نام گذاری ترکیب های یونی که شامل یون های چند اتمی می باشند (این بخش مربوط به فصل سه شیمی دهم است.)

ترکیب های یونی که دارای یون های چند اتمی هستند، به روش مشابه با دیگر ترکیب های یونی نام گذاری می شوند، به جز این که ما هر موقع ترکیب دارای یون چند اتمی بود، از نام یون چند اتمی استفاده می کنیم. جدول زیر لیست یون های چند اتمی متداول و فرمول آن ها را نشان می دهد. برای مثال، $NaNO_2$، دارای کاتیون Na^+ (سدیم)، و آنیون چند اتمی NO_2^- است. نام کامل این ترکیب به صورت زیر می باشد:

$NaNO_2$ سدیم نیتریت

$FeSO_4$، از کاتیون آهن، با بار (II)، و آنیون چند اتمی سولفات تشکیل شده است. نام کامل آن آهن (II) سولفات است.

$FeSO_4$ آهن (II) سولفات

اگر ترکیب شامل، کاتیون چند اتمی و آنیون چند اتمی باشد، نام هر دو یون چند اتمی در نام گذاری ترکیب، استفاده می شود. برای مثال، NH_4NO_3، آمونیوم نیترات است.

NH_4NO_3 آمونیوم نیترات

شما باید بتوانید در فرمول شیمیایی، یون های چند اتمی را بشناسید، همچنین با یون های چند اتمی در جدول زیر آشنایی داشته باشید. بیشتر یون های چند اتمی، اُکسی آنیون ها، آنیون های دارای اکسیژن و عنصرهای دیگر هستند. توجه داشته باشید وقتی در یک سری از اکسی آنیون ها، تعداد اتم های اکسیژن متفاوت است، آن ها دارای نام سیستماتیک مطابق با تعداد اتم های اکسیژن در آنیون هستند. اگر در یک سری، فقط شامل دو یون باشد، هر کدام اکسیژن بیشتر داشت، پسوند – آت – و هر کدام اکسیژن کمتر داشته باشد، پسوند – یت – می گیرد. برای مثال، NO_3^- نیترات و NO_2^- نیتریت می باشند.

نیترات NO_3^- نیتریت NO_2^-

برخی یون های چند اتمی متداول			
نام	فرمول	نام	فرمول
کربنات	CO_3^{2-}	کلریت	ClO_2^-
هیدروژن کربنات	HCO_3^-	کلرات	ClO_3^-
هیدروکسید	OH^-	پرمنگنات	MnO_4^-
نیتریت	NO_2^-	سولفیت	SO_3^{2-}
نیترات	NO_3^-	هیدروژن سولفیت	HSO_3^-
کرومات	CrO_4^{2-}	سولفات	SO_4^{2-}
دی کرومات	$Cr_2O_7^{2-}$	هیدروژن سولفات	HSO_4^-
فسفات	PO_4^{3-}	سیانید	CN^-
هیدروژن فسفات	HPO_4^{2-}	پراکسید	O_2^{2-}
دی هیدروژن فسفات	$H_2PO_4^-$	آمونیوم	NH_4^+

تمرین نام ترکیب $Li_2Cr_2O_7$ را بنویسید.

راه حل نام $Li_2Cr_2O_7$ عبارت است از، نام کاتیون، لیتیم، و به دنبال آن نام آنیون چند اتمی، دی کرومات.

نام کامل ترکیب عبارت است از: لیتیم دی کرومات لیتیم دی کرومات $Li_2Cr_2O_7$

برای مرور نام ترکیب $Sn(ClO_3)_2$ را بنویسید.

برای مرور فرمول شیمیایی، کبالت (II) فسفات را بنویسید.

تمرین های پایانی درس

۱. فرمول و بار هر یک را بنویسید.
آ) یون کرومات ب) یون کربنات پ) یون سولفات

۲. فرمول و بار هر یک را بنویسید.
آ) یون هیدروژن سولفات ب) یون سیانید پ) یون دی هیدروژن فسفات

۳. فرمول و بار هر یک را بنویسید.
آ) یون هیدروکسید ب) یون سولفیت پ) یون هیدروژن کربنات

۴. فرمول هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.
آ) منیزیم نیترات ب) لیتیم فسفات
پ) باریم سیانید ت) آمونیوم سولفات

۵. فرمول هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.
آ) سدیم نیترات ب) برلیم هیدروکسید پ) پتاسیم سولفات

۶. فرمول هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.
آ) استرانسیم نیترات ب) سدیم هیدروژن فسفات پ) لیتیم هیدروژن سولفات

۷. نمادی که شامل بار درست هر یک از یون های زیر باشد را بنویسید.
آ) یون باریم ب) یون نیترات
پ) یون کبالت (II) ت) یون سولفات

۸. نام هر یک از ترکیب های یونی زیر را بنویسید.
آ) NH_4Br ب) $Sr(NO_3)_2$
پ) Na_3PO_4 ت) $FeSO_4$

۹. نام هر یک از ترکیب های یونی عنصرهای واسطه زیر را با استفاده از اعداد لاتین بنویسید.
آ) $Mg_3(PO_3)_2$ ب) $CuCN$ پ) $V(NO_3)_3$

۱۰. آ) فرمول ترکیب حاصل از یون کلسیم و یون نیترات را پیش بینی کنید.
ب) فرمول آهن (III) سولفات را بنویسید.
پ) شیر منیزی یک داروی ضد اسید معده با فرمول $Mg(OH)_2$ است. نام این ترکیب را بنویسید.
ت) فرمول شیمیایی پتاسیم نیترات و آمونیوم کربنات را بنویسید.

۱۱. نام هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید و مشخص کنید کدام یک یونی و کدام مولکولی هستند.

آ) کلسیم فسفات

ب) نیکل (II) سولفیت

پ) آهن (III) سولفات

ت) منگنز (II) سیانید

۱۲. فرمول هر یک از ترکیب های زیر را بنویسید.

آ) سدیم سولفیت

ب) نیکل (II) هیدروکسید

پ) اسکاندیم نیتریت

ت) مس (II) سولفات

ث) آمونیوم سولفیت

behzad mirzaie

همراهان ناپیدای آب (واکنش های رسوبی) – منبع کتاب های شیمی عمومی تِرو و کاتز

آیا تا به حال در آب سخت حمام گرفته اید؟ آب سخت دارای یون های حل شده ای همچون Ca^{2+} و Mg^{2+} است که تاثیر کف کنندگی صابون را کاهش می دهند. این یون ها با صابون واکنش می دهند تا رسوب سفیدی را بسازند که دور حلقه خروج آب وان حمام پس از خالی کردن آب ظاهر می شود. آب سخت به خصوص وقتی لباس می شوییم دردسر ساز است. در نظر بگیرید می خواهید پیراهن سفیدی بپوشید که لکه های خاکستری از آب سخت روی آن است و می دانید پیراهن تان لکه دارد. به همین دلیل، در بیشتر شوینده های لباس موادی برای خارج کردن Ca^{2+} و Mg^{2+}، از مخلوط شوینده وجود دارد. رایج ترین ماده مورد استفاده برای این منظور سدیم کربنات است، زیرا وقتی در آب حل می شود کاتیون Na^{+} و آنیون کربنات CO_3^{2-}، تولید می کند:

$$Na_2CO_3(aq) \rightarrow 2Na^{+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

سدیم کربنات در آب محلول است، اما کلسیم کربنات و منیزیم کربنات در آب حل نمی شوند. در نتیجه، آنیون کربنات با یون های Ca^{2+} و Mg^{2+}، حل شده در آب سخت واکنش می دهد و ماده جامدی تولید می شود که رسوب می کند (یا از محلول جدا می شود).

$$Mg^{2+} + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow MgCO_3(s)$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$$

رسوب تولید شده از واکنش این یون ها با صابون جلوگیری می کند، حذف لکه ها منجر به جلوگیری از ایجاد لکه روی پیراهن سفید می شود.

واکنش بین CO_3^{2-} با Ca^{2+} و Mg^{2+}، مثالی از واکنش های رسوبی است. واکنش هایی که وقتی دو محلول را با یک دیگر مخلوط کنیم در آن یک جامد یا رسوب تولید می شود. واکنش های رسوبی واکنش های متداولی در شیمی هستند. به عنوان مثالی دیگر، پتاسیم یدید و سرب (II) نیترات را در نظر بگیرید، وقتی هر کدام را در آب حل کنیم، هر دو محلول هایی بی رنگ و الکترولیت قوی هستند. هنگامی که این دو محلول با هم ترکیب می شوند، رسوب زرد درخشانی تولید می شود. این واکنش رسوبی را با معادله زیر نشان می دهیم.

$$2KI(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$$

هنگامی که دو محلول آبی با هم مخلوط شوند، همیشه واکنش رسوبی انجام نمی گیرد. برای مثال، اگر محلول $KI(aq)$ و $NaCl(aq)$ را ترکیب کنیم، واکنش نمی دهند.

$$KI(aq) + NaCl(aq) \rightarrow \text{واکنش نمی دهند}$$

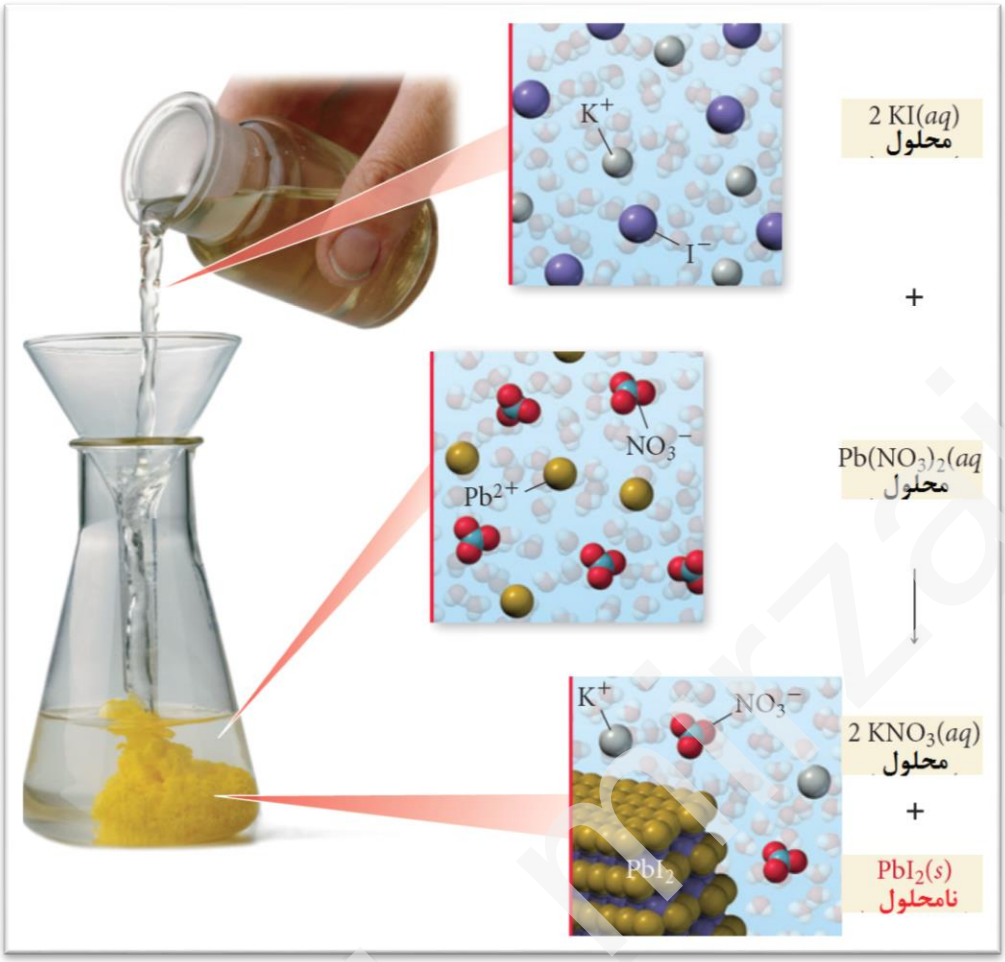
این که بدانیم واکنش های رسوبی، چه واکنش هایی هستند، فقط در این است که ترکیب هایی را که در آب رسوب تولید می کنند، بشناسیم. در یک واکنش رسوبی، دو محلول دارای مواد حل شده با هم مخلوط می شوند و یک ترکیب نامحلول رسوب می کند. واکنش رسوبی را که قبلاً شرح داده شد در نظر بگیرید:

$$2KI(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$$

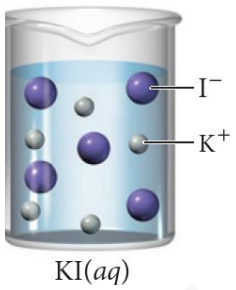
تشکیل رسوب

$2KI(aq)$	+	$Pb(NO_3)_2(aq)$	→	$PbI_2(s)$ + $2KNO_3(aq)$
(محلول)		(محلول)		(نامحلول) (محلول)

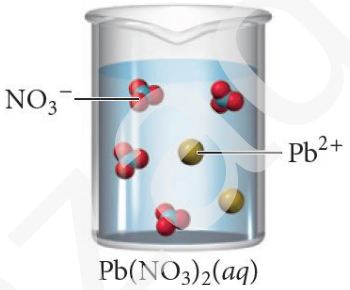
هنگامی که محلول پتاسیم یدید با محلول سرب (II) نیترات با هم مخلوط شوند، رسوب زرد رنگ سرب (II) یدید تولید می شود.



KI و Pb(NO۳)۲، هر دو محلول اند، اما رسوب PbI۲، نامحلول است. قبل از مخلوط شدن، KI(aq) و Pb(NO۳)۲(aq)، هر دو در محلول های خود تفکیک یونی حاصل کرده اند.



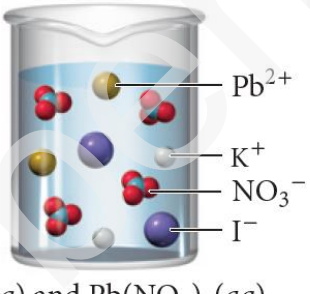
$KI(aq)$



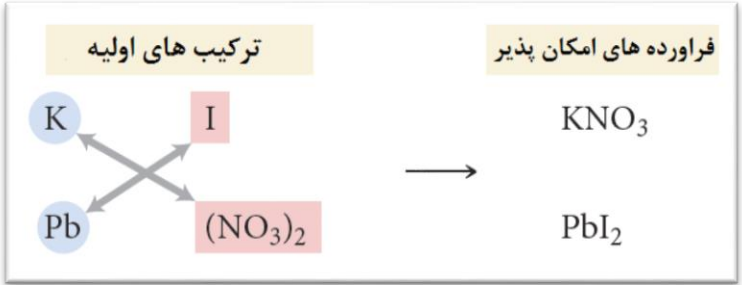
$Pb(NO_3)_2(aq)$

در لحظه ای که محلول ها با هم تماس پیدا می کنند، هر چهار یون در مخلوط وجود دارند. (به شکل روبرو توجه کنید.)

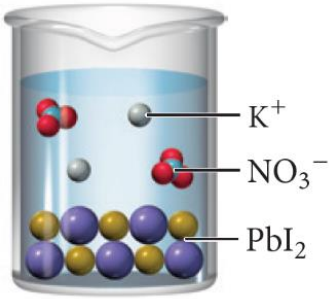
به شکل زیر توجه کنید، در این جا یک یا هر دوی ترکیب های جدید، ممکن است نامحلول باشند. به خصوص، کاتیون هر دو ترکیب می تواند با آنیون ترکیب دیگر جفت شوند تا فراورده نامحلول تولید کنند.



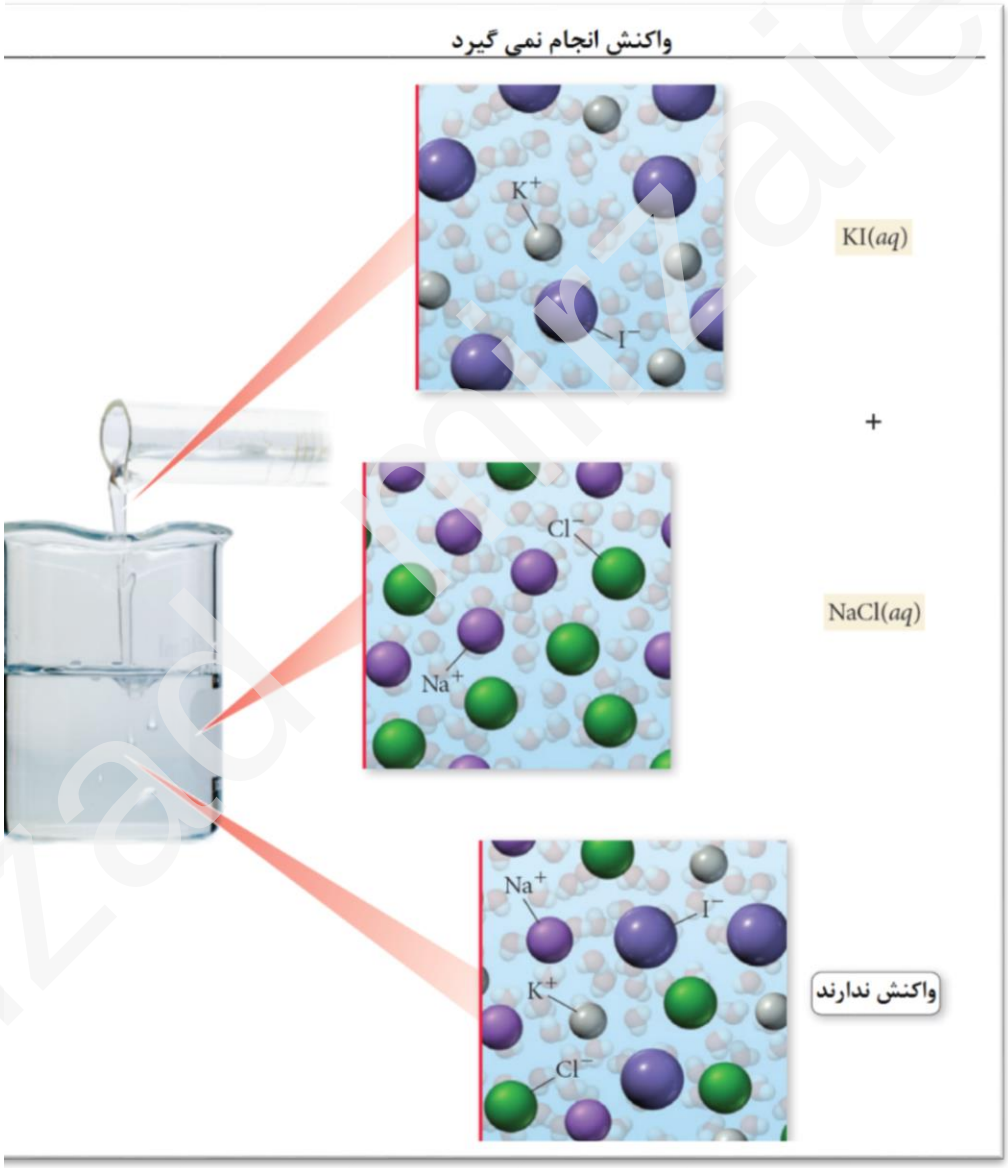
$KI(aq)$ and $Pb(NO_3)_2(aq)$



اگر فراورده های ممکن، هر دو محلول باشند، واکنشی انجام نمی گیرد و رسوب تولید نمی شود. اگر یکی یا هر دوی فراورده های امکان پذیر، نامحلول باشند، واکنش رسوبی انجام می گیرد. در این حالت، KNO_3، محلول است، اما PbI_2، نامحلول می باشد. در نتیجه PbI_2 رسوب می کند.



$PbI_2(s)$ and $KNO_3(aq)$



رسوب تشکیل نمی شود هنگامی که محلول پتاسیم یدید با محلول سدیم کلرید، با هم مخلوط می شوند، واکنشی انجام نمی گیرد.

ادامه مطلب از کتاب شیمی عمومی ترو گرفته نشده و برای کامل شدن درسنامه برای همخوانی بیشتر با کتاب درسی شیمی دهم آورده شده است. شکل های ارائه شده در ادامه از شیمی عمومی کاتز گرفته شده اند.

واکنش های یونی در محلول ها – شناسایی کاتیون ها در محلول با استفاده از رنگ رسوب تولید شده. (این مطلب مربوط به فصل سوم کتاب درسی شیمی دهم، می باشد.)

در فصل سوم کتاب شیمی دهم معادله واکنش های رسوبی و شناسایی چند کاتیون از روی رنگ رسوب تولید شده، در واکنش محلول ها آورده شده است. در این بخش دانش آموز باید بتواند معادله واکنش دو محلول که منجر به تولید یک ماده نامحلول می شود را به صورت نمادی (واحد فرمولی) و یونی بنویسد. برای نوشتن معادله نمادی و معادله یونی واکنش به موارد زیر توجه کنید.

۱. در معادله نمادی (واحد فرمولی)، فرمول کامل تمام ترکیب ها را به صورت نمادی با بیان حالت فیزیکی آن ها (جامد s، مایع l، گاز g و محلول آبی aq) نشان می دهیم.

۲. در معادله یونی کامل، فرمول ها به صورتی نوشته می شوند تا شکل غالب هر یک از مواد را در محلول آبی نشان دهند، یعنی ترکیب هایی که در آب به یون های سازنده خود تبدیل می شوند را به صورت تفکیک شده یونی بنویسیم. برخی اوقات در نوشتن معادله یونی کامل واکنش از کروشه برای نمایش یون هایی که از یک منبع مشترک تولید می شوند، یا اینکه پس از کامل شدن واکنش در محلول باقی می مانند استفاده می کنیم.

❖ فقط موادی در معادله یونی واکنش باید به صورت یون های مجزا نوشته شوند که؛ (۱) اسید قوی (۲) باز قوی و (۳) نمک محلول باشند. همچنین باید یون های چند اتمی رایج، بار آن ها، و این که آن ها واحدهایی هستند که تفکیک نمی شوند را به یاد داشته باشیم. (مثل؛ PO_4^{3-}، SO_4^{2-}، CO_3^{2-})

در زیر نمایش تشکیل رسوب برای چهار واکنش رسوبی، نمایش داده شده است. (منبع تصویر و رنگ نوشته شده برای رسوب ها، شیمی عمومی کاتز می باشد.) واکنش های انجام شده را برای این چهار آزمایش بررسی می کنیم.

(a) (b) (c) (d)

(a) واکنش محلول های سرب (II) نیترات و پتاسیم کرومات و تشکیل رسوب زرد رنگ سرب (II) کرومات

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است.

$$Pb(NO_3)_2(aq) + K_2CrO_4(aq) \rightarrow PbCrO_4(s) + 2KNO_3(aq)$$

برای نوشتن معادله یونی واکنش فقط می توانیم ترکیب های محلول در آب را به صورت یونی بنویسیم. (گازها، آب و ترکیب های نامحلول در آب به صورت یونی نوشته نمی شوند.)

$$[Pb^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)] + [2K^+(aq) + CrO_4^{2-}(aq)] \rightarrow PbCrO_4(s) + [2K^+(aq) + 2NO_3^-(aq)]$$

مشاهده می کنید چون $PbCrO_4(s)$ ترکیب نامحلول در آب است، به صورت یونی نوشته نمی شود اما، بقیه ترکیب ها که در آب محلول اند، به صورت یونی نوشته شده اند.

(b) واکنش محلول های سرب (II) نیترات و آمونیوم سولفید و تشکیل رسوب سیاه رنگ سرب (II) سولفید

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است.

$$Pb(NO_3)_2(aq) + (NH_4)_2S(aq) \rightarrow PbS(s) + 2NH_4NO_3(aq)$$

معادله یونی واکنش به صورت زیر است.

$$[Pb^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)] + [2NH_4^+(aq) + S^{2-}(aq)] \rightarrow PbS(s) + [2NH_4^+(aq) + 2NO_3^-(aq)]$$

(c) واکنش محلول های آهن (III) کلرید و سدیم هیدروکسید و تشکیل رسوب نارنجی رنگ آهن (III) هیدروکسید

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است.

$$FeCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3NaCl(aq)$$

معادله یونی واکنش به صورت زیر است.

$$[Fe^{3+}(aq) + 3Cl^-(aq)] + [3Na^+(aq) + 3OH^-(aq)] \rightarrow Fe(OH)_3(s) + [3Na^+(aq) + 3Cl^-(aq)]$$

(d) واکنش محلول نقره نیترات و پتاسیم کرومات و تشکیل رسوب نارنجی رنگ نقره کرومات

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است.

$$2AgNO_3(aq) + K_2CrO_4(aq) \rightarrow Ag_2CrO_4(s) + 2KNO_3(aq)$$

معادله یونی واکنش به صورت زیر است.

$$[2Ag^+(aq) + 2NO_3^-(aq)] + [2K^+(aq) + CrO_4^{2-}(aq)] \rightarrow Ag_2CrO_4(s) + [2K^+(aq) + 2NO_3^-(aq)]$$

تمرین های پایانی درس

۱ یک آزمایش ساده برای شناسایی یون کلرید، تشکیل رسوب سفید رنگ با افزودن محلول نقره نیترات است.

آ) معادله شیمیایی نمادی موازنه شده را برای تشکیل رسوب سفید رنگ نقره کلرید از واکنش نقره نیترات با کلسیم کلرید بنویسید.

ب) معادله یونی واکنش را بنویسید.

۲ معادله موازنه شده فرمولی و یونی واکنش های زیر را در محلول آبی بنویسید. راهنمایی: واکنش ها از نوع جابجایی بوده و جای کاتیون ها در آن ها عوض می شود. باریم کربنات، نیکل (II) هیدروکسید و آلومینیم هیدروکسید نامحلول در آب هستند.

آ) $Ba(NO_3)_2(aq) + K_2CO_3(aq) \rightarrow$

ب) $NaOH(aq) + NiCl_2(aq) \rightarrow$

پ) $Al_2(SO_4)_3(s) + NaOH(aq) \rightarrow$

۳ معادله موازنه شده فرمولی و یونی واکنش های زیر را در محلول آبی بنویسید. راهنمایی: واکنش ها از نوع جابجایی بوده و جای کاتیون ها در آن ها عوض می شود. مس (II) سولفید، کادمیم سولفید و بیسموت سولفید، در آب نامحلول اند.

آ) $Cu(NO_3)_2(aq) + Na_2S(aq) \rightarrow$

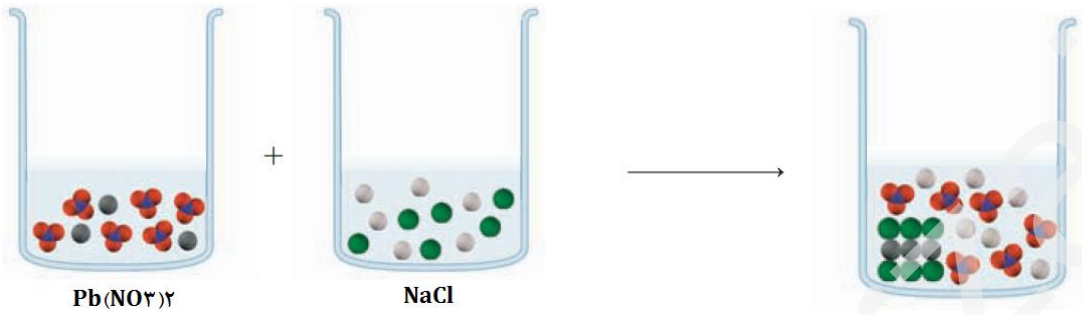
ب) $CdSO_4(aq) + H_2S(l) \rightarrow$

پ) $Bi_2(SO_4)_3(s) + (NH_4)_2S(aq) \rightarrow$

۴ نمونه ای از یک محلول ناشناخته محتوی یکی از دو یون Ag^+ یا Mg^{2+} در اختیار داریم. به این محلول مقداری NaCl اضافه می کنیم. رسوب سفید رنگی در ظرف تشکیل می شود، نوع کاتیون موجود در محلول را شناسایی کرده و معادله یونی واکنش را بنویسید.

۵ نمونه ای از یک محلول ناشناخته محتوی یکی از دو یون K^+ یا Fe^{3+} در اختیار داریم. به این محلول مقداری NaOH اضافه می کنیم. رسوب قهوه ای رنگی در ظرف تشکیل می شود، نوع کاتیون موجود در محلول را شناسایی کرده و معادله یونی واکنش را بنویسید.

۶ در بشرهای نشان داده شده در شکل زیر دایره های رنگی یون ها را نشان می دهند، گوی های خاکستری تیره یون های Pb^{2+} را نشان می دهند. واکنش دهنده ها در بشر شامل $Pb(NO_3)_2$ و NaCl هستند. فراورده ها در بشر مواد جامد نامحلول نشان داده شده می باشند. واکنش نمادی و واکنش یونی انجام شده در بشر را بنویسید.



behzad mirzaie

غلظت محلول ها = منبع کتاب های شیمی عمومی هاینمن و رِجر

هر محلولی از دو جزء تشکیل شده است. ۱- حلال ۲- حل شونده

غلظت یک محلول مقدار نسبی حلال و حل شونده را در محلول بیان می کند. به محلولی که در آن نسبت حل شونده به حلال زیاد باشد، محلول غلیظ گفته می شود. محلولی از شربت آبلیمو که مقدار کمی آب به آن اضافه شده، مثالی از محلول غلیظ است. در مقابل، محلولی که در آن نسبت حل شونده به حلال کم باشد، محلول رقیق نامیده می شود. وقتی یک چهارم قاشق چای خوری شکر را در یک پارچ یک لیتری آب حل می کینم، محلول رقیق به دست می آید، که مزه شیرینی کمی دارد.

غلیظ و رقیق دو اصطلاح متداول هستند. به هر حال، برخی اوقات نیاز دارید تا غلظت واقعی یک محلول یعنی نسبت دقیق حل شونده به حلال را بدانید. استفاده از غلظت دقیق یک محلول در تهیه داورها، ساخت مواد شیمیایی و شیمی تجزیه بسیار مهم است.

یکاهای غلظت

شیمی دان ها با توجه به شرایط از یکاهای متفاوتی برای اندازه گیری غلظت استفاده می کنند. از روش های زیادی در اندازه گیری به صورت متداول برای بیان مقدار حل شونده در مقدار معینی از محلول استفاده می شود.

برخی روش ها برای بیان غلظت محلول ها عبارتند از:

- جرم حل شونده در یک لیتر محلول (غلظت گرم بر لیتر، $g.L^{-1}$)
- مقدار مول حل شونده در یک لیتر محلول - مولاریته محلول (غلظت مول بر لیتر $mol.L^{-1}$)
- قسمت در میلیون (ppm)
- درصد جرمی

یکای اندازه گیری غلظت از دو قسمت تشکیل شده است.

- قسمت نخست یکای غلظت نشان می دهد چه مقدار حل شونده وجود دارد.
- قسمت دوم یکای غلظت نشان می دهد چه مقدار محلول وجود دارد.

برای مثال، محلول سدیم کلرید (NaCl) با غلظت $17\ g.L^{-1}$، نشان می دهد که ۱۷ گرم NaCl (قسمت نخست) در یک لیتر محلول (قسمت دوم) حل شده است.

حالا باید بتوانید محاسبات مربوط به غلظت محلول ها را برای انواع متفاوت یکاهای غلظت انجام دهید.

درصد جرمی (w/w)

درصد جرمی محلول، جرم حل شونده بر حسب گرم را در ۱۰۰ گرم محلول نشان می دهد. محلول نمک برای شستن لنز تماسی دارای غلظت ۰/۹٪ (w/w) می باشد. علامت اختصاری (w/w) درصد مربوط به جرم، یا به عبارت دیگر، جرم های حل شونده و حلال را نشان می دهد. غلظت ۰/۹٪ نشان می دهد که ۰/۹ گرم سدیم کلرید در ۱۰۰ گرم محلول به صورت حل شده وجود دارد.

غلظت محلول می تواند به وسیله درصد جرمی در محلول با معادله زیر بیان شود.

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰۰٪$$

یکای غلظت بر حسب درصد جرمی به طور گسترده توسط شیمی دان ها استفاده نمی شود اما هنوز به صورت مداوم در صنعت داروسازی روی برچسب محصولاتی که به صورت محلول هستند استفاده می شود.

تمرین غلظت درصد جرمی

غلظت بر حسب درصد جرمی محلول تهیه شده به وسیله حل شدن ۵ گرم NaCl را در ۲۰۰ گرم آب تعیین کنید.

راهکار جرم کل محلول را به دست آورید، و مقدارهای مناسب را در رابطه غلظت درصد جرمی قرار دهید.

راه حل برای تعیین درصد جرمی محلول، شما به جرم حل شونده و جرم محلول نیاز دارید. جرم حل شونده در سوال داده شده است (۵ گرم NaCl)، و جرم محلول مجموع جرم های حلال و حل شونده است.

$$\text{جرم محلول} = ۲۰۰\ g\ \text{آب} + ۵\ g\ NaCl = ۲۰۵\ g$$

درصد جرمی محلول به صورت زیر تعیین می شود.

$$\text{درصد جرمی NaCl} = \frac{5.00\ g\ NaCl}{205\ g\ \text{محلول}} \times ۱۰۰٪ = ۲/۴۴٪\ NaCl$$

قسمت در میلیون Part Per Miliion (ppm)

وقتی مقدار بسیار کمی از حل شونده در محلول، به صورت حل شده وجود داشته باشد، اغلب غلظت با یکای قسمت در میلیون (ppm)، اندازه گیری می شود. برای مثال، غلظت جیوه موجود در ماهی که به عنوان غذا استفاده می شود بر حسب قسمت در میلیون بیان می شود. بیشترین غلظت مجاز جیوه در ماهی ۱ ppm می باشد.
در یک بیان ساده، غلظت بر حسب قسمت در میلیون:

جرم بر حسب گرمِ حل شونده است که در یک میلیون ($۱۰^۶$) گرم محلول حل شده است.

همچنین می توان گفت: **جرم بر حسب میلی گرم حل شونده که در یک کیلوگرم (۱ kg) محلول وجود دارد.**

زیرا یک کیلوگرم معادل ۱ میلیون میلی گرم است.

$$۱\ kg \times \frac{10^3\ g}{1\ kg} \times \frac{10^3\ mg}{1\ g} = ۱۰^۶\ mg \quad \rightarrow \quad (۱\ kg = ۱۰^۳\ g \ \text{و}\ ۱\ g = ۱۰^۳\ mg)$$

برای مثال، محلولی از سدیم کلرید (NaCl) با غلظت ۱۵۴ ppm، دارای ۱۵۴ میلی گرم سدیم کلرید حل شده در ۱ کیلوگرم محلول است. فرمولی که برای محاسبه غلظت ppm استفاده می شود، به صورت زیر است.

$$ppm = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^۶$$

تمرین محاسبه غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm)

یک نمونه محلول کلسیم کربنات دارای ۰/۰۱۹۸ گرم $CaCO_3$ حل شده در ۲۰۰۰ گرم آب است. غلظت کلسیم کربنات را بر حسب ppm در این محلول حساب کنید.

راهکار	محاسبه
جرم حل شونده را بر حسب گرم نیاز داریم.	جرم حل شونده (کلسیم کربنات) بر حسب گرم: جرم حل شونده بر حسب گرم = ۰/۰۱۹۸ g
جرم محلول را بر حسب گرم نیاز داریم.	جرم محلول بر حسب گرم = ۲۰۰۰ g
با استفاده از فرمول، غلظت محلول را بر حسب ppm حساب می کنیم	غلظت کلسیم کربنات بر حسب ppm $ppm = \frac{0.0198\ g\ CaCO_3}{2000\ g\ \text{محلول}} \times ۱۰^{۶}$ = ۹/۹۰ ppm

نکته مهم در مورد مسئله های ppm در مسئله های ppm چون جرم حل شونده بسیار ناچیز است، جرم محلول را برابر با جرم حلال در نظر می گیریم.

غلظت بر حسب میلی گرم بر لیتر ($mg.L^{-1}$)

برای مثال، اگر، در نمونه ای از پَساب یک کارخانه، غلظت کادمیم $mg.L^{-1}$ ۵ باشد، یعنی در ۱ لیتر از این پساب ۵ میلی گرم کادمیم وجود دارد. غلظت کادمیم در این نمونه از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\text{غلظت محلول } (mg.L^{-1}) = \frac{\text{جرم حل شونده } (mg)}{\text{حجم محلول } (L)}$$

غلظت $mg.L^{-1}$ و غلظت ppm معادل یک دیگر هستند

دیدید که غلظت محلول بر حسب ppm با غلظت $mg\ .kg^{-1}$ یکسان است. چون ۱ لیتر محلول جرمی نزدیک به ۱ کیلوگرم دارد، پس غلظت $mg.L^{-1}$ با غلظت ppm یکسان است.

$$۱\ ppm = mg\ kg^{-1} = mg.L^{-1}$$

برای مثال، غلظت $mg.L^{-1}$ و ppm، برای ۲ لیتر محلول شکر دارای ۰/۰۵ گرم شکر به صورت زیر محاسبه می شود.

شکر ۵۰ mg = ۰/۰۵ × ۱۰۰۰ = شکر ۰/۰۵ g

$$\text{غلظت محلول } (mg.L^{-1}) = \frac{\text{جرم حل شونده } (mg)}{\text{حجم محلول } (L)}$$

$$\text{غلظت محلول } (mg.L^{-1}) = \frac{50\ mg\ \text{شکر}}{2\ L\ \text{محلول}} = ۲۵\ mg.L^{-1} = ۲۵\ ppm$$

نمونه های حل شده

۱) ۲۷ گرم ماده حل شدنی را در ۴۸ گرم آب حل کرده ایم، غلظت محلول را بر حسب درصد جرمی تعیین کنید.

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

- جرم ماده حل شونده = ۲۷ g
- جرم حلال (آب) = ۴۸ g

چه چیز را باید به دست آوریم

〉 غلظت برحسب درصد جرمی محلول (w/w) = ? ٪

پاسخ اگر جرم حل شونده را ms و جرم حلال (آب) را mw ، و درصد جرمی محلول را a ، در نظر بگیریم

$$a = \frac{m_s}{m_s + m_w} \times ۱۰۰$$

(درصد جرمی محلول) $a = \frac{27\ g}{27\ g + 48\ g} \times ۱۰۰ = ۳۶٪$

۲) اگر غلظت سدیم کلرید در یک نمونه آب دریا برابر ۵۲۶/۵ ppm باشد. در یک کیلو گرم از آن نمونه آب، چند گرم از یون سدیم وجود دارد؟

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

〉 غلظت NaCl در آب دریا = ۵۲۶/۵ ppm

〉 جرم نمونه از آب دریا = ۱ kg

چه چیز را باید به دست آوریم

〉 جرم یون Na^+ در نمونه از آب دریا = ? g

پاسخ از رابطه غلظت ppm استفاده می کنیم و جرم NaCl در محلول را به دست می آوریم.

$$ppm = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^۶ \rightarrow ۵۲۶/۵ = \frac{\text{جرم حل شونده}}{1000\ g} \times ۱۰^۶ \rightarrow \text{جرم NaCl} = ۵۲۶/۵ \times ۱۰^{-۳}\ g\ NaCl$$

در هر واحد فرمولی NaCl، یک یون Na^+ وجود دارد. بنابر این در یک مول NaCl ($NaCl = ۵۸/۵\ g.mol^{-۱}$)، یک مول یون Na^+ ($Na = ۲۳\ g.mol^{-۱}$) وجود دارد.

با داشتن جرم NaCl موجود در محلول، جرم یون های Na^+ در محلول را به دست می آوریم.

$$۵۲۶/۵ \times ۱۰^{-۳}\ g\ NaCl \times \frac{23\ g\ Na^+}{58.5\ g\ NaCl} = ۲۰۷ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Na^+$$

۳) یک نمونه از آب دریا، دارای ۱۳۵۰ ppm از یون $Mg^{۲+}$ است. برای تهیه ۲۷۰ کیلوگرم منیزیم، چند تُن از این آب باید فراوری شود؟

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

〉 غلظت یون $Mg^{۲+}$ = ۱۳۵۰ ppm

〉 جرم منیزیم که باید تهیه شود = ۲۷۰ Kg

چه چیز را باید به دست آوریم

〉 جرم آب دریا = ? ton

پاسخ با داشتن غلظت ppm یون Mg^{2+}، جرم منیزیم را در نمونه آب دریا محاسبه می کنیم.

$$ppm = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^{۶} \rightarrow ۱۳۵۰ = \frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{\text{محلول } 1000\ g} \times ۱۰^{۶}$$

$$\text{جرم } Mg^{2+} \text{ در یک کیلوگرم آب دریا} = ۱/۳۵\ g\ Mg^{2+} = ۱/۳۵ \times ۱۰^{-۳}\ kg\ Mg^{2+}$$

با داشتن جرم یون های Mg^{2+}، در هر کیلوگرم آب دریا، جرم آب دریا را برای تهیه ۲۷۰ kg منیزیم حساب می کنیم.

$$۲۷۰\ Kg\ Mg \times \frac{1kg\ \text{آب دریا}}{1.35 \times 10^{-3}\ Kg\ \text{یون منیزیم}} \times \frac{1\ ton\ \text{آب دریا}}{1000kg\ \text{آب دریا}} = ۲۰۰\ ton\ \text{آب دریا}$$

تمرین های پایان درس

۱) درصد جرمی اتانول در محلول حاصل از ۵۵/۰ گرم اتانول و ۴۵/۰ گرم آب چقدر است؟

۲) چند گرم سدیم کلرید NaCl، در ۳۵/۰ گرم محلول ۳/۵٪ جرمی آن وجود دارد؟

۳) بیان غلظت ها با یکای ppm، قسمت در میلیون و ppb، قسمت در بیلیون، اغلب متداول نیست چون آن ها اعداد کوچک را نشان می دهند. حساب کنید ۱ ppm از سال چند ثانیه است؟

۴) فرض کنید ۴۵/۰ گرم از یک ماده آلی با فرمول $C_{10}H_{16}O$، در ۴۲۵ میلی لیتر اتانول C_2H_5OH حل شود. درصد جرمی محلول را به دست آورید. چگالی اتانول ۰/۷۸۵ g/mL می باشد.

۵) غلظت یک محلول شامل ۱/۲۰ گرم بنزوئیک اسید (C_6H_5COOH) در ۷۵۰/۰ گرم آب، را بر اساس یکاهای زیر محاسبه کنید. (چگالی آب را $1\ g.mL^{-1}$ در نظر بگیرید.)

آ) درصد جرمی محلول

ب) به ۱ میلی لیتر از این محلول ۹۹۹ میلی لیتر آب اضافه می کنیم، غلظت محلول حاصل را بر حسب ppm محاسبه کنید.

۶) یک محلول به وسیله حل کردن ۲۵/۰ گرم $BaCl_2$ در ۵۰۰ گرم آب تهیه شده است. غلظت این محلول را بر اساس موارد زیر حساب کنید.

آ) درصد جرمی محلول

ب) ۵ میلی لیتر از این محلول را با افزودن آب به حجم ۵ لیتر می رسانیم، غلظت محلول حاصل را بر حسب ppm محاسبه کنید.

۷) یک شیمی دان تجزیه ۲۵/۰ گرم محلول که دارای ۲/۰۰ گرم گلوکز است تهیه می کند. غلظت محلول را بر حسب درصد جرمی تعیین کنید. پاسخ ۸/۰۰٪

۸) چند مول هیدروژن پراکسید در ۲۵/۰ گرم محلول ۳/۰٪ جرمی آن وجود دارد؟

پاسخ: ۰/۰۲۲ مول

۸) در نمونه ای از آب دریا غلظت یون های فسفات PO_4^{3-} برابر با ۱۲۸ ppm است، درصد جرمی یون فسفات در این نمونه آب دریا چقدر است؟

۱۰) غلظت $ZnCl_2$ در ۱/۷۵ لیتر محلول که دارای $۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$ گرم $ZnCl_2$ هست، چند ppm می باشد؟ چگالی محلول را $1\ g/mL$ در نظر بگیرید.

پاسخ: ۰/۵۷ ppm

۱۱) محاسبات لازم را برای تعیین جرم حل شونده در ۵۰ گرم هر یک از محلول های زیر را انجام دهید.

آ) محلولی از یون های Ag^+ با غلظت ۱۴۰ ppm

ب) محلولی از NaCl با غلظت ۶۰ ppm

پ) محلولی از $FeCl_3$ که در آن غلظت یون های Cl^- برابر با ۱۰۰ ppm باشد.

پاسخ: پ) $۷/۷۰ \times ۱۰^{-۳}\ g$

پاسخ تشریحی سوال ۳

طبق تعریف ppm قسمت در میلیون:

$۱ ppm$ سال $= ۱۰^{-۶}$ سال

$$\text{سال } ۱۰^{-۶} \times \frac{\text{روز } 365}{\text{سال } 1} \times \frac{\text{ساعت } 24}{\text{روز } 1} \times \frac{\text{دقیقه } 60}{\text{ساعت } 1} \times \frac{\text{ثانیه } 60}{\text{دقیقه } 1} = ۳۱/۵۳۶ \text{ ثانیه}$$

پاسخ تشریحی سوال ۴

راهکار با استفاده از فرمول چگالی $(d = \frac{m}{V})$، جرم اتانول را به دست می آوریم. سپس از رابطه درصد جرمی محلول استفاده می کنیم.

راه حل

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d.V = ۰/۷۸۵ \times ۴۲۵ = ۳۳۳/۶\ g \text{ جرم اتانول}$$

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰۰٪$$

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{45\ g}{333.6\ g + 45\ g} \times ۱۰۰ = ٪۱۱/۸۸$$

پاسخ تشریحی سوال ۵

آ) از فرمول درصد جرمی محلول استفاده می کنیم.

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰۰٪ \rightarrow \frac{\text{بنزوئیک اسید } 1.2\ g}{750\ g + 1.2\ g} \times ۱۰۰ = ۰٪/۱۶$$

ب) چگالی آب $۱\ g.mL^{-۱}$ است. بنابر این وزن کلی محلول پس از افزودن آب برابر با $۱ + ۹۹۹ = ۱۰۰۰\ g$ می باشد.

برای تعیین درصد جرمی محلول پس از رقیق شدن از رابطه زیر استفاده می کنیم. (a درصد جرمی محلول است)

$$a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times V_۲$$

$$a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times V_۲ \rightarrow a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times ۱۰۰۰ \rightarrow a_۲ = ٪\ ۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$$

بین غلظت بر حسب درصد جرمی (a) و غلظت ppm، رابطه زیر وجود دارد.

$$\frac{a}{10^2} = \frac{ppm}{10^6}$$

$$\frac{a}{10^2} = \frac{ppm}{10^6} \rightarrow \frac{1.6 \times 10^{-5}}{10^2} = \frac{ppm}{10^6} \rightarrow \text{غلظت محلول رقیق شده} = ۰/۱۶\ ppm$$

مولاریته محلول ها (غلظت مول بر لیتر محلول) – منبع کتاب های شیمی عمومی زومداهل و سیلبربرگ

مقدار مواد شیمیایی موجود در محلول، را با غلظت محلول بیان می کنند. غلظت محلول را می توان به روش های گوناگون بیان کرد. در این جا یکی از مهم ترین یکاهای غلظت رایج یعنی مولاریته (M) را که تعداد مول های حل شونده موجود در یک لیتر محلول را نشان می دهد، بررسی می کنیم.

مولاریته (غلظت مول بر لیتر) یک محلول تعداد مول های حل شونده موجود در یک لیتر محلول را نشان می دهد. یکای اندازه گیری مولاریته محلول (mol.L^{-1} است، که آن را با نماد M نیز نشان می دهند.)

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \qquad (M \text{ یا } C_M) = \frac{n\ (mol \text{ حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}}$$

محلول ۱ مولار(به صورت $1\ M$ نوشته می شود)، دارای ۱ مول حل شونده در یک لیتر محلول است.

محاسبه مولاریته محلول با داشتن جرم حل شونده و حجم محلول مثال ۱

مولاریته محلولی را حساب کنید، که از حل شدن ۱۱/۵ g سدیم هیدروکسید جامد NaOH، در مقدار کافی آب، و رساندن حجم محلول به ۱/۵ L تهیه شده است.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مولاریته محلول

چه داده هایی داریم؟

〈 ۱۱/۵ g NaOH و محلول ۱/۵ L

برای پیدا کردن مولاریته محلول به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

〈 مول حل شونده و $\text{مولاریته محلول} = \frac{mol \text{ حل شونده}}{L \text{ محلول}}$

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

چند مول NaOH داریم؟ ($\text{NaOH} = ۴۰\ \text{g.mol}^{-1}$)

$$۱۱/۵\ \text{g NaOH} \times \frac{1\ mol\ NaOH}{40\ g\ NaOH} = ۰/۲۸۸\ \text{mol NaOH}$$

مولاریته محلول چقدر است؟

$$\text{مولاریته} = \frac{mol \text{ حل شونده}}{L \text{ محلول}} = \frac{0288\ mol\ NaOH}{1.50\ L \text{ محلول}} = ۰/۱۹۲\ M\ \text{NaOH}$$

محاسبه مولاریته محلول مثال ۲

مولاریته محلولی را حساب کنید، که از حل شدن ۱۵/۶ g گاز هیدروژن کلرید HCl، در مقدار کافی آب، و رساندن حجم محلول به ۲۶۸ mL تهیه شده است.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مولاریته محلول

چه داده هایی داریم؟

〈 ۱۵/۶ g HCl و محلول ۲۶۸ mL

برای پیدا کردن مولاریته محلول به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

〈 مول حل شونده و $\text{مولاریته} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول}}$

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

چند مول HCl داریم؟ ($HCl = 36/5\ g.mol^{-1}$)

$$15/6\ g\ HCl \times \frac{1\ mol\ HCl}{36.5\ g\ HCl} = 0/427\ mol\ HCl$$

حجم محلول چند لیتر است؟

$$268\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 0/268\ L$$

مولاریته محلول چقدر است؟

$$\text{مولاریته} = \frac{0.427\ mol\ HCl}{0.268\ L\ \text{محلول}} = 1/6\ M\ HCl$$

محاسبه غلظت یون ها در محلولی که مولاریته آن مشخص است

برای محاسبه غلظت یک نوع یون در محلولی که مولاریته آن را می دانیم، از رابطه زیر استفاده می کنیم.

مولاریته محلول × تعداد یون ها = غلظت یون ها در محلول

مثال ۱ غلظت یون های آهن (III) Fe^{3+} و یون های کلرید Cl^- را در محلول ۰/۵ مولار $FeCl_3$ حساب کنید.

چه داده هایی داریم؟

〈 محلول ۰/۵ مولار $FeCl_3$

برای پیدا کردن مولاریته هر یک از یون ها به چه نیاز اطلاعاتی داریم؟

〈 تعداد مول هر یک از یون ها

معادله انحلال یونی $FeCl_3$ چگونه است؟

$$FeCl_3 \rightarrow Fe^{3+}(aq) + 3Cl^-(aq)$$

مولاریته هر یون چقدر است؟

$Fe^{3+}: 1 \times 0/5\ M = 0/5\ M$ $\qquad$ $ClO_4^-: 3 \times 0/5\ M = 1/5\ M$

مثال ۲ غلظت یون های کبالت (II) Co^{2+} و یون های نیترات NO_3^- را در محلول ۲ مولار $Co(NO_3)_2$ حساب کنید.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مولاریته هر یک از یون ها در محلول

چه داده هایی داریم؟

〈 محلول ۲ مولار $Co(NO_3)_2$

برای پیدا کردن مولاریته هر یک از یون ها به چه نیاز اطلاعاتی داریم؟

〈 تعداد مول هر یک از یون ها

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

معادله انحلال یونی $Co(NO_3)_2$ چگونه است؟

$$Co(NO_3)_2(s) \rightarrow Co^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$$

مولاریته هر یون چقدر است؟

Co^{2+} : $1 \times 2\,M = 2\,M$ $\qquad$ NO_3^- : $2 \times 2\,M = 4\,M$

محاسبه مقدار حل شونده موجود در محلول با مولاریته معین

از فرمول مولاریته محلول $C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}}$، استفاده می کنیم.

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \rightarrow \text{mol (حل شونده)} = C_M \times V_{(L)}$$

این روش در مثال های زیر نشان داده شده است.

مثال ۱ تعداد مول های $ZnCl_2$ را در ۱/۷۵ L محلول ۰/۲ M روی کلرید $ZnCl_2$ به دست آورید.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مول های $ZnCl_2$ در محلول

چه داده هایی داریم؟

〉 ۰/۲ M $ZnCl_2$ و ۱/۷۵ L

چه چیزی را باید به دست آوریم.

〉 تعداد مول های $ZnCl_2$ حل شده در محلول

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

$\text{mol حل شونده} = C_M \times V_{(L)} \rightarrow \text{mol حل شونده} = ۰/۲ \times ۱/۷۵\ L = ۰/۳۵\ mol\ ZnCl_2$

مثال ۲ چند گرم سدیم هیدروکسید NaOH در ۲۰۰ میلی لیتر محلول ۲ M مولار آن وجود دارد؟

برای پیدا کردن جرم NaOH در محلول

چه داده هایی داریم؟

〉 ۲ M NaOH و ۲۰۰ mL = ۰/۲ L

چه چیزی را باید به دست آوریم.

〉 جرم NaOH حل شده در محلول

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

محاسبه تعداد مول های NaOH حل شده در محلول

ابتدا با استفاده از فرمول مولاریته محلول، تعداد مول های NaOH را در محلول حساب می کنیم.

$\text{mol حل شونده} = C_M \times V_{(L)} \rightarrow \text{mol حل شونده} = ۲ \times ۰/۲\ L = ۰/۴\ mol\ NaOH$

محاسبه جرم NaOH

با داشتن تعداد مول های NaOH حل شده، جرم NaOH حل شده در محلول را به دست می آوریم.

$$\text{۰/۴ mol NaOH} \times \frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH} = \text{۱۶ g NaOH}$$ حل شده در محلول

محاسبه حجم محلول با داشتن مولاریته و مقدار حل شونده

از فرمول مولاریته محلول $C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}}$، استفاده می کنیم.

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \textbf{حل شونده})}{V_{(L)}\ \textbf{محلول}} \rightarrow V_{(L)} = \frac{mol\ NaCl}{C_M\ \text{محلول}}$$

مثال ۱ نوعی از سرم خون، محلول M ۰/۱۴ سدیم کلرید است. چه حجمی از این سرم دارای یک گرم NaCl است؟

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن حجم سرم دارای یک گرم NaCl

چه داده هایی داریم

〉 محلول ۰/۱۴ مولار NaCl و یک گرم محلول NaCl

برای پیدا کردن حجم سرم دارای ۱ g سدیم کلرید NaCl، به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

〉 تعداد مول های NaCl (در ۱ گرم)

چند مول NaCl وجود دارد؟ ($NaCl = ۵۸/۵\ g.mol^{-1}$)

$$\text{۱ g NaCl} \times \frac{1\ mol\ NaCl}{58.5\ g\ NaCl} = \text{۰/۰۱۷ mol NaCl}$$

چه حجمی از محلول M ۰/۱۴ سدیم کلرید NaCl، دارای ۱ g (۰/۰۱۷ mol) NaCl است؟

از رابطه مولاریته محلول استفاده می کنیم.

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \textbf{حل شونده})}{V_{(L)}\ \textbf{محلول}} \rightarrow V_{(L)} = \frac{mol\ NaCl}{C_M\ \textbf{محلول}} \rightarrow V_{(L)} = \frac{0.017\ mol\ NaCl}{0.14\ mol.L^{-1}\ \textbf{محلول}} = \text{۰/۱۲ L محلول}$$

روش تهیه محلول با غلظت معین (محلول سازی)

شیمی دانی در آزمایشگاه به ۱ لیتر محلول ۰/۲ مولار $K_2Cr_2O_7$ (پتاسیم دی کرومات) نیاز دارد. برای تهیه این محلول چه مقدار $K_2Cr_2O_7$ جامد مورد نیاز است؟ ($K_2Cr_2O_7 = ۲۹۴/۲\ g.mol^{-1}$)

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن جرم $K_2Cr_2O_7$ مورد نیاز برای تهیه محلول

چه داده هایی داریم؟

〉 ۱ لیتر محلول ۰/۲ مولار $K_2Cr_2O_7$ مورد نیاز است.

برای پیدا کردن جرم $K_2Cr_2O_7$ به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

〉 تعداد مول $K_2Cr_2O_7$ مورد نیاز برای تهیه محلول

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

تعداد مول های $K_2Cr_2O_7$ چقدر است؟

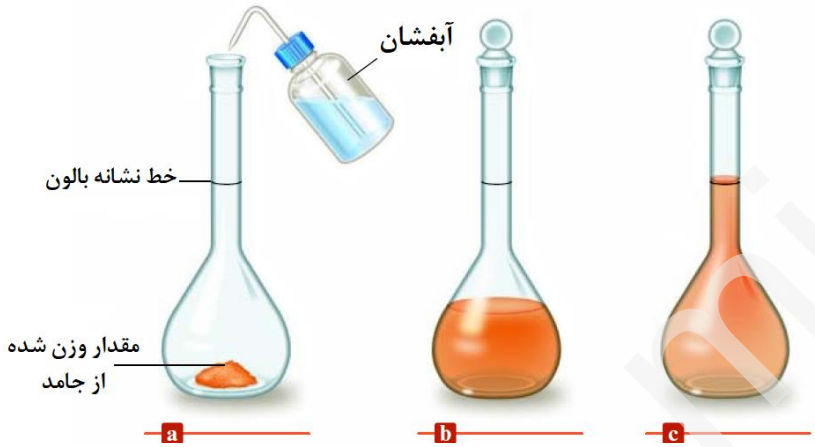
$$C_M = \frac{n\,(mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \quad \rightarrow \quad \text{mol}_{\text{(حل شونده)}} = C_M \times V_{(L)}$$

$\text{mol}_{\text{(حل شونده)}} = C_M \times V_{(L)} = ۰/۲\ \text{مولار} \times ۱\ L = ۰/۲\ \text{mol}\ K_2Cr_2O_7$

چه جرمی از $K_2Cr_2O_7$ برای تهیه محلول مورد نیاز است؟

$$۰/۲\ \text{mol}\ K_2Cr_2O_7 \times \frac{294.2\ g\ K_2Cr_2O_7}{mol\ K_2Cr_2O_7} = ۵۸/۸\ g\ K_2Cr_2O_7$$

برای تهیه ۱ لیتر محلول ۰/۲ مولار $K_2Cr_2O_7$، شیمی دان باید $۵۸/۸\ g\ K_2Cr_2O_7$ را وزن کرده به بالون حجمی ۱L انتقال دهد، و تا خط نشانه بالون آب اضافه کند.



مراحل تهیه محلول آبی استاندارد (a) ریختن مقدار توزین شده از ماده حل شونده درون بالون و افزودن مقدار کمی آب (b) حل کردن جامد در آب به وسیله چرخاندن بالون (با نگه داشتن آن) (c) افزودن آب بیشتر (همراه با چرخاندن بالون)، تا سطح محلول دقیقاً به خط نشانه برسد.

نمونه های حل شده

۱) ۰/۰۵ مول گاز هیدروژن کلرید $HCl(g)$ در آب حل می شود و حجم محلول با افزودن آب به ۱۰۰ mL می رسد. مولاریته محلول را حساب کنید.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مولاریته محلول چه داده هایی داریم؟

〈 ۰/۰۵ mol HCl و محلول ۰/۱ L = ۱۰۰ mL

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

$$C_M = \frac{n\,(mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} = \frac{0.05\ mol\ HCl}{0.1\ L\ \text{محلول}} = ۰/۵\ \text{مولار}$$

راه حل به روش استوکیومتری

$$۰/۰۵\ \text{mol HCl} \times \frac{1000\ mL\ \text{محلول}}{100\ mL\ \text{محلول}} = ۰/۵\ \text{مولار}$$

〉 در حل مسئله های غلظت محلول ها به روش استوکیومتری برای این که از تعداد مول های حل شونده به مولاریته محلول برسیم، از کسر تبدیل، $\frac{\text{محلول } 1000\ mL}{\text{محلول حجم } mL}$ استفاده می کنیم. (اگر حجم محلول بر حسب (L) باشد، در صورت (۱ L) نوشته می شود.)

۲) ۱/۴۲ گرم نمک سدیم سولفات (Na_2SO_4) را در آب حل می کنیم و حجم محلول را به ۵۰ میلی لیتر می رسانیم. مولاریته محلول حاصل را بدست آورید؟ ($Na_2SO_4 = 142\ g.mol^{-1}$)

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن مولاریته محلول چه داده هایی داریم؟

〉 ۱/۴۲ g سدیم سولفات جامد ($Na_2SO_4(s)$) و ۵۰ mL حجم محلول = ۰/۰۵ L

برای پیدا کردن $mol\ Na_2SO_4$ چه باید انجام دهیم.

$$1/42\ g\ Na_2SO_4 \times \frac{1\ mol\ Na_2SO_4}{142\ g\ Na_2SO_4} = 0/01\ mol\ Na_2SO_4$$

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

$$C_M = \frac{n\ (\text{مول حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} = \frac{0.01\ mol\ Na_2SO_4}{0.05\ L\ \text{محلول}} = 0/2\ \text{مولار}$$

راه حل به روش استوکیومتری

هرگاه در مسئله های غلظت محلول ها، جرم حل شونده و حجم محلول داده شود، و مولاریته محلول را بخواهیم، از نقشه مفهومی زیر استفاده می کنیم.

مولاریته محلول		مول حل شونده		جرم حل شونده
$\frac{\text{محلول } 1000\ mL}{\text{حجم محلول}(mL)}$	×	$\frac{\text{حل شونده } 1\ mol}{\text{جرم مولی حل شونده}}$		

$$1/42\ g\ Na_2SO_4 \times \frac{1\ mol\ Na_2SO_4}{142\ g\ Na_2SO_4} \times \frac{\text{محلول } 1000\ mL}{\text{محلول } 50\ mL} = 0/2\ \text{مولار}$$

۳) در ۲۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۴ مولار سدیم هیدروکسید چند گرم NaOH حل شده است؟ ($NaOH = 40\ g.mol^{-1}$)

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن جرم NaOH چه داده هایی داریم؟

〉 ۲۵۰ mL (۰/۲۵ L)، محلول ۰/۴ M سدیم هیدروکسید

برای پیدا کردن مول NaOH چه باید انجام دهیم؟

$$C_M = \frac{mol\ NaOH}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \rightarrow \text{mol NaOH} = C_{M(\text{مولار})} \times V_{(L)} = 0/4\ \text{مولار} \times 0/25\ L = 0/1\ \text{mol NaOH}$$

برای پیدا کردن جرم NaOH چه باید انجام دهیم؟

$$0/1\ \text{mol NaOH} \times \frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH} = 0/4\ \text{g NaOH}$$

راه حل به روش استوکیومتری

هرگاه در مسئله های غلظت محلول ها، مولاریته و حجم محلول داده شود، و جرم حل شونده را بخواهیم، از نقشه مفهومی زیر استفاده می کنیم.

جرم حل شونده	مول حل شونده	حجم محلول (mL)

$$\text{جرم حل شونده} \times \frac{\text{جرم مولی حل شونده}}{\text{حل شونده } 1\ mol} \times \frac{\text{(مولاریته) حل شونده } mol}{\text{محلول } 1000\ mL}$$

پاسخ

$$\text{۲۵۰ mL محلول} \times \frac{0.4\ mol\ NaOH}{\text{محلول } 1000\ mL} \times \frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH} = \text{۰/۴ g NaOH}$$

تمرین های پایانی درس

۱) مولاریته هر یک از محلول های زیر را حساب کنید.

آ) ۵/۶ گرم نمونه ای از سدیم هیدروژن کربنات $NaHCO_3$ در آب حل شده و حجم محلول به ۲۵۰ میلی لیتر می رسد.

ب) ۱۸۴/۶ میلی گرم نمونه ای از پتاسیم دی کرومات $K_2Cr_2O_7$ در آب حل شده و حجم محلول به ۵۰۰ mL می رسد.

پ) نمونه ای از فلز مس به جرم ۰/۱۰۲ mg در ۱۰۰ mL محلول غلیظ HNO_3 حل می شود و یون های Cu^{2+} تولید می کند. سپس به این محلول آب اضافه می شود و حجم نهایی محلول به ۱ L می رسد. مولاریته یون های Cu^{2+} را در محلول حساب کنید.

پاسخ آ) ۰/۲۶۷ M ب) $1/25 \times 10^{-3}$ M پ) $8/06 \times 10^{-3}$ M

۲) غلظت تمام یون ها را در هر یک از محلول های زیر حساب کنید. تفکیک یونی برای هر نمک در محلول کامل است.

آ) ۱۰۰ میلی لیتر محلول که ۰/۱ مول $Ca(NO_3)_2$ در ان حل شده است.

ب) ۱/۲۵ لیتر محلول که ۲/۵ مول Na_2SO_4 در آن حل شده است.

پ) ۵۰۰ میلی لیتر محلولی که ۵ گرم NH_4Cl در آن حل شده است.

ت) ۲۵۰ میلی لیتر محلولی که ۱/۰ گرم K_3PO_4 در آن حل شده است.

پاسخ آ) مولار ۱/۰ = $M\ Ca^{2+}$ ، مولار ۲/۰ = $M\ NO_3^-$

ب) مولار ۴/۰ = $M\ Na^+$ ، مولار ۲/۰ = $M\ SO_4^{2-}$

پ) مولار ۰/۱۸۷ = $M\ NH_4^+ = M\ Cl^-$

ت) مولار ۰/۰۵۶ = $M\ K^+$ ، مولار ۰/۰۱۸ = $M\ PO_4^{3-}$

۳) با محاسبه تعیین کنید، کدام یک از محلول های زیر که تفکیک یونی در آن ها کامل است، تعداد مول های بیشتری از یون کلرید Cl^- دارد؟

۱۰۰ mL محلول ۰/۳ M آلومینیم کلرید $AlCl_3$

۵۰ mL محلول ۰/۶ M منیزیم کلرید $MgCl_2$

۲۰۰ mL محلول ۰/۴ M سدیم کلرید $NaCl$

پاسخ ۱۰۰ mL محلول ۰/۳ M آلومینیم کلرید $AlCl_3$

۴) در ۲۵۰ mL محلول ۰/۴ M سدیم هیدروکسید، چند NaOH حل شده است؟

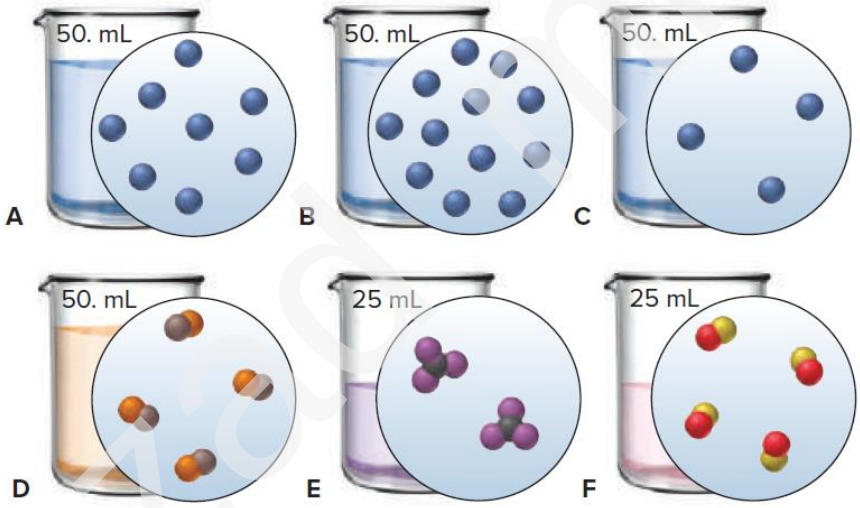
پاسخ ۴/۰ g

۵) غلظت یون های سدیم موجود در خون یک بیمار ۱۳۷ میلی مول برلیتر اندازه گیری شده است. اگر ۱۵ mL خون از این بیمار گرفته شود، چند گرم یون سدیم در آن وجود دارد؟ پاسخ ۰/۰۴۷ g

۶) محاسبات لازم را برای تهیه ۲ L از هر یک از محلول های زیر انجام دهید.
آ) محلول ۰/۲۵۰ M مولار سدیم هیدروکسید با حل کردن NaOH جامد در آب
ب) محلول ۰/۱۰ M پتاسیم کرومات با کردن K_2CrO_4 در آب
پاسخ آ) ۲۰ گرم NaOH را وزن کرده و به بالون حجمی ۲ لیتری انتقال می دهیم پس از حل کردن در آب حجم محلول را به ۲L می رسانیم
ب) ۳۸/۸ گرم K_2CrO_4 را وزن کرده و به بالون حجمی ۲ لیتری انتقال می دهیم پس از حل کردن در آب حجم محلول را به ۲L می رسانیم

۷) ۷۰/۰ میلی لیتر محلول ۳/۰ M سدیم کربنات Na_2CO_3 با ۳۰/۰ میلی لیتر محلول ۱/۰ M سدیم بیکربنات $NaHCO_3$ مخلوط می شوند. مولاریته یون سدیم Na^+ در مخلوط را حساب کنید. پاسخ ۴/۵ M

۸) شِش محلول آبی متفاوت در بِشرهای زیر نشان داده شده اند (مولکول های حلال نشان داده نشده اند)، و حجم هر محلول مشخص است. (هر ذره نشان داده شده در شکل را ۰/۰۱ مول در نظر بگیرید.)



آ) کدام محلول (ها) بیشترین مولاریته را دارد؟
ب) کدام محلول (ها) کمترین مولاریته را دارد؟
پ) مولاریته محلول C با مولاریته کدام محلول (ها) برابر است؟
ت) مولاریته محلول A را حساب کنید.
ث) اگر شما محلول های A و C را مخلوط کنید، محلول به دست آمده مولاریته بیشتر، کمتر یا برابر با محلول b خواهد داشت؟

رقیق سازی محلول – ممنبع کتاب شیمی عمومی زومداهل

اغلب محلول ها برای نگاه داری طولانی مدت در آزمایشگاه، و استفاده روزمره، به صورت غلیظ خریداری و یا تهیه می شوند، که به آن ها محلول های ذخیره شده در انبار گفته می شود. سپس با افزودن آب به مقدار مناسب، محلول هایی برای کاربردهای خاص تهیه خواهد شد. این فرایند رقیق سازی محلول نامیده می شود.

برای مثال، اسیدهای پرکاربرد به صورت محلول غلیظ ساخته می شوند و برای استفاده در آزمایشگاه با آب رقیق خواهند شد. برای انجام محاسبات رقیق سازی باید تعیین کنیم چه حجمی آب به چه مقدار محلول غلیظ نگه داری شده در انبار اضافه شود تا محلول رقیق شده با کاربرد مناسب تهیه شود. نکته ای که برای حل این نوع مسئله باید در نظر داشته باشیم به صورت زیر است.

تعداد مول های حل شونده پیش از رقیق سازی = تعداد مول های حل شونده پس از رقیق سازی

دلیل درستی رابطه بالا این است که برای انجام رقیق سازی محلول فقط آب (نه جسم حل شدنی) به آن اضافه می شود.

چنان که گفته شد، ایده ای که بر اساس آن محاسبات رقیق سازی انجام می گیرد، تغییر نکردن مول های حل شونده با رقیق شدن محلول است. بر این اساس، روشی که می توان برای محاسبات رقیق سازی انجام داد، استفاده از معادله زیر است.

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad \text{یا} \quad C_{M_1}V_1 = C_{M_2}V_2$$

در این معادله، M_1 (یا C_{M_1}) مولاریته و V_1 حجم محلول غلیظ اولیه (پیش از رقیق سازی)، و M_2 (یا C_{M_2}) مولاریته و V_2 حجم محلول رقیق شده را نشان می دهند. مفهوم این معادله به صورت زیر است.

مول حل شونده پیش از رقیق شدن $= M_1V_1$

مول حل شونده پس از رقیق شدن $= M_2V_2$

برای مثال، فرض کنید می خواهیم ۵۰۰ mL محلول ۱ M اَستیک اسید (CH_3COOH)، را از محلول غلیظ ۱۷/۴ M آن که در انبار نگه داری می شود، تهیه کنیم. چه حجمی از محلول غلیظ نیاز است؟

راه حل چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن حجم محلول غلیظ

چه داده هایی داریم؟

- استیک اسید غلیظ ۱۷/۴ M
- ۵۰۰ mL استیک اسید ۱M

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

برای پیدا کردن حجم CH_3COOH مورد نیاز به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

- حجم محلول غلیظ استیک اسید چقدر است؟

M_1 = ۱۷/۴ مولار V_1 = ? M_2 = ۱ مولار V_2 = ۵۰۰ mL

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$۱۷/۴\ M \times V_1 = ۱\ M \times ۵۰۰\ mL$$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{1\ M \times 500\ mL}{17.4\ M} = ۲۸/۷\ mL$$

حجم محلول غلیظ CH_3COOH مورد نیاز

بنابر این، برای تهیه ۵۰۰ mL محلول ۱ M استیک اسید، باید ۲۸/۷ mL محلول غلیظ استیک اسید ۱۷/۴ M را با افزودن آب رقیق کنیم تا حجم نهایی به ۵۰۰ mL برسد.

مراحل رقیق سازی محلول: (a) انتقال ۲۸/۷ میلی لیتر محلول غلیظ ۱۷/۴ مولار استیک اسید درون بالون حجمی (b) افزودن آب تا خط نشانه بالون حجمی (c) محلول ۱ مولار استیک اسید به دست می آید.

تمرین تعیین حجم محلول غلیظ برای تهیه محلول رقیق شده

برای تهیه ۱/۵L محلول ۰/۱M سولفوریک اسید (H_2SO_4)، چه حجمی از محلول غلیظ ۱۶ M این اسید باید استفاده شود؟

راه حل چه باید انجام دهیم؟

پیدا کردن حجم H_2SO_4 مورد نیاز برای تهیه محلول

چه داده هایی داریم؟

- ۱/۵ لیتر محلول ۰/۱ مولار H_2SO_4
- اسید غلیظ ۱۶ مولار در اختیار داریم

برای پیدا کردن حجم H_2SO_4 مورد نیاز به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

- حجم سولفوریک اسید H_2SO_4 مورد نیاز چقدر است؟

برای حل مسئله چه باید انجام دهیم؟

$V_2 = ۱/۵\ L$ $M_2 = ۰/۱$ مولار $V_1 = ?$ $M_1 = ۱۶$ مولار

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$۱۶\ M \times V_1 = ۰/۱\ M \times ۱/۵\ L$$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{0.1\ M \times 1.5\ L}{16\ M} = ۹/۴ \times ۱۰^{-۳}\ L = ۹/۴\ mL$$

حجم محلول غلیظ CH_3COOH مورد نیاز

برای تهیه ۱/۵ لیتر محلول ۰/۱ مولار H_2SO_4، باید ۹/۴ میلی لیتر محلول غلیظ این اسید را با آب تا حجم ۱/۵ لیتر رقیق کنیم.

معادله $M_1V_1 = M_2V_2$ همیشه برای محاسبات رقیق سازی محلول ها استفاده می شود. کاربرد این معادله در مسئله های رقیق سازی بسیار ساده است.

چند نمونه حل شده

۱) محلولی به وسیله حل کردن ۱۰/۸ g آمونیوم سولفات $(NH_4)_2SO_4$ در مقدار کافی آب و رساندن حجم محلول به ۱۰۰mL تهیه شده است. به ۱۰mL از این محلول ۵۰mL آب اضافه می شود. غلظت یون های NH_4^+ و SO_4^{2-} را در محلول رقیق شده حساب کنید.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

〉 پیدا کردن مولاریته محلول اولیه $(NH_4)_2SO_4$

$$۱۰/۸\ g\ (NH_4)_2SO_4 \times \frac{1\ mol\ (NH_4)_2SO_4}{132\ g\ (NH_4)_2SO_4} = ۰/۰۸\ mol\ (NH_4)_2SO_4$$

$$(M \text{ یا }) C_M = \frac{n\ (mol \text{ حل شونده})}{V_{(L)} \text{ محلول}} = \frac{0.08\ mol\ (NH_4)_2SO_4}{0.1\ L \text{ محلول}} = ۰/۸ \text{ مولار}$$

〉 پیدا کردن مولاریته محلول رقیق شده پس از افزودن آب

$$C_{M_1}V_1 = C_{M_2}V_2 \rightarrow ۰/۸M \times ۱۰mL = C_{M_2} \times ۶۰mL \rightarrow C_{M_2} = ۰/۱۳۳ \text{ مولار}$$

〉 پیدا کردن مولاریته یون های آمونیوم NH_4^+ و سولفات SO_4^{2-} در محلول رقیق شده

$$(NH_4)_2SO_4(s) \rightarrow 2NH_4^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$
$$۱\ mol \quad ۲\ mol \quad ۱\ mol$$

$$M_{(NH_4)_2SO_4} = M_{SO_4^{2-}} = ۰/۱۳۳ \text{ مولار} \quad ، \quad M_{NH_4^+} = 2M_{(NH_4)_2SO_4} = ۰/۲۶۶ \text{ مولار}$$

۲) مولاریته یون سدیم در محلولی که بوسیله مخلوط کردن ۳/۶ میلی لیتر محلول ۰/۳۵ مولار سدیم کلرید NaCl با ۵۰۰ میلی لیتر محلول $۶/۸ \times ۱۰^{-2}$ مولار سدیم سولفات Na_2SO_4 تهیه شده است.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

〉 پیدا کردن تعداد مول های یون Na^+ در محلول NaCl

$$C_M = \frac{n\ (mol \text{ حل شونده})}{V_{(L)} \text{ محلول}} \rightarrow n = C_M \times V_{(L)} \rightarrow n = ۰/۳۵\ M \times ۳/۶ \times ۱۰^{-3}\ L \rightarrow n = ۱/۲۶ \times ۱۰^{-3}\ mol\ NaCl$$

چون هر مول NaCl، یک مول یون Na^+ تولید می کند $\quad n_{(Na^+)} = ۱/۲۶ \times ۱۰^{-3}\ mol\ Na^+$

〉 پیدا کردن تعداد مول های یون Na^+ در محلول Na_2SO_4

$$C_M = \frac{n\ (mol \text{ حل شونده})}{V_{(L)} \text{ محلول}} \rightarrow n = C_M \times V_{(L)} \rightarrow n = ۶/۸ \times ۱۰^{-2}\ M \times ۰/۵\ L = ۳/۴ \times ۱۰^{-2}\ mol\ Na_2SO_4$$

$$Na_2SO_4(s) \rightarrow 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$
$$۱\ mol \quad ۲\ mol \quad ۱\ mol$$

$$mol\ Na^+ = 2mol\ Na_2SO_4 = ۶/۸ \times ۱۰^{-2}$$

تعداد مول های Na^+ در محلول نهایی $= ۱/۲۶ \times ۱۰^{-3} + ۶/۸ \times ۱۰^{-2} = ۶/۹۲۶ \times ۱۰^{-2}\ mol\ Na^+$

〉 پیدا کردن مولاریته یون Na^+ در محلول نهایی

حجم نهایی محلول $\quad ۵۰۰\ mL + ۳/۶\ mL = ۵۰۳/۶\ mL = ۵۰۳/۶ \times ۱۰^{-3}\ L$

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} = \frac{6.926 \times 10^{-2}\ mol\ Na^+}{503.6 \times 10^{-3}\ L\ \text{محلول}} = ۰/۱۳۷\ \text{مولار}$$

راه حل با استفاده از فرمول برای حل چنین مسئله هایی می توان از فرمول زیر استفاده کرد.

مولاریته نهایی یون حاصل از تفکیک یونی در مخلوط حاصل از دو یا چند محلول

$$C_{M(\text{نهایی})} = \frac{(C_{M1}.n_1.V_1) + (C_{M2}.n_2.V_2)}{V_1 + V_2}$$

در این فرمول n۱ و n۲ به ترتیب تعداد یون ها را در واحد فرمولی NaCl و Na۲SO۴ نشان می دهند.

$$Na_2SO_4 \rightarrow n_1 = ۲ \qquad NaCl \rightarrow n_2 = ۱$$

$$C_{M(Na^+\ \text{نهایی})} = \frac{(0.35\ M \times 2 \times 3.6\ mL) + (6.8 \times 10^{-2}\ M \times 1 \times 500\ mL)}{3.6\ mL \times 500\ mL} = ۰/۱۳۷\ \text{مولار}$$

۳) چگالی محلول ۳/۷۵ مولار سولفوریک اسید H۲SO۴، که به عنوان اسید باتری در خودروها استفاده می شود برابر با $g.mL^{-1}$ ۱/۲۲۵ است. $H_2SO_4 = ۹۸\ g.mol^{-1}$

آ) درصد جرمی H۲SO۴ را در این محلول به دست آورید.

ب) ۱۰ میلی لیتر از این محلول را با افزودن آب به حجم یک متر مکعب (۱۰۰۰ L) می رسانیم، مولاریته و غلظت بر حسب ppm این محلول را محاسبه کنید.

راه حل چه باید انجام دهیم؟

〉 پیدا کردن درصد جرمی محلول H۲SO۴

در مسئله های غلظت مولار محلول اگر در مسئله مولاریته (C_M)، درصد جرمی محلول (a) و یا چگالی محلول (d)، خواسته شده باشد، و دو تای دیگر به طور مستقیم یا غیر مستقیم داده شده باشند، ساده ترین روش حل مسئله استفاده از فرمول زیر است.

$$C_M = \frac{10.a.d}{M}$$ M جرم مولی حل شونده را نشان می دهد

$$۳/۷۵ = \frac{10 \times a \times 1.22}{98} \rightarrow a = ٪\ ۳/۰۱$$

〉 پیدا کردن مولاریته محلول

از فرمول رقیق سازی استفاده می کنیم $C_{M1}V_1 = C_{M2}V_2$

تبدیل متر مکعب به میلی لیتر $۱\ m^۳ = ۱۰^۳\ L = ۱۰^۶\ mL$

$۳/۷۵\ M \times ۱۰mL = C_{M2} \times ۱۰^۶\ mL$ $C_{M2} = ۳/۷۵ \times ۱۰^{-۵}$ مولار

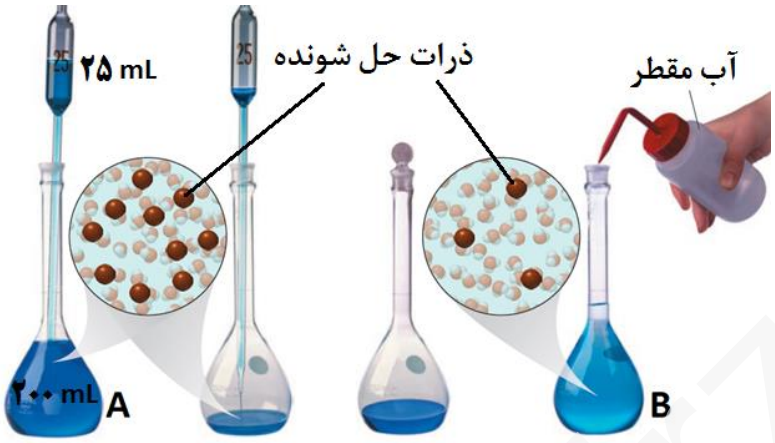
〉 پیدا کردن غلظت محلول بر حسب ppm

جرم H۲SO۴ در محلول را حساب می کنیم.

$$۱\ m^۳ = ۱ \times ۱۰^۶\ mL\ \text{محلول} \times \frac{3.75 \times 10^{-5}\ mol\ H_2SO_4}{1000\ mL\ \text{محلول}} \times \frac{98\ g\ H_2SO_4}{1\ mol\ H_2SO_4} = ۳/۶۷۵\ g\ H_2SO_4$$

$$ppm\ (\text{محلول}) = \frac{3.675\ g\ H_2SO_4}{10^6\ g\ \text{محلول}} \times ۱۰^۶ = ۳/۶۷۵\ ppm$$

۴) شکل زیر روش تهیه یک محلول رقیق (محلول B) از محلول غلیظ (محلول A) را نشان می دهد. حجم محلول غلیظ A برابر با ۲۰۰ mL و هر ذره حل شونده نشان داده شده در شکل معادل ۰/۲ مول است. ۲۵ mL از محلول غلیظ A را برداشته و با افزودن آب رقیق می کنیم تا محلول B به دست آید. با توجه به تعداد ذرات حل شونده در محلول B، چه حجمی آب مقطر به بالون B افزوده شود تا محلول ۰/۵ مولار به دست آید.



راه حل چه باید انجام دهیم؟

〉 پیدا کردن مولاریته محلول غلیظ (A)

در محلول A تعداد ذره های حل شونده برابر با ۱۰ ذره می باشند. تعداد مول های حل شونده در این محلول برابر است با:

حل شونده mol ۲ = ذره ۱۰ × mol ۰/۲

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} = \frac{2\ mol\ \text{حل شونده}}{0.2\ L\ \text{محلول}} = \text{مولار } ۱۰$$

〉 پیدا کردن مول حل شونده در محلول B

در محلول B تعداد ذره های حل شونده ۳ ذره می باشند. تعداد مول های حل شونده در این محلول برابر است با:

حل شونده mol ۰/۶ = ذره ۳ × mol ۰/۲

〉 پیدا کردن حجم محلول رقیق شده در حالت B

$$C_M = \frac{n\ (mol\ \text{حل شونده})}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \rightarrow ۰/۵ = \frac{0.6\ mol\ \text{حل شونده}}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \rightarrow \text{حجم محلول } V = ۰/۳\ L = ۳۰۰\ mL$$

〉 پیدا کردن حجم آب اضافه شده

حجم آب اضافه شده mL ۲۷۵ = محلول غلیظ mL ۲۵ = محلول mL ۳۰۰

تمرین های پایانی درس

۱) محلولی به وسیله حل کردن mg ۱۰/۰ فلوکسی مسترون ($C_{20}H_{29}FO_3$ یک استروئید آنابولیک) در آب و رساندن حجم محلول به mL ۵۰۰/۰ تهیه شده است. µL ۱۰۰/۰ از این محلول با آب تا حجم نهایی mL ۱۰۰/۰ رقیق می شود. مولاریته محلول نهایی چقدر است.

پاسخ مولار $۵/۹۴ \times ۱۰^{-۸}$

۲) هر یک از کمیت های زیر را محاسبه کنید.

آ) مولاریته محلول تهیه شده بوسیله رقیق کردن ۳۷/۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۲۵۰ مولار پتاسیم کلرید KCl تا حجم ۱۵۰/۰۰ میلی لیتر

ب) مولاریته محلول تهیه شده بوسیله رقیق کردن ۲۵/۷۱ میلی لیتر محلول ۰/۰۷۰۶ مولار آمونیوم سولفات $(NH_4)_2SO_4$ تا ۵۰۰/۰۰ میلی لیتر

پاسخ: آ) ۰/۰۶۱۷ مولار KCl ب) ۰/۰۰۳۶۳ مولار $(NH_4)_2SO_4$

۳) نمونه ای از محلول غلیظ نیتریک اسید با چگالی $1/41\ g/mL$ و درصد جرمی ۷۰/۰٪ وجود دارد.

آ) مولاریته این محلول چقدر است؟

ب) در هر لیتر از این محلول چند گرم HNO_3 وجود دارد؟

پاسخ: آ) ۱۵/۷ مولار HNO_3 ب) ۹/۸۷ $HNO_3\ g.L^{-1}$

۴) سفید کننده خانگی محلول ۵/۰۰٪ سدیم هیپوکلریت $NaClO$ در آب است و چگالی آن $1/10\ g.mL^{-1}$ می باشد.

آ) مولاریته این محلول را به دست آورید.

ب) چند میلی لیتر آب به این محلول اضافه کنیم تا مولاریته آن به ۰/۰۰۳ مولار برسد؟

۵) یک محلول ۷/۲۳٪ جرمی از الکل اتانول تهیه شده است. چگالی این محلول $0/9877\ g.mL^{-1}$ می باشد. غلظت این محلول را بر حسب یکاهای زیر محاسبه کنید.

آ) مولاریته

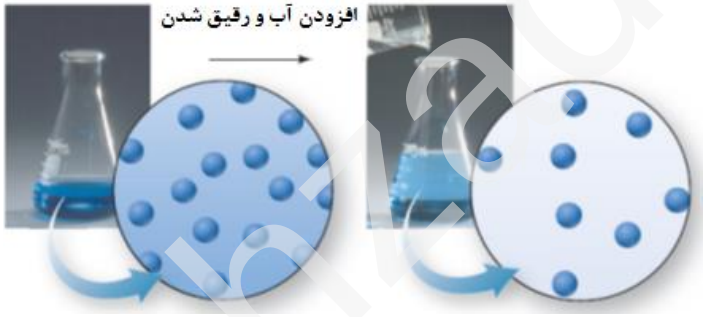
ب) گرم الکل در ۱۰۰ میلی لیتر

پ) غلظت الکل بر حسب ppm در صورتی که ۲۰ میلی لیتر از این محلول با افزودن آب به حجم ۲۰ لیتر برسد.

پاسخ: آ) ۱/۵۵ مولار ب) ۷/۱۴ گرم

۶) محاسبات زیر را انجام دهید.

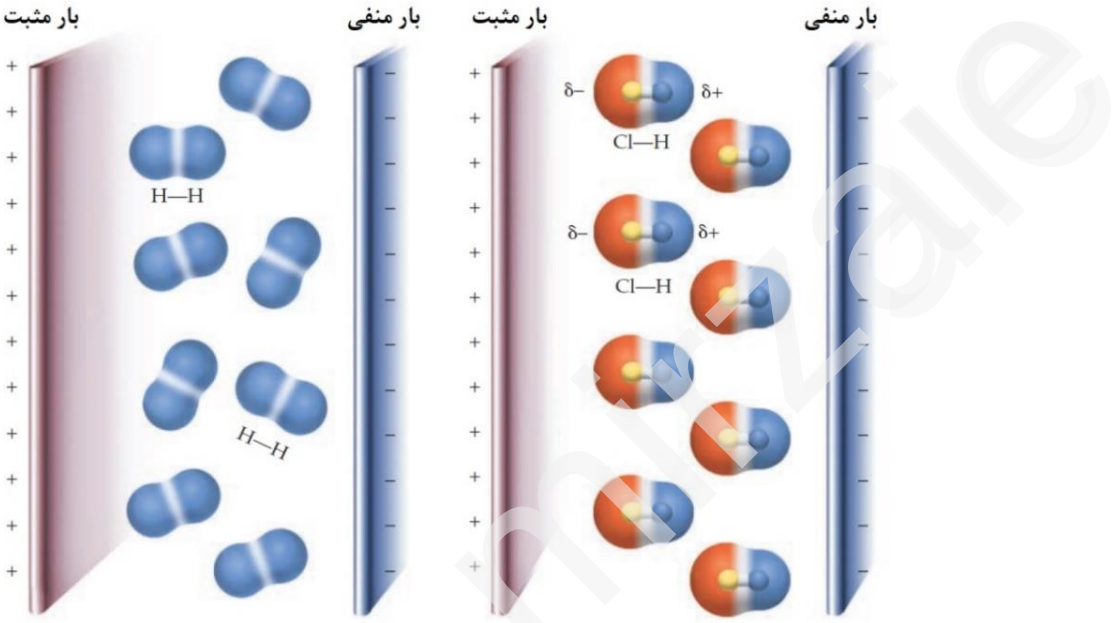
آ) حجم محلول در ارلن سمت چپ ۵۰ میلی لیتر و هر ذره حل شونده در آن معادل ۰/۰۲ مول است. مولاریته محلول را در این ارلن محاسبه کنید.



ب) در شکل سمت راست با افزودن آب حجم محلول درون ارلن به ۲۰۰ میلی لیتر رسیده است، مولاریته محلول رقیق شده محاسبه کنید.

رفتار مولکول ها در میدان الکتریکی – مولکول های قطبی و ناقطبی – منبع کتاب های مرجع شیمی عمومی

هنگامی که مولکول های H_2 و HCl را بین دو صفحه فلزی با بارهای الکتریکی مخالف (میدان الکتریکی) قرار دهیم، مشاهده می کنیم، رفتار این دو نوع مولکول در میدان الکتریکی متفاوت است. مولکول های H_2 در میدان الکتریکی جهت گیری تصادفی دارند، اما مولکول های HCl در میدان الکتریکی جهت گیری منظمی از خود نشان می دهند، که در آن Cl به سمت صفحه با بار مثبت و H به سمت صفحه دارای بار منفی جهت گیری می کنند. (شکل زیر)



دلیل رفتار متفاوت این دو مولکول در میدان الکتریکی چیست؟

مولکول H_2 یک مولکول دو اتمی جور هسته است (اتم های سازنده مولکول H_2 هر دو از یک نوع عنصر هستند). در مولکول های دواتمی جور هسته مانند H_2 یا N_2 به دلیل جاذبه یکسان هسته های مشابه، بار الکتریکی به طور یکنواخت پخش شده است، و دو انتهای مولکول از نظر پخش بار الکتریکی مشابه هستند. به چنین مولکول هایی، مولکول ناقطبی گفته می شود.

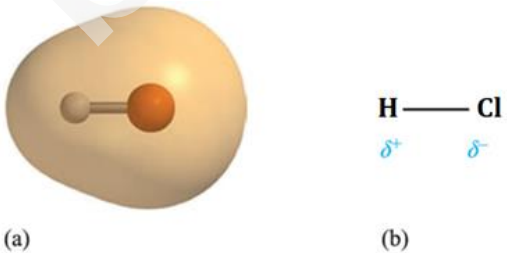
در مقابل، مولکول HCl یک مولکول دو اتمی ناجور هسته می باشد (اتم های سازنده مولکول از دو نوع عنصر متفاوت H و Cl هستند). اگر هسته های این دو اتم، جاذبه متفاوتی روی الکترون ها داشته باشند، ابر الکترونی به سمت اتمی که جاذبه بیشتری روی الکترون ها اعمال می کند کشیده می شود. چنین مولکول هایی، مولکول قطبی نامیده می شوند.

صفحه های باردار الکتریکی اثر قابل ملاحظه ای روی مولکول های H_2 ندارد، و این مولکول ها به صورت تصادفی در میدان الکتریکی چرخش می کنند. وضعیت مولکول های HCl متفاوت است. در این جا، اتم های کلر با بار جزئی منفی جذب صفحه مثبت و هیدروژن های با بار جزئی مثبت جذب صفحه منفی می شوند، و همه مولکول های HCl جهت گیری مشابهی در میدان الکتریکی پیدا می کنند. بر اساس این رفتار، HCl مولکولی قطبی و H_2 مولکول ناقطبی هستند.

در مولکول های دو اتمی قطبی، در یک انتهای مولکول تراکم بار منفی نسبت به سمت دیگر آن بیشتر است. این موضوع در شکل مقابل برای مولکول HCl نشان داده شده است.

(a) قطبی بودن مولکول HCl ناشی از توزیع نامتقارن ابر الکترونی آن است.

(b) یک پیوند قطبی را نشان می دهد.

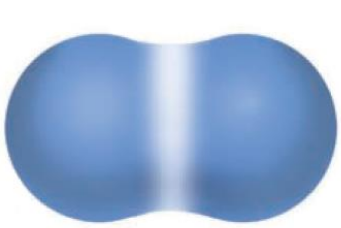


علامت های δ^+ و δ^- (نماد δ از حروف الفبای یونانی است و دلتا خوانده می شود) نشان دهنده وجود بار جزئی مثبت یا منفی در هر انتهای مولکول است، اما این بار جزئی به اندازه یک واحد بار (+) یا (–)

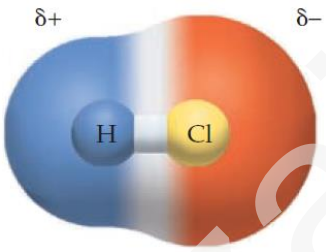
نیست. گشتاور دوقطبی (μ) میزان قطبییت مولکول ها را اندازه گیری می کند، و قطبیت مولکول بر حسب یکای دبای (D) بیان می شود.

یک مولکول دو اتمی قطبی مولکولی است که در آن تراکم بار الکتریکی در یک انتهای مولکول بیشتر است. چنین مولکول هایی یک گشتاور دوقطبی الکتریکی دارند که با نماد (μ) نشان داده می شود.

در شکل زیر مولکول H_2، یک مولکول ناقطبی و مولکول HCl یک مولکول قطبی نشان داده شده اند.



H—H
پیوند کوالانسی



δ+ δ−
H—Cl
پیوند کوالانسی قطبی

مولکول های قطبی و مولکول های ناقطبی

مولکول قطبی، مولکولی با گشتاور دوقطبی بزرگتر از صفر است. یک مولکول دو اتمی که پیوند قطبی دارد، مولکولی قطبی است. مولکول HCl، با پیوند کوالانسی قطبی ($\delta^+H - Cl^{\delta-}$)، یک مولکول قطبی است، که گشتاور دوقطبی آن μ = ۱/۱ D می باشد. تمام مولکول های دو اتمی که اتم های آن ها از دو نوع عنصر متفاوت باشد، لااقل قطبیت کمی دارند. مولکول ناقطبی، مولکولی است که گشتاور دوقطبی آن صفر است. مولکول های دو اتمی جور هسته، یعنی مولکول های دو اتمی که اتم های سازنده آن ها از یک نوع عنصر باشند، مانند O_2، N_2 و Cl_2 ناقطبی اند، زیرا پیوندهای قطبی ندارند.

در جدول زیر گشتاور دوقطبی برخی مولکول ها نشان داده شده است.

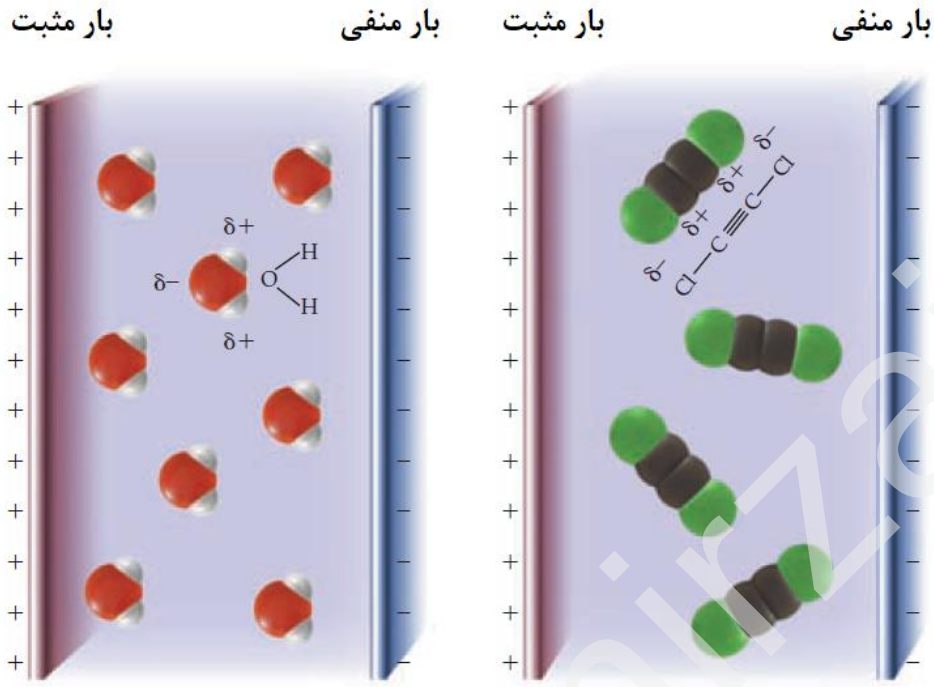
مولکول	گشتاور دوقطبی (D)	مولکول	گشتاور دوقطبی (D)
HF	۱/۹۱	PH_3	۰/۵۸
HCl	۱/۰۸	AsH_3	۰/۲۰
HBr	۰/۸۰	SbH_3	۰/۱۲
HI	۰/۴۲	O_3	۰/۵۳
CO	۰/۱۲	CO_2	۰
ClF	۰/۸۸	CH_4	۰
H_2O	۱/۸۵	NH_3	۱/۴۷

در ادامه رفتار دو مولکول آب H_2O و دی کلرو اتین C_2Cl_2 را در میدان الکتریکی بررسی می کنیم.

آب

Cl—C≡C—Cl
دی کلرو اتین

مشاهده می کنیم تمام مولکول های آب بین دو صفحه باردار جهت گیری یکسان دارند، به این معنا که مولکول های H_2O قطبی اند. اما مولکول های C_2Cl_2 جهت گیری تصادفی دارند و باید ناقطبی باشند.



مولکول های دو اتمی N_2 و O_2، دو مولکول بسیار مهم موجود در اتمسفر هستند که ناقطبی اند، زیرا الکترون های پیوندی به طور مساوی بین اتم ها در هر مولکول توزیع شده اند. مولکول های دو اتمی مانند HF و HCl، قطبی هستند و ماهیت پیوند کوالانسی در آن ها قطبی است. البته، همه مولکول های قطبی دارای قطبیت یکسان نیستند. برای این که بدانیم چرا این گونه است، اتم های F و Cl را مقایسه می کنیم.

هر دوی این مولکول ها قطبی اند، اما قطبیت HF بیشتر است. در هر دو مولکول الکترون های پیوندی به طور نابرابر بین هسته های دو اتم توزیع شده اند، اما فلوئور اندازه کوچکتری نسبت به کلر دارد. کوچکتر بودن اندازه فلوئور موجب می شود، الکترون های پیوندی را بیشتر به سمت خود جذب کند. بنابر این، الکترون های پیوندی در HF نسبت به HCl، بیشتر به سمت اتم F جذب می شوند، در نتیجه مولکول های HF در مقایسه با HCl بار جزئی بیشتری پیدا می کنند. به همین دلیل مولکول های HF قطبی تر از HCl هستند.

شکل و قطبیت مولکول ها

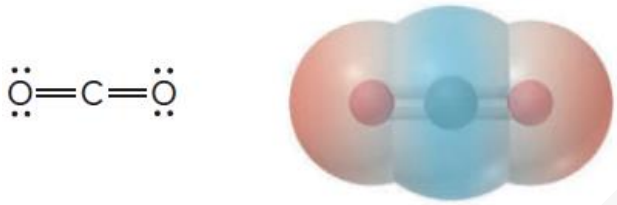
می دانیم که شکل مولکول های یک ماده کلید فهم خواص فیزیکی و شیمیایی مربوط به آن ماده است. یکی از مهمترین اثرات شکل مولکول، تاثیر بر قطبیت مولکولی است، که می تواند بر نقطه ذوب و نقطه جوش، انحلال پذیری و واکنش پذیری تاثیر بگذارد.

یک پیوند کوالانسی هنگامی قطبی است که الکترون های پیوندی بین دو اتم به طور نابرابر توزیع شده باشند. در مولکول های دو اتمی مانند HF، فقط وجود پیوندهای قطبی، مولکول را قطبی می کند. در مولکول های بزرگتر مانند آب H_2O، یا اتانول C_2H_5OH که بیش از یک پیوند کوالانسی دارند، هر دو عامل شکل و پیوندهای قطبی تعیین کننده قطبیت مولکول هستند، که ناشی از توزیع غیر یکنواخت بار در تمام یا قسمتی از مولکول می باشد.

پیوند قطبی، شکل مولکول و گشتاور دوقطبی

وجود پیوندهای قطبی همیشه نمی توانند منجر به قطبی شدن مولکول ها شوند. در این مورد باید شکل مولکول و اتم هایی را که در اطراف اتم مرکزی قرار دارند نیز در نظر گرفت. در این جا سه حالت پیش می آید:

۱. پیوندهای قطبی، مولکول ناقطبی در کربن دی اکسید CO_2، به دلیل متفاوت بودن اتم ها هر دو پیوند $C = O$ قطبی اند (اتم های O به دلیل کوچکتر بودن، بار جزئی منفی δ^- و اتم های بزرگتر C بار جزئی مثبت δ^+ دارند)، اما به دلیل شکل خطی مولکول CO_2، این مولکول ناقطبی است، و گشتاور دوقطبی برای آن $\mu = 0\ D$ است. به شکل زیر توجه کنید.

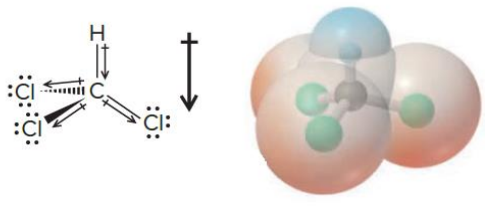


در مناطقی که با رنگ قرمز نشان داده شده است، تراکم الکترون نسبت به منطقه ای که با رنگ آبی نشان داده شده است، بیشتر است.

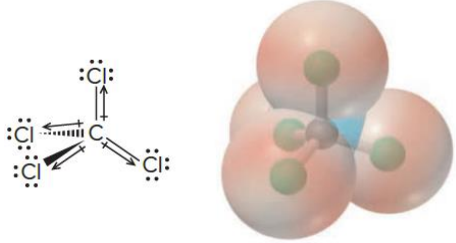
۲. پیوندها قطبی، مولکول قطبی مولکول آب دو پیوند قطبی دارد، و یک مولکول قطبی است. گشتاور دوقطبی آن ($\mu = 1/85\ D$) می باشد. در این مولکول هر یک از پیوندهای $O - H$ قطبی اند و به دلیل جاذبه بیشتر اتم O روی الکترون های پیوندی، همچنین وجود دو جفت الکترون ناپیوندی روی اتم اکسیژن انتهای O بار جزئی منفی δ^- دارد، و انتهای H دارای بار جزئی مثبت δ^+ است. شکل مولکول آب خمیده است و حالت V شکل دارد. پیوندهای $O - H$ قطبی موجب می شوند در مولکول آب سمت اتم اکسیژن بار جزئی منفی δ^- داشته و سر منفی مولکول محسوب می شود، و سمت اتم های هیدروژن (منطقه بین اتم های H) بار جزئی مثبت δ^+ داشته و سر مثبت مولکول می باشد.

قطبی بودن مولکول های آب اثرات ویژه ای به آن می دهد. از تعیین ترکیب آب اقیانوس ها تا زندگی خود ما

۳. شکل های مشابه، قطبیت متفاوت وقتی مولکول های مختلف دارای شکل های مشابه باشند، ماهیت اتم های پیوندی (اتم های متصل به اتم مرکزی) قطبیت مولکول را تعیین می کنند. مولکول های کربن تتراکلرید CCl_4 و کلروفرم $CHCl_3$ هر دو شکل های چهار وجهی دارند. گشتاور دوقطبی مولکول CCl_4 برابر با ($\mu = 0\ D$) و گشتاور دوقطبی مولکول $CHCl_3$ برابر ($\mu = 1/01\ D$) می باشد.



کلروفرم

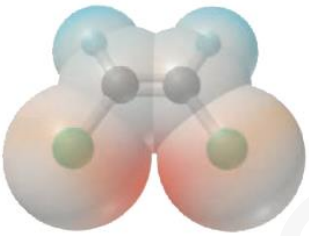


کربن تتراکلرید

اثر قطبیت مولکول بر رفتار آن

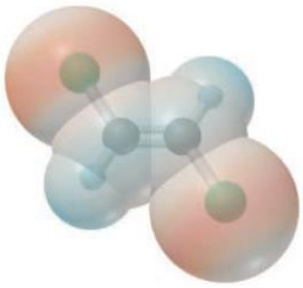
قبلاً گفته شد که قطبی بودن مولکول بر خواص فیزیکی آن تاثیر می گذارد. حال می خواهیم ببینیم چگونه یک خاصیت مولکولی مثل گشتاور دوقطبی بر خواص فیزیکی مثل نقطه جوش اثر دارد.

برای دی کلرو اتین با فرمول مولکولی ($C_2H_2Cl_2$) دو شکل مولکولی متفاوت با گشتاور دوقطبی مختلف وجود دارد. (شکل زیر)



$\mu = 1/90\ D$

نقطه جوش = ۶۰/۳°C

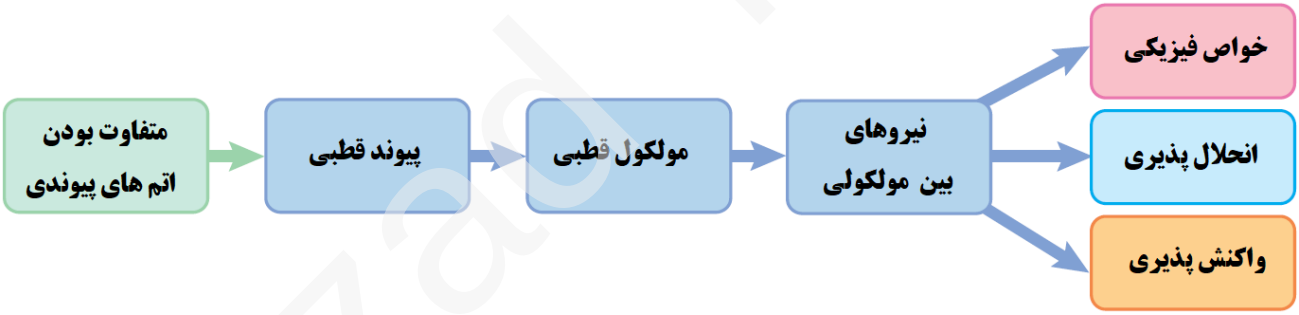


$\mu = 0\ D$

نقطه جوش = ۴۷/۵°C

هنگام جوشیدن یک مایع، مولکول های مایع باید بر نیروهای جاذبه ضعیف بین خودشان غلبه کنند، به دلیل این که مولکول نشان داده شده در سمت راست قطبی است، جاذبه بین مولکول های آن قویتر است، و برای جوشیدن به انرژی بیشتری نیاز دارد تا مولکول ها بتوانند از یک دیگر جدا شوند، و نقطه جوش آن ۱۳°C نسبت به مولکول دیگر که ناقطبی است، بیشتر می باشد.

شکل زیر زنجیره تاثیر خواص اتمی بر رفتار مولکول را نشان می دهد.



تمرین های پایانی درس

۱ پیش بینی کنید، پیوند بین هر یک از جفت اتم های داده شده، کوالانسی ناقطبی، کوالانسی قطبی و یا یونی است؟

آ) Si و Br　　ب) Li و F　　پ) Br و F　　ت) I و I

ث) N و P　　ج) C و P

۲ در پیوند کوالانسی بین هر جفت از اتم های زیر، سر مثبت پیوند را با علامت δ^+ و سر منفی هر پیوند را با علامت δ^- نشان دهید.

آ) N و F　　ب) Si و Br　　پ) C و O　　ت) P و Br　　ث) N و P

۳ مولکول های زیر را در نظر بگیرید. تعیین کنید کدام یک در میدان الکتریکی جهت گیری منظمی دارد؟

F_2 مولکول دو اتمی جور هسته　　BrCl مولکول دو اتمی ناجور هسته

SCl_2 مولکولی با شکل خمیده　　CS_2 مولکولی با شکل خطی

CF_4 مولکولی چهار وجهی با پیوندهای یکسان

۴ مولکول های زیر را در نظر بگیرید. تعیین کنید کدام یک دارای گشتاور دوقطبی بزرگتر از صفر هستند؟

N_2 مولکول دو اتمی جور هسته
HI مولکول دو اتمی ناجور هسته
H_2S مولکولی خمیده
CHF_3 مولکولی چهاروجهی با پیوندهای متفاوت

۵ توضیح دهید چرا مولکول F_2 ناقطبی اما، مولکول HF قطبی است.

۶ دلیل این که مولکول CCl_4 ناقطبی اما، مولکول PCl_3 قطبی می باشند، چیست؟

۷ شرح دهید هر یک از مولکول های زیر قطبی و یا ناقطبی اند؟

آ) CS_2 ب) NF_3 پ) CHF_3 ث) SO_2

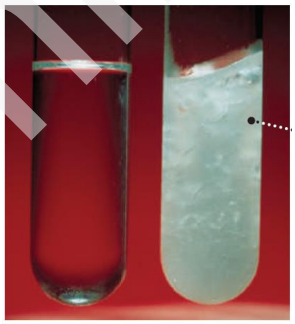
behzad mirzaie

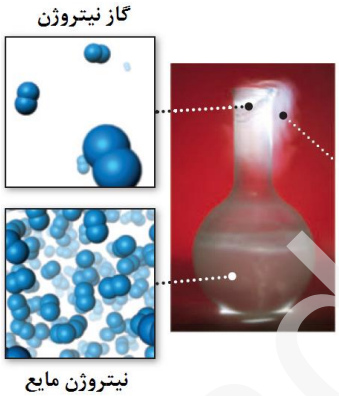
حالت های ماده و نیروهای بین مولکولی – منبع کتاب شیمی عمومی کاتز

نظریه جنبشی مولکولی گازها فرض می کند مولکول ها یا اتم های گاز خیلی از یک دیگر فاصله دارند و می توانند مستقل از هم رفتار کنند. به هر حال در گازهای حقیقی، نیروهایی که بین مولکول ها وجود دارد، نیروی بین مولکولی است. اگر این نیروها به اندازه کافی قوی باشند، گاز می تواند با متراکم شدن به حالت مایع و سرانجام جامد در آید.

چگونه ذرات یکسان مواد می توانند حالت های مختلف داشته باشند؟ می توانیم با مقایسه تعداد مساوی از مولکول هایی که در حالت های متفاوت حجمی را اشغال می کنند این موضوع را درک کنیم. شکل پایین (سمت چپ) یک فلاسک دارای حدود ۳۰۰ میلی لیتر نیتروژن مایع را نشان می دهد. اگر تمام این مایع در فشار ۱ atm و دمای اتاق تبخیر شود، گاز نیتروژن تولید شده می تواند یک بالون ۲۰۰ لیتری را پر کند، یعنی بیشتر از ۶۰۰ برابر حجم اولیه خود. بین مولکول های گاز فضای زیادی وجود دارد، در حالی که در مایع، مولکول ها خیلی نزدیک کنار هم نگاه داشته شده اند.

افزایش حجم در اثر تبدیل مایع به گاز بسیار زیاد است. در مقابل، تغییر چشمگیری در حجم هنگامی که جامد و مایع به هم تبدیل می شوند وجود ندارد. شکل پایین (سمت راست) مقدار مساوی از بَنزِن C_6H_6، مایع و جامد را در کنار یک دیگر نشان می دهد. در توضیح این مشاهده، فرض می کنیم مولکول ها در حالت مایع و جامد خیلی نزدیک در کنار هم قرار دارند و در هر دو حالت تقریباً به هم چسبیده اند. همچنین فرض می کنیم در این جا برخی انواع نیروهای بین مولکولی وجود دارد که آن ها را کنار هم نگاه می دارد. در ادامه این نوع نیروها را بررسی می کنیم.


بنزن جامد بنزن مایع



ابتدا نیروهای بین مولکولی را مورد توجه قرار می دهیم. در ترکیب های یونی پیوندها به نیروهای الکتریکی بین یون های با بار مخالف وابسته اند. به طور مشابه نیروهای بین مولکولی از نوع الکترواستاتیک هستند.

در مجموع، نیروهای بین مولکولی نیروهای واندروالس نامیده می شوند؛ این ها شامل نیروهای جاذبه و دافعه بین مولکول ها می شوند.

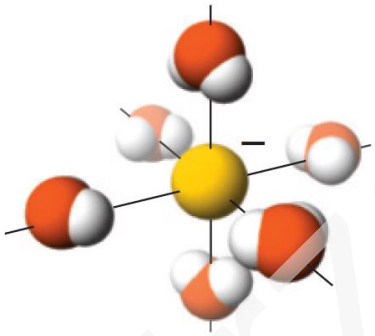
- مولکول هایی با دوقطبی دائمی (نیروی دوقطبی – دوقطبی)
- مولکول قطبی با یک مولکول ناقطبی (دوقطبی – دوقطبی القائی)
- مولکول های ناقطبی (دوقطبی القایی – دوقطبی القایی)

دومین مورد مهم تاثیر نیروهای بین مولکولی روی خواص مواد است. با این که این نیروها معمولاً به اندازه ۱۵٪ انرژی پیوندهای کوالانسی را دارند، نیروهای بین مولکولی می توانند تاثیر زیادی بر خواص مولکول های داشته باشند. از جمله تاثیرهای دیگر، نیروهای بین مولکولی:

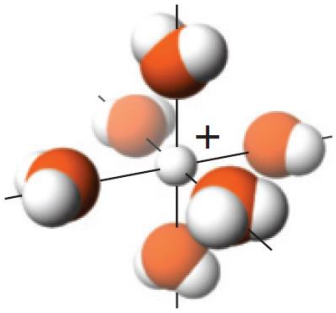
- نقطه ذوب، نقطه جوش، و انرژی مورد نیاز برای تبدیل جامد به مایع و مایع به بخار به طور مستقیم به این نیروها وابسته است.
- در تعیین انحلال پذیری گازها، مایعات، و مواد جامد در حلال های گوناگون اهمیت دارند.
- نقش تعیین کننده ای در ساختار مولکول های مهم بیولوژیکی همچون DNA و خواص آن ها دارند.

برهم کنش های بین یون ها و مولکول های دوقطبی دائمی

برخی مولکول ها به دلیل، پیوندهای بین اتم هایشان و شکل مولکولی خود قطبی اند. می توانیم تصور کنیم، مولکول های قطبی دارای سر مثبت و منفی هستند. هنگامی که یک مولکول قطبی مثل آب با یک ترکیب یونی مجاور می شود، انتهای منفی مولکول قطبی جذب کاتیون مثبت و انتهای مثبت مولکول قطبی جذب آنیون با بار منفی می شود. نیروی جاذبه بین یون های مثبت و منفی و مولکول های قطبی – نیروی یون دوقطبی – نامیده می شود که از جاذبه یونی – یونی، ضعیفتر است، اما این نیروها قویتر از سایر نیروهای بین مولکولی هستند.



مولکول های آب اطراف آنیون



مولکول های آب اطراف کاتیون

جاذبه یون – دوقطبی می تواند با استفاده از قانون کولمب اندازه گیری شود، که به ما می گوید نیروی جاذبه بین دو شیئی باردار وابسته به حاصل ضرب بارها تقسیم بر توان دوم فاصله بین دو بار است. بنابر این، وقتی مولکول قطبی در مجاورت یون قرار گیرد، نیروی جاذبه وابسته به سه عامل است:

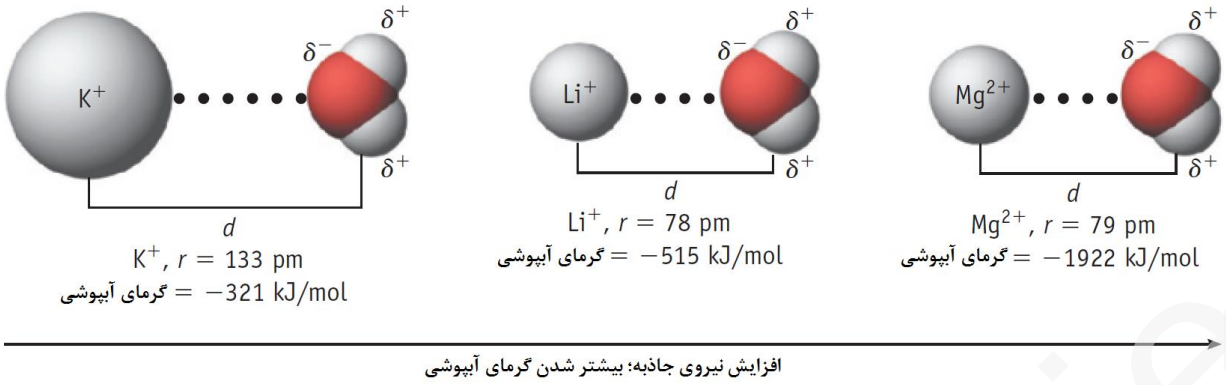
- فاصله بین یون و مولکول دوقطبی. هر چه به هم نزدیک تر باشند، جاذبه بین آن ها قویتر است.
- بار یون. هرچه بار یون بیشتر باشد، جاذبه قویتر است.
- بزرگی دوقطبی. هرچه دوقطبی قویتر باشد، جاذبه بیشتری ایجاد می کند.

شعاع یونی و گرمای آبپوشی کاتیون های فلزهای قلیایی

کاتیون	شعاع یونی (pm)	آنتالپی (گرمای) آبپوشی (KJ/mol)
Li^+	۷۸	-۵۱۵
Na^+	۹۸	-۴۰۵
K^+	۱۳۳	-۳۲۱
Rb^+	۱۴۹	-۲۹۶
Cs^+	۱۶۵	-۲۶۳

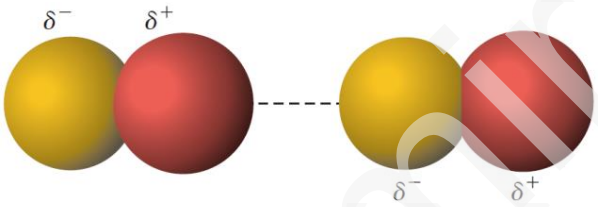
تشکیل یون های آبپوشیده در محلول های آبی یکی از مهم ترین مثال ها برای جاذبه بین یک یون (مثل Na^+ یا Cl^-) و مولکول های دوقطبی (برای مثال آب) است.

گرمای آبپوشی به بار یون ها و فاصله بین مرکز یون و انتهای مثبت مولکول آب وابسته است. تاثیر شعاع یونی بر گرمای آبپوشی یون های فلزهای قلیایی در جدول بالا و اثر شعاع یونی و بار آن برای یون های Mg^{2+}، Li^+ و K^+ در زیر نشان داده شده اند.



برهم کنش بین مولکول های با دوقطبی دایمی

وقتی یک مولکول قطبی در مجاورت مولکول قطبی مشابه یا متفاوت دیگری قرار گیرد، سر مثبت مولکول سر منفی مولکول قطبی دیگر را جذب می کند. این جاذبه، برهم کنش دوقطبی – دوقطبی نامیده می شود.



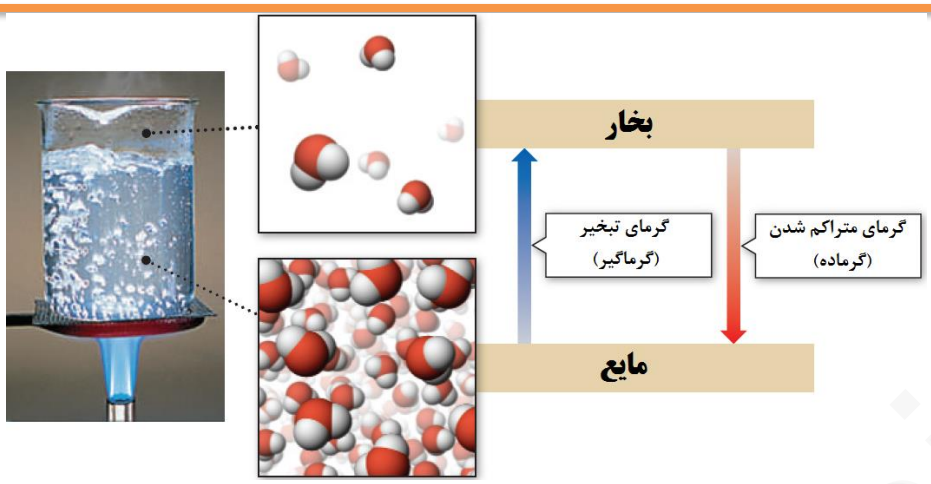
در مولکول های قطبی، تاثیر جاذبه دوقطبی – دوقطبی، بر تبخیر مایعات و متراکم شدن گازها اثر دارد. در هر دوی این فرایندها تغییر انرژی رخ می دهد. تبخیر به انرژی نیاز دارد، مقدار گرمای تبخیر مثبت است که نشان می دهد فرایند تبخیر گرماگیر می باشد. تغییر گرما برای فرایند متراکم شدن گازها بر عکس فرایند تبخیر مقداری منفی است.

با بزرگتر شدن نیروی بین مولکولی در مایعات، مقدار انرژی برای جدا کردن مولکول ها از یک دیگر افزایش می یابد. بنابر این، انتظار داریم ترکیب های قطبی برای تبخیر به گرمای بیشتری نسبت به ترکیب های ناقطبی با جرم مولی مشابه نیاز داشته باشند. برای مثال، در جدول زیر گرمای تبخیر مولکول های قطبی بزرگتر از مولکول های ناقطبی با اندازه و جرم نزدیک به هم است.

جرم مولی، نقطه جوش، و گرمای تبخیر چند ماده قطبی و ناقطبی

قطبی				ناقطبی			
	جرم مولی (g/mol)	نقطه جوش (°C)	گرمای تبخیر (KJ/mol)		جرم مولی (g/mol)	نقطه جوش (°C)	گرمای تبخیر (KJ/mol)
CO	۲۸	-۱۹۲	۶/۰۴	N۲	۲۸	-۱۹۶	۵/۵۷
PH۳	۳۴	-۸۸	۱۴/۰۶	SiH۴	۳۲	-۱۱۲	۱۲/۱۰
AsH۳	۷۸	-۶۲	۱۶/۶۹	GeH۴	۷۷	-۹۰	۱۴/۰۶
ICl	۱۶۲	۹۷		Br۲	۱۶۰	۵۹	۲۹/۹۶

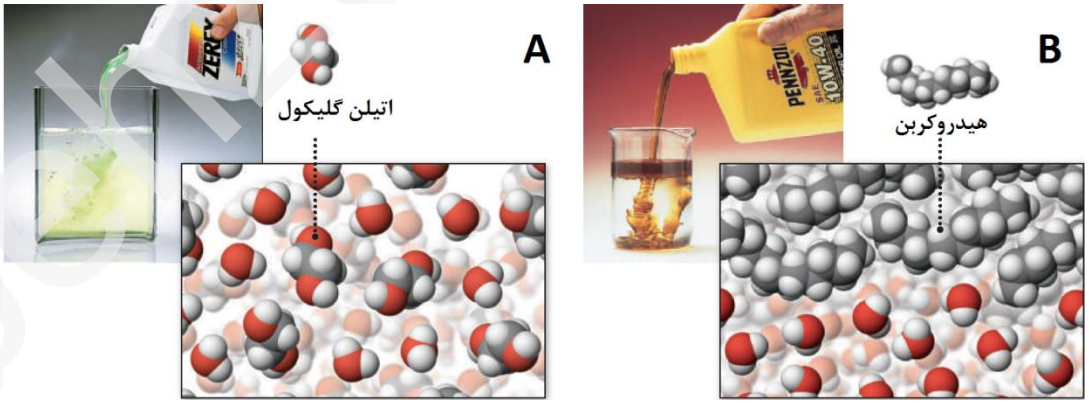
همچنین نقطه جوش مایعات به نیروهای جاذبه بین مولکولی در آن ها وابسته است. دمایی که یک ماده در آن به جوش می آید، انرژی جنبشی مولکول ها را افزایش می دهد.



سرانجام، وقتی مایع به نقطه جوش خود می رسد، انرژی جنبشی مولکول ها به اندازه کافی زیاد می شود که به نیروی جاذبه با مولکول های مجاور خود غلبه کنند. برای مولکول های با جرم مولی مشابه، با افزایش قطبیت، دمای به جوش آمدن مایع افزایش می یابد. برای مثال در جدول بالا، نقطه جوش ترکیب قطبی ICl از ترکیب ناقطبی Br_2 که مولکولی با جرم مشابه آن می باشد، بیشتر است،

همچنین نیروهای بین مولکولی بر انحلال پذیری مواد نیز تاثیر دارند. مشاهدات کیفی نشان دهنده این است که می توانیم بگوییم *شبیه در شبیه حل می شود*. بر این اساس، مولکول قطبی در شبیه خود، حلال قطبی حل می شود، و مولکول ناقطبی در شبیه خود، حلال ناقطبی محلول است. عکس این موضوع نیز درست است؛ مولکول های قطبی در حلال های نامشابه ناقطبی حل نمی شوند یا مولکول های ناقطبی در حلال های نامشابه قطبی نامحلول اند.

برای مثال، آب و اتانول قطبی (C_2H_5OH) می توانند به هر نسبتی در هم حل شده و یک مخلوط همگن بسازند. در مقابل، آب نمی تواند بنزین را به میزان محسوسی در خود حل کند. تفاوت این دو حالت این است که، اتانول و آب مولکول های قطبی هستند، در حالی که مولکول های هیدروکربن (همچون اوکتان C_8H_{18}) ناقطبی اند. برهم کنش بین مولکول های آب و اتانول به اندازه کافی بزرگ هست که انرژی آزاد شده بتواند مولکول های آب را از هم جدا کند و بین این دو نوع مولکول قطبی جاذبه ایجاد شود. در مقابل، جاذبه بین مولکول های آب و هیدروکربن ها ضعیف است. مولکول های هیدروکربن نمی توانند به جاذبه قویتر بین مولکول های آب غلبه کنند.

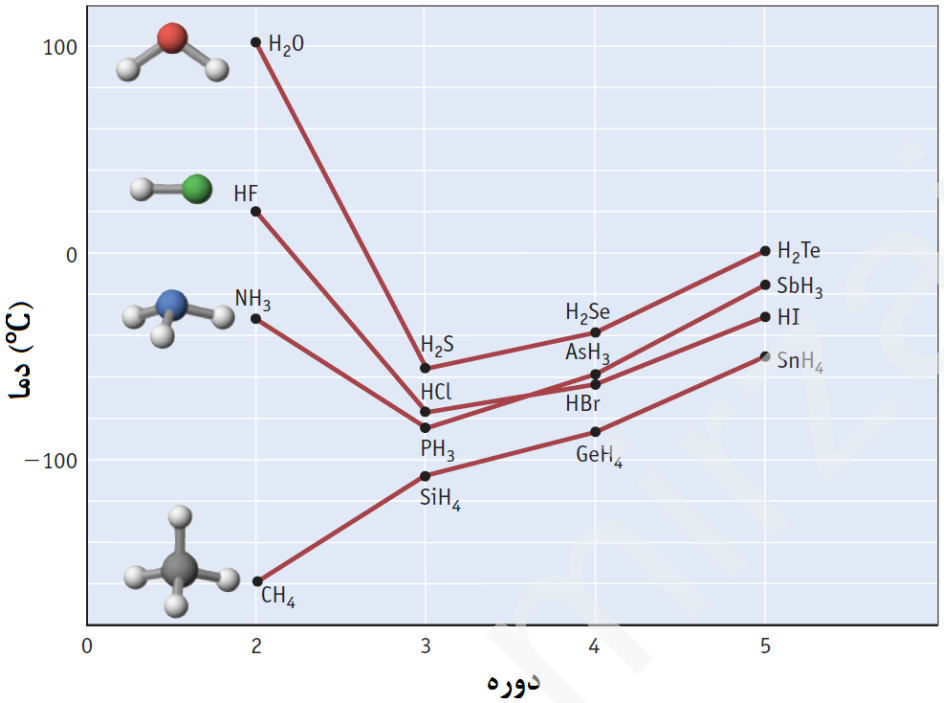


(a) اتیلن گلیکول ($HOCH_2CH_2OH$)، یک ترکیب قطبی محلول در آب است به عنوان ضد یخ در خودروها استفاده می شود.

(b) روغن موتور ناقطبی (یک هیدروکربن) در حلال های ناقطبی مثل بنزین یا CCl_4 حل می شود. این ماده در حلال های قطبی همچون آب حل نمی شود. لکه های روغن روی پارچه توسط حلال های ناقطبی جدا می شوند.

پیوند هیدروژنی

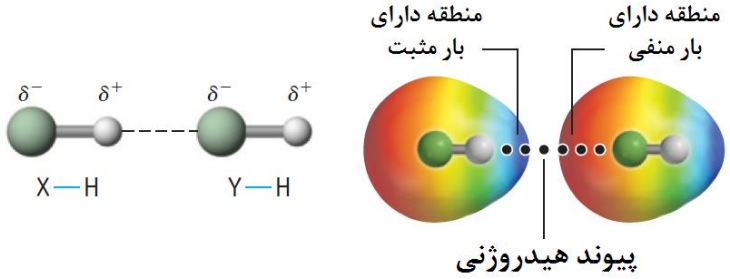
هیدروژن فلوئورید، آب و آمونیاک، ترکیب هایی دارای پیوندهای O – H و N – H با خواص استثنایی هستند. مثال جالب توجه نقطه جوش ترکیب های هیدروژن دار عنصرهای گروه های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی است. معمولاً نقطه جوش ترکیب های مولکولی وابسته به افزایش جرم مولی آن ها افزایش می یابد، و این روند در ترکیب های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۴ مشاهده می شود.



همین تاثیر را برای مولکول های سنگین تر ترکیب های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ مشاهده می کنیم. هر چند، نقطه جوش NH_3، H_2O و HF، از پیش بینی بر اساس فقط جرم مولی انحراف دارد. اگر نقطه جوش آب را بر اساس نقطه جوش H_2Te، H_2Se و H_2S، از روی نمودار پیش بینی کنیم، نقطه جوش آب حدود ۹۰°C- به دست می آید.

در هر حال، نقطه جوش آب نزدیک به ۲۰۰°C بالاتر از مقدار پیش بینی شده است! به طور مشابه نقطه جوش NH_3 و HF خیلی بیشتر از مقدار پیش بینی شده بر اساس جرم مولی آن ها است. چون دمایی که یک ماده برای جوش می گیرد به نیروهای جاذبه بین مولکولی آن وابسته است، نقطه جوش بالای H_2O، HF و NH_3، نشان از وجود جاذبه های قوی بین مولکول های آن ها است.

چنین نیروی بین مولکولی قوی در H_2O، HF و NH_3، از چه نوع است؟ بیان کلاسیک بر اساس برهم کنش های دوقطبی – دوقطبی است. الکترونگاتیوی (جاذبه هسته روی الکترون های پیوندی. م) اتم N (۳/۰)، اتم O (۳/۵) و اتم F (۴/۰) بالاترین مقادیر الکترونگاتیوی در بین عنصرها هستند. در حالی که الکترونگاتیوی هیدروژن خیلی کمتر (۲/۲) است. اختلاف زیاد الکترونگاتیوی می تواند پیوندهای N – H، O – H و F – H را بسیار قطبی کند. در پیوند بین اتم H و عنصرهای با الکترونگاتیوی زیاد N، O یا F، بار منفی قابل توجهی روی این اتم ها، و بار مثبت قابل توجهی روی اتم هیدروژن ایجاد می شود. چون پیوند اتم H با N، O یا F، (با X نشان داده می شوند) بار مثبت زیادی می گیرد، این تاثیر متقابل الکترواستاتیک با اتم های الکترونگاتیو (Y) در مولکول های مشابه یا متفاوت پیوند هیدروژنی X – H . . . Y – را می سازد.



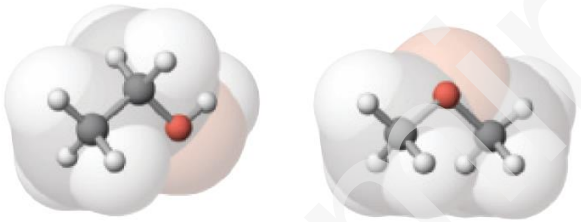
پیوند هیدروژنی بین مولکول های HF. اتم F دارای بار جزئی منفی از یک مولکول HF برهم کنشی از نوع پیوند هیدروژنی، با مولکول HF مجاور خود ایجاد می کند. (در بیشتر نقشه های پتانسیل الکترواستاتیک منطقه به رنگ قرمز در مولکول بار منفی، در حالی که منطقه به رنگ آبی باز مثبت را نشان می دهد).

اتم هیدروژن یک پل بین دو اتم الکترونگاتیو X و Y ایجاد می کند، و علامت خط چین (یا نقطه چین) پیوند هیدروژنی را نشان می دهد. در بیشترین نظرات، پیوند هیدروژنی هنگامی رخ می دهد که هر دو اتم X و Y اتم های N، O یا F باشند. انرژی حاصل از تشکیل پیوند هیدروژنی بین این عنصرها در محدوده ۵ تا ۳۰ کیلوژول بر مول است.

پیوند هیدروژنی مهمترین نقش را در برخی خواص ترکیب هایی که تحت تاثیر جاذبه های بین مولکولی از این نوع هستند دارد. خواص منحصر به فرد آب به پیوند هیدروژنی مربوط است و همچنین نقش مرکزی در بیوشیمی ایفا می کند.

تاثیر پیوند هیدروژنی

تمرین اتانول CH_3CH_2OH، و دی متیل اِتر CH_3OH_3، فرمول مولکولی مشابه دارند اما آرایش اتم ها در آن ها متفاوت است. پیش بینی کنید کدام یک از این دو ترکیب نقطه جوش بالاتری دارد؟

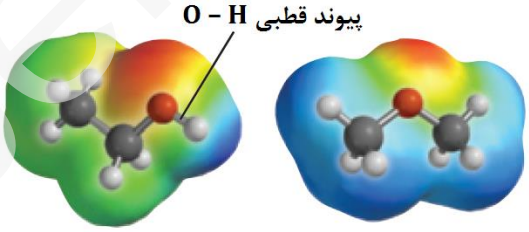


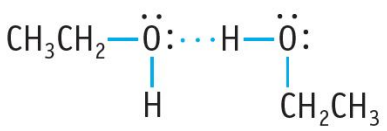
دی متیل اتر CH_3OCH_3 — اتانول CH_3CH_2OH

شما چه می توانید انجام دهید؟ می دانید که این ترکیب ها جرم مولی مشابه دارند و هنگام مقایسه ترکیب های با جرم مولی مشابه، ترکیب با نیروی بین مولکولی قویتر نقطه جوش بالاتری دارد.

راهکار ساختار مولکولی هر دو ترکیب را بررسی کنید و ببینید آیا هر دو قطبی اند و اگر قطبی هستند، کدام یک امکان تشکیل پیوند هیدروژنی دارد.

راه حل اتانول گروه هیدروکسیل قطبی O – H دارد و بنابر این می تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. دی متیل اتر قطبی است، و در آن اتم O بار جزئی منفی دارد. اما، اتم H که به اتم O متصل باشد ندارد. بنابر این، دی متیل اتر امکان تشکیل پیوند هیدروژنی را ندارد. در هر صورت، می توانیم پیش بینی کنیم، نیروهای بین مولکولی در اتانول باید نسبت به دی متیل اتر قویتر باشند و اتانول نقطه جوش بالاتری دارد.





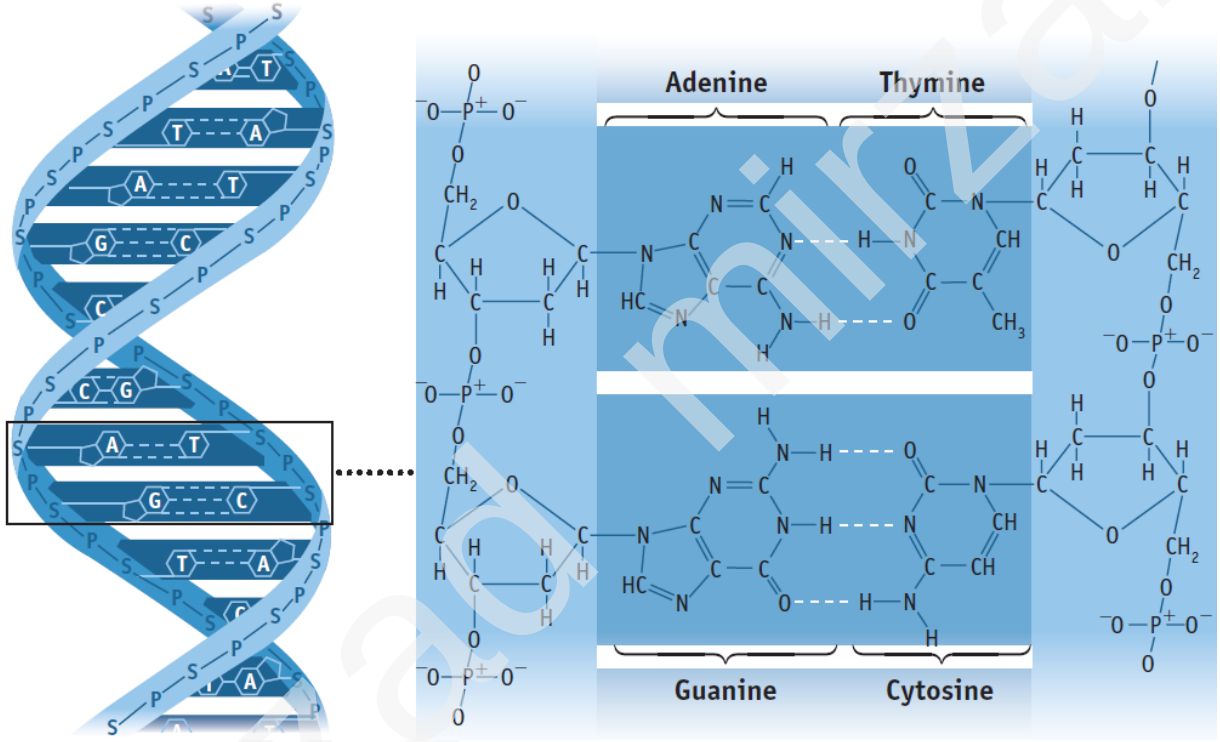
پیوند هیدروژنی در اتانول CH_3CH_2OH

پاسخ خود را ارزیابی کنید اتانول در ۷۸/۳°C می جوشد، در حالی که نقطه جوش دی متیل اتر ۲۴/۸°C- بوده و بیش از ۱۰۰°C پایین تر است. در دمای اتاق و فشار ۱ اتمسفر، دی متیل اتر گاز، اما اتانول مایع است.

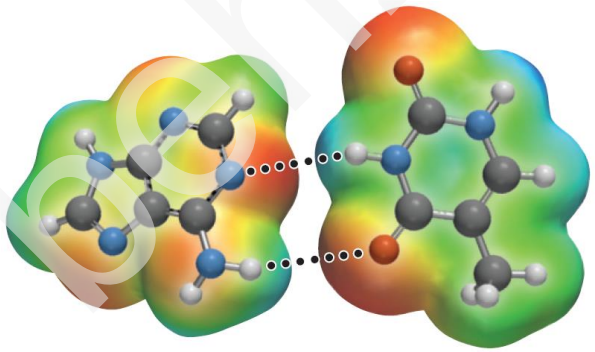
پیوند هیدروژنی در بیوشیمی

بسیار مهم است بدانیم در DNA و RNA بازهای آلی آدنین، سیتوزین، گوانین و تیمین (در DNA) یا اوراسیل (در RNA) چگونه در زنجیره قند – فسفات کنار هم قرار گرفته اند (شکل زیر). زنجیر DNA با جفت شدن بازهای، آدنین با تیمین و گوانین با سیتوزین به هم متصل شده است.

شکل B پیوند هیدروژنی بین آدنین و تیمین را نمایش می دهد. این مدل نشان می دهد مولکول ها به طور طبیعی کنار هم قرار می گیرند تا حلقه شِش ضلعی بسازند، در جایی که دو وجه از شِش ضلعی در پیوند هیدروژنی درگیرند. یک ضلع دارای گروه N – H . . . N، و در ضلع دیگر N – H . . . O قرار دارد. در اینجا، نقشه پتانسیل الکترواستاتیک نشان داده شده است که در آن اتم های N آدنین و اتم های O تیمین بار منفی دارند، و اتم های H در گروه N – H بار مثبت گرفته اند. بارها و شکل هندسی این بازها را به سمت برهم کنش های خاص هدایت می کنند.



شکل A پیوند هیدروژنی در DNA. با استفاده از چهار باز موجود در DNA، همیشه آدنین با تیمین و گوانین با سیتوزین جفت می شوند. این جفت ها توسط پیوند هیدروژنی تشکیل می شوند.



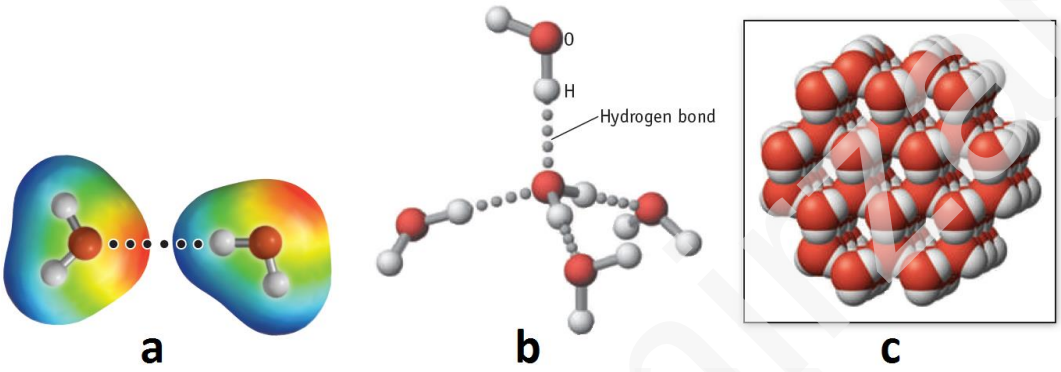
شکل B پیوند هیدروژنی بین آدنین و تیمین. در نقشه پتانسیل الکترواستاتیک جاذبه از نوع پیوند هیدروژنی بین آدنین و تیمین نشان داده شده است. پیوند قطبی N – H در یک مولکول می تواند با اتم الکترونگاتیو O یا N در مولکول مجاور خود پیوند هیدروژنی ایجاد کند.

پیوند هیدروژنی و خواص غیر عادی آب

یکی از مهمترین تفاوت های قابل توجه بین زمین ما و دیگر سیاره های سامانه خورشیدی وجود مقدار زیادی آب در زمین است. سه چهارم سطح زمین به وسیله آب پوشیده شده است؛ مناطق قطبی با مقدار زیادی یخ پوشیده شده اند؛ و حتی در زمین و کوه ها

مقدار زیادی آب وجود دارد. خصوصیات منحصر به فرد آب نتیجه توانایی مولکول های آب در قرار گرفتن آن ها در کنار هم با جاذبه قوی، با تشکیل پیوند هیدروژنی است. اگرچه می دانیم، تقریباً هیچ ماده دیگری شبیه آب رفتار نمی کند.

نیروی جاذبه بین مولکولیِ به طور غیر عادی قوی بین مولکول های آب ناشی از این است که هر مولکول آب می تواند با چهار مولکول آب در پیوند هیدروژنی شرکت کند. هر مولکول مجزای آب دو پیوند O – H قطبی و دو جفت الکترون ناپیوندی دارد. هر دو اتم هیدروژن برای تشکیل پیوند هیدروژنی با اتم اکسیژنِ مولکول آب مجاور خود در دسترس هستند. همچنین، جفت الکترون های ناپیوندی اتم اکسیژن می توانند در تشکیل پیوند هیدروژنی با اتم های هیدروژن دو مولکول دیگر آب شرکت کنند. در نتیجه، این مشارکت خاص در یخ، اتم های هیدروژن اطراف هر اکسیژن آرایش چهار وجهی پیدا می کنند، دو اتم هیدروژن دو پیوند کوالانسی و دو اتم هیدروژن دیگر دو پیوند هیدروژنی می دهند.



(a) نقشه پتانسیل الکترواستاتیک برای دو مولکول آب

(b) اتم اکسیژن از یک مولکول آب، دو مولکول آب دیگر را با پیوند هیدروژنی جذب می کند. هر اتم O با دو اتم H پیوند کوالانسی دارد و با دو اتم H از دو مولکول دیگر آب پیوند هیدروژنی تشکیل می دهد. پیوند هیدروژنی از پیوند کوالانسی بلندتر است.

(c) یک واحد ساختاری یخ نشان داده شده در شکل (b)، واحدهای تکراری در شبکه بلور را نشان می دهد. معمولاً قسمت کوچکی از شبکه بلور نشان داده می شود. به حلقه های ۶ ضلعی، توجه کنید. هر شِش ضلعی عمودی از اتم های O، و هر ضلع از دو اتم اکسیژن با یک اتم هیدروژن بین آن ها تشکیل شده است. یکی از اتم های اکسیژن با اتم هیدروژن پیوند کوالانسی دارد، و بقیه به وسیله پیوند هیدروژنی جذب شده اند.

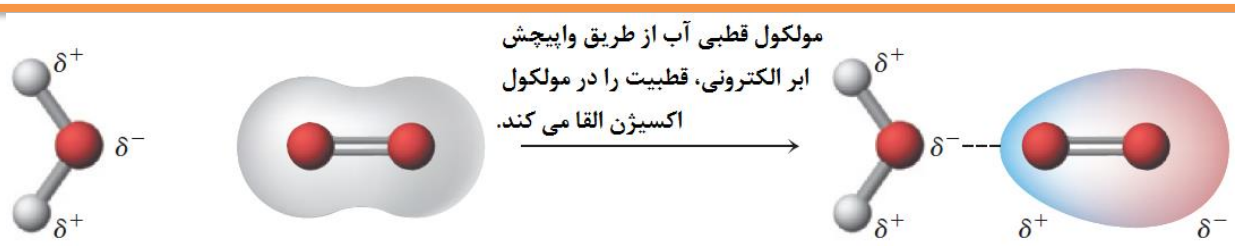
در نتیجه آرایش منظم مولکول های آب که توسط پیوند هیدروژنی به هم متصل شده اند، یخ ساختار قفسه باز با مقداری فضای خالی دارد. به همین دلیل چگالی یخ حدود ۱۰٪ کمتر از آب به حالت مایع است که موجب می شود یخ روی آب شناور بماند.)در حالی که، تمام جامدهای دیگر در مایع خود فرو می روند.) همچنین می توانیم ببینیم که در این ساختار اتم های اکسیژن در گوشه های جمع شده حلقه هگزاگونال (شش وجهی) هستند. دانه های برف همواره به شکل شِش گوشه اند، که بازتابی از ساختار مولکول ها درون یخ می باشد.

نیروهای بین مولکولی در مولکول های ناقطبی

گروه مهمی از مولکول ها همچون O_2، N_2 و هالوژن ها ناقطبی می باشند. پس چگونه، O_2 در آب حل می شود؟ چگونه گاز N_2 موجود در هوا مایع می شود؟ باید بین مولکول های O_2 و آب، همچنین بین مولکول های N_2، نیروهای بین مولکولی وجود داشته باشد، اما ماهیت این نیروها چیست؟

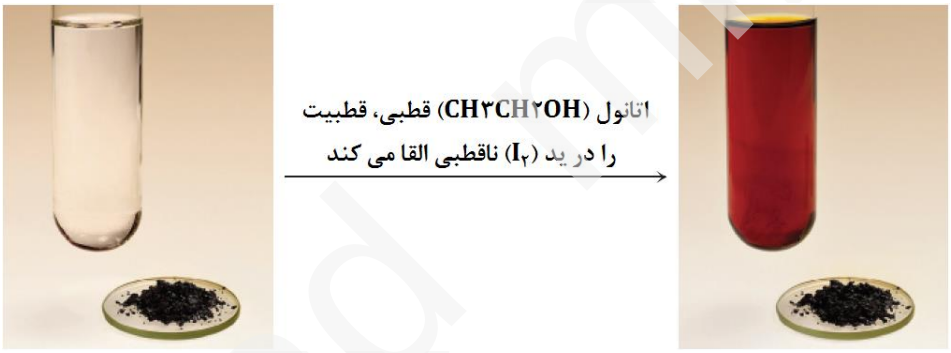
نیروی دوقطبی – دوقطبی القایی

مولکول های قطبی همچون آب می توانند در مولکول هایی که دوقطبی دائمی نیستند، قطبیت را القا ویا آن ها را قطبی کنند. برای این که ببینید این پدیده چگونه رخ می دهد، تصویر یک مولکول قطبی آب که به مولکول ناقطبی مثل O_2 نزدیک می شود را مشاهده کنید.



ابر الکترونی مجزا در مولکول O_2 (در حالت گاز)، به طور متقارن بین دو اتم اکسیژن توزیع شده است. اما، وقتی سر منفی مولکول دوقطبی آب به اکسیژن نزدیک می شود، ابر الکترونی O_2 تغییر شکل می دهد. در این فرایند، مولکول های O_2 قطبی می شوند؛ در این حالت، مولکول ناقطبی O_2 به دوقطبی القایی تبدیل می شود. در نتیجه مولکول های H_2O و O_2، به یک دیگر جاذبه اعمال می کنند، اگرچه فقط یک جاذبه ضعیف است. اکسیژن می تواند در آب حل شود زیرا نیروی جاذبه بین دوقطبی دائمی آب و دوقطبی القایی O_2 ایجاد شده است. شیمی دان ها این نوع برهم کنش را، برهم کنش دوقطبی – دوقطبی القایی می نامند.

فرایند تشکیل دوقطبی القایی، قطبش نامیده می شود، و درجه واپیچیدگی ابر الکترونی یک اتم یا مولکول به قطبش آن در اتم یا مولکول وابسته است. ابر الکترونی یک اتم یا مولکول بزرگ، مانند I_2 با ابر الکترونی گسترش یافته، بیشتر از ابر الکترونی یک اتم خیلی کوچک همچون He یا H_2، قطبش می یابد. زیرا در مولکول های کوچک، الکترون های لایه ظرفیت به هسته نزدیک بوده و بیشتر در کنار هم قرار دارند. در این جا مولکول قطبی اتانول را با I_2 می بینید، و ید به آسانی در اتانول حل شده است.



در حالت کلی، برای یک سری مواد مشابه، مثلاً هالوژن ها یا آلکان ها (همچون CH_4، C_2H_6، C_3H_8، و مشابه آن ها)، با افزایش جرم مولی، قطبش پذیری مولکول زیاد می شود. در واقع، حل شدن گازهای معمولی در آب اثر برهم کنش بین دوقطبی و دوقطبی القایی را نشان می دهد. با افزایش جرم مولی گاز، قطبش پذیری ابر الکترونی آن نیز زیاد می شود، قدرت برهم کنش دوقطبی – دوقطبی القایی افزایش می یابد، و انحلال پذیری در حلال قطبی زیاد می شود. (به جدول های زیر مراجعه کنید)

انحلال پذیری برخی گازها در آب

	جرم مولی (g/mol)	انحلال پذیری در ۲۰°C (g گاز /۱۰۰ g آب)
H_2	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱۶۰
N_2	۲۸/۰	۰/۰۰۱۹۰
O_2	۳۲/۰	۰/۰۰۴۳۴

گرمای تبخیر و نقطه جوش برخی مواد ناقطبی

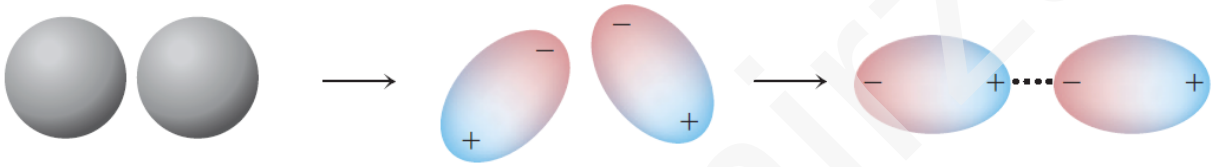
	گرمای تبخیر استاندارد (KJ/mol)	نقطه جوش (°C) عنصر – ترکیب
N_2	۵/۵۷	−۱۹۶
O_2	۶/۸۲	−۱۸۳
CH_4	۸/۲	−۱۶۱/۵
Br_2	۲۹/۹۶	+۵۸/۸
C_6H_6	۳۰/۷	+۸۰/۱
I_2	۴۱/۹۵	+۱۸۵

نیرهای پراکندگی لوندون: نیروهای دوقطبی القایی – دوقطبی القایی

اگر نیروهای بین مولکولی به قدر کافی بزرگ باشند که بتوانند مولکول ها را کنار هم نگاه دارند، ترکیب های ناقطبی می توانند مایع یا جامد شوند. ید I_2، یک جامد است و در دما و فشار اتاق به حالت گاز نیست.

گرمای تبخیر هر ماده در نقطه جوش آن یک شاخص خوب برای تعیین بزرگی نیروهای بین مولکولی است. جدول بالا به نیروهای بین مولکولی در مولکول های ناقطبی که در محدوده ضعیف هستند اشاره می کند (N_2، O_2 و CH_4 با گرمای تبخیر پایین و نقطه جوش بسیار کم) نسبت به مواد دیگر (I_2 و بنزن C_6H_6).

برای دانستن این که چگونه بین دو مولکول ناقطبی جاذبه ایجاد می شود، یادآوری می کنیم که ابر الکترونی اطراف اتم ها یا مولکول ها می تواند واپیچیده شود (از حالت توزیع یکنواخت خارج شود. م). به همین دلیل هنگامی که دو اتم یا مولکول ناقطبی کنار هم قرار می گیرند، جاذبه یا دافعه بین الکترون ها و هسته ها می تواند ابر الکترونی آن ها را از حالت توزیع یکنواخت خارج کند. برای همین،



دو اتم یا مولکول ناقطبی (ابر الکترونی به صورت کروی نشان داده شده است)

در اثر جاذبه و دافعه بین هسته و الکترون های مولکول های مجاور دوقطبی های القایی تشکیل می شود

ارتباط حرکت الکترون ها بین دو اتم یا مولکول (که قطبی شده اند) آن ها را به سمت پایداری و پایین ترین سطح انرژی هدایت می کند

❖ برهم کنش دوقطبی – دوقطبی یا نیروهای پراکندگی لوندون.
جاذبه و دافعه بین هسته و الکترون ها یک دوقطبی لحظه ای می سازد و پایداری ناشی از نیروهای جاذبه ایجاد می شود. در هر دو نمونه نشان داده شده Br_2 و I_2، چنین نیروهایی وجود دارد. آن ها به ترتیب مایع و جامد هستند، که مشخص کننده وجود نیروهای بین مولکولی به اندازه ای که بتواند آن ها را کنار هم نگاه دارد می باشد.

Br_2 I_2

دوقطبی های لحظه ای در اتم ها یا مولکول های مجاور القا می شوند، و این دوقطبی های لحظه ای موجب جاذبه های بین مولکولی می شوند. نیروهای بین مولکولی در مولکول های ناقطبی گازها، مایعات و جامدها جاذبه ای از نوع نیروهای دوقطبی القایی – دوقطبی القایی ایجاد می کنند.

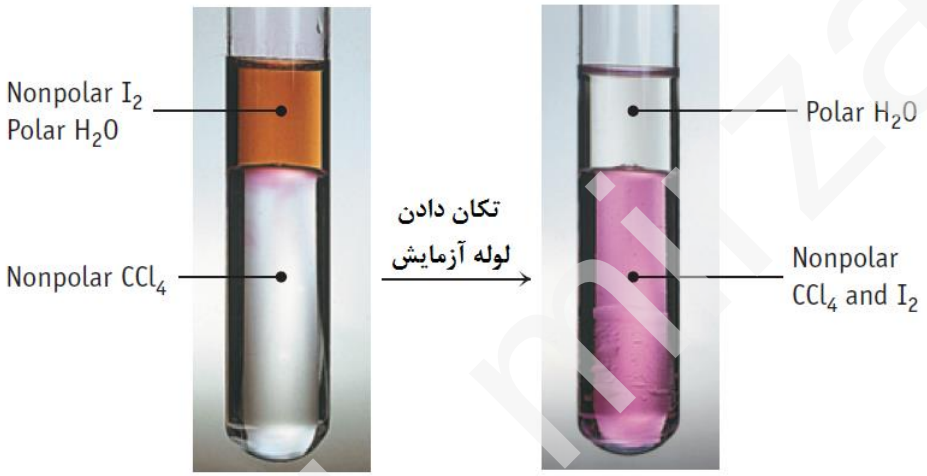
نیروهای بین مولکولی

تمرین فرض کنید مخلوطی از ید (I_2)، در آب و کربن تتراکلرید (CCl_4) تهیه می کنید. چه نوع نیروی بین مولکولی بین هر جفت از این ترکیب ها وجود دارد؟

شما چه می توانید انجام دهید ؟ ید I_2، ترکیب مولکولی ناقطبی شامل اتم های بزرگ ید است. این مولکول ابر الکترونی گسترده و قطبش پذیری دارد. CCl_4، یک مولکول چهاروجهی متقارن و ناقطبی است. مولکول های قطبی H_2O، می توانند با مولکول های دیگر آب و یا با مولکول های دیگر دارای گروه های قطبی بزرگ، پیوند هیدروژنی تشکیل دهد.

راهکار می دانید که این مواد کدام یک قطبی و یا ناقطبی اند و فقط نیاز دارید که نوع نیروی بین مولکولی که می تواند بین هر دو جفت متفاوت برقرار شود را تعیین کنید.

راه حل ید I_2 ناقطبی، به راحتی قطبش می یابد، و ید می تواند با مولکول های قطبی آب برهم کنش دوقطبی – دوقطبی القایی داشته باشد. بین کربن تتراکلرید ناقطبی با ید ناقطبی فقط برهم کنش از نوع نیروهای پراکندگی دوقطبی القایی – دوقطبی القایی وجود دارد. برهم کنش بین آب و CCl_4، از نوع دوقطبی – دوقطبی القایی است.



پاسخ خود را ارزیابی کنید در عکس نتیجه مخلوط کردن این سه ماده نشان داده شده است. ید به مقدار کمی در آب حل شده و در محلول رنگ قهوه ای ایجاد شده است. هنگامی که لوله آزمایش محتوی این محلول قهوه ای رنگ با افزودن CCl_4، تکان داده می شود، لایه های مایع با هم مخلوط نمی شوند. (آب قطبی در CCl_4 ناقطبی حل نمی شود.) (توجه کنید که لایه CCl_4 به دلیل چگالی بیشتر نسبت به آب [$d = 1/58\ g/mL$]، در زیر آب که چگالی کمتری دارد قرار می گیرد.) هنگامی که لوله آزمایش تکان داده می شود، I_2 ناقطبی توسط CCl_4 ناقطبی از آب جدا می شود، به این دلیل که رنگ I_2 در لایه آب (لایه بالایی) ناپدید شده و رنگ I_2 خالص در لایه CCl_4، (لایه زیرین) پدیدار می شود.

خلاصه جمع بندی نیروهای بین مولکولی واندروالس

نیروهای بین مولکولی واندروالس بین مولکول های که قطبی اند یا به صورت القایی قطبی شوند وجود دارد. تشخیص این نیروها اهمیت دارد برای این که:

- در بر هم کنش با مولکول های مشابه یا متفاوت دیگر، انواع نیروهای بین مولکولی می توانند شرکت کنند.
- نیروهای دوقطبی القایی – دوقطبی القایی (نیروهای پراکندگی لوندون)، حتی در مولکول های قطبی مثل HCl می توانند اهمیت داشته باشند.
- از جمله انواع گوناگون نیروهای بین مولکولی، پیوند هیدروژنی است که به خصوص می تواند عامل مهمی در تاثیر بر خواص مولکول ها باشد. (در متن اصلی شیمی کاتز، پیوند هیدروژنی جزو نیروهای واندروالس شناخته شده است. م)

تمرین تعیین کنید مهمترین نیروی بین مولکولی بین هر یک از مواد زیر چیست؟

(a) بین مولکول های متان CH_4 مایع

(b) بین مولکولی های آب و متانول CH_3OH

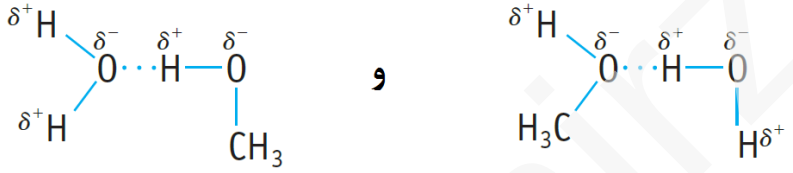
(c) بین مولکول های برم Br_2 و آب

شما چه می توانید انجام دهید ؟ متان CH_4، یک مولکول چهاروجهی متقارن و همچنین ناقطبی است. هـر دو مـاده آب و اتـانول قطبی اند، و گروه OH – دارند که به آن ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی می دهد. برم Br_2، ناقطبی است، اما مولکولی با انـدازه بزرگ است، که ابر الکترونی قطبش پذیر دارد.

راهکار نوع بر هم کنش های امکان پذیر بین هر جفت مولکول را بر اساس ساختار و ویژگی های هر ماده تعیین کنید.

راه حل (a) متان ناقطبی است. بنابر این، بین مولکول های آن فقط بر هم کنشی از نوع نیروهای دوقطبی القایی – دوقطبی القایی (نیروهای پراکندگی) عمل می کند.

(b) هر دو مولکول آب و متانول قطبی اند، و هر دو پیوندِ O – H دارند. به همین دلیل بین آن ها بر هم کنش دوقطبی – دوقطبی از نوع خاص پیوند هیدروژنی همچنین نیروهای پراکندگی وجود دارد.



(c) بر هم کنش بین برم Br_2 یک مولکول ناقطبی، و آب که مولکولی قطبی می باشد از نوع نیروهای دوقطبی – دوقطبـی القـایی (و نیروهای پراکندگی) است.

پاسخ خود را ارزیابی کنید در واقع چون نیروهای جاذبه در CH_4 ضعیف هستند، متان در دمای بسیار پایین مایع مـی شـود. انتظار داریم در آب و متانول، نیروهای جاذبه قابل توجه پیوند هیدروژنی باشند و مشاهده می کنیم متانول به آسانی در آب حل می شود. در پایان، برم به مقدار ناچیز در آب حل می شود، چون نیروهای بین مولکولی نسبتاً ضعیفی دارد.

خلاصه جمع بندی نیروهای بین مولکولی

نوع برهم کنش	عامل موثر در برهم کنش ها	مثال
پیوند هیدروژنی، X – H . . . :Y	پیوند بسیار قطبی H – X و اتم Y با جفت الکتـرون ناپیوندی (در اینجا F , O , N)	$H_2O \ldots H_2O$
دوقطبی – دوقطبی	گشتاور دوقطبی (وابسته به الکترونگاتیوی و ساختار مولکولی).	$(CH_3)_2O \ldots (CH_3)_2O$
دوقطبی – دوقطبی القایی	گشتاور دوقطبی مولکول قطبـی و قطـبش پـذیری مولکول ناقطبی	$H_2O \ldots I_2$
دوقطبی القایی – دوقطبی القایی (نیروهای پراکندگی لوندون)	قطبش پذیری (وابسته به جرم مولی)	$I_2 \ldots I_2$

تمرین های پایانی درس

پیوند هیدروژنی

۱. پیوند هیدروژنی چیست؟ در چه شرایطی پیوند هیدروژنی تشکیل می شود؟

۲. در هر جفت ترکیب های زیر پیش بینی کنید کدام یک پیوندهای هیدروژنی تشکیل می دهد؟ می توانید از رسم ساختار لوویس مولکول ها کمک بگیرید.

آ) آب H_2O یا هیدروژن سولفید H_2S

ب) دی کلرو متان CH_2Cl_2 یا فلوئوروآمین NH_2F

پ) استون C_3H_6O (دارای پیوند دوگانه $C=O$ است) یا اتانول C_2H_6O (دارای پیوند یگانه $C-O$ است).

۳. کدام یک از مواد زیر در حالت مایع یا جامد پیوندهای هیدروژنی تشکیل می دهد؟

آ) متانول CH_3OH ب) PH_3 پ) CH_4 ت) $(CH_3)_2NH$ ث) CH_3NH_2

۴. دلیلی برای این که نشان دهد اتیلن گلیکول ($HOCH_2CH_2OH$) چگالی کمتری نسبت به گلیسیرین ($HOCH_2CHOHCH_2OH$) دارد، اما چگالی آن از اتانول CH_3CH_2OH بیشتر است بیاورید.

۵. پیوند هیدروژنی یک جاذبه بسیار قوی دوقطبی – دوقطبی است. چرا پیوند هیدروژنی نسبت به سایر جاذبه های دوقطبی – دوقطبی قوی تر است؟

۶. کدام یک از مواد زیر در حالت مایع یا جامد پیوند هیدروژنی تشکیل می دهند؟

آ) H_2S ب) NH_3 پ) SiH_4 ت) HF ث) HCl

۷. پیش بینی کنید در کدام یک از ترکیب های زیر در حالت مایع نیروهای بین مولکولی از نوع پیوند هیدروژنی هستند؟

آ) دی متیل اتر CH_3OCH_3 ب) CH_4 پ) HF

ت) استیک اسید CH_3COOH ث) Br_2 ج) متانول CH_3OH

جاذبه های واندروالس

۱ مواد زیر را بر حسب افزایش نقطه جوش از کم به زیاد مرتب کنید.

آ) C_5H_{12} ب) CCl_4 پ) C_2H_6 ت) Ne

۲ برای تبدیل هر یک از مواد زیر از حالت مایع به گاز، به چه نوع نیروی بین مولکولی غلبه می شود؟

آ) CO_2 ب) $CHCl_3$ پ) NF_3 ت) CCl_4

تمرین های کلی

۱ در هر یک از فرایندهای زیر به کدام نیروی بین مولکولی باید غلبه شود؟

آ) ذوب یخ

ب) تصعید (فرازش)، ید I_2 جاد

پ) تبدیل NH_3 مایع به بخار NH_3

۲ نیروهای بین مولکولی: هنگامی که مولکول های ید جامد I_2 در متانول CH_3OH حل می شوند:

آ) به کدام نیروی بین مولکولی در ید جامد غلبه می شود؟

ب) به کدام نیروی بین مولکول های CH_3OH غلبه خواهد شد؟

پ) چه نوع جاذبه ای بین مولکول های ید و متانول در محلول برقرار می شود؟

۳ برای تبدیل هر یک از مواد زیر از حالت مایع به گاز، به چه نوع نیروی بین مولکولی غلبه می شود؟

آ) O_2 مایع ب) CH_3I پ) CO_2 ت) CH_3CH_2OH

۴ هنگامی که مواد زیر در دمای $25^\circ C$ و فشار $1atm$ در حالت گاز قرار دارند، چه نوع نیرویی بین مولکول های، آن ها وجود دارد؟

آ) $CH_3CH_2CH_2CH_3$ ب) CH_3OH پ) Ar

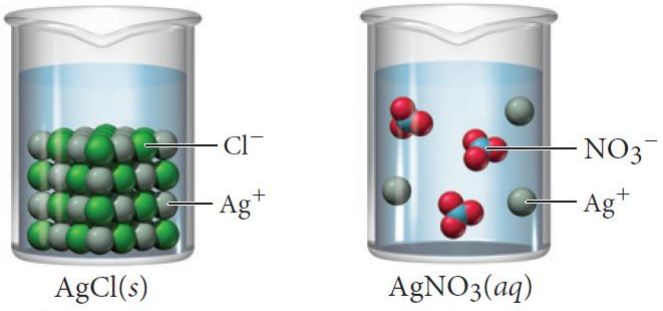
۵ در هر جفت از مواد زیر، کدام یک نقطه جوش بالاتری دارد؟

آ) O_2 یا N_2 ب) SO_2 یا CO_2 پ) HF یا HI ت) SiH_4 یا GeH_4

behzad mirzaie

انحلال پذیری ترکیب های یونی – منبع کتاب های مرجع شیمی

هنگامی که یک ترکیب یونی در آب حل می شود، به یون های سازنده خود تفکیک می شود، و در محلول یون هـای آن در آب حـل شده اند. در هر صورت، تمام ترکیب های یونی به طور کامل در آب حل نمی شوند. برای مثـال، اگـر **AgCl** را بـه آب اضـافه کنـیم، مقداری جامد به صورت ماده سفید رنگ در پایین آب پدیدار می شود.



به طور کلی، یک ترکیب اگر در آب حل شود، محلول نامیده مـی شود، و در صورتی که در آب حل نشود، نامحلول در نظـر گرفتـه می شود. اما، این طبقه بندی بیش از حد سـاده اسـت. (در واقـع انحلال پذیری وجود دارد و حتی برخی ترکیب های کـه نـامحلول در نظر گرفته می شوند معمولاً به مقدار کمی در آب حل مـی شوند.) برای مثال، نقره نیترات در آب محلول است، اگر **$AgNO_3$** جامد را با آب مخلوط کنیم، در آب حـل شـده و بـه یـون هـای سازنده خود تبدیل می شود (شکل مقابل). نقره کلرید **$AgNO_3$**، آن چنان که خواهیم دید، تقریباً به طور کامل در آب حل نمی شود. اگر **AgCl** جامد را با آب مخلوط کنـیم، واقعـاً تمـام آن در آب باقی می ماند.

این ویژگی یک ترکیب که در آب محلول و یا نامحلول باشد، به چند عامل وابسته است. یکی از این عوامل تغییـر انـرژی در فراینـد انحلال است.

تعریف انحلال پذیری مواد در آب بیشترین مقدار از یک حل شونده را که در ۱۰۰ گرم حلال و دمای معین حل می شـود، انحـلال پذیری آن ماده می نامند. در این عبارت، واژه بیشترین نشان دهنده رسیدن محلول به حالت سیر شده است، محلولی که نمی تواند حل شونده بیشتری را در خود حل کند.

به مثال های زیر توجه کنید.

سوال در ۸۰ گرم محلول سیر شده ماده **A** در آب در دمای معین، ۳۰ گرم از این ماده وجود دارد انحلال پـذیری ایـن مـاده چقـدر است؟

پاسخ جرم محلول ۸۰ گرم و جرم حل شونده **A** در آن ۳۰ گرم است. جرم حلال یعنی آب به صورت زیر به دست می آید.

گرم ۵۰ = جرم حلال (آب) ⟵ ۳۰ + جرم حلال = ۸۰ ⟵ جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول

انحلال پذیری در ۱۰۰ گرم را به دست می آوریم

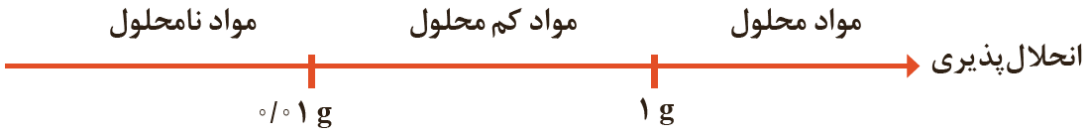
$$\text{انحلال پذیری ماده A} = \frac{\text{گرم حل شونده } 30}{\text{گرم آب } 50} \times \text{گرم آب } ۱۰۰ = ۶۰ \text{ گرم A}$$

سوال در محلول سیر شده ای از نمک **X** در دمای معین، ۲۵٪ جرم محلول را نمک **X** تشکیل می دهد. انحلال پذیری این نمک را به دست آورید.

پاسخ اگر جرم محلول سیر شده را ۱۰۰ گرم در نظر بگیریم ۲۵ درصد آن، ۲۵ گرم حل شونده می شود و جرم حلال ۷۵ گرم خواهد شد.

$$\text{انحلال پذیری} = \frac{\text{حل شونده } 25\ g}{\text{آب } 75\ g} \times \text{گرم آب } ۱۰۰ = ۳/۳۳ \text{ گرم X}$$

مواد محلول، کم محلول و نامحلول شیمی دان ها مواد حل شونده جامد را بر اساس انحلال پذیری در آب و دمای اتاق به صورت زیر دسته بندی می کنند:



موادی که حداقل ۱ گرم یا بیشتر از آن ها در ۱۰۰ گرم آب حل می شود را مواد محلول می نامند.

موادی که از ۰/۰۱ گرم تا ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل می شوند را مواد کم محلول می نامند. (خود ۱ گرم محلول است.)

موادی که کمتر از ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل می شوند را مواد نامحلول می نامند.

در جدول زیر انحلال پذیری برخی مواد جامد در آب در دمای $25^{\circ}C$ نشان داده شده است.

نام حل‌شونده	فرمول شیمیایی	انحلال‌پذیری ($\frac{\text{گرم حل شونده}}{100\,g\,H_2O}$)
شکر	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۲۰۵
سدیم نیترات	$NaNO_3$	۹۲
سدیم کلرید	$NaCl$	۳۶
کلسیم سولفات	$CaSO_4$	۰/۲۳
کلسیم فسفات	$Ca_3(PO_4)_2$	5×10^{-4}
نقره کلرید	$AgCl$	$2/1\times10^{-4}$
باریم سولفات	$BaSO_4$	$1/9\times10^{-4}$

برخی عوامل موثر بر انحلال پذیری

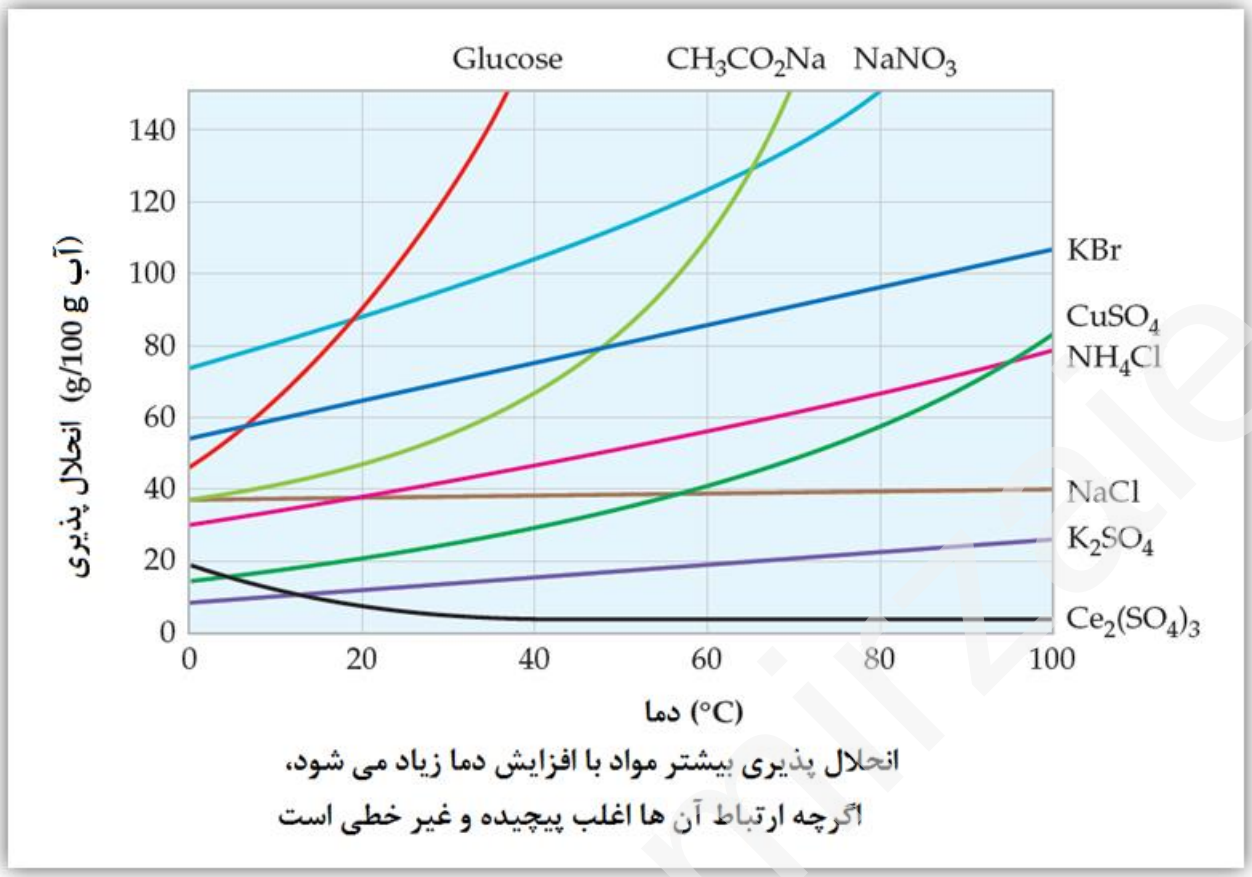
انحلال پذیری مواد جامد در آب به نوع حل شونده و دما بستگی دارد. در مورد وابستگی انحلال پذیری یک ماده به نوع آن ماده در آب می توان به جدول بالا اشاره کرد. مشاهده می کنیم، مواد گوناگون انحلال پذیری متفاوتی با هم در آب دارند.

در ادامه تاثیر دما بر انحلال پذیری مواد جامد در آب بررسی می شود.

اثر دما بر انحلال پذیری

انحلال پذیری یک ماده، مقدار ماده ای است که در دمای معین، به مقدار مشخصی از حلال افزوده می شود تا محلول سیر شده بسازد. انحلال پذیری یک خاصیت فیزیکی از خواص ماده است. مواد مختلف انحلال پذیری متفاوتی دارند، که در نمودار زیر نشان داده شده است. به عنوان مثال، انحلال پذیری سدیم کلرید $35/9\ g/100\ mL$ در آب، در دمای $20^{\circ}C$ می باشد و انحلال پذیری سدیم نیترات $87/3\ g/100\ mL$ در آب، در دمای $20^{\circ}C$ است. برخی اوقات به خصوص هنگامی که دو مایع با هم مخلوط می شوند، حلال و حل شونده امتزاج پذیرند، به این معنا که آن ها به هر نسبتی در هم حل می شوند. محلول اتیل الکل (اتانول) و آب مثالی از این حالت است.

انحلال پذیری به دما وابسته است، بنابر این باید دمایی که در آن انحلال پذیری اندازه گیری می شود گزارش شود. در نمودار زیر، وابستگی بین انحلال پذیری و دما نشان داده شده است. انحلال پذیری بیشتر مواد مولکولی و یونی با افزایش دما زیاد می شود، اما انحلال پذیری برخی مواد مانند NaCl، تقریباً بدون تغییر است و انحلال پذیری برخی مثل $Ce_2(SO_4)_3$، با زیاد شدن دما، کاهش می یابد.

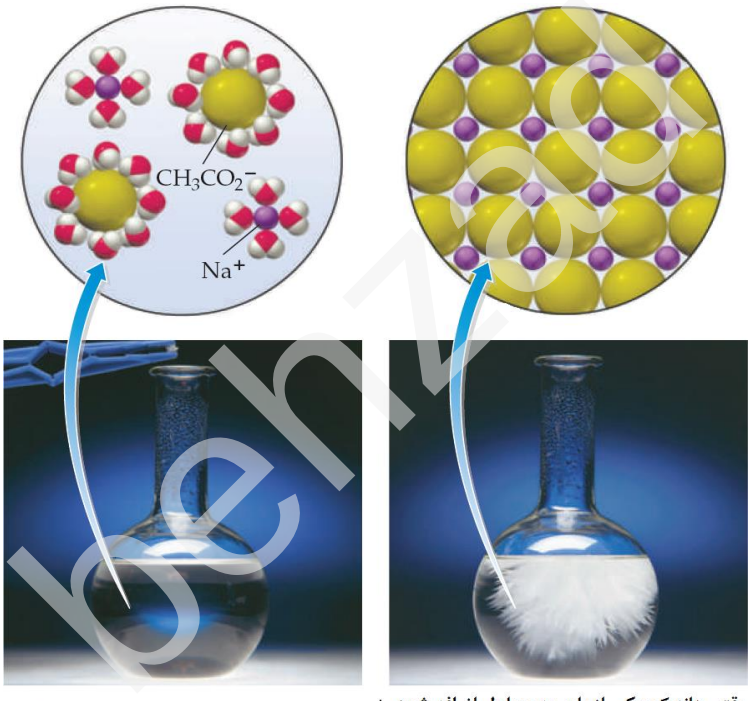


انحلال پذیری بیشتر مواد با افزایش دما زیاد می شود،
اگرچه ارتباط آن ها اغلب پیچیده و غیر خطی است

محلول فراسیر شده

اگر **NaCl** جامد را به آب بیفزایید، ابتدا به سرعت حل می شود اما با افزودن بیشتر **NaCl**، حل شدن آن به آهستگی انجام می گیرد. سرانجام حل شدن آن در محلول متوقف می شود، زیرا در این حالت، بیشترین مقدار ممکن از **NaCl**، حل شده است و گفته می شود، محلول به حالت سیر شده رسیده است.

موادی می توانند محلول فراسیرشده بسازند، که دارای مقدار بیشتری حل شونده در محلول باشند. برای مثال، هنگامی که محلول سیر شده سدیم اَستات در دمای بالا تهیه شده و سپس به آهستگی سرد می شود، محلول فراسیرشده به دست می آید، که در شکل مقابل نشان داده شده است. محلول فراسیر شده ناپایدار است، و هنگامی که دانه کوچکی از بلور سدیم استات به آن اضافه شود، در آن رسوب تشکیل می شود. (به شکل توجه کنید)



محلول فراسیر شده سدیم استات در آب

وقتی دانه کوچکی از بلور به محلول اضافه شود، بلورهای درشت به سرعت درمحلول شروع به رشد می کنند تا تعادل دوباره برقرار شود

نمونه سوال های حل شده

۱) انحلال پذیری سرب (II) برومید در آب ۰/۸۴۴ گرم در ۱۰۰ گرم در دمای ۲۰°C و ۴/۷۱ گرم در ۱۰۰ گرم در دمای ۱۰۰°C می باشد. انحلال این ترکیب در آب گرماده است یا گرماگیر؟ توضیح دهید.

پاسخ طبق داده های سوال، با بالا رفتن دما انحلال پذیری $PbBr_2$ افزایش یافته است، بنابر این می توان نتیجه گرفت، انحلال این نمک در آب گرماگیر است.

۲) انحلال پذیری $K_2Cr_2O_7$ در آب در دمای ۲۰°C برابر با ۱۲/۵ g در ۱۰۰ g آب است. محلولی شامل ۶ گرم $K_2Cr_2O_7$ در ۵۰ g آب در دمای ۲۰°C تهیه شده است. این محلول سیر نشده، سیر شده و یا فراسیر شده است؟

پاسخ انحلال پذیری از رابطه مقابل تعریف می شود.

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

انحلال پذیری $K_2Cr_2O_7$ را در دمای ۲۰°C به دست می آوریم.

$$S = \frac{12.5\ g\ K_2Cr_2O_7}{100\ g\ \text{آب}} = ۱۲/۵\ g\ K_2Cr_2O_7 / ۱۰۰\ g\ \text{آب}$$

۶ گرم $K_2Cr_2O_7$ در ۵۰ گرم آب حل شده است. که معادل است با:

$$\frac{6\ g\ K_2Cr_2O_7}{50\ g\ \text{آب}} = \frac{12\ g\ K_2Cr_2O_7}{100\ g\ \text{آب}} = ۱۲\ g\ K_2Cr_2O_7 / ۱۰۰\ g\ \text{آب}$$

میزان $K_2Cr_2O_7$ حل شده (۱۲ g) از انحلال پذیری این نمک (۱۲/۵ g)، کمتر است، بنابر این محلول سیر نشده است.

۳) انحلال پذیری $AgNO_3$ در دمای ۲۰°C برابر با ۲۱۶ گرم و در دمای ۴۰°C برابر ۳۱۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. اگر ۲۰۰ گرم از محلول سیر شده $AgNO_3$ در دمای ۴۰°C را تا دمای ۲۰°C سرد کنیم، چند گرم $AgNO_3$ ته نشین می شود؟

پاسخ در مسئله های انحلال پذیری برای محاسبه جرم ماده ای که در اثر کاهش دما ته نشین می شود، از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\Delta m = \frac{(S_1 - S_2)m}{100 + S_1}$$

S_2 = انحلال پذیری در دمای پایین تر ، S_1 = انحلال پذیری در دمای بالا تر

m = جرم محلول Δm = جرم ماده ته نشین شده (رسوب کرده)

داده های مسئله

انحلال پذیری در دمای ۴۰°C : S_1 = ۳۱۱ گرم m = ۲۰۰ گرم

انحلال پذیری در دمای ۲۰°C : S_2 = ۲۱۶ گرم Δm = ?

$$\Delta m = \frac{(S_1 - S_2)m}{100 + S_1} = \frac{(311-216)\times 200}{100 + 311} = ۴۶/۲ \approx ۴۶\ g\ AgNO_3$$

۴) جدول زیر میزان انحلال پذیری ماده A در دماهای مختلف را نشان می دهد.

دما (°C)	۰	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۵۵
انحلال پذیری (آب g/ ۱۰۰ g)	۱۰	۱۵/۱	۲۲/۴	۳۱/۶	۳۹/۳	۴۷/۵

اگر ۱۰۰ گرم محلول سیر شده از ماده A را تا دمای ۲۰°C سرد کنیم، ۵ گرم از آن رسوب می کند. این محلول چند درجه سرد شده است؟

پاسخ از رابطه Δm برای تعیین انحلال پذیری در دمای بالاتر استفاده می کنیم.

$$\Delta m = \frac{(S_1 - S_2)m}{100 + S_1} \rightarrow ۵ = \frac{(S_1 - 15.1) \times 100}{100 + S_1} \rightarrow S_1 = ۲۰/۱۵\ g$$

عدد به دست آمده به دمای $۳۰^\circ C$ در جدول نزدیک تر است.

۵) محلولی از کلسیم سولفات در ۵۰۰ گرم آب در دمای معین دارای یک گرم یون کلسیم $Ca^{۲+}$ است. چند گرم دیگر $CaSO_۴(s)$ در آن حل می شود تا یک محلول سیر شده به دست آید؟ (انحلال پذیری $CaSO_۴$ در شرایط آزمایش برابر ۱/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.)

پاسخ با داشتن جرم یون $Ca^{۲+}$ در محلول، جرم $CaSO_۴$ حل شده را حساب می کنیم.

جرم کلسیم سولفات حل شده در ۵۰۰ گرم آب $= ۱\ g\ Ca^{۲+} \times \frac{136\ g\ CaSO_4}{40\ g\ Ca} = ۳/۴\ g\ CaSO_۴$

انحلال پذیری کلسیم سولفات $CaSO_۴$، برابر با ۱/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. حساب می کنیم در ۵۰۰ گرم آب چند گرم $CaSO_۴$ حل می شود.

انحلال پذیری $CaSO_۴$ در ۵۰۰ گرم آب $= ۵۰۰\ g$ آب $\times \frac{1.02\ g\ CaSO_4}{100\ g\ \text{آب}} = ۵/۱\ g$

در ۵۰۰ گرم آب ۵/۱ گرم $CaSO_۴$ می تواند حل شود. این مقدار را از ۳/۴ گرم $CaSO_۴$ که در آب حل شده کم می کنیم.

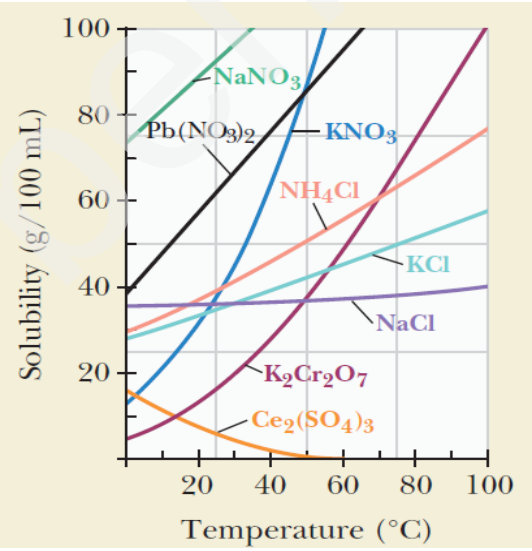
جرم $CaSO_۴$ که می تواند حل شود تا محلول سیر شده به دست آید. $۵/۱ - ۳/۴ = ۱/۷\ g\ CaSO_۴$

تمرین های پایانی درس

۱ انحلال پذیری پتاسیم کلرید در آب از $۳۴/۷\ g/۱۰۰\ mL$ در دمای $۲۰^\circ C$ به $۵۶/۷\ g/۱۰۰\ mL$ در دمای $۱۰۰^\circ C$ افزایش می یابد. انحلال این ترکیب در آب گرماده است یا گرماگیر؟ توضیح دهید.

۲ انحلال پذیری کلسیم هیدروکسید در آب $۰/۱۵۶$ گرم در ۱۰۰ گرم آب در دمای $۲۰^\circ C$ و $۰/۱۲۸$ گرم در ۱۰۰ گرم آب در دمای $۵۰^\circ C$ است. انحلال کلسیم هیدروکسید در آب گرماده است یا گرماگیر؟ توضیح دهید.

۳ با استفاده از داده های نمودار مقابل تعیین کنید آنتالپی انحلال کدام ترکیب؛ NaCl یا $NH_۴Cl$، در آب مثبت تر است؟ توضیح دهید.



۴ با استفاده از داده های نمودار سوال قبل تعیین کنید انحلال کدام ترکیب، NaCl یا KNO۳، با افزایش دما بیشتر افزایش می یابد؟ توضیح دهید.

۵ در دمای ۲۰°C انحلال پذیری نمک KCl برابر با ۳۴ g/۱۰۰ g H۲O می باشد. دانش آموزی در آزمایشگاه ۷۵ گرم KCl را به ۲۰۰ گرم آب اضافه می کند. (دما ۲۰°C است.)

آ) حساب کنید، چند گرم KCl در آب حل می شود؟

ب) محلول به دست آمده سیر شده است یا سیر نشده؟

پ) جرم KCl حل نشده در آب را که در ظرف ته نشین می شود حساب کنید.

پاسخ قسمت (آ) ۶۸ g KCl

۶ در دمای ۴۰°C انحلال پذیری نمک KNO۳ برابر با ۶۵ g/۱۰۰ g H۲O است.

آ) در همین دما، چند گرم KNO۳ در ۱۲۰ گرم آب حل می شود؟ محاسبه کنید.

ب) در همین دما، چند گرم آب نیاز است تا ۱۱۰ گرم KNO۳ را به طور کامل حل کرده و محلولی سیر شده تهیه شود.

پاسخ آ) ۷۸ g KNO۳ ب) ۱۷۰ g H۲O

۷ انحلال پذیری پتاسیم کلرید KCl در دمای ۵۰°C برابر با ۴۳ g/۱۰۰ g H۲O می باشد. تعیین کنید هر یک از محلول های زیر در دمای ۵۰°C سیر شده و یا سیر نشده هستند؟

آ) افزودن ۲۵ گرم KCl به ۱۰۰ گرم آب

ب) افزودن ۱۵ گرم KCl به ۲۵ گرم آب

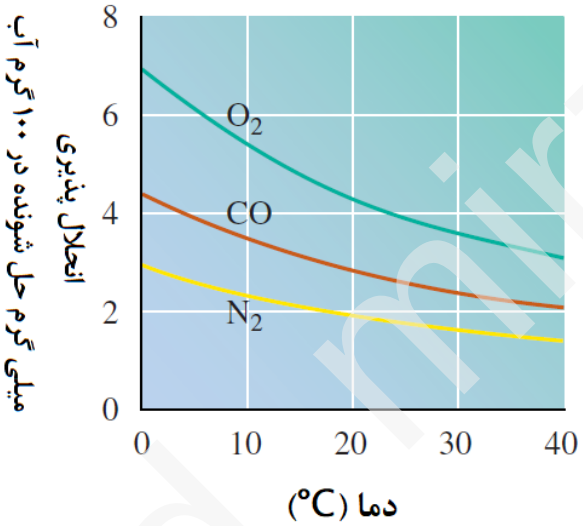
پ) افزودن ۸۶ گرم KCl به ۱۵۰ گرم آب

behzad mirzaie

انحلال گازها در آب – منبع کتاب های مرجع شیمی

انحلال پذیری گازها در آب به دما، فشار و نوع گاز بستگی دارد. این سه عامل را به ترتیب بررسی می کنیم.

اثر دما بر انحلال گازها در آب اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب نسبت به انحلال پذیری مواد جامد در آب بیشتر قابل پیش بینی است. گازها با افزایش دما، به مقدار کمتری در آب حل می شوند. (نمودار زیر). یک نتیجه این کاهش انحلال پذیری را در بطری نوشابه هایی که در آن ها کربن دی اکسید حل شده است، پس از آن که در دمای اتاق گرم می شوند می بینیم. طولی نمی کشد، مقدار زیادی CO_2 حل شده در آن ها خارج می شود و مزه خود را از دست می دهند. نتیجه بسیار مهم دیگر آسیب به زندگی جانداران آبزی در نتیجه کاهش غلظت اکسیژن حل شده در دریا و رودخانه هنگامی که آب گرم از کارخانه های صنعتی وارد آن ها می شود، این اثر به نام آلودگی گرمایی مشهور است.



در جدول مقابل انحلال پذیری بر حسب g H_2O (g/۱۰۰) سه گاز در دماهای مختلف در فشار atm ۱ نشان داده شده است.

گاز \ دما (°C)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
CO_2	۰/۱۶۹	۰/۱۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸
H_2S	۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۵
Cl_2	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۳

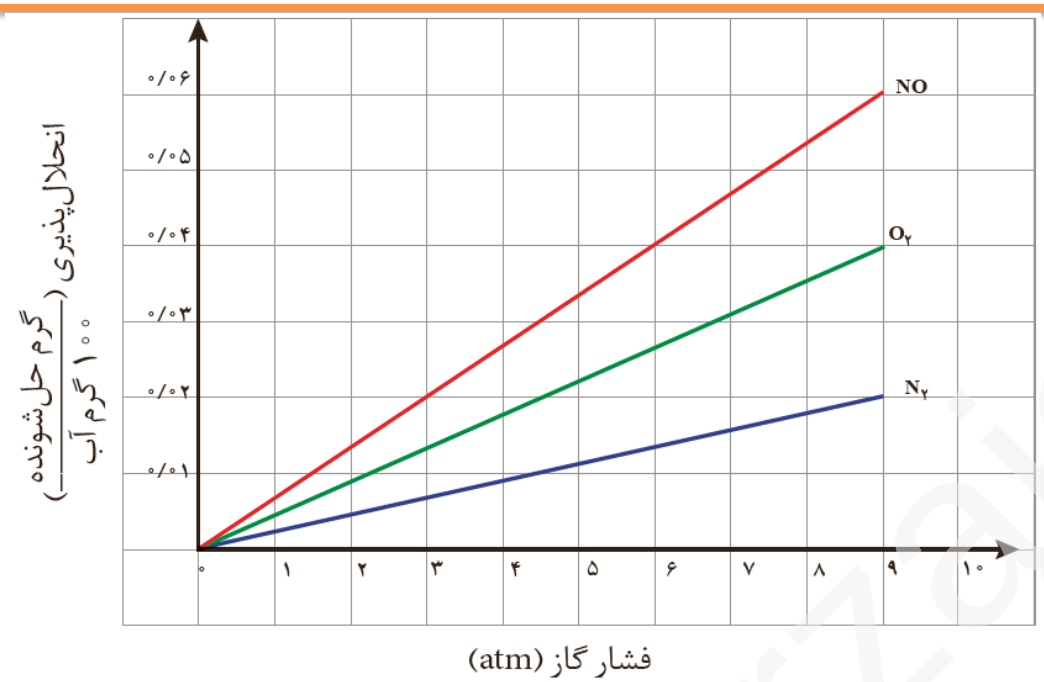
اثر فشار بر انحلال فشار تقریباً اثری بر انحلال مایعات و جامدها ندارد اما تاثیر زیادی بر انحلال گازها دارد. در مورد انحلال پذیری گازها در آب، قانون هنری به صورت زیر بیان می شود.

بر طبق قانون هنری، انحلال گازها در مایعات در دمای ثابت، با فشار گاز در محلول رابطه مستقیم دارد.

قانون هنری

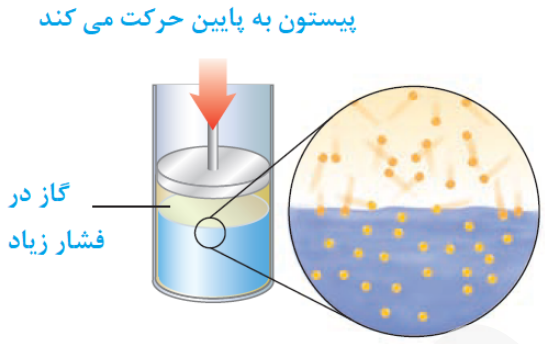
$$\text{انحلال پذیری} = k \cdot P$$

ثابت k در این عبارت مشخصه ویژه گاز، و p فشار گاز در محلول است. (در کتاب درسی شما این رابطه آورده نشده است و نیاز نیست در باره آن مطلب اضافی بخوانید) با دو برابر شدن فشار گاز انحلال پذیری آن دو برابر می شود، با سه برابر شدن فشار گاز، انحلال پذیری آن سه برابر می شود و همچنین برای چهار برابر شدن.

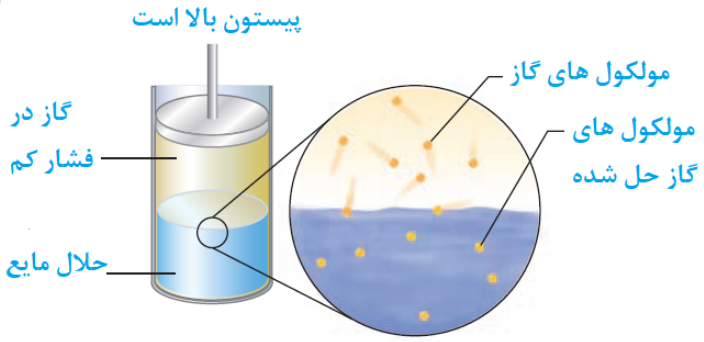


مثالی برای قانون هنری هنگامی رخ دهد که شما درب نوشابه هایی که در آن ها گاز کربن دی اکسید حل شده است را باز می کنید. حباب های گاز فوراً با صدای فش فش از محلول خارج می شوند، زیرا فشار CO_2 به طور ناگهانی کاهش می یابد و CO_2 از محلول خارج می شود.

در سطح مولکولی با زیاد شدن فشار، افزایش انحلال پذیری گاز رخ می دهد. در فشار معین، تعداد ذرات گاز وارد شده در محلول و ذرات گاز خارج شده از آن برابرند. وقتی فشار زیاد می شود، تعداد ذرات گاز که درون محلول وارد می شوند نسبت به ذراتی که از آن خارج خواهند شد بیشتر است، بنابر این انحلال پذیری گاز زیاد می شود.



وقتی فشار زیاد می شود، مقدار بیشتری از مولکول های گاز در آب حل می شوند.



مقدار کمی از مولکول های گاز در آب حل شده اند

انحلال گازها در آب و برهم کنش های بین مولکولی

گازها موادی هستند که برهم کنش های بین مولکولی بسیار ضعیف دارند و نقطه جوش آن ها پایین است. به دلیل ضعیف بودن نیروهای جاذبه بین مولکول های حلال (آب) و مولکول های حل شونده (گاز)، انحلال پذیری بسیاری از گازها در آب کم است. انحلال پذیری گازها در آب به برهم کنش های بین مولکول های آب و مولکول های گاز وابسته است. در این مورد قطبی یا ناقطبی بودن مولکول گاز و همچنین اندازه مولکول های گاز تعیین کننده می باشند.

در جدول مقابل انحلال پذیری چند گاز در آب در فشار ۱ atm و دمای ۲۵°C داده شده است.

گاز	N_2	O_2	CO_2	NH_3	HCl
انحلال‌پذیری ($g/100\ g\ H_2O$)	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۹	۰/۱۴۵	۴۷/۰	۶۹/۵

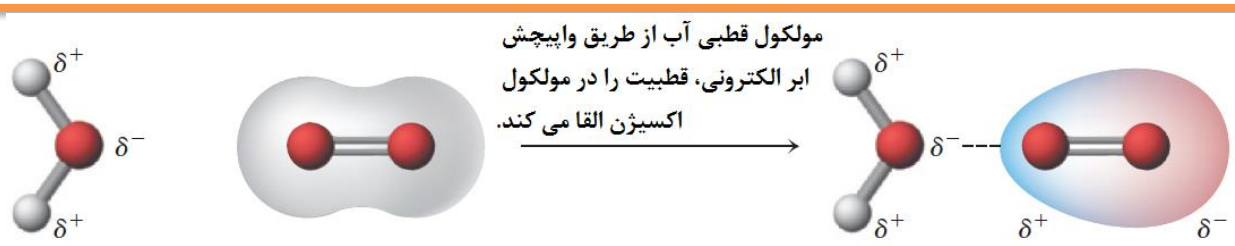
مشاهده می کنید مولکول های دو اتمی ناقطبی N_2 و O_2 انحلال پذیری بسیار کمی در آب دارند. در مقابل انحلال پذیری مولکول های قطبی HCl و NH_3 در آب نسبت به مولکول های ناقطبی N_2 و O_2، بسیار زیاد است. (در مورد انحلال پذیری مولکول CO_2 در آب، در ادامه توضیح داده می شود.)

اثر قطبیت مولکول های گاز در انحلال پذیری آن در آب

گاز هیدروژن کلرید HCl، مولکول های قطبی دارد، همچنین مولکول های آب قطبی اند. بنابر این بین مولکول های H_2O و مولکول های HCl برهم کنش های دوقطبی – دوقطبی ایجاد می شود که موجب انحلال پذیری بیشتر HCl در آب خواهد شد. همچنین مولکول هایی مانند NH_3 که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول های آب را دارند، با انحلال در آب، با مولکول های آب پیوند هیدروژنی تشکیل می دهند و از این رو انحلال پذیری بیشتری در آب دارند. (در شیمی سال دوازدهم تفکیک یونی گازهایی مثل HCl و NH_3 که بر انحلال پذیری آن ها در آب اثر دارد، بررسی می شود.)

گازهای ناقطبی مانند N_2 و O_2 یا با قطبیت ضعیف مانند CO، به مقدار کم در آب حل می شوند، بین این مولکول ها و مولکول های آب برهم کنش ها از نوع دوقطبی – دو قطبی القایی (برای N_2 و O_2)، یا دوقطبی – دوقطبی ضعیف (برای CO) است. به دلیل ضعیف بودن این نوع برهم کنش، انحلال پذیری گازهای ناقطبی یا با قطبیت ضعیف در آب کم است.

مولکول های قطبی همچون آب می توانند در مولکول هایی که دوقطبی دائمی نیستند، قطبیت را القا ویا آن ها را قطبی کنند. برای این که ببینید این پدیده چگونه رخ می دهد، تصویر یک مولکول قطبی آب که به مولکول ناقطبی مثل O_2 نزدیک می شود را مشاهده کنید.



ابر الکترونی مجزا در مولکول O_2 (در حالت گاز)، به طور متقارن بین دو اتم اکسیژن توزیع شده است. اما، وقتی سر منفی مولکول دوقطبی آب به اکسیژن نزدیک می شود، ابر الکترونی O_2 تغییر شکل می دهد. در این فرایند، مولکول های O_2 قطبی می شوند؛ در این حالت، مولکول ناقطبی O_2 به دوقطبی القایی تبدیل می شود. در نتیجه مولکول های H_2O و O_2، به یک دیگر جاذبه اعمال می کنند، اگرچه فقط یک جاذبه ضعیف است. اکسیژن می تواند در آب حل شود زیرا نیروی جاذبه بین دوقطبی دائمی آب و دوقطبی القایی O_2 ایجاد شده است.

مقدار کمی از یک گاز ناقطبی O_2 که در آب حل می شود برای حیات آبزیان اهمیت دارد. در ۲۵°C و فشار ۱ atm انحلال پذیری گاز اکسیژن O_2 در آب فقط ۳/۲ mL در ۱۰۰ میلی لیتر آب است. اما جانداران آبزی به آن نیاز دارند.

تاثیر جرم مولی بر انحلال پذیری گازها در آب

در حالت کلی، برای یک سری مواد مشابه، مثلاً هالوژن ها یا مولکول های دواتمی جور هسته مانند H_2، N_2 و O_2، با افزایش جرم مولی، قطبش پذیری مولکول زیاد می شود. در واقع، حل شدن گازهای معمولی در آب اثر برهم کنش بین دوقطبی و دوقطبی القایی را نشان می دهد. با افزایش جرم مولی گاز، قطبش پذیری ابر الکترونی آن نیز زیاد می شود، قدرت برهم کنش دوقطبی – دوقطبی القایی افزایش می یابد، و انحلال پذیری در حلال قطبی زیاد می شود. (به جدول های زیر مراجعه کنید)

انحلال پذیری برخی گازها در آب

	جرم مولی (g/mol)	انحلال پذیری در ۲۰°C (g گاز /۱۰۰ g آب)
H_2	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱۶۰
N_2	۲۸/۰	۰/۰۰۱۹۰
O_2	۳۲/۰	۰/۰۰۴۳۴

گرمای تبخیر و نقطه جوش برخی مواد ناقطبی

	گرمای تبخیر استاندارد (KJ/mol)	نقطه جوش (°C) عنصر – ترکیب
N_2	۵/۵۷	-۱۹۶
O_2	۶/۸۲	-۱۸۳
CH_4	۸/۲	-۱۶۱/۵
Br_2	۲۹/۹۶	+۵۸/۸
C_6H_6	۳۰/۷	+۸۰/۱
I_2	۴۱/۹۵	+۱۸۵

گازهایی که حل شدن آن ها در آب با انجام واکنش همراه است

انحلال پذیری برخی گازهای ناقطبی در آب زیاد است، زیرا این گازها با آب واکنش می دهند. به نظر می رسد، انحلال گاز اکسیژن در خون نسبت به آب بیشتر باشد، زیرا مولکول های O_2 با هموگلوبین خون پیوند شیمیایی برقرار می کنند. همچنین، کربن دی اکسید، که برای زندگی جانداران آبزی و رشد مرجان ها اهمیت حیاتی دارد، انحلال پذیری زیادی در آب دارد. (۸۱ mL ~ در ۱۰۰ میلی لیتر آب در ۲۵°C و فشار ۱ atm). دلیل انحلال پذیری زیاد CO_2 در آب به واکنش مولکول های آن با آب مربوط است. می توان گفت، کربن دی اکسید در آب حل می شود و واکنش می دهد.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

برای گازها معمولاً نقطه جوش با انحلال پذیری در آب رابطه مستقیم دارد. داشتن نقطه جوش بالا در گازها نشان می دهد که نیروی بین مولکولی قوی دارند و انحلال پذیری آن ها در آب زیاد است. و برعکس گازهایی که نقطه جوش پایین دارند در آب به مقدار کمی حل می شوند، زیرا نیروی بین مولکولی در آن ها ضعیف است. جدول زیر انحلال پذیری در آب و نقطه جوش چند گاز را نشان می دهد.

نوع گاز	انحلال پذیری ($mol.L^{-1}$) در دمای ۲۵°C و فشار ۱ atm	نقطه جوش (بر حسب کلوین)
He	$۴/۲ \times ۱۰^{-۴}$	۴/۲
Ne	$۶/۶ \times ۱۰^{-۴}$	۲۷/۱
N_2	$۱۰/۴ \times ۱۰^{-۴}$	۷۷/۴
CO	$۱۵/۶ \times ۱۰^{-۴}$	۸۱/۶
O_2	$۲۱/۸ \times ۱۰^{-۴}$	۹۰/۲
NO	$۳۲/۷ \times ۱۰^{-۴}$	۱۲۱/۴

محلول های گازی تمام گازها می توانند با یک دیگر مخلوط شوند. هوا یک مثال خوب از محلول گازها است، که شامل حدود ۱۸ نوع گاز با نسبت های مختلف است.

نمونه سوال حل شده

در دمای ۲۵°C و فشار ۲ atm انحلال یک مول گاز نیتروژن در آب ۱۱ kJ گرما تولید می کند، و انحلال پذیری این گاز $mol.L^{-1}$ $۶/۶۸ \times ۱۰^{-۴}$ می باشد. تعیین کنید در هر یک از حالت های زیر انحلال پذیری گاز نیتروژن بزرگ تر یا کوچکتر از $mol.L^{-1}$ $۶/۶۸ \times ۱۰^{-۴}$ خواهد بود؟

آ) دمای ۰°C و فشار ۲/۰ atm ب) دمای ۲۵°C و فشار ۰/۷۵ atm

پاسخ آ) فشار ثابت است ولی دما کاهش پیدا کرده است. انحلال پذیری گازها با کم شدن دما افزایش می یابد و انحلال پذیری گاز نیتروژن بزرگتر از $mol.L^{-1}$ $۶/۶۸ \times ۱۰^{-۴}$ خواهد بود.

ب) دما ثابت است ولی فشار کاهش پیدا کرده است. انحلال پذیری گازها با کم شدن فشار کاهش می یابد، بنابر این انحلال پذیری گاز نیتروژن کوچکتر از $mol.L^{-1}$ $۶/۶۸ \times ۱۰^{-۴}$ خواهد بود.

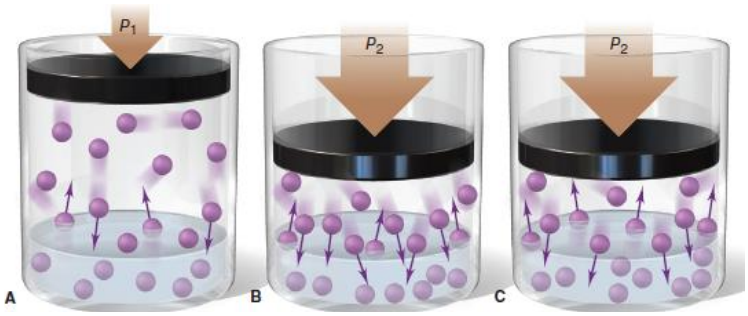
تمرین های پایانی درس

۱) توضیح دهید چرا هنگام باز کردن یک نوشابه گازدار گرم مقدار گاز بیشتری خارج می شود تا یک نوشابه سرد که درون یخچال نگه داری شده است؟

۲) توضیح دهید چرا اگر درب نوشابه های گاز دار محکم بسته نشده باشد، مزه آن ها تغییر می کند؟

۳) توضیح دهید چرا انحلال پذیری مواد جامد در یک مایع با افزایش فشار تغییر چندانی ندارد؟

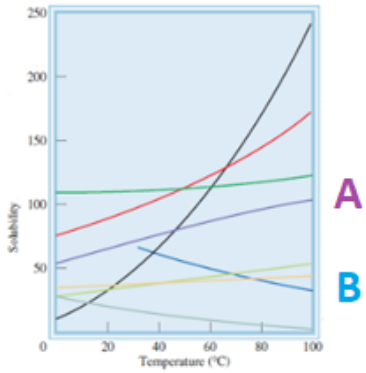
۴) شکل تاثیر عامل فشار بر انحلال پذیری گازها را نشان می دهد. (P فشار را نشان می دهد)



آ) در کدام حالت (A یا C) انحلال پذیری گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟

ب) قانون هنری رابطه انحلال پذیری گازها در آب را بیان می کند؟ این قانون را بنویسید.

۵) کدام نمودار (A یا B) اثر دما بر انحلال پذیری گاز $O_2(g)$ را نشان می دهد؟ چرا؟



۶) در جدول زیر انحلال پذیری چند نمونه گاز در آب بر حسب میلی مول گاز حل شونده در یک لیتر آب داده شده است.

نوع گاز	CH_4	C_2H_4	N_2	O_2	NO	H_2S	SO_2
انحلال پذیری	۱/۳۰	۴/۷۰	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۹۰	۹۹/۰	۱۴۷۶/۰

آ) به نظر شما چرا انحلال پذیری C_2H_4 در آب نسبت به CH_4 بیشتر است؟

ب) N_2، O_2 و NO جرم مولکولی نزدیک به هم دارند، دلیل بیشتر بودن انحلال پذیری NO نسبت به دو گاز دیگر چیست؟

پ) H_2S و SO_2 هر دو قطبی اند، انحلال پذیری SO_2 نسبت به H_2S خیلی بیشتر است. چه توجیهی برای این پدیده دارید؟

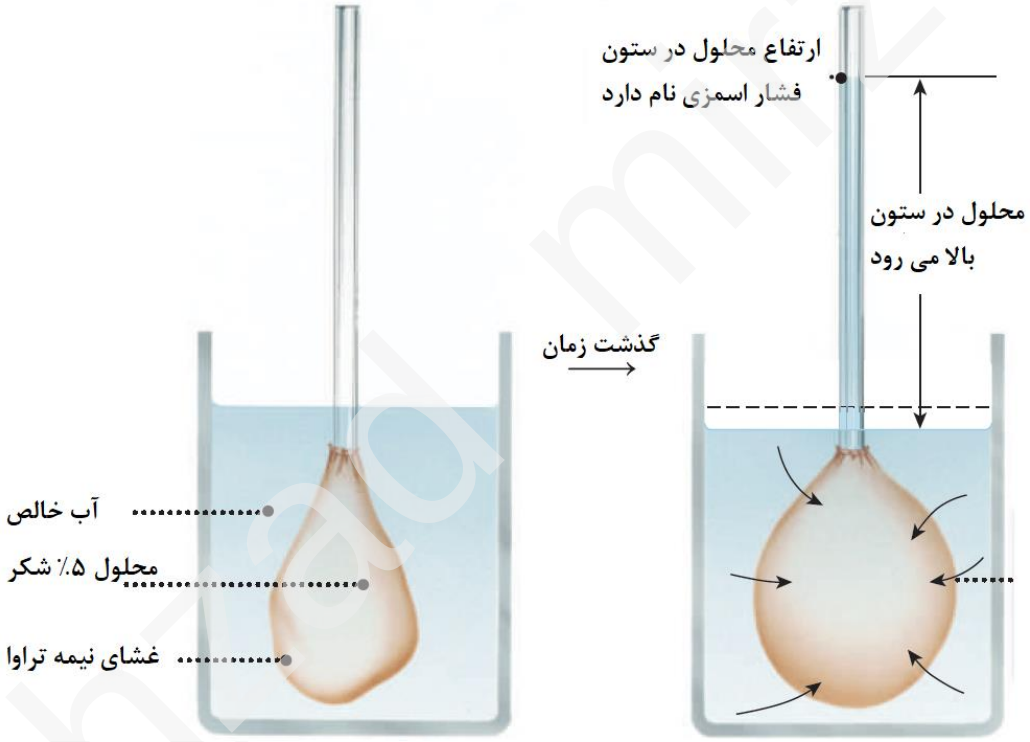
behzad mirzaie

خواص محلول ها اُسمز – منبع کتاب های مرجع شیمی عمومی

حرکت آب به دورن و بیرون سلول ها در گیاهان و همچنین در سلول های بدن ما یک فرایند مهم بیولوژیکی است که به غلظت حل شونده در محلول بستگی دارد. در این که فرایند اسمز نامیده شده است، مولکول های آب از میان یک غشای نیمه تراوا از سمت محلولی که در آن غلظت حل شونده کمتر است، به سمت محلولی با غلظت حل شونده بیشتر حرکت می کنند.

در شکل زیر آب در یک سمت غشای نیمه تراوا و محلول ۵٪ شکر (محلولی دارای ۵٪ شکر و ۹۵٪ آب)، در سمت دیگر غشا قرار دارند. غشای نیمه تراوا به مولکول های کوچک آب اجازه می دهد از دیواره غشا در هر دو جهت عبور کنند، اما مانع عبور مولکول های بزرگ شکر از دیواره غشا می شود. بنابر این سطح مایع در سمت محلول شکر نسبت به سمت آب بالا می رود. اضافه شدن مولکول های آب در سمت محلول شکر، آن را رقیق می کند تا وقتی که تعادلی بین حرکت مولکول های آب در دو سمت غشای نیمه تراوا ایجاد شود.

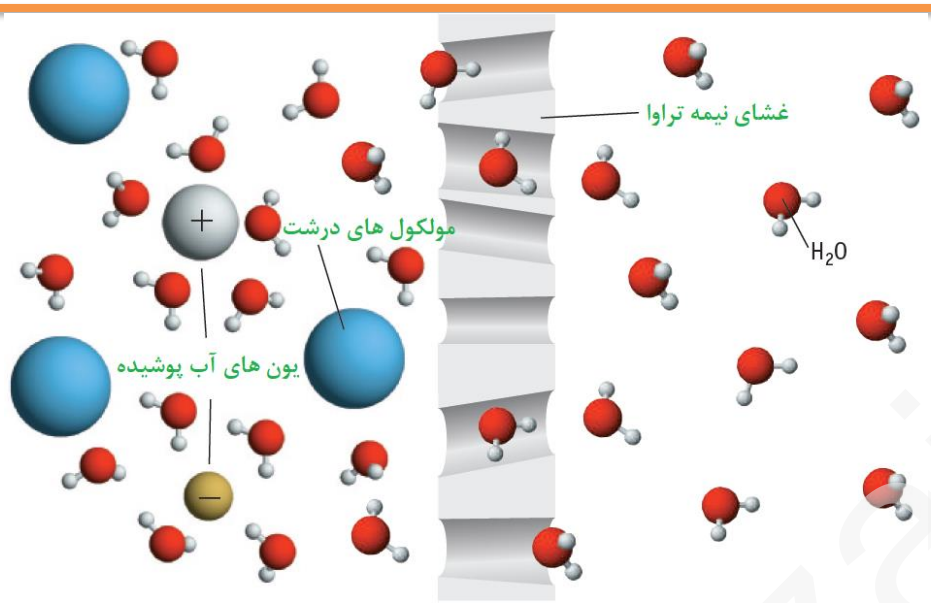
سرانجام ارتفاع محلول شکر فشاری به سمت پایین ایجاد می کند، که فشار اسمزی نامیده می شود، فشار ایجاد شده مانع اضافه شدن بیشتر آب به محلول شکر می شود. در نتیجه ارتفاع آب و محلول شکر در دو سمت دیواره غشاء ثابت می شود.



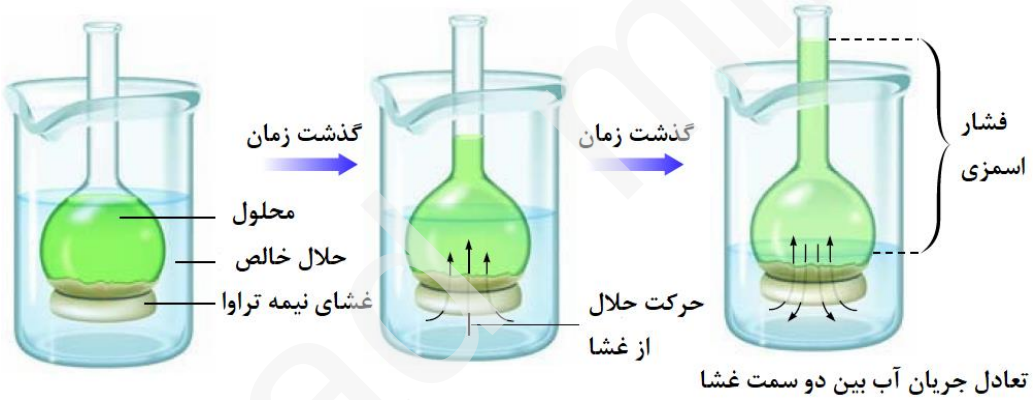
با گذشت زمان آب از منطقه ای که غلظت حل شونده کم است (آب خالص) به سمت منطقه ای که در آن غلظت حل شونده زیادتر است (محلول ۵٪ شکر)، حرکت می کند. حرکت آب تا زمانی ادامه دارد که فشار ناشی از ارتفاع محلول در میله در اثر جاری شدن آب از بشر به درون کیسه به قدری زیاد شود که بین مولکول های آب که از دو سمت غشا عبور می کنند تعادل برقرار شود. این ارتفاع در میله فشار اسمزی نام دارد.

کیسه متصل به لوله دارای محلول ۵٪ شکر (۵٪ شکر و ۹۵٪ آب) است. درون بشر آب خالص وجود دارد. جنس کیسه از موادی که خاصیت نیمه تراوا دارند ساخته شده است، یعنی می تواند مولکول های کوچک آب را عبور دهد، اما مولکول های بزرگ شکر از آن عبور نمی کنند.

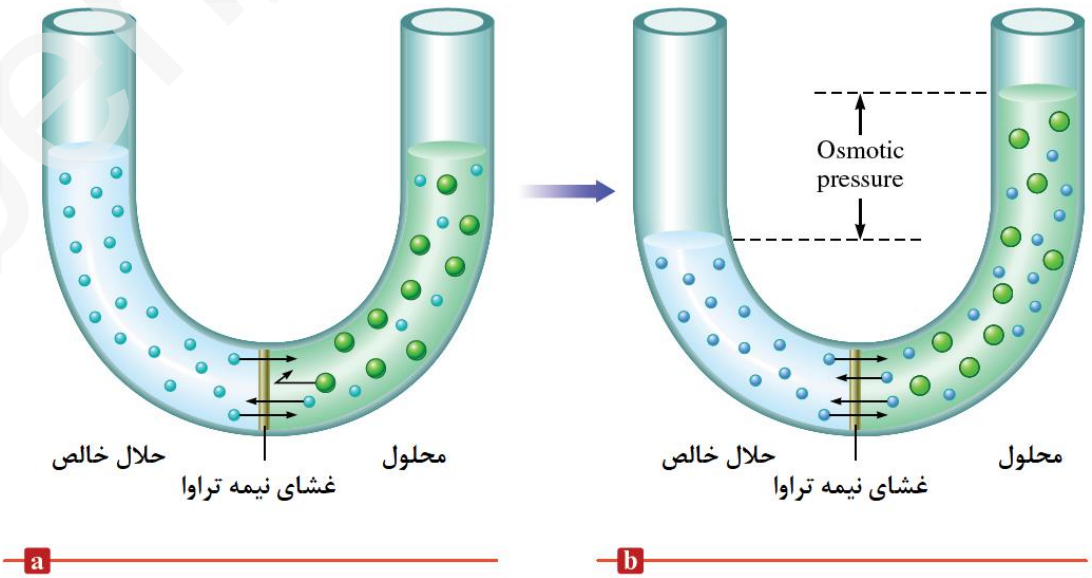
فشار اسمزی به غلظت ذرات حل شونده در محلول وابسته است. تعداد ذرات حل شونده بیشتر موجب فشار اسمزی بیشتر می شود. در این مثال، فشار اسمزی محلول شکر از فشار اسمزی آب خالص بیشتر است،



پدیده اسمز در سطح ذره ای عبور مولکول های آب از غشای نیمه تراوا انتخابی است. ذرات حل شونده ای مانند یون های آبپوشیده و مولکول های بزرگ که در محلول پخش شده اند، نمی توانند از غشا عبور کنند.



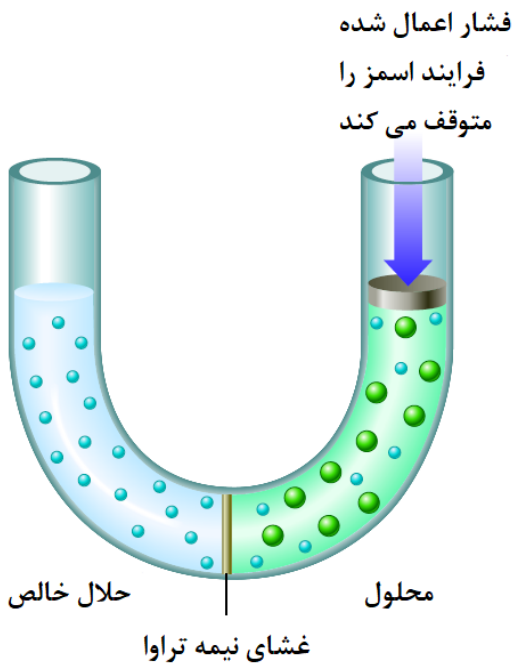
انتهای یک لوله حباب دار توسط غشای نیمه تراوا پوشانیده شده است. درون لوله حباب دار محلول و درون بشر حلال خالص است. در این حالت مولکول های حلال از غشا به سمت محلول عبور می کنند تا جایی که فشار مایع موجب ایجاد تعادل در جریان آب شود.



(a) یک حلال خالص و یک محلول (دارای حلال غیر فرار) توسط غشای نیمه تراوا از هم جدا شده اند، به طوی که مولکول های حلال (آبی رنگ) از غشا عبور می کنند اما مولکول های حل شونده (سبز رنگ) نمی توانند از غشا عبور کنند. سرعت عبور مولکول های آب به سمت محلول بیشتر از سرعت حرکت آن ها به سمت حلال است.

(b) فرایند به تعادل می رسد، به طوری که سرعت عبور مولکول های آب به هر دو سمت برابر می شود.

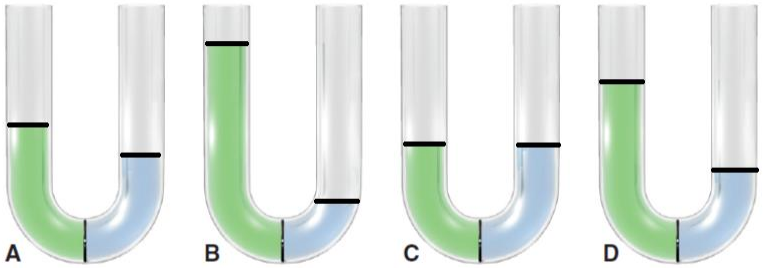
در فرایندی که اسمز معکوس نام دارد، فشاری بزرگتر از فشار اسمزی به محلول وارد می شود، تا یک محلول با استفاده از غشای نیمه تراوا تصفیه شود. جریان آب از دیواره غشا برعکس حرکت می کند زیرا آب از سمتی که غلظت آن کمتر است به سمتی که غلظت بیشتری دارد جریان می یابد. مولکول ها و یون های دیگر در محلول باقی می مانند. در حالی که آب از غشا عبور می کند. فرایند فشار اسمزی معکوس توسط گیاهان دریایی برای نمک زدایی و خالص کردن آب دریا استفاده می شود.



تمرین های پایانی درس

۱ محلولی از $MgCl_2$ تهیه شده و در بازوی سمت چپ لوله U شکلی که یک غشای نیمه تراوا در آن قرار دارد، مطابق شکل زیر ریخته می شود. در بازوی سمت راست لوله U شکل نیز محلول گلوکز ریخته شده است. (مولاریته هر دو محلول برابر است.) پس از مدتی کدام شکل نمایش بهتری از محلول ها را نشان می دهد؟ توضیح دهید.

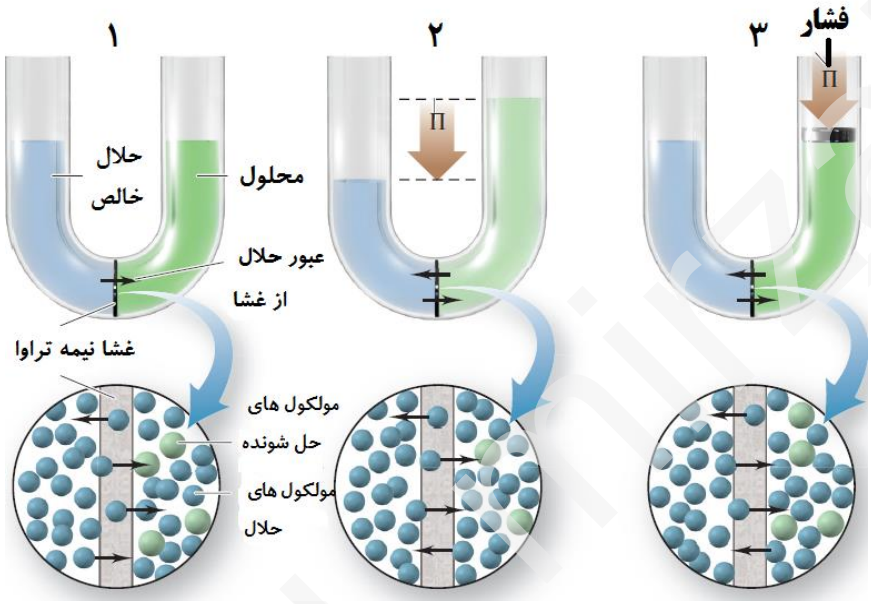
۲ در شکل چهار لوله U شکل نشان داده شده که در بازوی سمت راست آن ها آب و در بازوی سمت چپ هر کدام یک محلول وجود دارد و یک غشای نیمه تراوا بین دو بازو قرار داده شده است.



آ) اگر حل شونده KCl باشد، کدام محلول غلیظ تر است؟

ب) اگر حل شونده ها متفاوت باشند امـا مولاریتـه آن ها برابر باشد، در کدام لوله U کم تـرین تعـداد یون ها وجود دارد؟

۳ با توجه به شکل زیر به سوال های داده شده پاسخ دهید.



آ) غشای نیمه تراوا چیست؟ و در پدیده اسمز چه نقشی دارد؟

ب) در کدام شکل (۱، ۲ یا ۳) سرعت عبور مولکول های حلال بیشتر است؟

پ) در کدام شکل سرعت عبور مولکول های حلال و حل شونده با هم برابر شده اند؟

ت) کدام شکل پدیده اسمز معکوس را نشان می دهد؟ در این حالت سرعت عبور کدام ذرات (مولکول های حلال یـا مولکـول هـای حل شونده) بیشتر است؟