (۱)}$$

۸ یک صافی آب آشامیدنی، ظرفیت جذب حداکثر ۳ مول یون نیترات را از آب دارد. با استفاده از این صافی حداکثر می توان چند لیتر آب شهری دارای ۱۰۰ ppm یون نیترات را به طور کامل تصفیه کرد؟

($\text{O} = 16, \text{N} = 14: \text{g.mol}^{-1}$ و $\text{چگالی آب} = 1 \text{ g.mL}^{-1}$)

$$400 \text{ (۴)}$$

$$800 \text{ (۳)}$$

$$160 \text{ (۲)}$$

$$1860 \text{ (۱)}$$

✓ تست

۹) ۲/۱۲ گرم Na_2CO_3 در ۵ کیلوگرم محلول آن حل شده است. غلظت یون Na^+ در این محلول چند ppm است؟
($\text{Na} = 23, \text{C} = 12, \text{O} = 16 : \text{g.mol}^{-1}$)

۱/۸۴ (۴)

۹۲ (۳)

۱۸۴ (۲)

۰/۹۲ (۱)

✓ تست

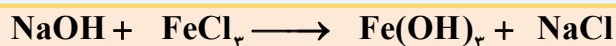
۱۰) ۱۰ گرم محلول سدیم هیدروکسید با غلظت ppm ۱۲۰ با چند مول آهن (III) کلرید واکنش کامل می دهد؟
($\text{O} = 16, \text{H} = 1, \text{Na} = 23 : \text{g.mol}^{-1}$)

2×10^{-5} (۴)

1×10^{-5} (۳)

4×10^{-3} (۲)

1×10^{-3} (۱)



✓ تست

۱۱) یک نمونه سوخت دارای ۹۶ ppm گوگرد است. سوختن هر تن از آن چند گرم سولفوریک اسید به محیط زیست وارد می کند؟ (هر مول گوگرد، یک مول سولفوریک اسید تولید می کند).
($\text{S} = 32, \text{O} = 16, \text{H} = 1 : \text{g.mol}^{-1}$)

۲۴ (۴)

۲۹/۴ (۳)

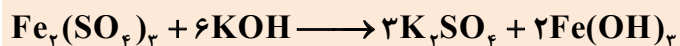
۲۴۰ (۲)

۲۹۴ (۱)

تست ✓

۱۲) ۱۰۰ گرم محلول پتاسیم هیدروکسید با غلظت ۸۴۰ ppm در واکنش کامل با محلول آهن (III) سولفات، چند مول رسوب آهن (III) هیدروکسید تشکیل می‌دهد؟ ($K = ۳۹$, $O = ۱۶$, $H = ۱: g.mol^{-1}$)

(۱) ۵×10^{-۳} (۲) ۲×10^{-۳} (۳) ۵×10^{-۴} (۴) ۲×10^{-۴}



تست ✓

۱۳) در محلول ۱۲۷۸٪ درصد جرمی آلومینیم نیترات، غلظت یون نیترات، چند ppm است؟ ($Al = ۲۷$, $O = ۱۶$, $N = ۱۴$)

(۱) ۱۲۷۸ (۲) ۱۱۶۰ (۳) ۱۱۱۶ (۴) ۱۱۶۱

غلظت مولی (مولار)

غلظت مولی (مولار): نشان دهنده تعداد مول حل شونده در یک لیتر محلول است و دارای واحد $mol.L^{-1}$ می‌باشد

$$غلظت\ مولی = \frac{تعداد\ مول\ ماده\ بر\ حسب\ مول}{حجم\ محلول\ بر\ حسب\ لیتر}$$

$$غلظت\ مولی = \frac{۱۰ad}{جرم\ مولی}$$

پرجاربردترین غلظت در محلول‌ها غلظت مولار است؛ زیرا شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را بر حسب مول بیان می‌کنند و اندازه‌گیری حجم یک مایع نسبت به جرم آن کار ساده‌تری است.

✓ تست

۱۴ در ۲۵ میلی لیتر محلول ۳۴ درصد جرمی آمونیاک با چگالی 0.98 g.mL^{-1} ، چند مول آمونیاک وجود دارد و این محلول چند مولار است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید). ($H = 1, N = 14 : \text{g.mol}^{-1}$)

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

✓ تست

۱۵ با ۸۰ گرم محلول ۳۶/۵ درصد جرمی هیدروکلریک اسید، چند میلی لیتر محلول $2/3 \text{ mol.L}^{-1}$ آن را می‌توان تهیه کرد؟ ($H = 1, Cl = 35.5 : \text{g.mol}^{-1}$)

۲۵۰ (۱) ۲۰۰ (۲) ۱۵۰ (۳) ۱۰۰ (۴)

✓ تست

۱۶ با ۸۴ گرم محلول ۲۰ درصد جرمی سدیم هیدروکسید، چند میلی لیتر محلول $2/5 \text{ mol.L}^{-1}$ آن را می‌توان تهیه کرد؟ ($H = 1, O = 16, Na = 23 : \text{g.mol}^{-1}$)

۱۶/۸ (۱) ۱۶۸ (۲) ۴/۲ (۳) ۴۲ (۴)

✓ تست

۱۷ محلول ۶ مولار سولفوریک اسید با چگالی 1.2 g.mL^{-1} دارای چه غلظتی بر حسب ppm است؟ ($H = 1, O = 16, S = 32 : \text{g.mol}^{-1}$)

۴۹۰۰۰ (۱) ۹۸۰۰۰ (۲) ۹۸۰۰۰۰ (۳) ۴۹۰۰۰۰ (۴)

۱۸) چنانچه ۳ لیتر محلول ۰/۲ مولار سدیم سولفات را با یک لیتر محلول ۰/۶ مولار سدیم نیترات مخلوط کنیم غلظت یون های Na^+ و SO_4^{2-} در محلول نهایی به ترتیب چند مول بر لیتر است؟

۰/۱۵ - ۰/۴۵ (۱) ۰/۳ - ۰/۱۵ (۲) ۰/۴۵ (۳) - ۰/۱۲ ۰/۳ (۴) - ۰/۱۲



- موارد زیر را به خاطر بسپارید.
- دستگاه اندازه گیری قند خون را **گلوکومتر** می نامند.
 - عددی که روی صفحه ی نمایش گلوکومتر ظاهر می شود بیانگر مقدار گلوکوز (برحسب میلی گرم) در یک دسی لیتر (dL) از خون است.
 - فرمول شیمیایی **گلوکز** که نوعی قند است به صورت $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ می باشد.
 - هر دسی لیتر (dL)، معادل ۱۰۰ mL یا ۰/۱ لیتر است.

$$1 \text{ dL} = 100 \text{ mL} = 0.1 \text{ L}$$

= غلظت قند خون برحسب ppm

= غلظت قند خون برحسب مولار

۱۹) باتوجه به شکل مقابل که دستگاه اندازه گیری قند خون را نشان می دهد، غلظت مولی گلوکوز در این نمونه از خون چند مولار است؟ ($\text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{O} = 16: \text{g.mol}^{-1}$)



- ۰/۰۲ (۱) ۰/۰۲ (۲) ۰/۰۵ (۳) ۰/۰۵ (۴)

تست

۲۰ مولاریته گلوکز در خون فردی 3×10^{-2} گزارش شده است. قطره‌ای از خون این فرد را روی گلوکومتر می‌اندازیم، دستگاه چه عددی را نشان می‌دهد؟

۴۵۰(۴)

۴۵(۳)

۵۴۰(۲)

۵۴(۱)



مسایل مخلوط کردن



بر روی یک محلول آب میریزیم.

مسایل مخلوط کردن

بر روی یک محلول همان محلول یا ماده موجود در آن محلول را میریزیم.

تمرین

۲۱ برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۹ مولار سولفوریک اسید از محلول ۱۸ مولار سولفوریک اسید، به چند میلی لیتر آب نیاز است؟

تمرین

۲۲ به ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر چند میلی لیتر محلول ۴ مولار سود اضافه کنیم تا محلولی به غلظت ۱/۶ مولار تهیه شود؟



تمرین ✓

۲۳ غلظت مولی محلول به دست آمده از مخلوط کردن ۵۰ میلی لیتر محلول ۳/۲ مولار پتاس با ۱۵۰ میلی لیتر از محلول ۱/۶ مولار آن، چند مول بر لیتر است؟

تمرین ✓

۲۴ به ۲۵ میلی لیتر محلول ۱/۶ مولار سدیم کلرید، ۰/۰۲ مول نمک خوراکی اضافه می‌کنیم. مولاریته‌ی محلول حاصل چقدر است؟

تمرین ✓

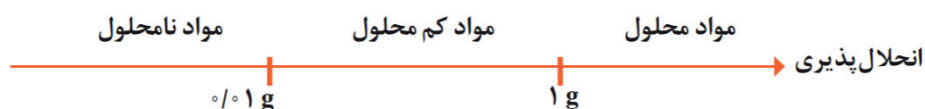
۲۵ چند میلی لیتر از محلول ۱/۲ مولار سود را به ۳۰۰ میلی لیتر محلول ۲/۲ مولار سود اضافه کنیم تا مولاریته‌ی محلول حاصل ۱/۸ مول بر لیتر شود؟

انحلال پذیری

انحلال پذیری: بیشترین مقدار از یک حل شونده بر حسب گرم، که در دمای معین در ۱۰۰ گرم حلال (آب) حل می شود، انحلال پذیری نام دارد.

توجه در تعریف بالا واژه بیشترین نشان دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است؛ یعنی محلولی که نمی تواند حل شونده بیشتری را در خود حل کند.

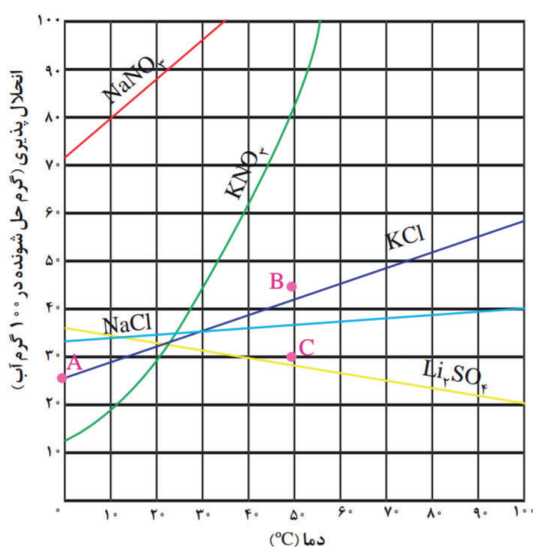
شیمی دان ها مواد حل شونده جامد را بر اساس انحلال پذیری در آب و دمای معین به صورت زیر دسته بندی می کنند.



بد نیست مواد نامحلولی که تا این جای کتاب با آنها آشنا شده ایم را در جدول زیر مرور کنیم:

ماده نامحلول	کلسیم فسفات	نقره کلرید	باریم سولفات	منیزیم هیدروکسید	آهن (II) اکسید	کلسیم کربنات
رنگ	سفید	سفید	سفید	سفید	قهوه ای	سفید

نکته کلسیم سولفات (CaSO_4) یک ماده کم محلول است؛ یعنی انحلال پذیری آن در ۱۰۰ گرم آب بین ۰/۱ تا ۱ گرم است.



دما بیشترین تاثیر را روی انحلال پذیری KNO_3 و کم ترین تاثیر را روی انحلال پذیری NaCl دارد.

نقاط می توانند روی نمودار، زیر نمودار و یا بالای نمودار باشند:

نقطه روی نمودار (مانند A برای نمودار KCl): نشان دهنده محلول سیر شده است.

نقطه زیر نمودار (مانند نقطه C برای نمودار KCl): نشان دهنده محلول سیر نشده است.

نقطه بالا نمودار (مانند نقطه B برای نمودار KCl): نشان دهنده محلول فرا سیر شده است.

مسایل انحلال پذیری

✓ تست

۲۶ اگر از ۲۸/۵ گرم محلول سیرشده‌ی پتاسیم نیترات در دمای معین، پس از تبخیر کامل، مقدار ۳/۵ گرم نمک خشک به دست آید، انحلال پذیری این نمک کدام است؟

۱۸ (۴)

۱۶ (۳)

۱۴ (۲)

۱۲ (۱)

✓ تست

۲۷ با توجه به شکل روبه‌رو در ۳۰ گرم محلول سیرشده‌ی KCl در دمای ۷۵ °C، به تقریب چند گرم از این نمک وجود

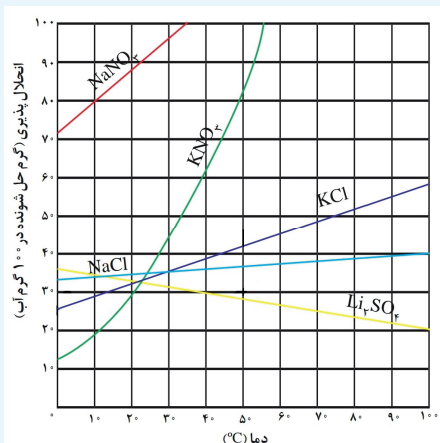
دارد؟

۶ (۱)

۸ (۲)

۱۰ (۳)

۱۲ (۴)



✓ تست

۲۸ با توجه به شکل روبه‌رو اگر ۱۹۰ گرم سدیم نیترات را در دمای ۲۳ °C در ۲۰۰ گرم آب بریزیم . پس از تشکیل

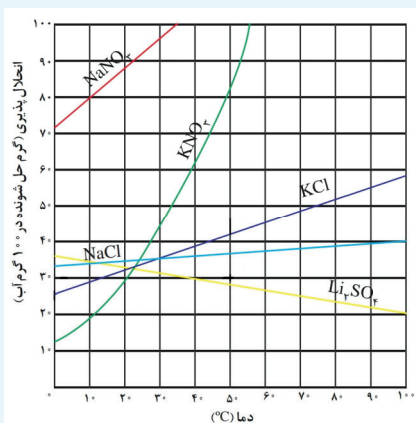
محلول سیر شده، چند گرم سدیم نیترات در ته ظرف باقی میماند؟

۲۰ (۱)

۵ (۲)

۱۰ (۳)

۱۵ (۴)



تست ✓

۲۹) با حل کردن ۱/۵ مول NH_4Cl در ۲۰۰ گرم آب در دمای ۱۰۰ درجه ی سانتی گراد محلولی سیرشده به دست می آید. انحلال پذیری این نمک کدام است؟ ($\text{Cl} = ۳۵/۵$, $\text{N} = ۱۴$, $\text{H} = ۱$: g.mol^{-1})

۱۵۷/۵ (۱) ۸۰/۲۵ (۲) ۴۰/۱۲۵ (۳) ۱۹/۷ (۴)

تست ✓

۳۰) انحلال پذیری KCl در دمای ۴۵°C برابر ۴۰ گرم و در دمای ۹۰°C برابر ۵۵ گرم است. اگر ۲۳۲/۵ گرم از این محلول را از دمای ۹۰ درجه تا دمای ۴۵ درجه سرد کنیم، چند گرم KCl رسوب می کند؟

۱۷ (۱) ۲۲/۵ (۲) ۱۵ (۳) ۷/۵ (۴)

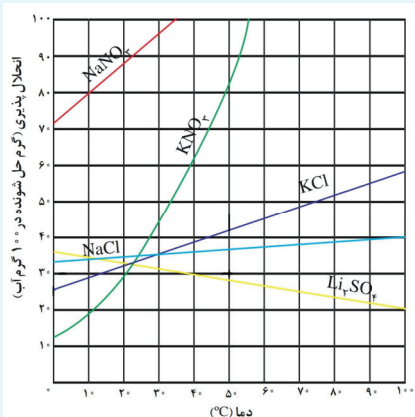
تست ✓

۳۱) انحلال پذیری KClO_3 در دمای ۷۵°C برابر ۶۰ گرم و در دمای ۲۵°C برابر ۵۴ گرم است. اگر ۴۰۰ گرم محلول سیرشده KClO_3 که در دمای ۷۵°C قرار دارد به سرعت سرد کنیم تا به دمای ۲۵°C برسد چند گرم رسوب تشکیل می شود؟

۱۷ (۱) ۲۲/۵ (۲) ۱۵ (۳) ۷/۵ (۴)

تست

۳۲ با توجه به شکل روبه‌رو اگر ۳۰ گرم محلول سیر شده پتاسیم کلرید را از دمای 75°C به 45°C سرد کنیم . چند گرم پتاسیم کلرید در ته ظرف باقی میماند؟



- (۱) ۲
(۲) ۵
(۳) ۱
(۴) ۶

تست

۳۳ انحلال پذیری پتاسیم دی کرومات در دمای 90°C برابر 70 گرم است. اگر 51 گرم محلول سیرشده‌ی آن در 90°C را تا دمای 35°C سرد کنیم، 15 گرم پتاسیم دی کرومات رسوب می‌کند. انحلال پذیری پتاسیم دی کرومات در دمای 35°C کدام است؟

(۴) $57/5$

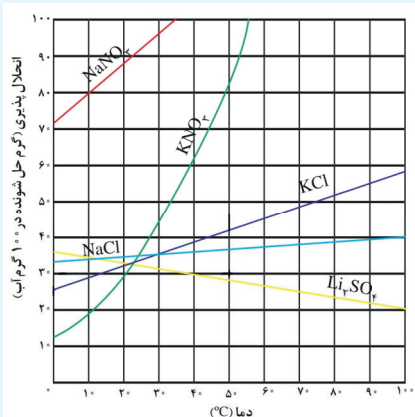
(۳) 42

(۲) 20

(۱) $16/66$

تست

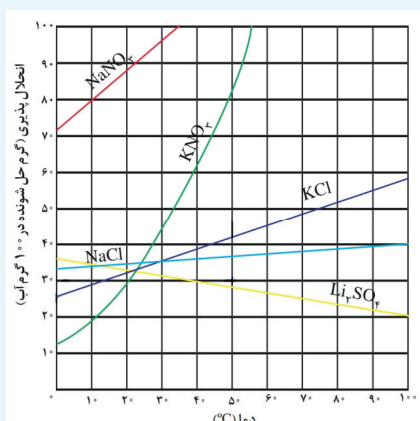
۳۴ با توجه به شکل روبه‌رو اگر 39 گرم محلول سیر شده لیتیم سولفات را از دمای 40°C تا 70°C گرم کنیم . برای انحلال نمک باقی مانده چند گرم آب باید اضافه کنیم؟



- (۱) ۱۲
(۲) ۵
(۳) ۱۰
(۴) ۶

تست

۳۵ با توجه به شکل روبه‌رو، اگر ۳۰ گرم محلول سیر شده پتاسیم کلرید را از دمای 75°C طوری سرد کنیم که پس از جدا کردن رسوبها ۲۸ گرم محلول باقی بماند، دمای نهایی محلول چند درجه است؟



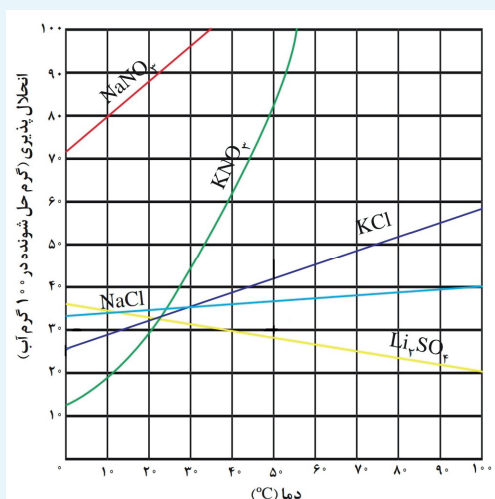
- (۱) ۴۰
(۲) ۵۰
(۳) ۴۵
(۴) ۵۵

تست

۳۶ محلولی از CaSO_4 در ۵۰۰ گرم آب در دمای معین، دارای یک گرم یون کلسیم است. چند گرم دیگر $\text{CaSO}_4(\text{s})$ در آن حل می‌شود؟ (انحلال‌پذیری CaSO_4 در این شرایط برابر $1/2$ گرم در ۱۰۰ گرم آب است).
($\text{Ca} = 40, \text{CaSO}_4 = 136 : \text{g.mol}^{-1}$)

- (۱) صفر (۲) $1/5$ (۳) $1/7$ (۴) $4/1$

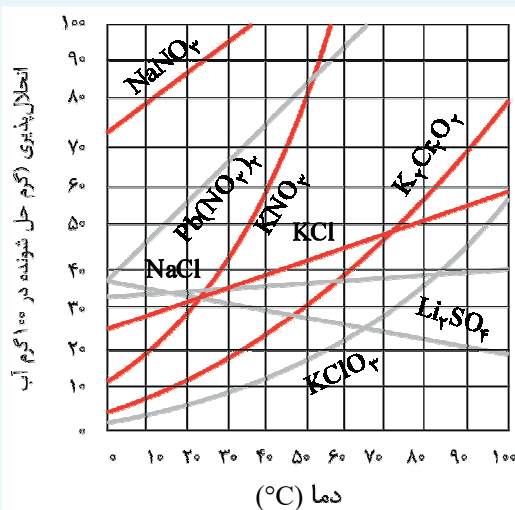
تست



۳۷ در چهار ظرف دارای ۳۰۰g آب در دمای 15°C ، به ترتیب از راست به چپ، ۱۰۰ گرم از ترکیب‌های (A) NaNO_3 ، (B) KCl ، (C) KNO_3 و (D) NaCl اضافه و پس از هم زدن، محلول از مواد جامد باقی مانده جداسازی شده است. ترتیب چگالی محلول‌های به دست آمده، کدام است؟ (از تغییر حجم حلال، چشم پوشی شود).

- (۱) $A > D > B > C$ (۲) $B > A > C > D$
(۳) $B > D > C > A$ (۴) $A > B > D > C$

تست ✓



۳۸ با توجه به نمودار روبه رو، با سرد کردن ۹۰۰ گرم محلول سیرشده‌ی $KClO_4$ از دمای $94^\circ C$ تا دمای $32^\circ C$ و جداسازی مواد جامد، وزن محلول باقی مانده به تقریب چند گرم خواهد بود؟

- ۵۵۰(۲) ۵۰۰(۱)
۶۶۰(۴) ۶۰۰(۳)

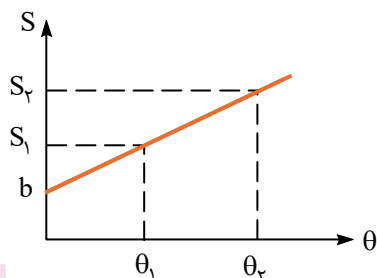
تست ✓

۳۹ محلول سیرشده‌ی نمکی با جرم مولی ۸۰ گرم و چگالی 1.2 g.mL^{-1} در دمای معین، تهیه شده است. اگر غلظت مولار آن در همان دما برابر $2/5 \text{ mol.L}^{-1}$ باشد، انحلال پذیری آن در دمای آزمایش، چند گرم در ۱۰۰ گرم آب است؟

- ۱۶(۴) ۲۰(۳) ۲۴(۲) ۳۰(۱)

کمی ریاضیات

اگر نمودار انحلال پذیری خطی باشد، نمودار S بر حسب θ می تواند به شکل زیر باشد که اطلاعات خوبی را می توان از آن به دست آورد.



$$y = ax + b$$

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

- (۱) انحلال پذیری در $\theta = 0$ به میزان b است.
- (۲) شیب خط نشان می‌دهد که با هر واحد افزایش دما انحلال پذیری چه مقدار تغییر می‌کند.
- (۳) این منحنی‌ها تا ابد ادامه ندارند؛ زیرا از یک نقطه به بعد محلول اشباع یا بخار می‌شود.
- (۴) اگر شیب منفی باشد نشان‌دهنده آن است که با افزایش دما انحلال پذیری کاهش می‌یابد.

تمرین ✓

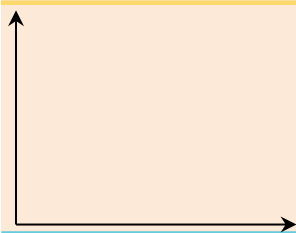
(۴۰) جدول زیر انحلال پذیری NaNO_3 را در دماهای گوناگون نشان می‌دهد. به سؤالات زیر پاسخ دهید.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S\left(\frac{\text{g NaNO}_3}{100 \text{ g H}_2\text{O}}\right)$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

آ - معادله این نمودار را به دست آورید.

ب - انحلال پذیری سدیم نیترات را در دمای 70°C پیش‌بینی کنید.

پ - معادله انحلال پذیری ماده X به صورت $S = 1/6\theta + 24$ است. موقعیت نمودار انحلال پذیری X نسبت به NaNO_3 را رسم کنید.



تمرین ✓

(۴۱) جدول زیر انحلال پذیری KCl را در دماهای گوناگون نشان می‌دهد. اگر در 71°C محلول پتاسیم کلرید 21°C گرم پتاسیم کلرید حل شده باشد. این محلول در چه دمایی سیر شده است.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	۰	۲۰	۶۰
$S\left(\frac{\text{g NaNO}_3}{100 \text{ g H}_2\text{O}}\right)$	۲۷	۳۳	۴۵

تست ✓

۴۲) انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای 10°C برابر با 80 گرم است. اگر درصد جرمی محلول سیرشده‌ی این ماده در دمای 35°C برابر با 50% باشد، معادله‌ی انحلال پذیری سدیم نیترات برحسب دما کدام است؟

$S = 1/25\theta + 75$ (۴)
 $S = 0/8\theta + 72$ (۳)
 $S = 1/25\theta + 72$ (۲)
 $S = 0/5\theta + 75$ (۱)

تست ✓

۴۳) اگر انحلال پذیری سدیم نیترات در دماهای 10°C و 20°C به ترتیب برابر با 80 و 88 گرم باشد، در دمای 5°C چند گرم سدیم نیترات می‌توان در 50 گرم آب حل کرد تا محلول سیرشده‌ای از آن به دست آید؟

76 (۴)
 72 (۳)
 38 (۲)
 36 (۱)

تست ✓

۴۴) معادله انحلال پذیری لیتیم سولفات برحسب دما به صورت $S = -0/15\theta + 36$ است. غلظت یون لیتیم در محلول سیرشده‌ی این ماده در دمای 20°C برحسب ppm به تقریب کدام است؟ ($S = 32, O = 16, Li = 7 : \text{g.mol}^{-1}$)

42000 (۴)
 36000 (۳)
 31000 (۲)
 24000 (۱)

قطبیت مواد

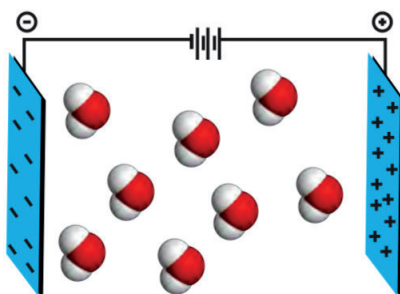
آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز در طبیعت یافت می‌شود. آب دارای ویژگی‌های شگفت‌انگیزی است که در زیر به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

۱- توانایی حل کردن اغلب مواد در خود

۲- افزایش یافتن حجم در هنگام انجماد

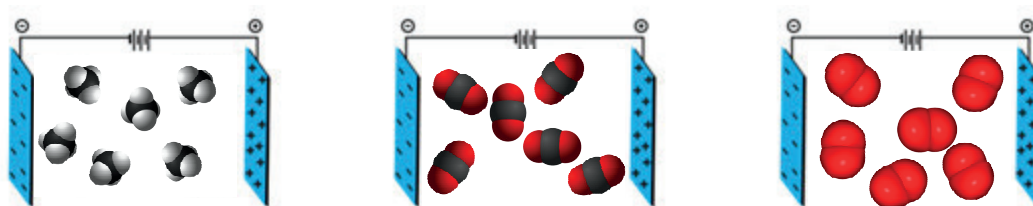
۳- شکل خمیده و V شکل

انواع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکولی آب، نقش تعیین کننده در خواص آن دارد. هنگامی که این مولکول‌ها در یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، جهت‌گیری می‌کنند.

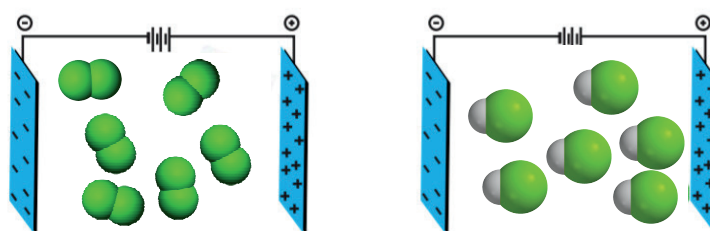


همانطور که در شکل می‌بینید اتم اکسیژن آب به سمت قطب مثبت و اتم‌های هیدروژن آن به سمت منفی جهت‌گیری کرده‌اند. این نشان می‌دهد که در مولکول آب، اتم اکسیژن سر منفی و اتم‌های هیدروژن، سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. شیمی‌دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب، مولکول‌های دو قطبی یا قطبی می‌گویند.

در شکل زیر مشخص است که مولکول‌های O_2 ، CO_2 ، CH_4 و F_2 ناقطبی و مولکول HCl قطبی است؛ زیرا در میدان مغناطیسی جهت‌گیری کرده است.

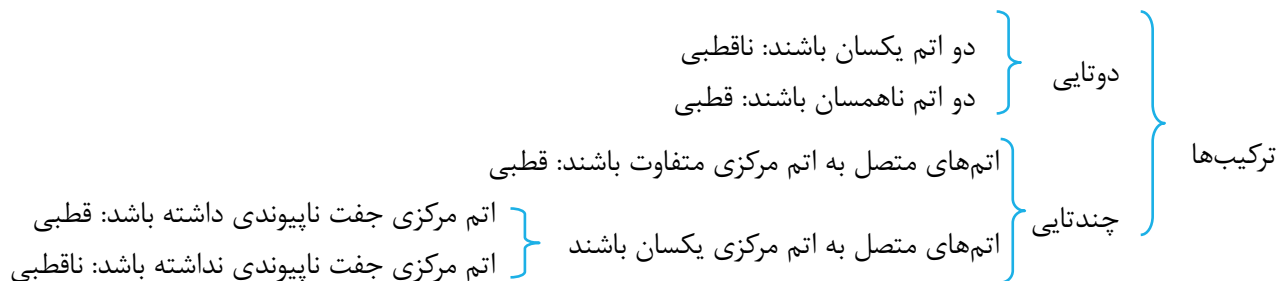


رفتار مولکول‌های O_2 ، CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی



رفتار مولکول‌های HCl و F_2

تعیین قطبی یا ناقطبی بودن مولکول



نکته برای تعیین وجود یا عدم وجود جفت الکترون روی اتم مرکزی از فرمول زیر استفاده می‌کنیم.

نکته تمامی هیدروکربن‌ها ناقطبی هستند.

تمرین

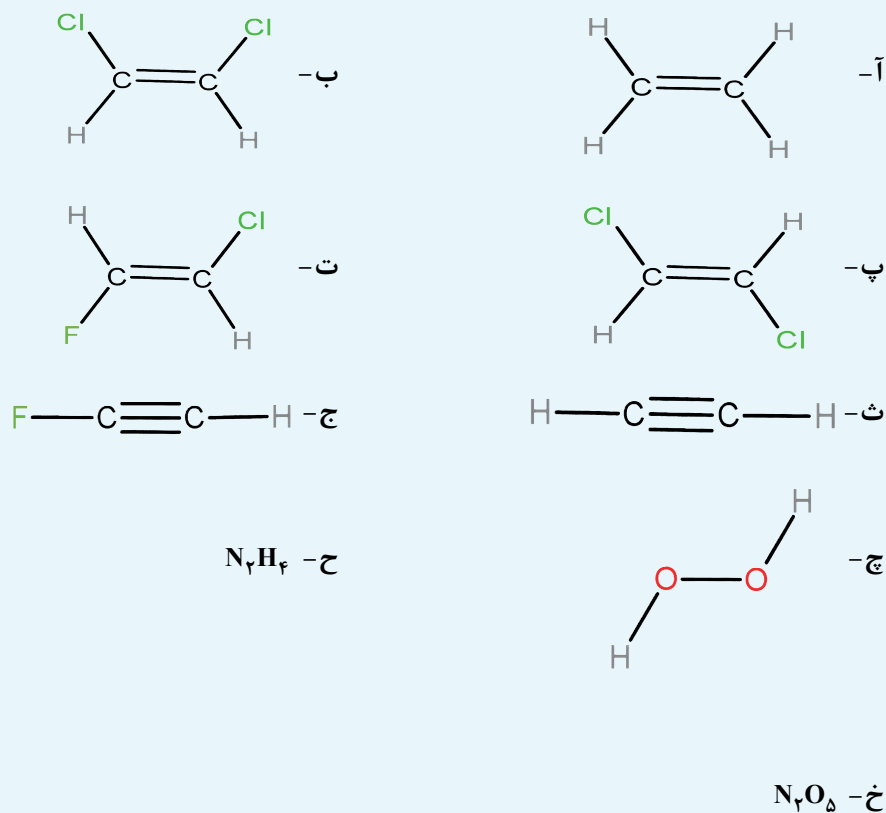
۴۵) قطبی یا ناقطبی بودن مولکول‌های زیر را تعیین کنید.

H_2O		SiCl_4		HCN	
SF_6		O_3		NH_3	
C_2H_4		N_2O		SCl_2	
SO_3		PCl_3		SO_2	
CH_2F_2					

نکته اگر مولکول‌های دوهسته‌ای به شما داده شد و قرار باشد که شما قطبی یا ناقطبی بودن مولکول را تعیین کنید، باید به روش زیر عمل کنیم:

- ۱ فرض کنید پیوندها طناب هستند و اتم‌های متصل به اتم مرکزی هم افرادی هستند که طناب‌ها را می‌کشند!
- ۲ زور هر فرد را به اندازه‌ی الکترون‌کشندگی (الکترونگاتیوی) آن اتم در نظر بگیرید.
- ۳ حالا طناب‌کشی را شروع کنید، اگر مولکول حرکت کرد، قطبی است و اگر حرکت نکرد، ناقطبی است.

۴۶ قطبی یا ناقطبی بودن مولکول‌های زیر را تعیین کنید.



نیروهای بین مولکولی

گشتاور دوقطبی (D)	نقطه‌ی جوش (°C)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	جرم مولی (g.mol ⁻¹)	قطبیت مولکول	مدل فضا پرکن	فرمول شیمیایی	ماده
۱/۸۵	۱۰۰	مایع	۱۸	قطبی		H ₂ O	آب
۰/۹۷	-۶۰	گاز	۳۴	قطبی		H ₂ S	هیدروژن سولفید

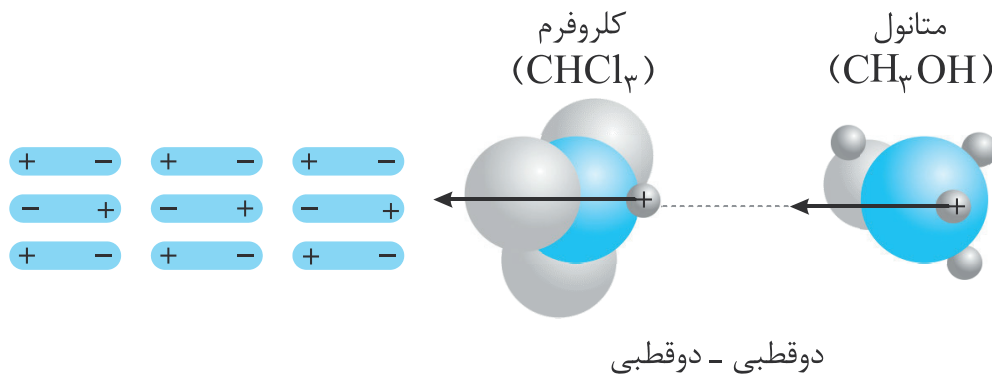
۱) نیروهای دوقطبی - دوقطبی؛ ۲) نیروهای هیدروژنی؛ ۳) نیروهای لوندون (دوقطبی لحظه‌ای - دوقطبی لحظه‌ای) به جز پیوندهای هیدروژنی به مابقی نیروهای بین مولکولی (واندروالسی) می‌گویند و لفظ پیوند برای آن‌ها اشتباه است.

قطبی = دوقطبی

ناقطبی = دوقطبی لحظه‌ای = دو قطبی القایی

۱- نیروهای «دوقطبی - دوقطبی»

این نیرو بین دو مولکول قطبی به وجود می‌آید، قدرت نیروهای «دوقطبی - دوقطبی» با افزایش جرم و حجم افزایش می‌یابد.



نقطه‌ی ذوب و جوش یک ترکیب مولکولی فقط به قدرت پیوندهای بین مولکولی آن وابسته است. یعنی هرچه قدرت نیروهای بین مولکولی در یک ترکیب قوی‌تر باشد، نقطه‌ی ذوب و جوش آن ترکیب بیشتر خواهد بود.

تمرین

۴۷) قدرت نیروهای بین مولکولی و نیروهای درون مولکولی در HCl ، HBr و HI را بررسی کنید.

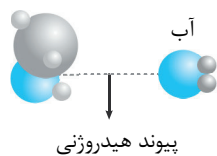
: نیروی بین مولکولی

: نیروی درون مولکولی

۲- نیروهای هیدروژنی

پیوند هیدروژنی پیوندی است که بین یک هیدروژن متصل به F ، O و N و یک جفت‌الکترون ناپیوندی متعلق به عناصر F ، O و N برقرار می‌شود.

متانول



پیوند هیدروژنی که خود نوعی پیوند «دوقطبی - دوقطبی» می‌باشد، از پیوند «دوقطبی - دوقطبی» معمولی قوی‌تر است. ترکیبات معروفی که دارای پیوند هیدروژنی هستند، عبارتند از: HF ، H_2O ، NH_3 ، الکل‌ها، شکر و ...

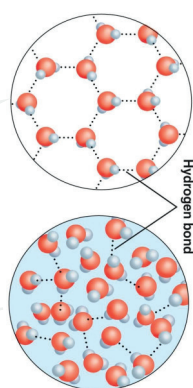
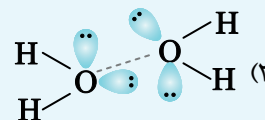
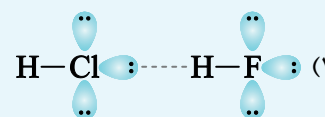
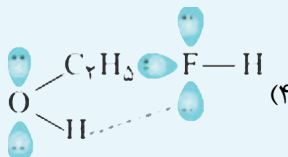
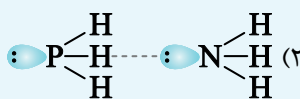
هرچه اختلاف الکترونگاتیوی بیشتر باشد، قدرت آن پیوند هیدروژنی بیشتر است:

: قدرت پیوند هیدروژنی

: نقطه‌ی ذوب و جوش

ولی نقطه‌ی ذوب و جوش به صورت زیر است:

۴۸ پیوند نشان داده شده در کدام گزینه هیدروژنی است؟

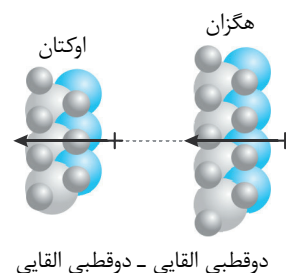
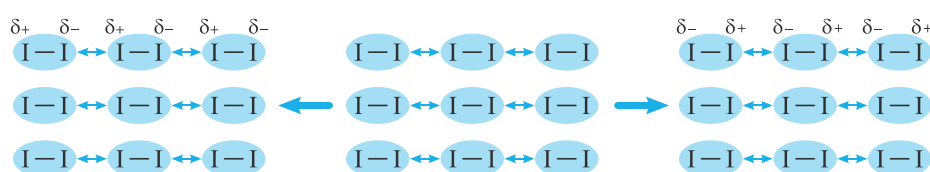


در ساختار یخ آرایش مولکول‌های آب به گونه‌ای است که در آن، اتم‌های اکسیژن در راس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و شبکه‌ای مانند شانه عسل را به وجود می‌آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم در سه بعد فضا گسترش یافته است.



۳- نیروهای «دوقطبی القایی - دوقطبی القایی» یا جاذبه‌ی نشری لوندون

این نیرو بین مولکول‌های ناقطبی بررسی می‌شود. البته این نیرو بین گازهای نجیب هم وجود دارد. اگر طی یک اتفاق (مانند حرکت مولکول‌ها، برخورد بین آن‌ها و ...) یکی از مولکول‌ها به صورت لحظه‌ای قطبی شود و دو سر جزئی منفی و مثبت پیدا کند، این مولکول به نوبه‌ی خود به روش القا مولکول پهلویی خود را قطبی می‌کند و این اتفاق تا قطبی شدن جزئی همه‌ی مولکول‌ها ادامه می‌یابد. با افزایش حجم، نیروی لوندون افزایش می‌یابد.



تمرین

۴۹ نیروهای بین مولکولی و درون مولکولی را در سه مولکول Cl_2 ، Br_2 و I_2 بررسی کنید.

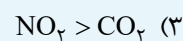
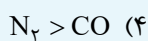
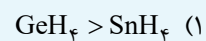
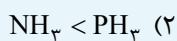
: نیروی بین مولکولی

: نیروی درون مولکولی

: مقایسه قدرت نیروهای بین مولکولی

تست

۵۰ در کدام گزینه، قدرت نیروهای بین مولکولی درست مقایسه شده است؟



نحوه تعیین نقطه جوش:

۱- یونی یا مولکولی:

۲- (هر دو مولکولی) بررسی حالت فیزیکی:

۳- (هر دو مولکولی با حالت فیزیکی یکسان) بررسی نوع پیوند بین مولکولی:

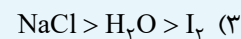
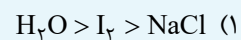
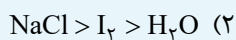
۴- هر دو مولکولی با حالت فیزیکی یکسان و پیوند بین مولکولی یکسان:

هر دو هیدروژنی:

هر دو دوقطبی یا هر دو ناقطبی:

تست

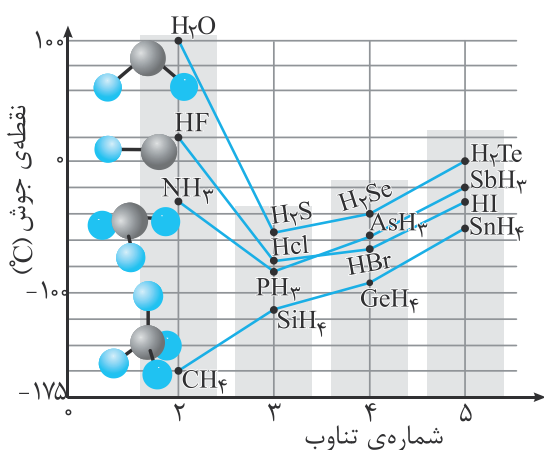
۵۱ ترتیب نقطه‌ی جوش در کدام گزینه به درستی آمده است؟



۵۲) کدام ترتیب درباره نقطه ذوب مواد داده شده درست است؟

- (۱) $\text{NaCl} > \text{NH}_3 > \text{Br}_2$
 (۲) $\text{NH}_3 > \text{Cl}_2 > \text{N}_2$
 (۳) $\text{BaCl}_2 > \text{NH}_3 > \text{HF}$
 (۴) $\text{NaBr} > \text{CCl}_4 > \text{H}_2\text{O}$

بررسی نمودار نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷



HF HCl HBr HI

۱- بررسی نقطه‌ی جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۷:

H₂O H₂S H₂Se H₂Te

۲- بررسی نقطه‌ی جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۶:

PH₃ AsH₃ SbH₃

۳- بررسی نقطه‌ی جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۵:

CH₄ SiH₄ GeH₄ SnH₄

۴- بررسی نقطه‌ی جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۴:

انواع حلال

نام حلال	فرمول شیمیایی	$\mu(D)$	کاربرد
اتانول	C_2H_5O	> 0	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	C_3H_6O	> 0	حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14}	≈ 0	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر)
آب	H_2O	> 0	فراوانترین و رایج ترین حلال طبیعت

کدام مواد با یکدیگر محلول را می‌سازند:

مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند در واقع می‌توان گفت که شبیه، شبیه را حل می‌کند.

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

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

انواع انحلال

۱ - انحلال مولکولی: پس از انحلال شکل مولکول‌های حل شونده عوض نمی‌شود.

استون در آب: گشتاور دو قطبی هر دو بزرگ‌تر از صفر است \leftarrow هر دو قطبی هستند \leftarrow حل می‌شوند.

ید در هگزان: گشتاور دو قطبی هر دو تقریباً برابر صفر است \leftarrow هر دو ناقطبی هستند \leftarrow حل می‌شوند.

هگزان در آب: هگزان ناقطبی و آب قطبی است \leftarrow حل نمی‌شوند.

در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم‌پوشی است مانند آب در هگزان.

۲- انحلال یونی: پس از انحلال ساختار توسط مولکول آب شکسته می‌شود.



- (۱) سدیم کلرید، یک ترکیب یونی با بلورهای مکعبی است که در آن‌ها یون‌های Na^+ و Cl^- با آرایشی منظم در سه بعد جای گرفته‌اند.
 - (۲) هنگامی که مولکول‌های قطبی آب از سرهای مخالف به یون‌های بیرونی بلور نزدیک می‌شوند، نیرویی میان آن‌ها برقرار می‌شود.
 - (۳) این جاذبه یون - دوقطبی نام دارد؛ زیرا یک طرف این جاذبه آب است که یک مولکول قطبی می‌باشد و طرف دیگر یکی از یون‌های نمک طعام قرار گرفته است.
 - (۴) این جاذبه باعث می‌شود یون‌های Na^+ و Cl^- از شبکه جدا شوند و با لایه‌ای از آب پوشیده شوند.
 - (۵) این یون‌های آب پوشیده در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد، به طوری که محلول آب نمک را می‌توان محلولی محتوی یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ دانست.
 - (۶) در شکل سمت راست می‌بینید که یون‌های Na^+ که کوچکتر هستند از سمت اکسیژن آب، آب پوشی شده‌اند؛ زیرا اکسیژن دارای اندکی بار منفی است و یون‌های Cl^- که بزرگتر هستند از سمت هیدروژن آب، آب پوشی شده‌اند؛ زیرا در مولکول‌های آب، هیدروژن دارای اندکی بار مثبت است.
- این انحلال به دلیل زیر انجام شده است:

میانگین قدرت پیوند یونی NaCl و پیوند هیدروژنی در آب

<

نیروهای جاذبه یون - دوقطبی در محلول NaCl

MgSO_4 در دمای 25°C در آب محلول است، پس:

میانگین قدرت پیوند یونی MgSO_4 و پیوند هیدروژنی در آب

<

نیروهای جاذبه یون - دوقطبی در محلول MgSO_4

می‌دانیم که BaSO_4 یک رسوب سفید رنگ و نامحلول در آب است، پس:

میانگین قدرت پیوند یونی BaSO_4 و پیوند هیدروژنی در آب

>

نیروهای جاذبه یون - دوقطبی در محلول BaSO_4

انحلال پذیری گازها

۱- اثر جنس گاز:

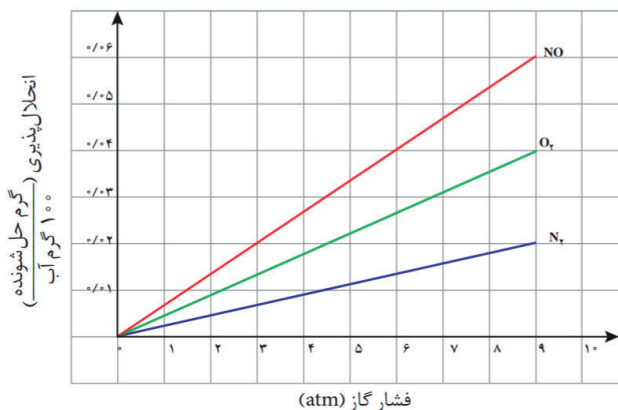
به طور کلی:

- گازهای قطبی بیشتر از ناقطبی در آب حل میشوند.
- گازهایی که با آب واکنش میدهند بیشتر در آب حل میشوند.
- در بین گازهای ناقطبی هرگازی که جرم بیشتری داشته باشد بیشتر در آب حل میشود.



۲- اثر فشار گاز:

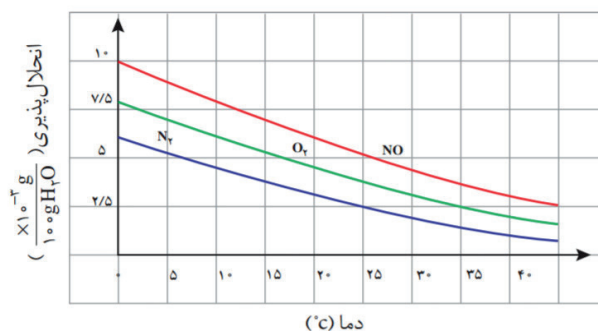
مطابق قانون هنری با افزایش فشار، انحلال پذیری گازها در آب افزایش می یابد.



- از بین گازهای مطرح شده، فشار بیشترین تاثیر را روی NO و کمترین تاثیر را روی N₂ دارد.
- هرچه انحلال پذیری یک گاز در آب با توجه به جنس آن بیشتر باشد، شیب نمودار انحلال پذیری بر حسب فشار آن بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر فشار تاثیر بیشتری روی آن خواهد داشت.
- فشار یک گاز با انحلال پذیری آن رابطه مستقیم و خطی دارد.

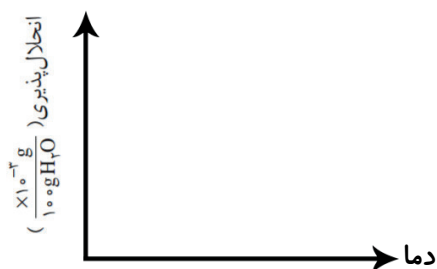
۳- اثر دما:

با توجه به اینکه انحلال پذیری گازها در آب گرماده است با افزایش دما انحلال پذیری گازها کاهش میابد.



۴- اثر نمک حل شده :

با حل کردن یک ترکیب یونی در آب حاوی حل شونده گازی میزان انحلال پذیری گاز در آب کاهش خواهد یافت، زیرا جاذبه یون-دوقطبی ایجاد شده بین یونهای نمک و مولکولهای آب قوی تر از جاذبه بین آب و یک گاز است



✓ تست

۵۳ انحلال پذیری گاز اکسیژن در شرایط STP برابر ۰/۰۰۸ گرم است. کدام یک از گزینه های زیر تعداد مولهای حل شده گاز اکسیژن در یک تن آب در فشار ۳ اتمسفر را نشان میدهد؟ ($O = 16: g.mol^{-1}$)

۳(۱)	۷/۵(۲)	۴(۳)	۹/۵(۴)
------	--------	------	--------

✓ تست

۵۴ چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست است؟

آ- با افزایش دمای آب حجم گاز CO_2 آزاد شده توسط قرص جوشان افزایش میابد.

ب- در هوای گرم با کاهش O_2 موجود در آب، ماهی ها به سطح آب می آیند.

پ- اگر فشار دو گاز CO_2 و NO را دو برابر کنیم انحلال پذیری آنها به یک اندازه افزایش میابد.

۳(۱)	۲(۲)	۱(۳)	۰(۴)
------	------	------	------

رسانایی الکتریکی محلول ها

انواع مواد رسانا:

- ۱- رسانای الکتریکی: رسانایی آنها به وسیله الکتردها انجام می شود، مانند فلزها و گرافیت.
- ۲- رسانای یونی: رسانایی آنها به وسیله یون ها انجام می شود، مانند محلول آبی سدیم کلرید.

رسانایی یونی هنگامی انجام می‌شود که یون‌ها بتوانند از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا شوند؛ زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه‌جا می‌شوند.

الکترولیت: به موادی مانند NaCl(s) که در آب ایجاد یون می‌کنند، الکترولیت و به NaCl(aq) محلول الکترولیت می‌گویند. همه محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند؛ زیرا مقدار یونی که در آب تولید می‌کنند با هم فرق دارد.



HF(aq) 0.1 mol.L^{-1} (25°C)	KOH(aq) 0.1 mol.L^{-1} (25°C)	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH(aq)}$ 0.1 mol.L^{-1} (25°C)
---	--	---

تست ✓

۵۵ رسانایی کدام محلول بیش‌تر است؟

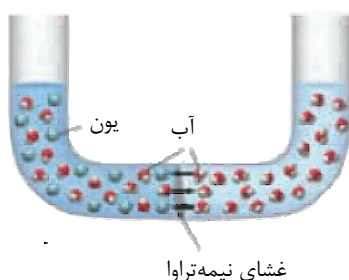
HBr ۳٪ مولار	HCl ۱٪ مولار
KOH ۲٪ مولار	۶٪ مولار شکر

اسمز و شیرین کردن آب

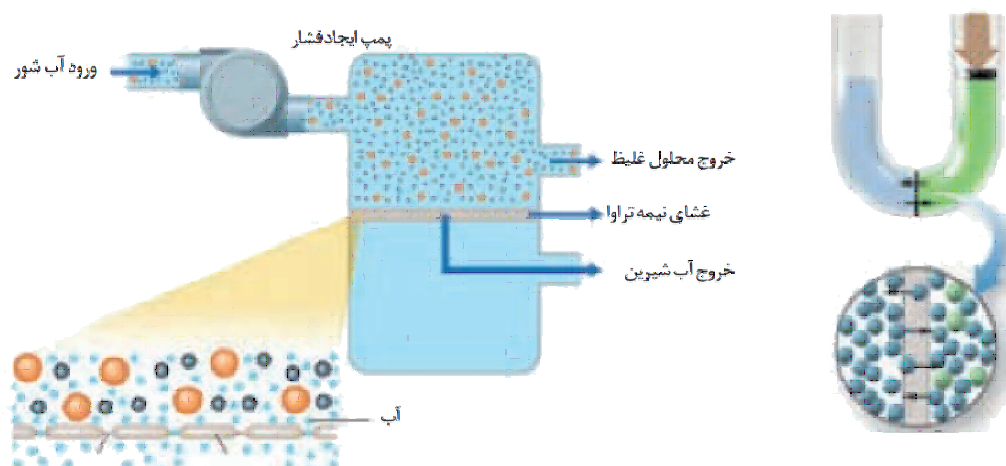
هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب به صورت خود به خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه میوه آبدار و متورم می‌شود. گذرندگی (اسمز) نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه پیدا می‌کنند.

غشای نیمه تراوا: به غشایی که روزنه‌های آن فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کند، نیمه تراوا می‌گویند. فرض کنید در شکل زیر، غشا اجازه عبور یون‌ها Na^+ و Cl^- را ندهد، با گذشت زمان آب به سمت محلول آب نمک می‌رود و مقدار محلول در سمت چپ افزایش می‌یابد.

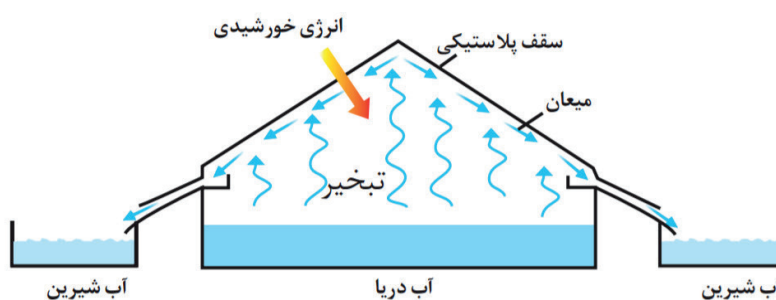
قطعا با این روش نمی‌توان آب دریا را نمک‌زدایی کرد و آب شیرین به دست آورد.



اگر در همین شکل از سمت آب نمک با پیستون فشار وارد کنیم چون فقط آب می‌تواند از غشا عبور کند، آب از سمت محلول آب نمک به سمت آب خالص می‌رود. به این فرایند، اسمز وارونه یا معکوس می‌گویند که با این روش می‌توان آب دریا را شیرین کرد.



یکی دیگر از روش‌های شیرین کردن آب دریا، تقطیر آب دریا است. در این روش ابتدا آب تبخیر و سپس میعان می‌شود و آب شیرین به دست می‌آید.



در شکل زیر سه روش شیرین کردن آب دریاها به نام‌های تقطیر، اسمز معکوس و عبور از صافی کربن نشان داده شده است.

