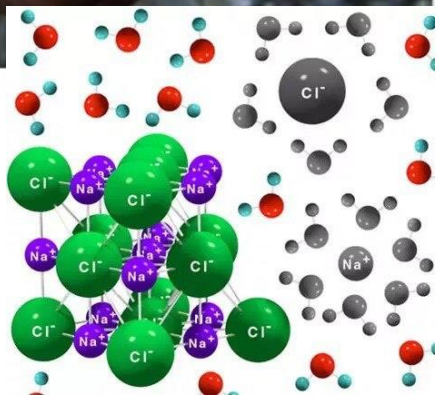
شیمی ۱

فصل ۳ آب، آهنگ زندگی



دکتر حسن پلوئی :استاد

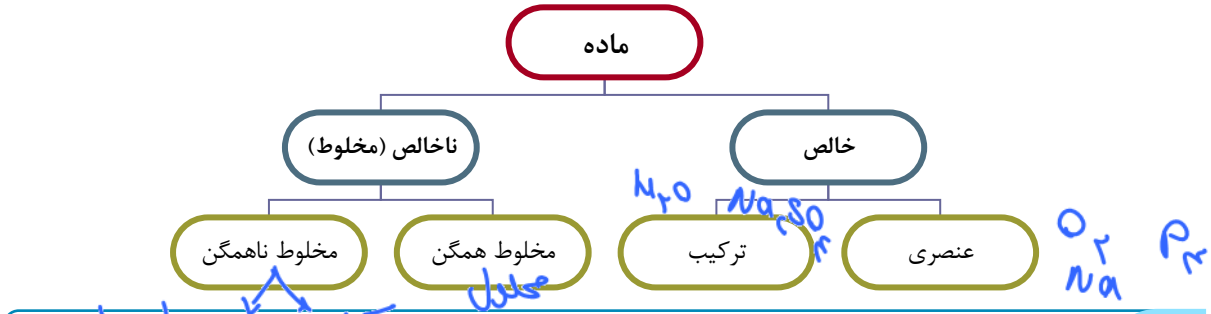
ماده خالص و ناخالص (مخلوط)

اگر سامانه مورد مطالعه فقط شامل یک نوع ماده‌ی ساده (O_2 ، Na ، P_4 و . . .) یا ترکیب (H_2O , $NaCl$, $H_{10}O$, C_4H_{10} و . . .) باشد، به آن « ماده خالص » می‌گویند.

چنانچه سامانه مورد مطالعه شامل دو یا چند نوع ماده ساده یا ترکیب باشد، به آن " ماده ناخالص " یا " مخلوط " می‌گویند. مانند هوا، آب آشامیدنی، شیر، آلیاژها، آبِ گل و . . .

فاز: به قسمتی از سامانه که خواص فیزیکی و شیمیایی در همه جای آن یکسان باشد، «یک فاز» یا «تک فاز» گویند.

نکته: مواد خالص « تک فاز » می‌باشند.



انواع مخلوط (انواع مواد ناخالص)

A) مخلوط همگن (محلول):

۱ - اگر ذرات حل شونده (مولکول‌ها یا یون‌ها یا هر دو)، به طور یکنواخت و همگن لابلای حلال پخش شده باشند، به مخلوط حاصل محلول گویند.

۲ - واژه حل شونده (جزء کمتر) و حلال (جزء بیشتر)، صرفاً در مورد مخلوط‌های همگن استفاده می‌شود.

۳ - محلول‌ها می‌توانند حالت فیزیکی جامد (مانند آلیاژها) یا مایع(محلول شکر در آب) و یا گازی (هوای پاک) داشته باشند.

۴ - محلول‌ها « تک فازی » می‌باشند.

۵ - محلول‌ها پایدارند (ته‌نشین نمی‌شوند.)

B) مخلوط‌های ناهمگن:

۱ - اگر ذراتِ جز کمتر (مولکول‌ها یا یون‌ها یا هر دو) به طور کامل از هم جدا نشوند و مجموعه مجموعه لابلای جز بیشتر پخش شوند، به مخلوط حاصل، مخلوط ناهمگن گویند. (که شامل دو دسته‌ی کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها می باشد)

۲ - در کلوئیدها توده‌های ذرات به نسبت سوسپانسیون کوچکترند و بر خلاف سوسپانسیون، مخلوط کلوئیدها پایدار است. شیر، مخلوط آب و صابون، ژل نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند و آب گل، هوای دارای گرد و غبار و شربت معده نمونه‌هایی از سوسپانسیون می‌باشند.

۴ - کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها، دارای دو یا چند فاز می‌باشند. (به عبارتی خواص فیزیکی و شیمیایی در همه جای آنها یکسان نیست.)

Dr. Hasan Polvei

محلول‌ها

۱ - این فصل اختصاص به بررسی ویژگی‌های محلول‌ها دارد.

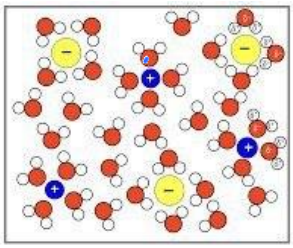
۲ - اگر حلال در محلول‌های مایع آب باشد، به محلول مورد نظر (aq) می‌گویند.(aqueous solution)

علت حل شدن یا نشدن دو جسم در یکدیگر

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

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

الف) حل شدن مواد یونی در آب:



نمک‌هایی مانند $NaCl$ ، $MgCl_2$ ، $Mg\,So_4$ در آب حل می‌شوند، می‌توان گفت:

میانگین پیوند یونی در ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب > نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول

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

میانگین پیوند یونی در ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبه یون - دو قطبی در محلول

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

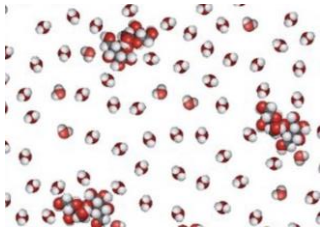
$$Ba\,So_4\ ,\ Ca_3(Po_4)_2\ ,\ AgCl\ ,\ Mg(OH)_2\ ,\ Fe(OH)_2\ ,\ Fe(OH)_3$$

رسوب سفید | رسوب سبز | رسوب قرمز قهوه‌ای

همچنین $CaSO_4$ کم محلول می‌باشد. (سفید)

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

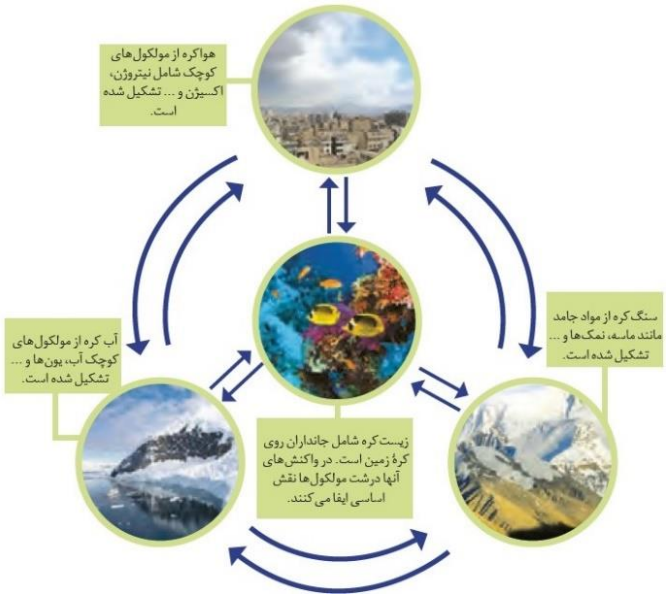
ب) حل شدن مواد مولکولی در آب:



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

Dr. Hasan Polvei

زمین از نظر شیمیایی پویاست



۱ - کره زمین را می‌توان سامانه بزرگی در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است. در این چهار بخش همواره مواد گوناگونی مبادله می‌شود و بین آنها برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی وجود دارد.

۲ - از جمله این برهم‌کنش‌ها بین۴ قسمت کره زمین (پویا بودن زمین) می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ورود سالانه میلیاردها تن مواد از سنگ‌ها به داخل آب، تبخیر آب‌های سطحی و ورود آن به هواکره، ورود آب به شکل بارندگی به سنگ کره، تولید سالانه میلیاردها تن CO_2 توسط جانداران ذره‌بینی، مصرف O_2 توسط جانداران ذره‌بینی آب، ورود مواد شیمیایی مختلف توسط آتشفشان‌ها به هواکره، تجزیه جسد جانوران و گیاهان و ورود مولکول‌های کوچک به کره زمین و یا ورود ترکیبات کربن‌دار توسط گیاهان به کره زمین و . . .

۳ - زمین از فضا به رنگ آبی دیده می‌شود زیرا حدود ۷۵ ٪ سطح آن را آب می‌پوشاند.

۴ - آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن است که به دلیل حل شدن نمک‌های گوناگون سنگ کره، اغلب مزه شور دارد.

۵ - جرم کل آب‌های روی کره زمین $۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}$ تن می‌باشد.

۶ - جرم نمک‌های حل شده در آب اقیانوس‌ها و دریاها ۵×۱۰^{۱۶} تن می‌باشد که چون مقدار ورودی و خروجی آنها برابر است، در نتیجه این مقدار در کل ثابت است.

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

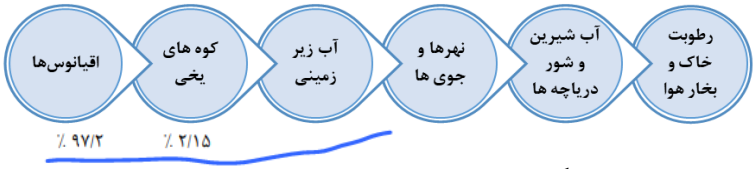
۸ - اگر همه آب کره زمین را روی سطح کل کره زمین پخش کنیم، ارتفاع آب در همه جا به ۲ متر ! خواهد رسید.

۹ - اقیانوس‌ها و دریاها منبع ارزشمندی برای تهیه مواد شیمیایی مانند NaCl و . . . نیز آبزیان است.

۱۰ - بیشتر آب‌های زمین شور است و نمی‌توان در کشاورزی و مصارف خانگی و صنعتی از آن استفاده کرد.

Dr. Hasan Polvei

۱۱ - نحوه توزیع آب در جهان:



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

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

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

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

$\simeq ppm$

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

۱۵ - آب آشامیدنی مخلوطی همگن و زلال است که حاوی مقدار کمی از یون‌های مختلف است. اکثر این یون‌ها به طور معمول در آب هستند اما برخی مانند یون فلوئورید (F^-) در مراکز تامین آب آشامیدنی به مقدار بسیار کم به آب اضافه می‌شوند (یون فلوئورید باعث حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.)

تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل‌شونده‌های آنها است.

شکل ۴- برخی یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین. مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد.

Dr. Hasan Polvei

چگونگی شناسایی یون‌های موجود در محلول آبی

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

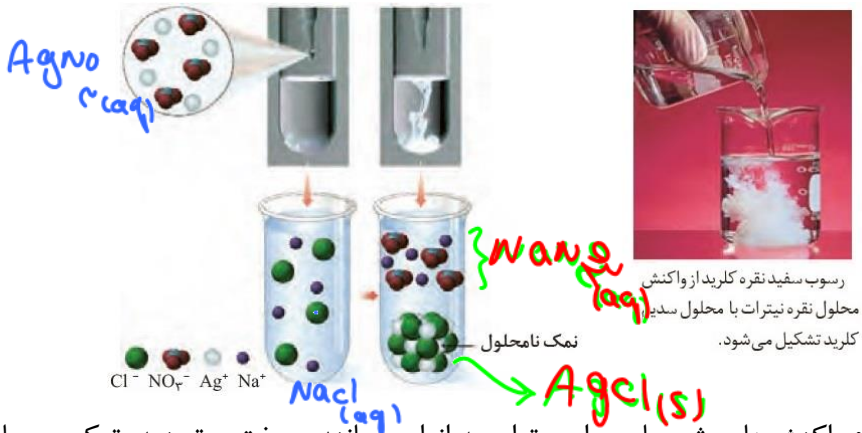
اساس شناسایی وجود یا عدم وجود یک یون در محلول، همین اصل می‌باشد.

۱ - شناسایی یون نقره (Ag^+):

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

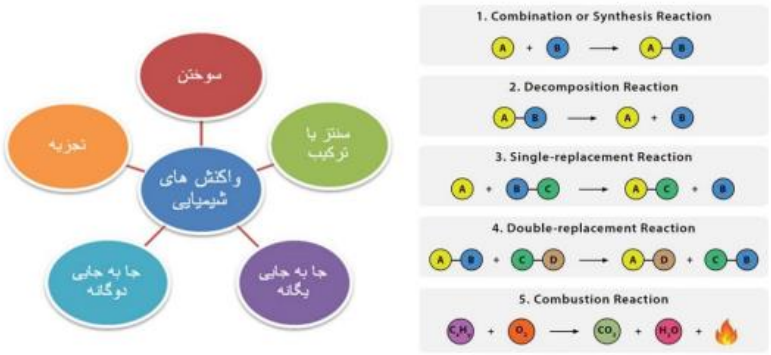
$$AgNo_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNo_{3(aq)}$$

رسوب سفید



رسوب سفید نقره کلرید از واکنش محلول نقره نیترات با محلول سدیم کلرید تشکیل می‌شود.

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



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

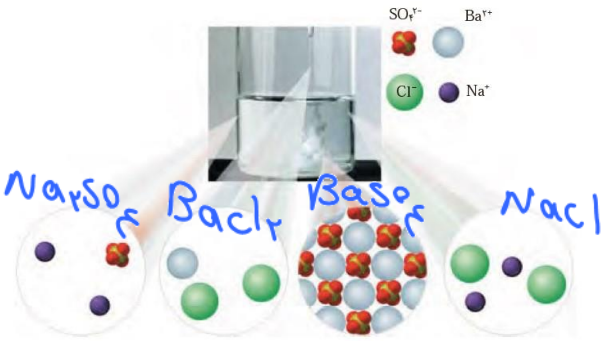
Dr. Hasan Polvei

مثال:

$$K + Ba(NO_3)_2 \rightarrow KNO_3 + Ba$$
$$Al + HBr \rightarrow AlBr_3 + H_2$$
$$Cl_2 + KI \rightarrow KCl + I_2$$
$$BaCl_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + KCl$$
$$HF + KOH \rightarrow KF + H_2O$$

۲ - شناسایی یون باریم (Ba^{2+}):

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



$$BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow BaSO_{4(s)} + 2NaCl_{(aq)}$$

رسوب سفید

۳ - شناسایی یون کلسیم (Ca^{2+}):

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

$$3CaCl_{2(aq)} + 2Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2(s)} + 6NaCl_{(aq)}$$

رسوب سفید

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟

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

محلول آبی C_2H_5OH همگن بوده و دارای دو نوع ذره می‌باشد.

طعم و مزه آب دریاها و رودخانه‌ها وابسته به نوع و مقدار حل شونده‌های آنها می‌باشد.

برای شناسایی یون Ba^{2+} در یک محلول می‌توان محلول K_2SO_4 به آن اضافه کرد.

برای شناسایی یون Mg^{2+} در یک محلول می‌توان محلول NaOH به آن اضافه کرد.

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۳ ۴) ۲

Dr. Hasan Polvei

تست ۲: کدام گزینه در مورد واکنش کامل Na_3PO_4 و $CaCl_2$ نادرست است؟

۱) به ازای مصرف ۱/ مول از واکنش دهنده‌ها، ۰/۲۴ N_A ذره محلول در آب تولید می‌شود.

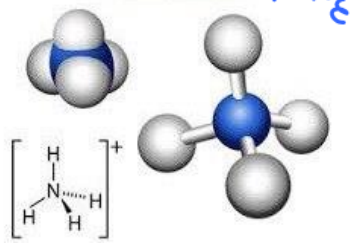
۲) به ازای مصرف ۰/۰۳ مول $CaCl_2$ ، $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ عدد آنیون به شکل رسوب تولید می‌شود.

۳) همه مواد شرکت کننده در واکنش ترکیب یونی هستند و محلول نهایی ۳ نوع ذره دارد.

۴) در لحظات اولیه مخلوط شدن دو محلول با یکدیگر (قبل از ایجاد رسوب)، در مجموع پنج نوع ذره موجود می‌باشد.

یون‌های چند اتمی

۱ - یون‌های چند اتمی یون‌هایی هستند که دارای دو یا چند اتم می‌باشند: OH^- ، NO_3^- و . . .



۲ - اتصال اتم‌ها در درون یون‌های چند اتمی به وسیله پیوند کووالانسی است.

۳ - یون‌های چند اتمی با پیوند یونی به یونی با بار مخالف خود متصل شده و تولید « ترکیب یونی » می‌کنند: $Na^+ , OH^- \rightsquigarrow NaOH$

۴ - ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند، هم دارای پیوند یونی و هم دارای پیوند اشتراکی (در درون یون چند اتمی) می‌باشند، اما کاملاً خواص ترکیبات یونی را دارند نه مولکولی.

۵ - مواد یونی که دارای دو نوع عنصر هستند(مانند K_2O) ترکیب یونی دوتایی نامیده می‌شوند.

مواد یونی که دارای سه نوع عنصر هستند(مانند KNO_3) ترکیب یونی سه تایی نامیده می‌شوند.

۶ - یون‌های چند اتمی:

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

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

نکته: در یون‌های چند اتمی بار الکتریکی متعلق به اتم خاصی نیست، بلکه متعلق به کل اتم‌های یون می‌باشد.

Dr. Hasan Polvei

فرمول نویسی ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند

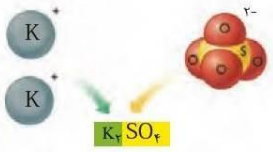
همانند ترکیب‌های یونی دوتایی (Al_2O_3 و . . .) عمل می‌کنیم. یعنی کاتیون را در سمت چپ و آنیون در سمت راست نوشته و بار هر یک را زیروند کل یون دیگر قرار می‌دهیم و در صورت امکان زیروندها را ساده می‌نمایی

Ca^{2+} PO_4^{3-}

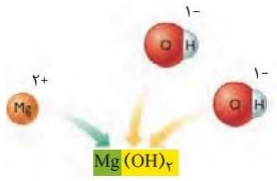
$Ca_3(PO_4)_2$ → $3Ca^{2+}$ $2PO_4^{3-}$

$NaNO_3$: سدیم نیترات

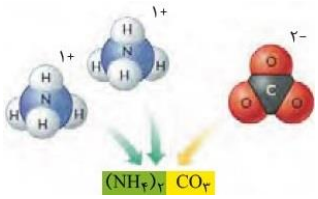
K_2SO_4 : پتاسیم سولفات



$Mg(OH)_2$: منیزیم هیدروکسید



$(NH_4)_2CO_3$: آمونیوم کربنات



چند مثال دیگر:

باریم سولفات $\Rightarrow \begin{cases} Ba^{2+} \\ SO_4^{2-} \end{cases} \Rightarrow Ba_2(SO_4)_2 \Rightarrow BaSO_4$

آلومینیوم فسفات $\Rightarrow \begin{cases} Al^{3+} \\ PO_4^{3-} \end{cases} \Rightarrow Al_2(PO_4)_3 \Rightarrow AlPO_4$

نام‌گذاری ترکیبات یونی که دارای یون چند اتمی هستند

ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را بیان می‌نماییم:

مثال: آمونیوم سولفید : $(NH_4)_2S$ کلسیم کربنات : $CaCO_3$

آهن II کربنات : $FeCO_3$ آهن III سولفات : $Fe_2(SO_4)_3$

تست: شمار الکترون های مبادله شده در تشکیل کدام مورد، سه برابر نسبت شمار کاتیون ها به آنیون (ها) در فرمول شیمیایی آلومینیوم سولفات است؟ (ریاضی داخل اردیبهشت ۱۴۰۳)

۱) سدیم کربنات ۲) کبالت(III) اکسید ۳) پتاسیم استات ۴) لیتیم فرمات

سوال۱: جدول زیر را تکمیل کنید:

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

سوال۲: در مورد آمونیوم سولفات به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) ساختار لوییس یون‌های آن را رسم کنید.

ب) نسبت تعداد آنیون به کاتیون:

پ) نسبت تعداد اتم به عنصر:

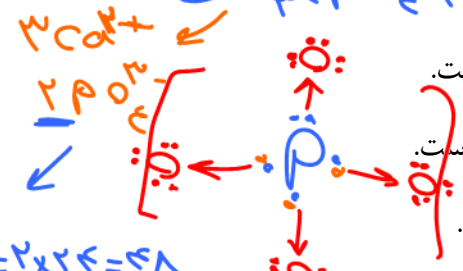
ت) مقدار مول الکترون مبادله شده در اثر تشکیل ۱ مول از آن:

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

نکته: گیاهان برای رشد خود، عنصر کربن را از CO_2 هوا و عنصر هیدروژن را از H_2O به دست می‌آورند. عناصر دیگر مانند N , P , S و . . . به شکل مواد محلول در آب توسط ریشه آنها جذب می‌شود. $(NH_4)_2SO_4$ یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر N و S را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد.

Dr. Hasan Polvei

تست ۱: اگر در فلز M مجموع ذرات باردار برابر با ۴۰ بوده و تعداد ذرات بنیادی آن برابر باشد، کدام گزینه در مورد ترکیب حاصل از M و یون فسفات نادرست است؟



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

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

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

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

تست ۲: در محلولی به حجم ۱ لیتر مقدار ۲/۱۳ گرم آلومینیوم نیترات وجود دارد. چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟ ($Al=۲۷\ ,\ N=۱۴\ ,\ O=۱۶\quad g.mol^{-۱}$)

- در ۱۰۰ میلی لیتر از آن $۶/۰۲\times ۱۰^{۲۱}$ مول نمک وجود دارد.
- در کل محلول ۰/۰۴ مول یون حل شده است.
- مقدار مول نمک، آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ۱۰ میلی لیتر از محلول به ترتیب ۰/۰۰۰۱ ، ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۰۰۱ مول می‌باشد.
- تعداد نیترات در ۵۰ میلی لیتر محلول، برابر با تعداد نمک حل شده در ۱۵۰ میلی لیتر از محلول است.
- اگر چگالی محلول $۱\ g/mL$ باشد، در هر ۱۰۰ گرم محلول ۰/۰۲۷ گرم $Al^{۳+}$ وجود دارد.

۱) ۰ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

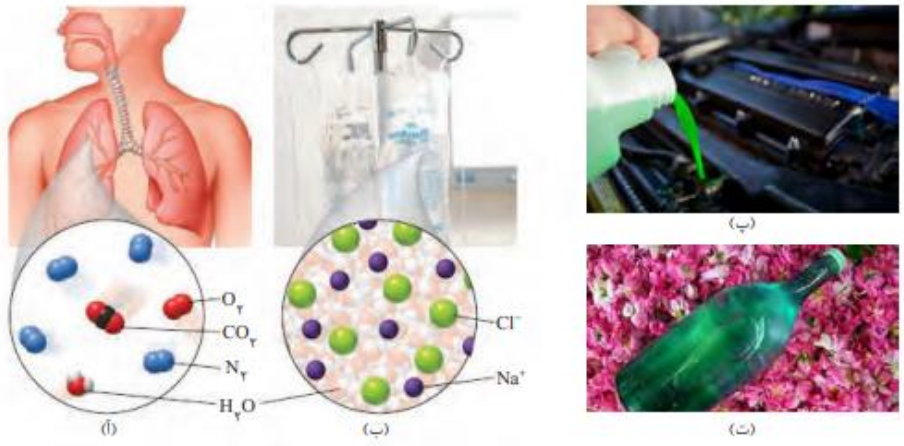
تست ۳: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

در ساختار کدام ترکیب، پیوند یونی و اشتراکی وجود دارد و هنگام انحلال آن در آب، نیروی جاذبهٔ یون ـ دوقطبی از میانگین نیروی پیوند یونی در ترکیب، و پیوند هیدروژنی در آب، بیشتر است؟

۱) $Na_۲SO_۴$ ۲) KCl ۳) $BaSO_۴$ ۴) $MnBr_۲$

Dr. Hasan Polvei

محلول و مقدار حل شونده‌ها



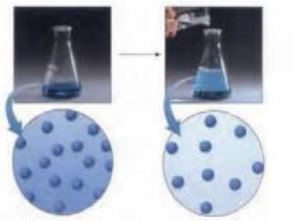
شکل ۷ـ برخی محلول‌ها و کاربرد آنها. آ) هوای پاکی که تنفس می‌کنیم، محلولی از گازهاست، ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، پ) ضدیخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و ت) گلاب مخلوطی همگن از چند مادهٔ آلی در آب است.

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

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

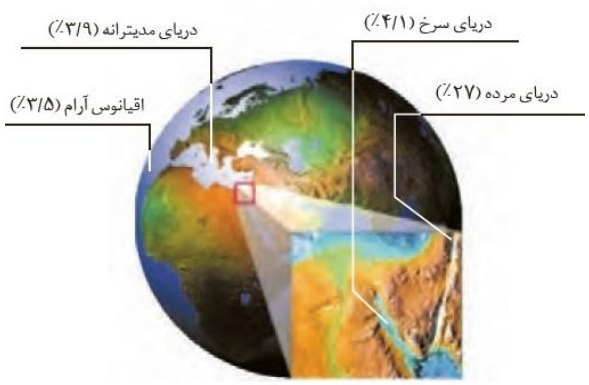
برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژیک رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ می‌باشند.

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



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

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



مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

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

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

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

Dr. Hasan Polvei

درصد جرمی (%a)

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

$$\text{درصد جرمی (\% a)} = \frac{\text{m (گرم حل شونده)}}{\text{m (گرم محلول)}} \times ۱۰۰$$

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

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

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

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

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{g KCl}}{\text{محلول } g} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۱۶ = \frac{\text{g KCl}}{۵۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{g KCl} = ۸۰$$

$$\text{g } H_2O = ۵۰۰ - ۸۰ = ۴۲۰$$

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

تست ۱: ۲/۵ مول سدیم هیدروکسید در ۷۰۰ گرم آب حل می‌شود، کدام گزینه نادرست است؟ ($N = ۲۳ , O = ۱۶ , H = ۱ \ g.mol^{-1}$)

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

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

۳) با اضافه کردن ۷۰۰ گرم آب دیگر روی آن درصد جرمی NaOH نصف می‌شود.

۴) نسبت درصد جرمی کاتیون به آنیون محلول، $\frac{۲۳}{۱۷}$ می‌باشد.

تست ۲: اگر ۴۰۰ میلی‌گرم ید در ۳۱ میلی لیتر کربن تترا کلرید حل شود، درصد جرمی ید در محلول حاصل کدام است؟ (چگالی کربن تترا کلرید $۱/۶ \frac{g}{m.L}$ است. (سراسری ۸۶)

۱) ۰/۸ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۲/۴

Dr. Hasan Polvei

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

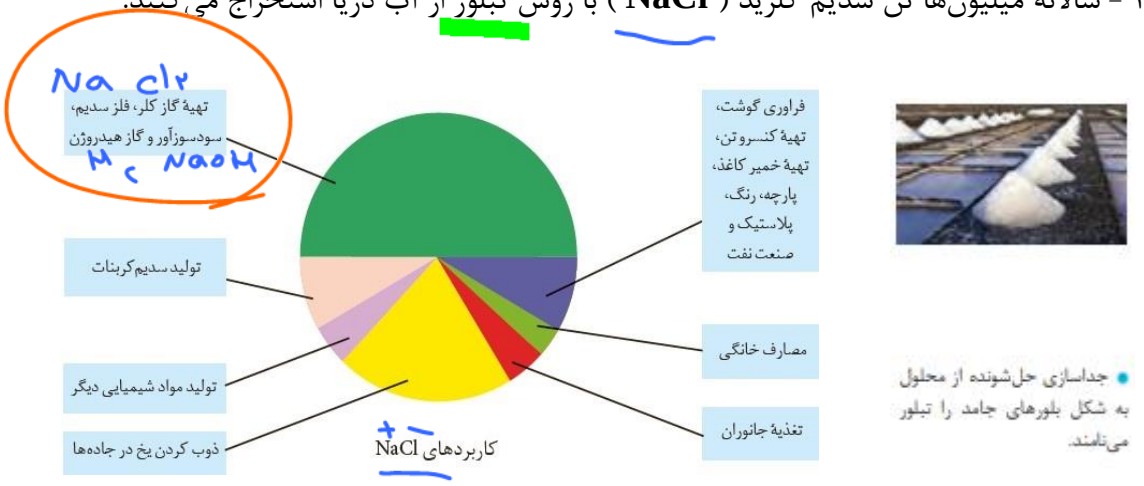
۱) ۴۹ ۲) ۵۸ ۳) ۶۱ ۴) ۶۵

جداسازی مواد شیمیایی آب دریا

۱ - جرم کل آب‌های زمین حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}$ تن است که درصد جرمی نمک‌ها به طور میانگین ۳/۵ ٪ بوده و در نتیجه جرم کل مواد شیمیایی محلول در آب دریاها ۵×۱۰^{۱۶} تن می‌باشد.

۲ - مواد شیمیایی موجود در آب دریاها را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی جدا کرد. « تبلور » یکی از روش‌های فیزیکی جداسازی حل شونده از محلول به شکل بلورهای جامد می‌باشد.

۳ - سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید (**NaCl**) با روش تبلور از آب دریا استخراج می‌کنند.



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

منیزیم در آب دریا به شکل $Mg^{۲+}_{(aq)}$ وجود دارد. برای استخراج آن ابتدا منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول $Mg(OH)_۲$ رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید ($MgCl_۲$) تبدیل کرده و در نهایت با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند:

$$Mg\,Cl_{۲(L)} \xrightarrow{\text{برق}} Mg_{(L)} + Cl_{۲(g)}$$

Dr. Hasan Polvei

قسمت در میلیون(p.p.m)

تعریف p. p. m: به مقدار گرم ماده حل شونده که در یک میلیون گرم محلول وجود دارد گویند:

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

۱ - در رابطه ppm نیز همانند a ٪، صورت و مخرج می‌توانند هر یک از یکاهای جرم باشند، فقط می‌بایست هم واحد باشند. (ppm و a فاقد یکا می‌باشند.)

۲ - ppm اصولاً برای محلول‌های بسیار رقیق کاربرد دارد.

شکل ۱۱ـ در هر ۱۰۰ گرم محلول شمارهٔ ۵، حدود ۰/۰۰۰۵ گرم مس (II) سولفات وجود دارد.

۳ - با توجه به اینکه غلظت ppm برای محلول‌های بسیار رقیق بیان می‌شود، بنابراین جرم محلول تقریباً برابر با جرم حلال (معمولاً آب) می‌باشد و چنانچه چگالی محلول ارائه نشده باشد، چگالی آن را برابر با چگالی آب در نظر می‌گیریم. ($1\ \frac{g}{m.L}$)

۴ – از ppm علاوه بر بیان غلظت یون‌ها و دیگر حل شونده‌های رقیق در محلول‌های آبی(مانند غلظت مواد در بدن جانداران و گیاهان)، برای بیان غلظت آلاینده‌های هوا نیز استفاده می‌شود.

۵ - مقدار ppm یک حل شونده، نشان دهنده میلی‌گرم حل شونده در یک کیلوگرم محلول نیز می‌باشد. به عنوان مثال اگر غلظت یون Na^+ در محلولی برابر ۳۰۰ ppm باشد، می‌توان گفت در ۱ میلیون گرم محلول، ۳۰۰ گرم یون Na^+ وجود دارد و همچنین می‌توان گفت در ۱ کیلوگرم محلول مقدار ۳۰۰ میلی گرم Na^+ وجود دارد.

۶- رابطه ppm و درصد جرمی (a):

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

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

$(KOH = 56 : g.mol^{-1})$

$$?g\ KOH = 0/0002\ mol \times \frac{56\ g}{1\ mol} = 112 \times 10^{-4} g\ KOH$$

$$?g\ KOH = 0/0002\ mol \times \frac{56\ g}{1\ mol} = 112 \times 10^{-4} g\ KOH$$

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{112 \times 10^{-4}}{560} \times 10^6 = 20\ ppm$$

تست ۱: اگر غلظت یون سدیم در آب دریا برابر ۱۰۳/۵ppm باشد، در یک لیتر از این نمونه آب چند مول یون سدیم وجود دارد؟ $(Na = 23 : g.mol^{-1})$ (ریاضی- ۸۹)

Dr. Hasan Polvei

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

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

۱) 8×10^{-3} ۲) 4×10^{-3} ۳) 2×10^{-3} ۴) 3×10^{-3}

تست ۳: یک صافی تصفیه آب، ظرفیت جذب حداکثر ۳ مول یون نیترات را از آب دارد. با استفاده از این صافی حداکثر می‌توان چند لیتر آب شهری دارای ۱۰۰ppm یون نیترات را به طور کامل تصفیه کرد؟ $(N = 14 , O = 16 : g.mol^{-1}, d_{H_2O} = 1 \frac{g}{m.L})$ (تجربی- ۹۳)

۱) ۱۸۶۰ ۲) ۸۶۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۴۰۰

تست ۴: چنانچه غلظت یون برمید در محلولی از آلومینیوم برمید ۴۰۰ppm باشد، درصد جرمی محلول آلومینیوم برمید کدام است؟ $(Al = 27, Br = 80 : g.mol^{-1})$

۱) ۰/۰۵۶۶ ۲) ۰/۰۴۴۵ ۳) ۰/۰۴۰ ۴) ۰/۰۵

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

۱) ۲۹۴ ۲) ۲۴۰ ۳) ۲۹/۴ ۴) ۲۴

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$
$$SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

تست ۶: مقداری از نمک $X(NO_3)_2$ را در آب خالص حل می‌کنیم تا محلولی با غلظت ۴۷ppm به دست آید. اگر غلظت یون نیترات برابر ۳۱ppm باشد، جرم مولی عنصر X چند گرم بر مول است؟ $(N = 14, O = 16 : g.mol^{-1})$

۱) ۶۴ ۲) ۳۲ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

تست ۷: چند میلی لیتر از یک محلول ۳۶/۵ درصد جرمی HCl با چگالی $1/2 \frac{g}{m.L}$ باید به ۱۰ لیتر آب اضافه کنیم تا غلظت یون کلرید به تقریب ۱۰۹/۵ppm شود؟ $(H = 1 , Cl = 35/5 : g.mol^{-1})$

۱) ۰/۵۲ ۲) ۱/۰۸ ۳) ۲/۵۷ ۴) ۵/۲

غلظت مولی (مولار) (مولاریته) یا M یا [ ]

تعریف مولاریته (M): به تعداد مول ماده حل شونده که در یک لیتر محلول وجود دارد، غلظت مولار حل شونده گویند ($\frac{mol}{L}$)

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

۱- واحد غلظت مولی، $\frac{mol}{L}$ یا M می‌باشد.

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

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

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

$$M = \frac{n}{v} = \frac{\frac{0/16}{40}}{\frac{200}{1000}} = 0/02 \frac{mol}{L}$$

$$a = \frac{\text{m حل شونده}}{\text{m محلول}} \times 100 = \frac{0/16}{200} \times 100 = 0/08\ \%$$

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

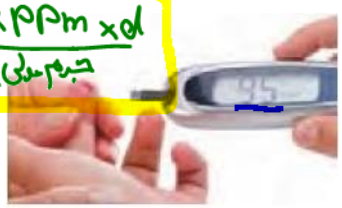
سوال: در ۱۲۵ میلی لیتر محلول H_2SO_4 با مولاریته ۰/۱ مولار، چند گرم اسید وجود دارد؟ ($H_2SO_4 = 98 \frac{g}{mol}$)

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

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

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

$$ppm = \text{گلوکومتر} \times 10$$



(۱dL = ۱۰۰mL)

۶- چنانچه مقدار حل شونده در یک لیتر محلول را به جای مول، برحسب گرم بیان کنیم، به آن «غلظت گرم بر لیتر» می‌گویند:

$$C\ (\text{غلظت گرم بر لیتر}) = \frac{\text{m (گرم حل شونده)}}{\text{V (لیتر محلول)}}$$

به عنوان مثال، محلولی از NaOH با غلظت ۲$\frac{mol}{L}$، دارای غلظت ۸۰$\frac{g}{L}$ می‌باشد (جرم مولی NaOH برابر ۴۰ گرم بر مول است).

Dr. Hasan Polvei

با هم بیندیشیم

۱ـ شکل زیر دو محلول از یک نوع حل‌شونده را در آب نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) کدام کمیت در این محلول‌ها یکسان است؟

ب) کدام کمیت در این محلول‌ها متفاوت است؟

پ) اگر هر ذرهٔ حل‌شونده در شکل هم‌ارز با ۰/۰۰۱ مول باشد، نسبت مول‌های حل‌شونده به حجم محلول (برحسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به‌دست آورید.

ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و یکای آن را مشخص کنید.

ث) براساس غلظت مولی محاسبه‌شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

۲ـ با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.

آ) با افزودن مقداری $\frac{\text{حلال}}{\text{حل‌شونده}}$ به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌یابد.

ب) با افزودن مقداری $\frac{\text{حلال}}{\text{حل‌شونده}}$ به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌یابد.

Dr. Hasan Polvei

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

- برای تهیه ۳۰۰ گرم محلول ۲۰٪ درصد جرمی KOH، مقدار ۶۰ گرم KOH را در ۲۴۰ گرم آب حل می‌نماییم.
- برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول مولار KOH، ۵/۶ گرم KOH در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل می‌نماییم.
- برای تهیه ۰/۲ لیتر محلول ۰/۵ مولار KOH، ۵/۶ گرم KOH را در مقداری آب حل کرده و سپس حجم محلول را با افزودن آب به ۲۰۰ میلی لیتر می‌رسانیم.
- اگر عدد گلوکومتر خون فردی با حجم ۵ لیتر خون برابر با ۱۰۰ باشد، در خون فرد ۵ گرم گلوکز وجود دارد.
- عددی که گلوکومتر نشان می‌دهد، معادل غلظت ppm گلوکز در خون می‌باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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

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

تست ۳: دستگاه اندازه گیری خون فردی عدد ۱۰۸ را نشان می‌دهد. مولاریته گلوکز خون فرد چند مولار است. ($C_6H_{12}O_6 = 180\ \frac{g}{mol}$)

۱) 3×10^{-3} ۲) 3×10^{-4} ۳) 6×10^{-3} ۴) 6×10^{-4}

تست ۴: اگر ۴ گرم سدیم هیدروکسید در ۱۰۶ گرم آب خالص حل شود و محلولی با چگالی $1/1\ \frac{g}{mL}$ به دست آید، غلظت این محلول چند $\frac{mol}{L}$ است؟ ($Na = 23 , O = 16 , H = 1 : g.mol^{-1}$) (تجربی- ۸۸)

۱) ۱ ۲) ۰/۱۲ ۳) ۱/۴۴ ۴) ۰/۱۴۴

Dr. Hasan Polvei

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

۱) ۲۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۱۰۰

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

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

تست ۷: مقداری کلسیم کلرید جامد را در آب حل کرده و حجم محلول را با اضافه کردن آب به ۳L می‌رسانیم. اگر مجموع غلظت مولی یون‌ها در محلول حاصل ۰/۶ مولار باشد، جرم کلسیم کلرید حل شده برابر چند گرم است؟ $(Ca=40, Cl=35/5 : g.mol^{-1})$

۱) ۴/۴۴ ۲) ۲/۲۲ ۳) ۳/۳۳ ۴) ۶/۶۶

تست ۸: کدام موارد زیر نادرست است؟ $(H=1, O=16, Na=23 : g.mol^{-1})$ (ریاضی ۱۴۰۰)

آ) تفاوت شمار اتم‌های سازنده اسکاندیوم سولفات و آمونیوم فسفات برابر ۳ است.

ب) درصد جرمی یون K^+ از درصد جرمی یون Na^+، در آب دریا بیشتر است.

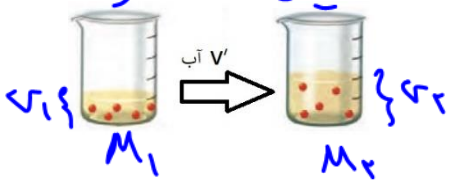
پ) در ۵۰۰ گرم محلول ۱۰۰ppm سدیم هیدروکسید، $1/25 \times 10^{-3}$ مول از آن وجود دارد.

ت) اگر در ۴۰۰ میلی لیتر از محلول یک ماده، ۰/۶ مول از آن وجود داشته باشد، غلظت آن ۲/۵ مولار است.

۱) آ ، پ ۲) آ ، ت ۳) ب ، ت ۴) ب ، پ

Dr. Hasan Polvei

رقیق کردن محلول

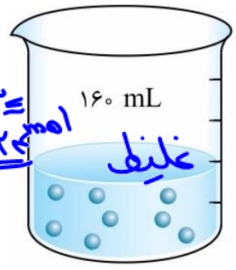


$$n_1 = n_2 \Rightarrow M_1.V_1 = M_2.V_2$$
$$n = M.V$$

سوال: با اضافه کردن چند m.L آب به ۲۰۰ m.L محلول ۰/۸ مولار نمکی، غلظت آن به ۰/۱ مولار می‌رسد؟

تست ۱: برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۹ مولار H_2SO_4، چند میلی لیتر محلول ۹۸ درصد جرمی سولفوریک اسید تجاری با چگالی ۱/۸ g.m.L لازم است؟ $(H_2SO_4 = 98 \frac{g}{mol})$ (تجربی- ۹۶)

۱) ۲/۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۵ ۴) ۱۰



تست ۲: تصویر مقابل نمایی از محلول اتیلن گلیکول با فرمول $C_2H_4(OH)_2 = 98 \frac{g}{mol}$ در آب را نشان می‌دهد. اگر هر ذره حل شونده در این تصویر هم ارز ۰/۰۳ مول باشد، برای تهیه ۹۰۰ گرم محلول ۰/۰۸ مولار اتیلن گلیکول با چگالی $1/2 g.mol^{-1}$ به چند میلی لیتر از این محلول نیاز است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۴۰ ۲) ۴۸ ۳) ۸۰ ۴) ۹۶

مخلوط کردن دو محلول (بدون انجام واکنش)

$$M = \frac{M_1V_1 + M_2V_2}{V_1 + V_2}$$

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

تست ۱: ۳ لیتر محلول ۰/۲ مولار سدیم سولفات را با یک لیتر محلول ۰/۶ مولار سدیم نیترات مخلوط می‌کنیم. غلظت یون Na^+ در محلول نهایی چند مول بر لیتر است؟

۱) ۰/۹ ۲) ۰/۰۹ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴۵

تست ۲: چند لیتر محلول ۶ مولار H_2SO_4 باید با ۱۰ لیتر محلول مولار آن مخلوط شود تا پس از رقیق شدن تا حجم ۲۰ لیتر، به محلول حدود ۳ مولار این اسید تبدیل شود؟ (ریاضی- ۹۱)

۱) ۶/۸ ۲) ۸/۳ ۳) ۷/۴ ۴) ۹/۲

Dr. Hasan Pelooi

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

۱) ۰/۷۵ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۸ ۴) ۱/۱۵

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

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

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

$$2\,KOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2\,H_2O(l)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0/1\ mol\ H_2SO_4$$

حال حجم محلول H_2SO_4 مورد نیاز را به دست می‌آوریم:

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

Dr. Hasan Polvei

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

$$\frac{M.V}{\text{ضریب} \times 1000}$$

M : مولاریته

V :حجم محلول (m.l)

سوال: برای تولید ۶/۷۲ لیتر گاز H_2 در شرایط STP، مقدار ۶۰۰ میلی لیتر محلول چند مولار HCl نیاز است؟

$$6\,HCl(aq) + 2\,AL(s) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2$$

تست ۱: ۱۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید با درصد جرمی ۴۰٪ و چگالی $1/12\frac{g}{m.L}$، چند مول H_2SO_4 را می‌تواند خنثی کند؟ $(Na = 23, H = 1, O = 16 : g.mol^{-1})$ (ریاضی- ۸۸)

۱) ۰/۱۱۲ ۲) ۰/۵۶ ۳) ۱/۱۲ ۴) ۵/۶

$$2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

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

$$3NaOH(aq) + H_3PO_4(aq) \rightarrow Na_3PO_4(aq) + 3H_2O(l)$$

۱) ۲/۸ ۲) ۳/۵ ۳) ۱/۴ ۴) ۱/۲

تست ۳: به ۱۰ میلی لیتر محلول ۲ مولار HCl، آب مقطر اضافه می‌کنیم تا حجم آن به یک لیتر برسد. ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول جدید با چند میلی گرم کلسیم کربنات خنثی می‌شود؟ $(CaCO_3 = 100\ g.mol^{-1})$ (تجربی- ۹۵)

$$2\,HCl(aq) + CaCO_3(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۵۰ ۴) ۵۰۰

Dr. Hasan Polvei

تست ۴: اگر غلظت مولی کل یون‌های یک نمونه محلول کلسیم کلرید $\frac{mol}{L}$ ۰/۰۶ باشد، در واکنش ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول با نقره نیترات، چند میلی گرم رسوب تشکیل می‌شود؟ $(Ag = 108 , Cl = 35/5 : g.mol^{-1})$ (ریاضی- ۹۱)

$$CaCl_2(aq) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow 2AgCl(s) + Ca(NO_3)_2(aq)$$

۱) ۱۱۴۸ ۲) ۵۷۴ ۳) ۱,۱۴۸ ۴) ۰,۵۷۴

تست ۵: اگر ۵۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید با چگالی $\frac{g}{m.L}$ ۱/۰۱ با ۰/۰۷۶ گرم آهن II سولفات واکنش کامل دهد، غلظت محلول سدیم هیدروکسید چند ppm است؟ (تجربی- ۹۲)

$(Fe = 56 , H = 1 , O = 16 , Na = 23, S = 32 : g.mol^{-1})$

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

۱) ۶۸/۴ ۲) ۷۹/۲ ۳) ۸۵/۶ ۴) ۸۹/۳

تست ۶: اگر m گرم گرد آلومینیوم با ۲۵۰ m.L محلول هیدروکلریک اسید واکنش کامل دهد و غلظت مولار به اندازه ۰/۴ مول بر لیتر کم شود، m به تقریب کدام است؟ $(Al = 27 : g.mol^{-1})$ (تجربی- ۹۵)

$$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$$

۱) ۰/۷ ۲) ۰/۹ ۳) ۱/۸ ۴) ۲/۷

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

$$MgCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

(گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید،

$(H = ۱, C = ۱۲ , O = ۱۶ , Mg = ۲۴ , S = ۳۲ : g.mol^{-1}$

۱) ۰/۲۵ ، ۲/۴۵ ۲) ۰/۵۰ ، ۲/۴۵ ۳) ۰/۲۵ ، ۴/۹ ۴) ۰/۵۰ ، ۴/۹

Dr. Hasan Polvei

تست ۸: با توجه به واکنش زیر، چند گرم ید لازم است تا ۰/۲ مول گاز NO_2 تشکیل شود و نیتریک اسید مصرفی، هم ارز چند لیتر محلول ۵۰۰۰ppm آن است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید. (ریاضی- ۱۴۰۰)

$(H = 1, N = 14, O = 16, I = 127 : g.mol^{-1})$

$I_2(s) + HNO_3(aq) \rightarrow HIO_3(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$ (معادله واکنش موازنه شود.)

۱) ۵/۰۸ ، ۲/۲۵ ۲) ۵/۰۸ ، ۲/۵۲ ۳) ۲/۵۴ ، ۲/۲۵ ۴) ۲/۵۴ ، ۲/۵۲

تست ۹: غلظت یک نمونه محلول نمک MNO_3 برابر ۱۷۰ppm است. اگر شمار مول‌های یون‌ها در ۳۰۰ گرم محلول آن، به تقریب 12×10^{-4} باشد، فلز M کدام است؟ $(N = 14, O = 16 : g.mol^{-1})$ (تجربی ۱۴۰۲)

۱) $_3Li$ ۲) $_{11}Na$ ۳) $_{19}K$ ۴) $_{47}Ag$

آیا نمک‌ها به یک اندازه در آب حل می‌شوند؟

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

انحلال پذیری (S) (Solobility)

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

نام 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	$AgCl$	$2/1 \times 10^{-4}$
باریم سولفات	$BaSO_4$	$1/9 \times 10^{-4}$

۱- یکای انحلال پذیری (S) برحسب گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب می‌باشد. به عنوان مثال انحلال پذیری $CaSO_4$ در دمای ۲۵°C برابر با ۰/۲۳ گرم در ۱۰۰ گرم H_2O است (یعنی در دمای ۲۵°C، حداکثر ۰/۲۳ گرم از کلسیم سولفات را می‌توان در ۱۰۰ گرم آب حل کرد).

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

Dr. Hasan Polvei

به عنوان مثال، شکر و NaCl، جزو مواد محلول در آب هستند ($S > ۱$).

$CaSO_4$، جزو مواد کم محلول در آب می‌باشد ($۱ > S > ۰/۰۱$).

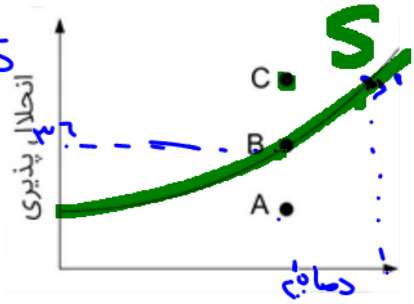
$AgCl$، $BaSO_4$، $Ca_3(PO_4)_2$، $Mg(OH)_2$، $Fe(OH)_2$ و $Fe(OH)_3$، جزو مواد نامحلول (رسوب) می‌باشند ($S < ۰/۰۱$)

سوال: در دمای ۲۵°C حداکثر می‌توان ۲/۱ گرم از ماده ای را در ۳۰۰ گرم آب حل کرد. این ماده جزو کدام دسته از مواد (محلول، کم محلول یا نامحلول) محسوب می‌شود؟

$\frac{۲/۱}{S} = \frac{۳۰۰}{۱۰۰} \Rightarrow S = ۰/۷$

➢ **محلول سیر شده، سیر نشده و فرا سیر شده:**

محلول سیر شده: محلولی است که در آن مقدار گرم ماده حل شده به ازای ۱۰۰ گرم آب، دقیقاً برابر با مقدار انحلال پذیری (S) ماده مورد نظر در دمای مورد نظر می‌باشد (نقطه B) چنانچه مقدار ماده حل شده کمتر از مقدار انحلال پذیری (S) آن باشد (نقطه A)، به محلول حاصل «محلول سیر نشده» گفت می‌شود و اگر بیشتر از مقدار انحلال پذیری (S)، حل شده باشد (نقطه C)، به آن «محلول فرا سیر شده» می‌گویند.



سوال: مقدار ۹۰ گرم NaCl در دمای ۶۰°C در ۳۰۰ گرم آب حل شده است. اگر انحلال پذیری نمک طعام در این دما برابر با ۳۸ گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد، محلول حاصل سیر شده، سیر نشده یا فرا سیر شده است؟

$\frac{x}{۳۸} = \frac{۳۰۰}{۱۰۰} \rightarrow x = ۱۱۴$ g

➢ **علت ایجاد سنگ کلیه:**

اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم دار در کلیه‌ها تشکیل می‌شوند. مقدار این نمک‌ها در ادرار افراد سالم از انحلال پذیری آنها کمتر است (سیر نشده) اما در افرادی که به سنگ کلیه مبتلا می‌شوند، مقدار این نمک‌ها در ادرار، از انحلال پذیری آنها بیشتر بوده (فرا سیر شده) و مقدار اضافی این نمک‌ها در کلیه‌ها رسوب می‌کند (حدود ۳٪ جمعیت ایران به سنگ کلیه دچار هستند).

عوامل ژنتیکی، تغذیه نامناسب، کم تحرکی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی و نیز پروتئین حیوانی و لبنیات، نوشیدن کم آب و اختلالات هورمونی و ... باعث ایجاد سنگ کلیه می‌شوند.

تست: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

- در $AgCl$، $BaSO_4$ و $Mg_3(PO_4)_2$ مجموع نیروهای بین مولکولی آنها و پیوند یونی بین یون ها، بیشتر از جاذبه بین یون‌ها و آب می‌باشد.
- همه ترکیبات مولکولی جزو مواد محلول در آب می‌باشند.
- ماده ای که جزو مواد نامحلول می‌باشد، قطعاً رسوب محسوب می‌شود.
- انحلال پذیری (S) همان بیشترین درصد جرمی (٪a) یک حل شونده در آب می‌باشد.
- اغلب سنگ‌های کلیوی، از رسوب برخی نمک‌های کلسیم ایجاد می‌شوند که عواملی مانند مصرف کم پروتئین و لبنیات، شانس ایجاد آنها را افزایش می‌دهد.

۱) ۰ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

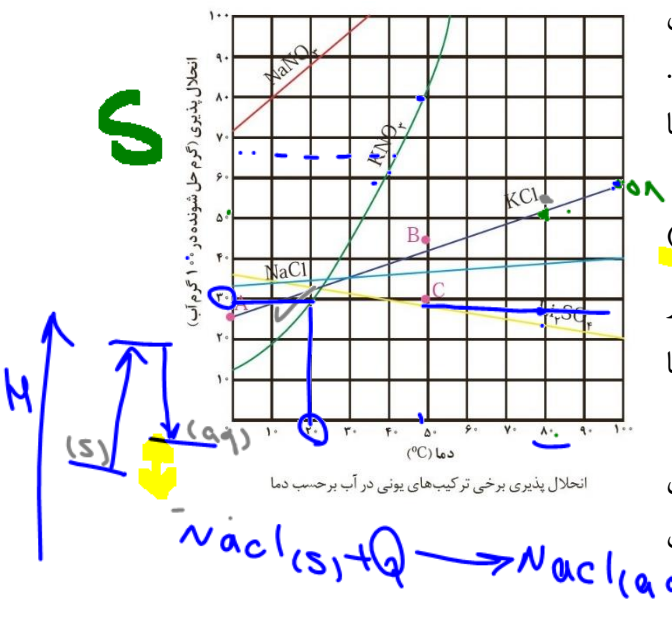
Dr. Hasan Polooi

نمودار «انحلال پذیری- دما»ی نمک ها

۱- انحلال پذیری (S) نمک‌ها در آب به نوع آنها و دما بستگی دارد. میزان انحلال پذیری نمک و دیگر مواد از داده‌های تجربی به دست می‌آید.

۲- نمودار انحلال پذیری- دما در مورد اکثر نمک‌ها صعودی است. یعنی با افزایش دما، انحلال پذیری نمک‌ها افزایش می‌یابد. (در حد کتاب درسی صفحه ۱۱۸ انحلال پذیری همه نمک‌ها غیر از $CaCl_2$ و Li_2SO_4 در آب صعودی می‌باشد.)

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



انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونی در آب برحسب دما

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

۵- **انحلال‌های گرماگیر مهم(A)** (شیب نمودار صعودی است):

الف) انحلال نمک‌ها (غیر از $CaCl_2$ و Li_2SO_4)

ب) انحلال شکر

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

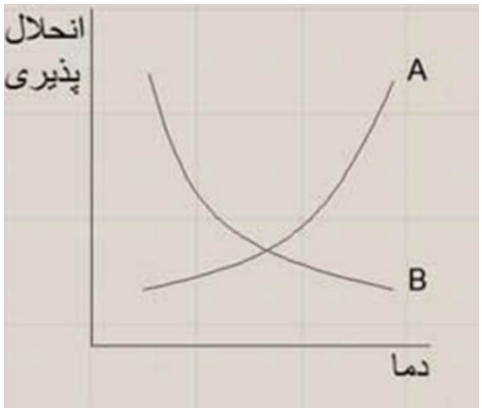
الف) انحلال اسیدها و بازهای قوی

ب) انحلال الکل‌های سبک

پ) انحلال فلزات گروه ۱ و ۲

ت) انحلال اکسید فلزات و اکسید نافلزات

ث) انحلال گازها



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

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

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

Dr. Hasan Polvei

نکته۱: برای حل مسائل انحلال پذیری هم می‌توان از روش کسر تبدیل (قطاری) استفاده کرد و هم از تناسب.

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

الف) در ۳۰۰ گرم آب در دمای $40^\circ C$ حداکثر چند گرم KNO_3 می‌توان حل کرد؟

ب) مقدار ۲۵۰ گرم KNO_3 در دمای $40^\circ C$ در ۵۰۰ گرم آب حل شده است. این محلول سیر شده یا سیر نشده یا فرا سیر شده است؟

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

ت) در ۴۰۰ گرم محلول سیر شده KNO_3 در دمای $48^\circ C$ چند گرم نمک و چند گرم آب وجود دارد؟

ث) دو مول KNO_3 در ۵۰۲ گرم از محلول آن، در چه دمایی حالت سیر شده دارد؟
$(KNO_3 = 101\ g.mol^{-1})$

ج) درصد جرمی محلول سیر شده KNO_3 در دمای $30^\circ C$ چند درصد است؟

چ) مولاریته محلول سیر شده KNO_3 در دمای $35^\circ C$ چند مولار است؟ $(d = 1/21)$

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

Dr. Hasan Polvei

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

انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونی در آب برحسب دما

د) اگر ۳۰۰ گرم محلول سیر شده KNO_3 در دمای $10^\circ C$ را تا دمای $53^\circ C$ گرم کنیم، چند گرم KNO_3 دیگر می‌توان در محلول حل کرد؟

ذ) اگر ۶۰۰ گرم محلول سیر شده KNO_3 در دمای $40^\circ C$ را به دمای $10^\circ C$ برسانیم، چند گرم KNO_3 رسوب می‌کند؟

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

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

۱) $0^\circ C$ ۲) $40^\circ C$ ۳) $80^\circ C$ ۴) $100^\circ C$

تست ۲: انحلال پذیری کلسیم سولفات در $10^\circ C$ برابر ۰/۱۷ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. غلظت یون کلسیم در محلول سیر شده آن در این دما حدود چند ppm است؟ $(Ca = 40, SO_4^{2-} = 96 \frac{g}{m.L})$

۱) ۸۵۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۱۷۰۰ ۴) ۱۰۰۰

Dr. Hasan Polvei

تست ۳: انحلال پذیری ۱-هگزانول ($C_6H_{12}OH$) در دمای معین ۰/۵۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. غلظت مولار محلول سیر شده آن در این دما ($d = 1\frac{g}{m.L}$) به تقریب کدام است؟ ($C = 12, H = 1, O = 16\ g.mol^{-1}$) (ریاضی- ۹۴)

۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۰۰۵ ۴) ۰/۰۱

تست ۴: محلول سیر شده نمکی با جرم مولی ۸۰ گرم بر مول و چگالی $1/2\ g.mL^{-1}$ در دمای معین تهیه شده است. اگر غلظت مولی آن در همان دما $۲/۵\frac{mol}{L}$ باشد، انحلال پذیری آن در دمای مورد نظر چند گرم در ۱۰۰ گرم آب است؟ (ریاضی- ۹۵)

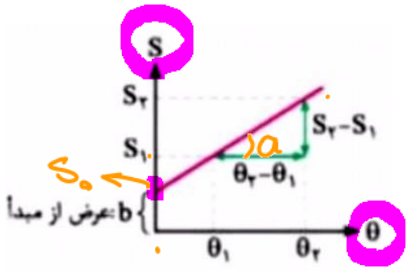
۱) ۳۰ ۲) ۲۴ ۳) ۲۰ ۴) ۱۶

تست ۵: انحلال پذیری $KClO_3$ در دمای ۵۵°C برابر ۲۰ گرم است. درصد جرمی محلول سیر شده آن در این دما به تقریب کدام است؟

۱) ۲۰ ۲) ۱۷ ۳) ۲۵ ۴) ۳۳

معادله انحلال پذیری

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



۱- a شیب نمودار انحلال پذیری جسم می‌باشد:

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

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

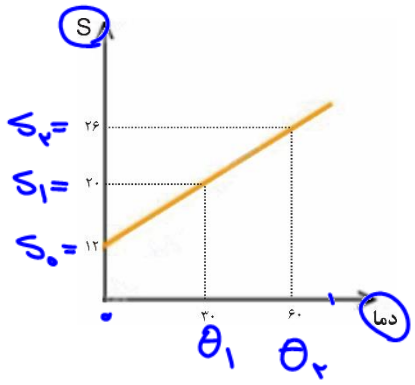
۲- b عرض از مبدا (انحلال پذیری در دمای ۰°C) می‌باشد (S_0)

۳- بنابراین نمودار انحلال پذیری درجه یک:

$$S = a\theta + S_0$$

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

Dr. Hasan Polvei



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

جواب:

$$S = \frac{۲۶-۲۰}{۶۰-۳۰}\theta + ۱۲$$
$$S = ۰/۲\,\theta + ۱۲$$

$S_{۸۰} = ۰/۲ \times ۸۰ + ۱۲ = ۲۸$

پیوند با ریاضی

۱ـ دانش‌آموزی از منابع علمی، انحلال‌پذیری (S) سدیم نیترات را در دماهای گوناگون (θ) مطابق جدول زیر استخراج کرده است.

$\theta(^\circ C)$	۰	۱۰	۲۰	۳۰
$S(\frac{g\,NaNO_۳}{۱۰۰\,g\,H_۲O})$	۷۲	۸۰	۸۸	۹۶

$a = \frac{S_۲-S_۱}{\theta_۲-\theta_۱} = \frac{۸۸-۸۰}{۲۰-۱۰} = ۰/۸$

$S = a\theta + S_۰$

او توانست با استفاده از داده‌های این جدول، معادلهٔ $S = ۰/۸\theta + ۷۲$ را به‌دست آورد.

آ) توضیح دهید او چگونه به این معادله دست یافته است؟

ب) انحلال‌پذیری سدیم نیترات را در ۷۰°C پیش‌بینی کنید.

$S = ۰/۸ \times ۷۰ + ۷۲ = ۱۲۸$

۲ـ با توجه به جدول زیر، معادله‌ای برای انحلال‌پذیری پتاسیم کلرید بر حسب دما به‌دست آورید.

$\theta(^\circ C)$	۰	۲۰	۴۰	۶۰
$S(\frac{g\,KCl}{۱۰۰\,g\,H_۲O})$	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

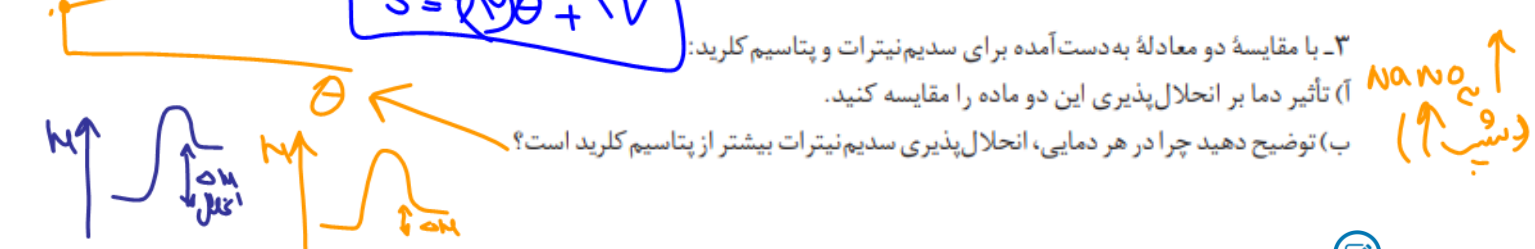
$S = \frac{۴۶-۲۷}{۶۰-۰}\theta + ۲۷$

$S = ۰/۳۱\theta + ۲۷$

۳ـ با مقایسهٔ دو معادلهٔ به‌دست‌آمده برای سدیم‌نیترات و پتاسیم کلرید:

آ) تأثیر دما بر انحلال‌پذیری این دو ماده را مقایسه کنید.

ب) توضیح دهید چرا در هر دمایی، انحلال‌پذیری سدیم‌نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است؟



• حرف S از واژه Solubility به‌معنای انحلال‌پذیری گرفته شده است.

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

الف) تأثیر دما روی انحلال آن بیشتر است.

ب) $|\Delta H|$ آن بیشتر است.

انحلال

نکته ۲: در انحلال‌های گرما گیر، شیب منحنی (a) عددی مثبت و در انحلال‌های گرماده، شیب منحنی (a) عددی منفی می‌باشد.

Dr. Hasan Polvei

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

• نمودار انحلال پذیری- دما در آن خطی بوده و حداکثر انحلال پذیری آن در دمای ۰°C در ۲۰۰ گرم آب برابر ۱۶ گرم می‌باشد.
• در دمای ۲۰°C مقدار ۳۰ گرم از حل شونده در ۳۳۰ گرم محلول، حالت سیر شده دارد.
• حداکثر درصد جرمی محلول آن در دمای ۶۰°C برابر ۱۲/۳٪ می‌باشد.
• چنانچه ۲۲۶ گرم محلول سیر شده آن در دمای ۵۰°C را به ۱۰°C برسانیم، ۷ گرم نمک رسوب می‌کند.

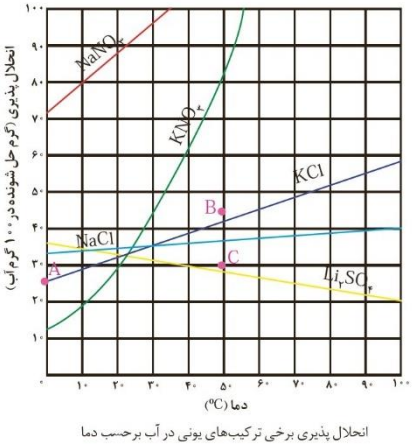
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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

• انحلال پذیری آن در دمای ۶۰°C برابر ۴۷ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.
• محلول سیر شده آن در دمای ۵۰°C، یک محلول ۲۰ درصد جرمی است.
• روند انحلال پذیری آن نسبت به دما در آب، مشابه لیتیم سولفات است.
• با سرد کردن ۱۵۰ گرم محلول سیر شده آن در دمای ۴۰°C به ۲۰°C مقدار ۶ گرم نمک رسوب می‌کند.

۱) چهار ۲) سه ۳) دو ۴) یک

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



انحلال پذیری برخی ترکیب‌های یونی در آب برحسب دما

• در نقطه B، محلول‌های دارای یون نیترات سیر شده اند.
• تفاوت انحلال پذیری نمک‌های دارای یون کلرید در ۹۰°C، حدود ۱۵ گرم است.
• در دمای ۲۵°C، مجموع انحلال پذیری نمک‌های دارای یون K^+، با انحلال پذیری $NaNO_3$ در این دما برابر است.
• اگر انحلال پذیری یک نمک در دمای ۲۰°C برابر ۳۳ گرم باشد، آن نمک، لیتیم سولفات با معادله انحلال پذیری $S = +0/15\,\theta + 35$ است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

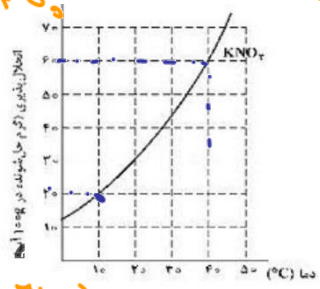
Dr. Hasan Polvei

تست ۴: معادله «انحلال پذیری- دما» برای نمک A در آب به صورت: $S = 0/97\,\theta + 35$ است. اگر نسبت انحلال پذیری نمک A به نمک B در دماهای ۰°C و ۴۰°C به ترتیب برابر ۱ و ۲/۴۶ باشد، نسبت غلظت مولار محلول سیر شده B به غلظت مولار محلول سیر شده A در دمای ۵۰°C به تقریب کدام است؟ (جرم مولی نمک A و B به ترتیب برابر ۳۳۰ و ۱۱۰ گرم در نظر گرفته شود؛ از تغییر حجم آب در اثر حل کردن نمک، چشم پوشی شود؛ معادله «انحلال پذیری- دما» در آب برای نمک B به صورت خطی است.)

(ریاضی- ۱۴۰۰)

۱) ۰/۶۹ ۲) ۱/۰۳ ۳) ۱/۶۵ ۴) ۲/۵۱

تست ۵: غلظت یک نمونه محلول سیر شده از KNO_3 در دمای a°C پس از سرد شدن تا دمای b°C، از ۳۷/۵ به ۱۶/۷ درصد جرمی کاهش می‌یابد، تفاوت a و b چند درجه سلسیوس است؟ (ریاضی- ۱۴۰۰)



۱) ۴۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

بار مؤثر هسته ← الکترونگاتیوی ← خاصیت نافلزی

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

۱- بار مؤثر هسته (F) با تعداد لایه اتم رابطه عکس و با تعداد پروتون آن رابطه مستقیم دارد: $F \propto \frac{\text{تعداد P}}{(\text{تعداد لایه})^2}$

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

ترتیب الکترونگاتیوی عنصرها: (نافلزها و شبه فلزات)

F > O > N > Cl > Br > S ،I ،C > P > H > فلزات > Be > B و مابقی شبه فلزات

نکته: عناصری که در این ترتیب آمده‌اند (نافلزات و شبه‌فلزات) با یکدیگر پیوند کووالانسی ایجاد می‌کنند و با دیگر عناصر (فلزات) معمولاً پیوند یونی تشکیل می‌دهند.

Dr. Hasan Polvei

انواع پیوند کووالانسی از نظر قطبیت

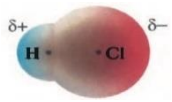
الف) پیوند کووالانسی ناقطبی: اگر دو اتم درگیر در پیوند کووالانسی جورهسته (یکسان) باشند (الکترونگاتیوی برابر)، ابر الکترونی به طور یکنواخت و متقارن در اطراف دو اتم پخش شده و در دو طرف پیوند، تراکم ابر الکترونی یکنواخت خواهد بود (فاقد قطب). به این پیوند، پیوند کووالانسی ناقطبی گویند

$Cl - Cl$

(صفحه‌های تقارن متعدد وجود دارد).

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

$H - Cl$



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

$HBr - O_3 - C_2H_6 - KBr - Na_2O_2 - LiOH - N_2$

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

مولکول قطبی و ناقطبی

➢ **مولکول قطبی:**

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

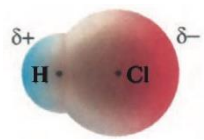
تعریف ۲) مولکولی که محور تقارن ندارد.

تعریف ۳) مولکولی که صفحه‌های تقارن متعدد ندارد.

تعریف ۴) مولکولی که تراکم ابر الکترونی در اطراف آن یکنواخت نیست و قسمت(هایی) از مولکول بار جزئی منفی ($\delta-$) و قسمت(هایی) از آن بار جزئی مثبت ($\delta+$) دارد.

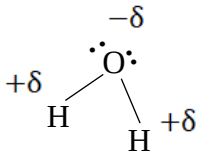
مثال:

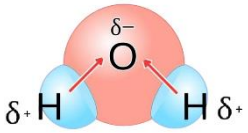
$HCl: \quad {}^{+\delta}H - Cl^{-\delta}$



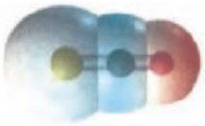
Dr. Hasan Polvei

H_2O





SCO $S = C = O$

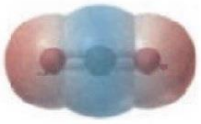


➢ **مولکول ناقطبی:** مولکولی است که مرکز اثر بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر منطبق می‌باشند. به عبارت دیگر، دارای مرکز تقارن بوده و صفحه‌های تقارن متعددی برای مولکول می‌توان در نظر گرفت. به بیانی تراکم ابر الکترونی اطراف مولکول یکنواخت می‌باشد.

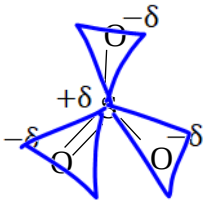
نکته: قطبی یا ناقطبی بودن پیوند و مولکول، دو مقوله متفاوت هستند.

Cl_2: $Cl - Cl$

CO_2 : $O = C = O$



SO_3



تشخیص سریع مولکول‌های قطبی و ناقطبی

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

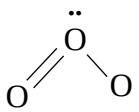
O_2 → پیوند ناقطبی → مولکول ناقطبی

CO → پیوند قطبی → مولکول قطبی

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

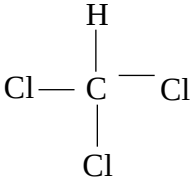
۱) اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشد.

O_3



۲) به اتم مرکزی، اتم‌های یکسان متصل نباشد.

$CHCl_3$

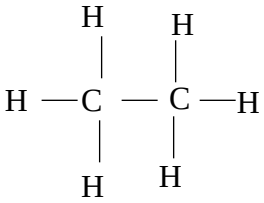


Dr. Hasan Polvei

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

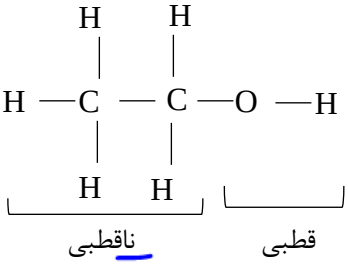
مولکول: ناقطبی (۶ پیوند قطبی و ۱ پیوند ناقطبی)

C_2H_6



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

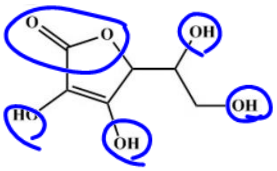
C_2H_5OH

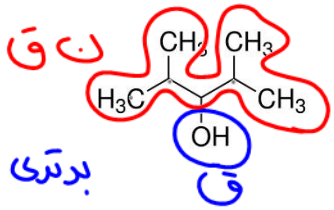


نکته ۱: در این مولکول‌ها، قسمت(هایی) از مولکول که فقط C و H دارند، قسمت ناقطبی و هر قسمتی که غیر از C و H متصل است، قسمت قطبی مولکول در نظر گرفته می‌شود.

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

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





تست: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

- در مولکول اوزون، پیوندها ناقطبی، اما مولکول قطبی است.
- همه مولکول‌های دواتمیِ جورهسته، ناقطبی هستند.
- در مولکول C_2H_5Cl نسبت تعداد پیوندهای قطبی به ناقطبی ۶ بوده، ولی مولکول در کل ناقطبی می‌باشد.
- شرط اساسی ناقطبی بودن یک مولکول، انطباق بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر است.
- در مولکول CS_2، پیوندها و نیز مولکول ناقطبی می‌باشد.
- اگر اتم یا اتم‌های مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشند، مولکول قطبی خواهد بود.

۱) ۲ ۲) 3 ۳) ۴ ۴) ۵

Dr. Hasan Palouei

مقایسه مولکول‌های قطبی و ناقطبی

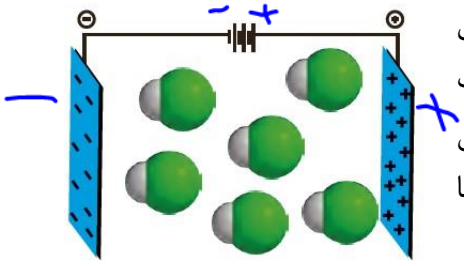
نوع مولکول / ویژگی	مولکول قطبی	مولکول ناقطبی
تقارن الکتریکی	ندارد	دارد
گشتاور دوقطبی (μ)	دارد	ندارد
نیروی بین مولکولی (با جرم برابر)	بیشتر	کمتر
دمای ذوب و جوش (با جرم برابر)	بیشتر	کمتر
انحراف در میدان الکتریکی	دارد	ندارد
انحراف به سمت جسم باردار	دارد	ندارد
انحلال در حلال‌ها	در حلال قطبی حل می‌شود.	در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

رفتار مولکول‌ها در میدان الکتریکی

یادآوری: منبع یا مولدِ جریان برق (مانند باتری و ....) دارای قطب − و + می‌باشد. در قطب منفی، تراکم الکترون‌ها بیشتر از پروتون‌ها است و در قطب مثبت، بالعکس. « − + » چنانچه به قطب منفی و مثبت، منبع جریان الکتریسیته، دو صفحه رسانا متصل شده و این دو صفحه به طور موازی در نزدیکی یکدیگر قرار گیرند، «میدان الکتریکی» ایجاد می‌شود.

جهت‌گیری مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی

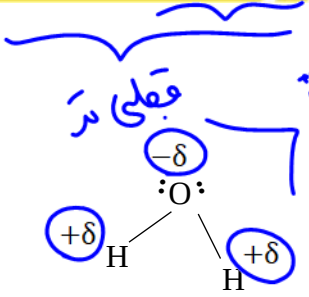
چون تراکم ابر الکترونی در اطراف مولکول‌های قطبی یکسان نیست و دارای قسمت $+\delta$ و $-\delta$ می‌باشند، در اثر قرارگیری مولکول‌های گازی قطبی در میدان الکتریکی، هر مولکول در راستایی قرار می‌گیرد که سر جزئی منفی ($-\delta$) آن به سمت قطب مثبت میدان و سر جزئی مثبت ($+\delta$) آن به سمت قطب منفی میدان قرار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

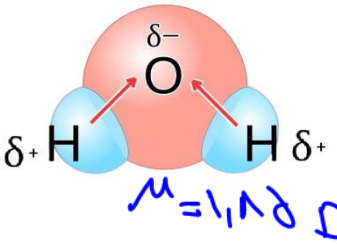


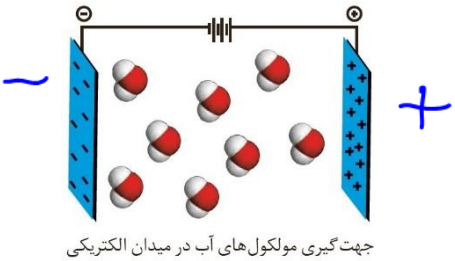
مثال: جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی:

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

Dr. Hasan Polvei

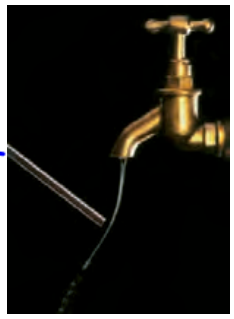





جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، مولکول دوقطبی یا قطبی می‌گویند.

نکته: مواد قطبی (دوقطبی) در حالت مایع، به سمت جسمی که دارای بار الکتریکی می‌باشد، نیز منحرف می‌شوند. به عنوان نمونه، انحراف باریکه‌ای از آب مایع به سمت میله شیشه‌ای که توسط مالش با موی خشک دارای بار منفی است، به شکل زیر می‌باشد.

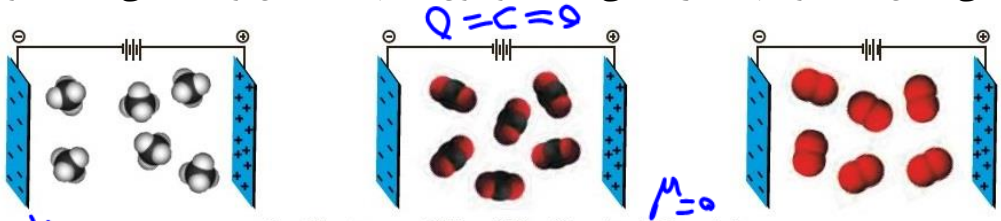


به عبارتی، سر مثبت مولکول‌های آب (هیدروژن‌ها) به سمت میله منفی چرخیده و

عدم جهت‌گیری مولکول‌های ناقطبی در میدان الکتریکی

باعث انحراف باریکه آب به سمت شیشه می‌شود.

مولکول‌هایی مانند O_2، CO_2 و متان (CH_4) به دلیل نداشتن سر مثبت و منفی، در میدان الکتریکی عکس‌العملی نشان نداده و جهت‌گیری نمی‌کنند (مولکول‌ها جهت یکسان و مشخصی نداشته و آزادانه در


رفتار مولکول‌های O_2، CO_2 و CH_4 در میدان الکتریکی

حرکت و چرخش می‌باشند). این مولکول‌ها توسط جسم باردار نیز انحراف نمی‌یابند.

گشتاور دوقطبی (μ)

تعریف: کمیتی تجربی است که نشان‌دهنده اثر و میزان چرخانندگیِ یک مولکول در میدان الکتریکی است.

۱- هرچه مولکول قطبی‌تر باشد، تأثیر میدان الکتریکی روی آن بیشتر بوده و در نتیجه با شدت بیشتری توسط میدان چرخیده شده و حرکت آن در میدان الکتریکی محدودتر و کمتر خواهد بود. به عبارتی، هرچه مولکول قطبی‌تر باشد، گشتاور دوقطبی (μ) آن بیشتر است و بالعکس.

۲- واحد گشتاور دوقطبی (دِبای) می‌باشد که با نماد D نشان می‌دهند.

۳- به دلیل قطبی‌تر بودن H_2O نسبت به H_2S، گشتاور دوقطبی H_2O حدود دو برابر بیشتر از H_2S است (به ترتیب ۱/۸۵ و ۰/۹۷ دبای (D)).

Dr. Hasan Polvei

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

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطهٔ جوش (°C)
آب	H_2O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	H_2S		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

تست ۱: کدام گزینه درست است؟

۱) مولکول SO_2 قطبی بوده و در میدان الکتریکی به سمت قطب‌ها حرکت می‌کند.

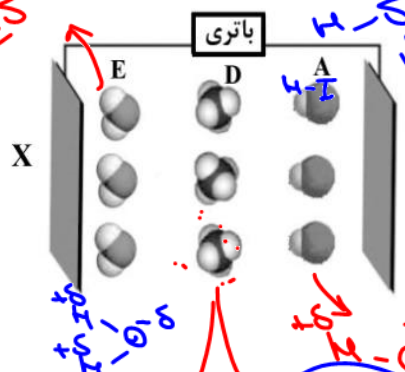
۲) از نظر گشتاور دوقطبی مولکول‌ها: $HF > HCl > CH_4$

۳) مولکول‌های CCl_4 و BCl_3 ناقطبی ولی دارای پیوند قطبی بوده و هر دو مولکول، گشتاور دوقطبی بالای صفر دارند.

۴) در بین مولکول‌های CH_2O، SO_3، C_2H_4، دو مولکول اثر چرخانندگی در میدان الکتریکی دارا هستند.

تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به شکل داده‌شده، که جهت‌گیری مولکول‌ها را در میدان الکتریکی نشان می‌دهد، کدام مورد، نادرست است؟



۱) A، D و E، به‌ترتیب می‌توانند مولکول‌های HI، SiH_4 و H_2S باشند.

۲) اگر مولکول E، H_2O باشد، صفحهٔ X بار الکتریکی منفی دارد و گشتاور دوقطبی مولکول D، برابر صفر است.

۳) اگر E، مولکول SO_2 باشد، علامت بار الکتریکی اتم‌های جانبی، Y مخالف علامت بار الکتریکی صفحهٔ Y است.

۴) اگر A، مولکول HCl باشد، علامت بار جزئی اتم‌های جانبی مولکول D، می‌تواند همانند علامت بار جزئی اتم Cl در مولکول A باشد.

تست ۳: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به واکنش داده‌شده، کدام مورد درست است؟

$$C_2H_4(g) + 6F_2(g) \rightarrow 2CF_4(g) + 4HF(g)$$

۱) همهٔ اتم‌ها در ساختار واکنش‌دهنده‌ها به آرایش گاز نجیب رسیده‌اند.

۲) بار کربن در واکنش‌دهنده برابر -2 و با بار آن در فراورده متفاوت است.

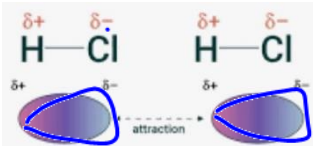
۳) این واکنش، نمونه‌ای از تشکیل فراورده‌های قطبی از واکنش‌دهنده‌های ناقطبی است.

۴) CF_4، بیشترین شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی را در میان مولکول‌های شرکت‌کننده در واکنش دارد.

Dr. Hasan Polvei

نیروهای بین مولکولی

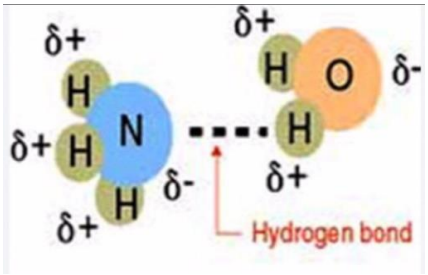
در مواد مولکولی، اتم‌ها توسط پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شده و تولید پکیج یا بسته مشخصی به نام مولکول می‌کنند. سؤالی که مطرح می‌شود این است که چه عاملی مولکول‌ها را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد؟ پاسخ «نیروهای بین مولکولی» است که به مراتب ضعیف‌تر از پیوند کووالانسی می‌باشند. به عبارتی نیروهای بین مولکولی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

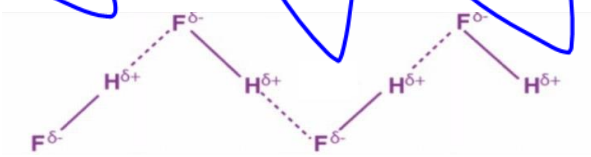


نکته: اساس همه نیروهای بین مولکولی همانند پیوند یونی، نیروی الکتروستاتیک می‌باشد که طبق رابطه $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ قابل توجیه است. به عبارتی، ماهیت پیوند یونی در ترکیبات یونی و نیروهای بین مولکولی در ترکیبات مولکولی یکسان می‌باشد. هرچند پیوند یونی به مراتب قوی‌تر از نیروهای بین مولکولی است.

انواع نیروهای بین مولکولی

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





۱- بنابراین نیروی بین مولکولیِ بین H متصل به FON از یک مولکول و FON متصل به H از مولکول دیگر را «پیوند هیدروژنی» گویند.

۲- پیوند هیدروژنی معمولاً نسبت به مابقی نیروهای بین مولکولی (یعنی نیروهای واندروالسی) قوی‌تر است.

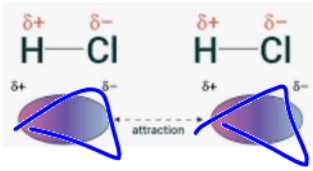
۳- مقایسه قدرت پیوندها و نیروها:

نیروهای واندروالسی < نیروی هیدروژنی < پیوند یونی < پیوند کووالانسی

۴- دو ویژگی FON که امکان تشکیل پیوند هیدروژنی با H را به آن‌ها می‌دهد، شامل الکترونگاتیوی (خاصیت نافلزی) زیاد و نیز شعاع کوچک آن‌هاست.

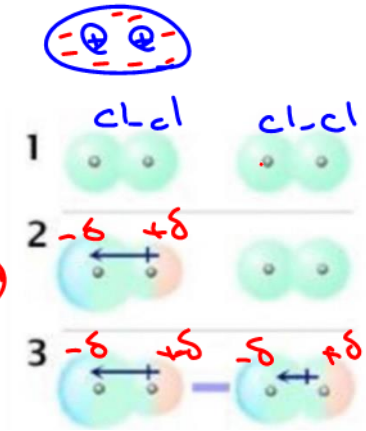
ب) نیروهای واندروالسی: به کلیه نیروهای بین مولکولی غیر از هیدروژنی، نیروی واندروالسی گویند که شامل سه دسته می‌شوند:

Dr. Hasan Polvei



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

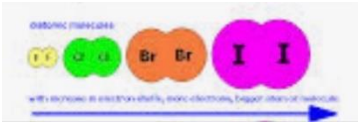
نکته: پیوند هیدروژنی در حقیقت نوعی نیروی دوقطبی – دوقطبی است، اما قوی‌تر. به عنوان نمونه، مولکول‌های H_2O و H_2S هر دو قطبی و V شکل هستند، اما چون قطبیت H_2O به مراتب بیشتر از H_2S می‌باشد (۱/۸۵ در مقابل ۰/۹۷ دبای)، در نتیجه نیروی بین مولکولی در آب بسیار قوی‌تر بوده و دانشمندان برای این نوع نیروی دوقطبی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



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

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

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



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

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

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

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

تست: چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟

- نیروهای بین مولکولی فقط در حالت مایع و جامد بین مولکول‌ها وجود دارد و در حالت گازی، این نیرو تقریباً صفر می‌باشد.
- نیروی دوقطبی القایی – دوقطبی القایی صرفاً بین مولکول‌های ناقطبی ایجاد می‌شود.
- نیروی بین مولکولی در مولکول‌هایی که پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند، همواره بیشتر از مولکول‌های دیگر است.
- بین مولکول‌های H_2O و CH_2O، نیروی بین مولکولی از نوع هیدروژنی است.
- ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی: $H_2O > CH_4 > H_2S > H_2$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Polvei

مقایسه دمای جوش ترکیبات مولکولی

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

مقایسه دمای جوش:

$$I_2 > H_2O > HF > NH_3$$

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

مثال ۱: مولکول‌های گروه ۱۷:

$$I_2(s) > Br_2(l) > Cl_2(g) > F_2(g)$$

مثال ۲: دو الکل اتانول و متانول:

$$C_2H_5OH > CH_3OH$$

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

$$CO > N_2$$
$$HCl > F_2$$
$$(CH_3)_2O > C_3H_8$$

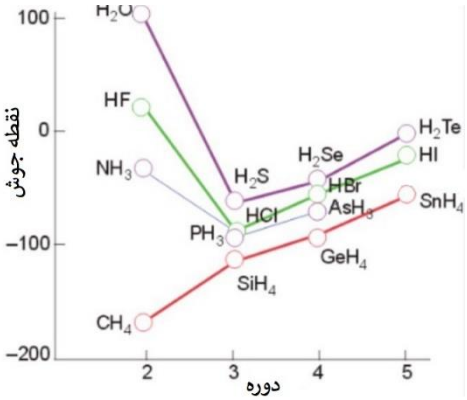
مقایسه نیروی بین مولکولی و دمای جوش ترکیبات هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۴ تا ۱۷:

گروه ۱۷: $HF > HI > HBr > HCl$

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

گروه ۱۵: $NH_3 > AsH_3 > PH_3$

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



نکته: اگر دو مولکول در دمای معمولی، گازی باشند، مولکولی که نیروی بین مولکولی و دمای جوش بالاتر دارد، آسان‌تر و زودتر مایع می‌شود(برخلاف دو ماده‌ی جامد).

به عنوان مثال، اگر دمای دو گاز CO و N_2 را پایین آوریم، گاز CO زودتر به حالت مایع می‌رسد.

Dr. Hasan Polvei

با هم بیندیشیم

۱ـ دو جدول‌زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	نقطهٔ جوش (°C)
HF	۲۰	۱۹
HCl	۳۶/۵	-۸۵
HBr	۸۱	-۶۷

ترکیب مولکولی	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	نقطهٔ‌جوش (°C)
NH_3	۱۷	-۳۳/۵
PH_3	۳۴	-۸۷/۵
AsH_3	۷۸	-۶۲/۵

آ) در میان ترکیب‌های هر جدول انتظار دارید مولکول‌های کدام ماده توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را داشته باشد؟ توضیح دهید.

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

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

۲ـ اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به‌کار می‌روند. به کمک داده‌های جدول زیر پیش‌بینی کنید هریک از نقطه‌جوش‌های ۵۶°C و ۷۸°C مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟

ترکیب آلی	فرمول شیمیایی	جرم مولی($gmol^{-1}$)
اتانول	C_2H_5OH	۴۶
استون	CH_3CCH_3 (O)	۵۸

خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

ویژگی / ماده	Cl_2	Br_2	I_2
حالت فیزیکی (۲۵°C)	گاز	مایع	جامد
جرم مولی ($g\,mol^{-1}$)	۷۱	۱۶۰	۲۵۴

آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟

ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.

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

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

Dr. Hasan Polvei

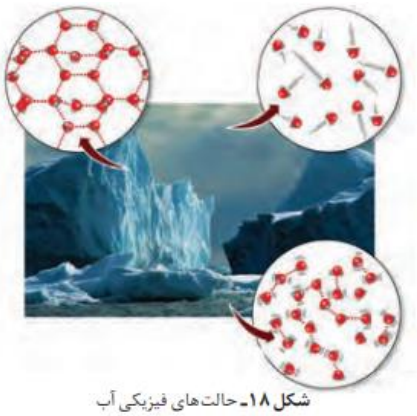
تست: کدام موارد از مطالب زیر درست است؟ (ریاضی دی ۱۴۰۱)

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

۱) آ، ب ۲) آ، ت ۳) ب، پ ۴) ب، ت

پیوند هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

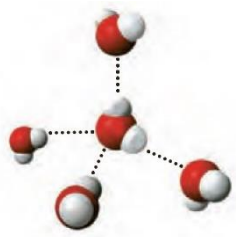
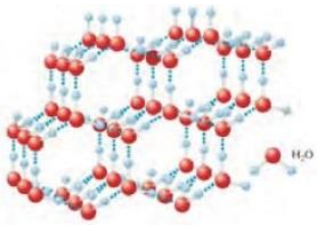
آب تنها ماده‌ای است که در کره زمین به هر سه حالت فیزیکی یافت می‌شود.


شکل ۱۸ـ حالت‌های فیزیکی آب

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

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

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

در ساختار یخ به این نکات توجه شود:

۱- هر اتم اکسیژن با چهار پیوند به چهار اتم هیدروژن متصل است (دو پیوند کووالانسی درون مولکولی و دو پیوند هیدروژنی با دو مولکول مجاور).

۲- هر اتم هیدروژن با دو پیوند به دو اتم اکسیژن متصل است (یک پیوند کووالانسی درون مولکولی و یک پیوند هیدروژنی با مولکول مجاور).

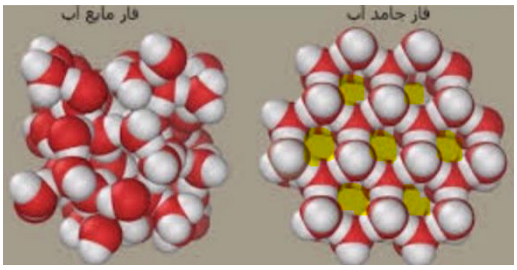
۳- هر مولکول آب با چهار مولکول مجاور، چهار پیوند هیدروژنی برقرار کرده است.

۴- مولکول‌های آب ایجاد شبکه‌ای سه‌بعدی، حلقه‌های شش‌ضلعی منتظم ایجاد کرده‌اند (شکل زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از این شش‌ضلعی‌هاست).

Dr. Hasan Polvei

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

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



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

تست: کدام گزینه درست است؟

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

آب و دیگر حلال‌ها

۲) در ساختار آب و یخ، حلقه‌های شش‌ضلعی در سه بعد وجود دارند.

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

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

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

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

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

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

Dr. Hasan Polvei

۵- محلول های آبی برون سلولی، مواد مغذی و نیز مواد زائد را بین سلول‌ها و دستگاه گردش خون جابجا می‌کنند.

نام حلال	فرمول شیمیایی	μ (D)	کاربرد
اتانول	C_2H_6O	>0	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	C_3H_6O	>0	حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها
هگزان	C_6H_{14}	≈ 0	حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر)

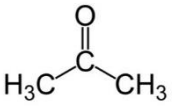
۶- حل کردن مواد زائد تولیدی در سلول و دفع آن‌ها از جمله نقش های کلیدی است که آب به عهده دارد.

۷- هر فرد بالغ بطور میانگین ۱/۵ تا ۳ لیتر آب را به صورت ادرار، تعریق و در بازدم و... از دست می‌دهد.

۸- از جمله ویژگی های غیر عادی آب: افزایش حجم هنگام انجماد، داشتن نقطه جوش به نسبت بالاست.

حلال های آلی پرکاربرد:

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



نکته ۲: اغلب هیدروکربن‌ها گشتاور دو قطبی (μ) ناچیز و در حدود صفر دارند (مانند هگزان)

نکته ۳: استون هم مواد ناقطبی و هم مواد قطبی مانند آب را به خوبی در خود حل می‌کند.

نکته ۴: به محلول هایی که حلال آن‌ها آلی است، محلول های غیر آبی $(non\ aq)$ می‌گویند.

مانند محلول بنفش ید در هگزان و یا بنزین

دو نمونه محلول غیرآبی آ) محلول یُد در هگزان و ب) بنزین خودرو

سوال:

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

ب) آب و یخ

آ) آب و هگزان

Dr. Hasan Polvei

کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟

فرآیند انحلال در صورتی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

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

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

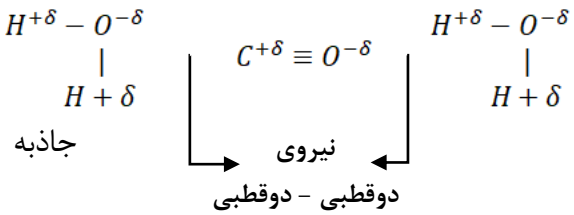
اگر مولکول‌های حلال را با A و ذره‌های حل‌شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبه میان آنها را در حالت خالص با A...A و B...B نشان داد. با این توصیف برای محلول B در A رابطه زیر برقرار است.

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

۱- مولکول قطبی در حلال قطبی حل می‌شود:

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

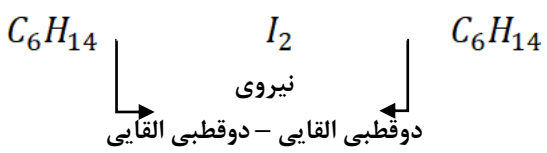
در حقیقت سرهای جزئی منفی و جزئی مثبت مولکول در محلول می‌توانند کنار یکدیگر قرار گرفته و لابلای هم پخش شوند.



بین CO و H_2O:

۲- مولکول ناقطبی در حلال ناقطبی حل می‌شود:

بین ماده ناقطبی و حلال ناقطبی جاذبه ی واندروالسی دو قطبی القایی – دو قطبی القایی ایجاد می‌شود که از جاذبه ی اولیه بین مولکول های حل شونده و نیز بین مولکول های حلال بیشتر بوده و درنتیجه باعث انحلال حل شونده در لابلای حلال می‌شود.

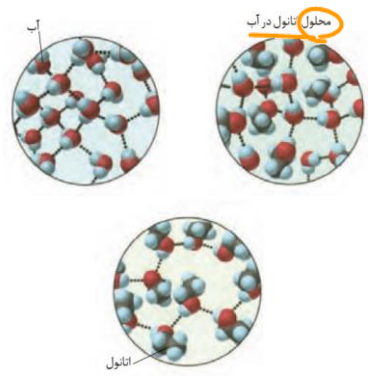


جاذبه بین I_2 و C_6H_{14}:

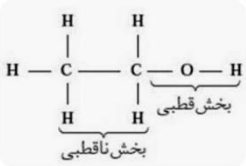
۳- مولکول دارای پیوند هیدروژنی در حلالی که پیوند هیدروژنی دارد حل می‌شود:

به عنوان نمونه انحلال اتانول در آب:

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



Dr. Hasan Polvei



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

نکته ۲: ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی:

اتانول – اتانول > آب – آب > آب – اتانول

در کل می‌توان گفت:

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

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

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

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

۴- ترکیبات یونی در حلال قطبی حل می‌شوند(شاید)

ترکیبات یونی (مانند Nacl) به دلیل داشتن یون + و – می‌توانند به سر جزئی منفی و جزئی مثبت مولکول قطبی مانند آب متصل شده و با جاذبه «یون – دو قطبی» در حلال قطبی حل شوند.

به عنوان نمونه انحلال سدیم کلرید در آب:

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

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

فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

Dr. Hasan Polvei

نکته۱: در مورد ترکیبات یونی که در آب حل می‌شوند می‌توان گفت:

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

میانگین پیوند یونی در نمک و پیوندهای هیدروژنی در آب < نیروی جاذبه یون – دو قطبی در محلول

نکته۲: ترکیباتی یونی در حلال هایی که فقط قسمت قطبی دارند **ممکن است** حل شوند (مانند آب) و در حلال هایی که هر دو قسمت ناقطبی و قطبی را دارا هستند، حل نمی شوند. (مانند اتانول)

۵- مولکول ناقطبی در حلال قطبی حل نمی شود:

زیرا بین مولکول ناقطبی (فاقد سر جزئی مثبت و منفی) و مولکول قطبی (دارای سر جزئی مثبت و منفی) جاذبه ی چندانی وجود ندارد (دو قطبی القایی – دو قطبی) که بتواند بر جاذبه ی بین مولکول های حل شونده‌ها بر یکدیگر و نیز مولکول های حلال بر یکیدگر غلبه کند. به همین دلیل است که مولکول هایی مانند هیدروکربن‌ها، روغن ید و... در آب حل نمی شوند.

۶- ترکیبات یونی در حلال ناقطبی حل نمی شوند:

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

۷- ترکیبات یونی در حلال یونی حل می‌شوند:

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

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

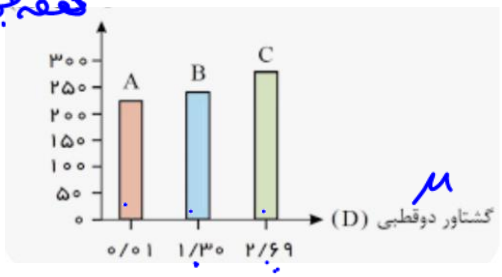
* علت انحلال پذیری بی نهایت استون و اتانول در آب، ایجاد پیوند هیدروژنی است.
* محلول ید در اتانول یک محلول آبی (aq) و دارای رنگ بنفش است که حل شدن ید مولکولی است.
* مولکول هایی که گشتاور دو قطبی صفر یا حدود صفر دارند در هگزان حل می‌شوند.
* در محلول $MgSO_{4(aq)}$ نوع برهم کنش بین ذره ای از نوع پیوند هیدروژنی و یون – دو قطبی است.
* مخلوطی از آب، یخ، اتانول، ید و هگزان دارای سه فاز است.
* اگر ۳۰ گرم از هر یک از چهار ماده ی آب، لاک ناخن و استون به خوبی هم زده شوند، یک محلول ایجاد می‌شود.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

Dr. Hasan Polvei

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

(هر سه ترکیب مولکولی با جرم مولی تقریباً برابرند)



- از نظر قطبیت مولکول‌ها: $C > B > A$
- از نظر جهت گیری در میدان الکتریکی: $C > B > A$
- از نظر تحرک در میدان الکتریکی: $C > B > A$
- انحلال پذیری در بنزین: $C < B < A$
- ترتیب دمای جوش: $C > B > A$
- اگر C مولکول HCl باشد، B می‌تواند مولکول HF باشد.

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

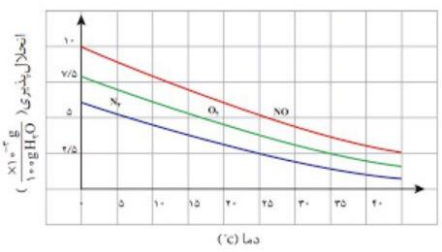
همانطور که جامدات و مایعات کم یا زیاد در آب حل می‌شوند (حتی در مخلوطی مانند هگزان و آب که دو فاز ایجاد می‌کنند نیز هگزان به مقدار بسیار کم در آب حل می‌شود)، مولکول های گازی نیز به مقدار کم یا زیاد در آب حل می‌شوند. یکی از عوامل مؤثر در انحلال گازها، دما می‌باشد.

به عنوان نمونه ۱: انحلال پذیری (S) گاز ناقطبی O_2 در آب کمتر از ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب می‌باشد (نامحلول) اما همین مقدار ناچیز در شرایط معمول برای سوخت و ساز آبزیان کافیست. البته چون با افزایش دما انحلال پذیری گازها از جمله اکسیژن کاهش می‌یابد پس در هوای گرم مقدار اکسیژن محلول کاهش یافته و ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند تا با باز و بسته کردن دهان و آبشش ها مقدار بیشتری از اکسیژن هوا را وارد آبشش های خود نمایند.

نمونه ۲: اگر دو قرص جوشان یکسان را وارد دو ظرف آب با جرم یکسان ولی دمای متفاوت نماییم، مقدار گاز CO_2 خارج شده از ظرفی که دمای کمتر دارد، کمتر خواهد بود. زیرا در ظرفی که دمای آب کمتر است، مقدار بیشتری CO_2 گازی در آب حل شده و در نتیجه مقدار گاز $CO_{2(g)}$ که از آب خارج می‌شود، کمتر خواهد بود.

عوامل موثر در انحلال گازها

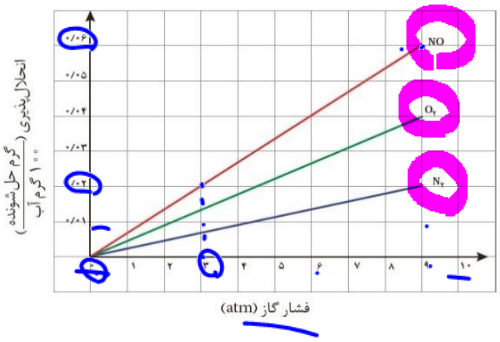
۱- دما: انحلال یک گاز با دما رابطه عکس دارد. زیرا انحلال گازها گرماده می‌باشد.



۲- فشار: انحلال یک گاز با فشار رابطه مستقیم و خطی دارد.

قانون هنری: در دمای ثابت، انحلال یک گاز با افزایش فشار، افزایش می‌یابد.

Dr. Hasan Polvei



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

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

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

نکته ۳: ترتیب افزایش فشار شیب روی سه گاز نمودار فوق حفظ شود: $NO > O_2 > N_2$

تست: کدام گزینه نادرست است؟

۱) در فشار ۵ اتمسفر و دمای برابر، انحلال پذیری محلول سیر شده: $NO > O_2 > N_2$

۲) اگر انحلال پذیری گازی در فشار ۲atm برابر ۰/۰۵ گرم باشد، انحلال آن در دمای ثابت و فشار ۸atm برابر ۰/۲ گرم خواهد بود.

۳) اگر انحلال پذیری گازی در دمای 10 °C و فشار ۴atm برابر ۱۵ گرم باشد، انحلال پذیری آن در دمای 20 °C و فشار ۱۲atm کمتر از ۱۵ گرم خواهد بود.

۴) مقدار گازهای حل شده در بدن انسان، با صعود به ارتفاعات و شنادر عمق آب کاهش می‌یابد.

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

به عنوان مثال با افزودن نمک طعام به نوشابه، مقداری از گاز محلول آن به شکل نامحلول درآمده و خارج می‌شود.

به همین دلیل انحلال پذیری و مقدار اکسیژن محلول در آب های شیرین بیشتر از آب های شور می‌باشد.

علت: نیروی یون – دو قطبی بین یون های نمک‌ها و آب بسیار قوی تر از نیروی بین مولکولی بین مولکول گاز و آب می‌باشد. در نتیجه در صورت اضافه شدن نمک در آب، مولکول های آب از مولکول های گاز جدا شده و به یون های نمک متصل شده و در نتیجه مولکول های گازی از محلول خارج می‌شوند.

۴- میزان قطبیت مولکول گاز:

با توجه به قطبی بودن مولکول‌های آب، بدیهی است طبق «شبیه، شبیه را حل می‌کند»، انحلال‌پذیری گاز قطبی در آب، بیشتر از گاز ناقطبی است. $NO > O_2 و N_2$

۵- جرم مولی گاز:

چنانچه دو گاز از نظر قطبیت یکسان باشند (هر دو قطبی و یا هر دو نا قطبی)، گازی که جرم مولی بیشتری دارد، انحلال‌پذیری بیشتری در آب دارد. $O_2 > N_2$

Dr. Hasan Polvei

۶- نوع انحلال:

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

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

$$CO_2(g)+H_2O(L) \rightarrow H_2CO_3(aq) \qquad CO_2+H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

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

نکته:ترتیب انحلال گازهایی که در کتاب اشاره شده: $CO_2 > NO > O_2 > N_2$

تست ۱: با توجه به جدول زیر، می‌توان دریافت که ($H=1, S=32, Cl=35/5 \frac{g}{mol}$)

انحلال‌پذیری ($g/100\ gH_2O$) سه گاز در دماهای مختلف در فشار ۱ atm

گاز \ دما ($^\circ C$)	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

۱) محلول ۰/۰۰۵ مول گاز کلر در ۱۰۰ گرم آب در دمای ۶۰ $^\circ C$ سیر شده است. (ریاضی ۹۳)

۲) انحلال‌پذیری این گازها در دماهای داده شده به صورت $CO_2 > Cl_2 > H_2S$ می‌باشد.

۳) محلول ۰/۰۱۵ مول گاز H_2S در ۳۰۰ آب گرم در دمای ۴۰ $^\circ C$ سیر نشده است.

۴) تاثیر افزایش دما بر نسبت غلظت مولار گاز CO_2 (در ۲۰ $^\circ C$ نسبت به ۶۰ $^\circ C$) در مقاسیه با دو گاز دیگر، کم‌تر است.

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

- روند کلی تاثیر کاهش دما بر افزایش انحلال‌پذیری گازهای O_2 و N_2 مشابه است.
- تاثیر افزایش فشار بر انحلال‌پذیری گاز NO، در مقاسیه با انحلال‌پذیری گاز N_2 بیشتر است.
- در شرایط یکسان انحلال‌پذیری گاز NO (مولکول قطبی)، بیشتر از انحلال گاز CO_2 (مولکول ناقطبی) است.
- در دما و فشار معین، انحلال‌پذیری گازهای N_2 و O_2 می‌تواند به ترتیب ۳/۷۵ و ۲/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Polvei

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

الف- روش تجربی، مناسب‌ترین روش تعیین انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب است.

ب- نمودار انحلال‌پذیری - دما برای یک ترتیب یونی درآب، می‌تواند به صورت خطی باشد.

پ- قانون هنری نشان می‌دهد که تغییر فشار بر انحلال‌پذیری گاز با مولکول قطبی نسبت به انحلال‌پذیری گازها با مولکول نا قطبی، تاثیر بیشتری دارد.

ت- هنگام انحلال اتانول در آب، سر قطبی حل شونده از یک سر و سر نا قطبی آن از سوی دیگر، با مولکول-های آب پیوندمی‌دهد.

۱) پ، ت ۲) ب، ت ۳) الف، پ ۴) الف، ب

نکاتی در مورد یون پتاسیم (K^+):

۱- یون‌های K^+, Na^+, Cl^- محیط شیمیایی مناسب برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی در بدن را فراهم می‌کنند.

۲- خستگی حاصل از انجام فعالیت بدنی به دلیل کاهش چشمگیر این نوع یون‌ها در بدن ایجاد می‌شود که ورزشکاران با نوشیدن نوشیدنی‌های ویژه‌ای از اُفتِ این الکترولیت‌ها جلوگیری می‌کنند.

۳- یون K^+ یکی از مهم‌ترین یون ها در مایع‌های بدن است.

۴- نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به K^+ دو برابر Na^+ است.

۵- چون بیشتر مواد غذایی حاوی K^+ می‌باشند کمبود آن به ندرت اتفاق می‌افتد.

۶- یون K^+ برای تنظیم مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است و انتقال پیام‌های عصبی بدون آن غیر ممکن است. در نتیجه اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و در موارد شدید گاهاً منجر به مرگ می‌شود.

ردپای آب

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

Dr. Hasan Polvei

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

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

ردپای آب برای تولید برخی فراورده‌ها

ب) آب مصرفی که در تولید کالاهای مختلفِ فرد نیاز است: مقدار آبی است که برای هر فرد در تولید کالاهایی مانند پوشاک، کفش، غذا و ... مصرف می‌شود.

بدیهی است هر چه مصرف این کالاها بیشتر باشد، «ردپای آب» فرد نیز بزرگتر است.

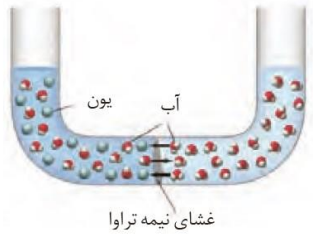
نکته ۱: ردپای آب سالیانه‌ی هر فرد حدود ۱میلیون لیتر است.

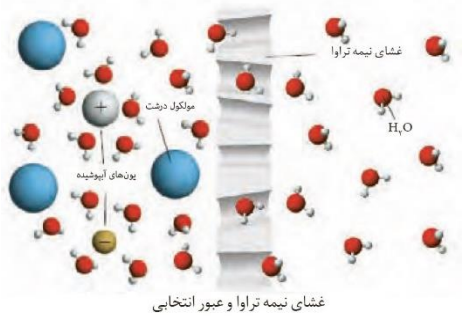
نکته ۲: همه‌ی آب مصرفی در همه‌ی صنایع از منابع آب شیرین می‌باشند. صنعت کشاورزی در میان صنایع مختلف بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد.

اُسمز (گذرندگی)

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

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





غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

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

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

شکل ۲۵- نمونه‌هایی از پدیدهٔ اسمز در زندگی روزانه

Dr. Hasan Polvei

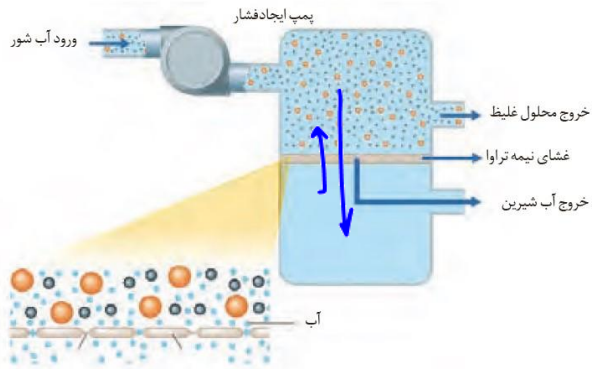
۳- حرکت مولکول‌های آب از غشای نیمه تراوا دو طرفه است، اما جابجایی مولکول های آب در یک جهت بیشتر می‌باشد، و بعد از مدتی سرعت این فرآیند دو طرفه برابر خواهد شد (تعادل).

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

اسمز معکوس

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

تولید آب شیرین از آب دریا به کمک اسمز معکوس:

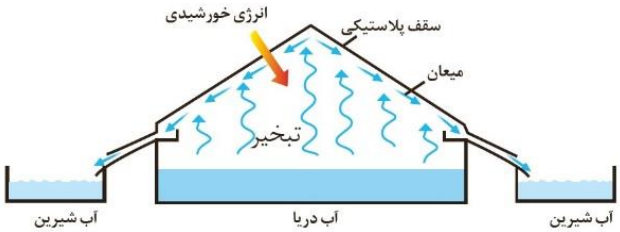


طبق شکل ، ابتدا آب دریا را از قسمت بالایی وارد کرده و پمپ ایجاد فشار باعث افزایش فشار آب شور و عبور مولکول آب از آب شور به آب شیرین می‌شود (اسمز معکوس) (کیفیت آب بر مدت زمان استفاده موثر از غشای نیمه تراوا نقش اساسی دارد).

روش‌های شیرین‌سازی و تصفیه‌ی آب

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

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



۲- اُسمز معکوس

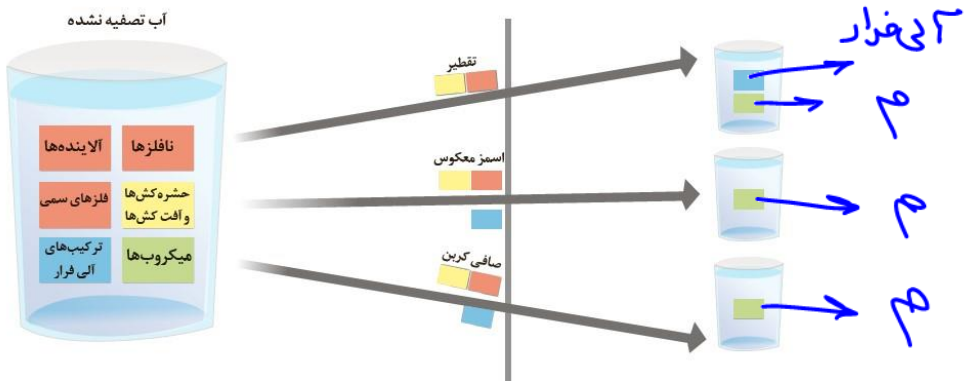
۳- صافی کربن: آب تصفیه نشده را از درون صافی‌هایی از جنس کربن متخلخل عبور داده و بسیاری از ناخالصی‌های آب توسط کربن جذب شده و در نتیجه آب تصفیه شده تولید می‌شود.

Dr. Hasan Polvei

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

هیچکدام از سه روش قادر به جداسازی میکروب‌ها نمی‌باشند.

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



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

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

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

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

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

۱- با استفاده از روش اسمز معکوس می‌توان شیر را تغلیظ کرد.

۲- فرآیند اسمز، خود بخودی و فرآیند معکوس آن، غیر خود بخودی است.

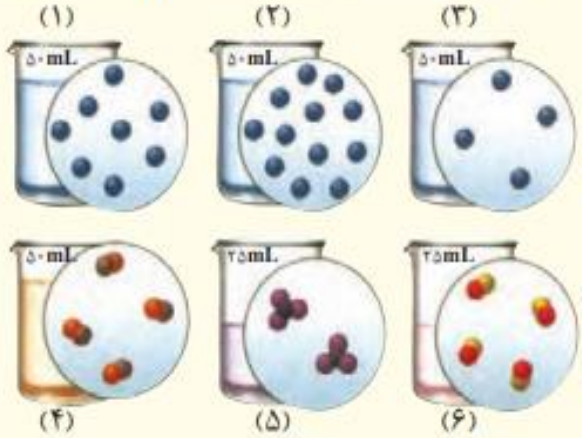
۳- در فرآیند اسمز، در نهایت غلظت حل شونده در دو محیط جدا شده با غشای نیمه تراوا برابر می‌شود.

۴- کیفیت آب می‌تواند بر مدت زمان استفادهٔ موثر از غشای نیمه تراوا برای شیرین‌سازی آب دریا در فرآیند اسمز معکوس، تاثیر بگذارد.

Dr. Hasan Polvei

تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ اگر در محلول‌های آبی (۱) تا (۶) هر ذرهٔ حل شونده هم‌ارز با ۰/۰۲ مول باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



آ) کدام محلول غلیظ‌تر است؟ چرا؟

ب) غلظت مولی کدام محلول‌ها با هم برابر است؟

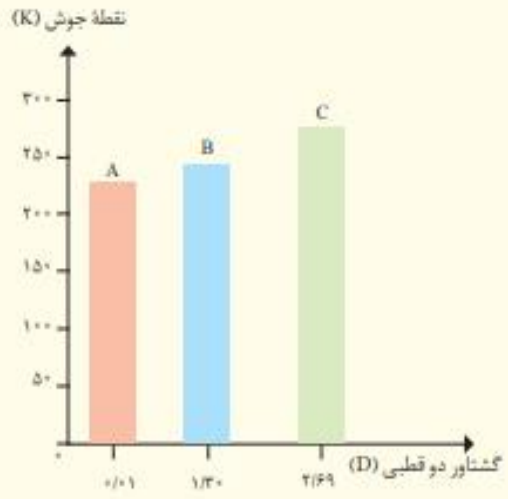
پ) غلظت مولی محلول به‌دست آمده از مخلوط کردن محلول (۱) و (۳) را حساب کنید.

ت) غلظت مولی محلول (۴) را پس از افزودن ۱۱۰ میلی‌لیتر آب به آن حساب کنید.

ث) غلظت مولی محلول (۵) را پس از انحلال ۰/۰۲ مول حل شونده به‌دست آورید (از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید).

۲ـ ادامهٔ زندگی اغلب ماهی‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که غلظت اکسیژن محلول در آب بیشتر از ۵ppm باشد. با انجام محاسبه مشخص کنید که آیا ۹ kg آب حاوی ۶۷/۵ میلی گرم اکسیژن محلول برای ادامهٔ زندگی ماهی‌ها مناسب است؟

۳ـ با توجه به نمودار روبه‌رو به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید. جرم مولی هر سه مادهٔ آلی A، B و C با یکدیگر برابر است.



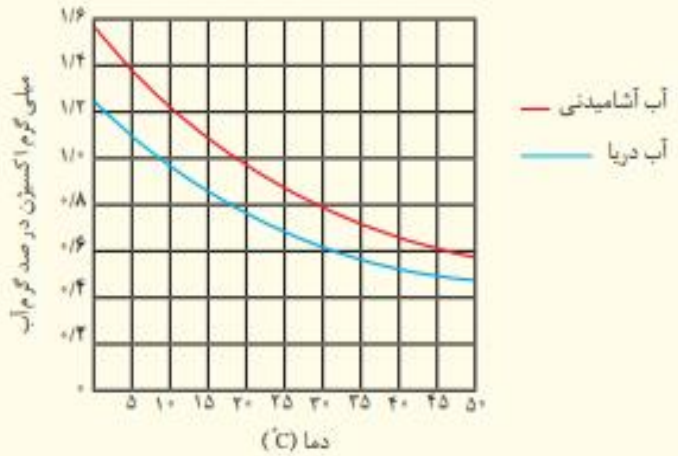
آ) جهت‌گیری و منظم شدن مولکول‌های کدام ترکیب در میدان الکتریکی محسوس‌تر است؟ چرا؟

ب) سه ترکیب داده شده را بر اساس کاهش قدرت نیروهای بین مولکولی مرتب کنید؟

پ) پیش‌بینی کنید کدام ماده در شرایط یکسان انحلال‌پذیری بیشتری در هگزان دارد؟ چرا؟

Dr. Hasan Polvei

۴ـ در نمودار زیر انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا نشان داده شده است.

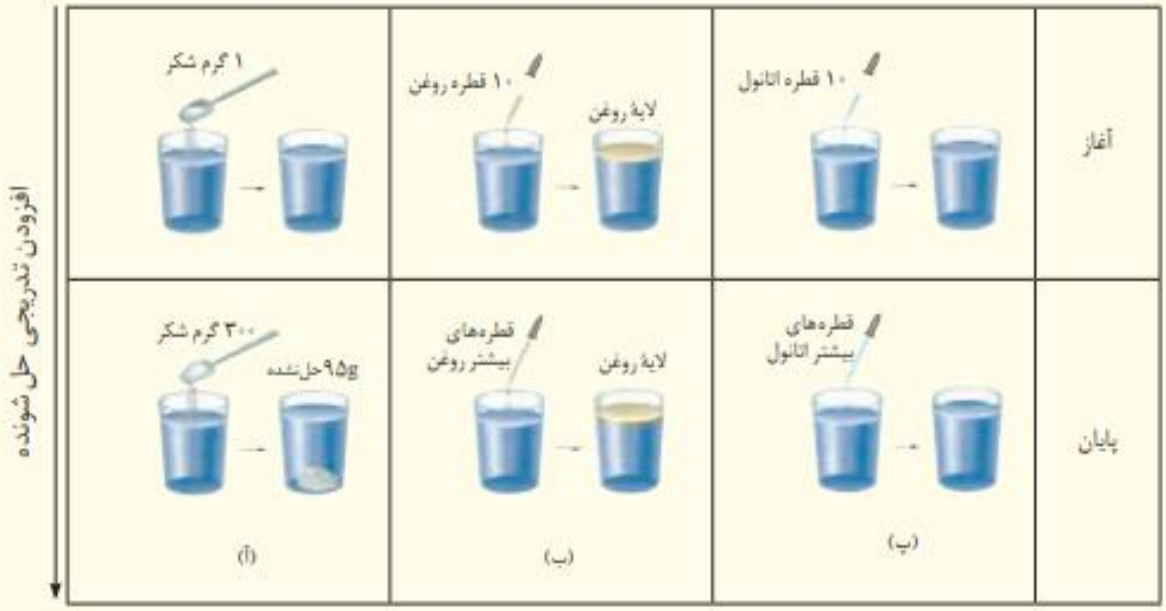


آ) در دمای $5^{\circ}C$ انحلال‌پذیری گاز اکسیژن چقدر است؟

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

پ) آیا می‌توان گفت با افزایش مقدار نمک در آب، انحلال‌پذیری گاز اکسیژن کاهش می‌یابد؟ توضیح دهید.

۵ـ هر یک از شکل‌های زیر نمایی از آغاز و پایان آزمایشی برای درک مفهوم انحلال‌پذیری سه ماده در آب و دمای $25^{\circ}C$ است. نتیجهٔ هریک از این آزمایش‌ها را بنویسید.



Dr. Hasan Polvei

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

آ) کدام شکل کاربرد کلسیم سولفات و کدام شکل کاربرد آمونیوم نیترات را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب) اگر انحلال‌پذیری کلسیم سولفات و آمونیوم نیترات در آب و دمای $20^{\circ}C$ به ترتیب برابر با ۰/۲ و ۶۵/۵ گرم باشد، درصد جرمی محلول سیرشدهٔ هریک را در این دما حساب کنید.

۷ـ کوسه‌های شکارچی حس بویایی بسیار قوی دارند و می‌توانند بوی خون را از فاصلهٔ دورتر حس کنند. اگر یک قطره (۰/۱ گرم) از خون یک شکار در فضایی از آب دریا به حجم 4×10^{12} لیتر پخش شود، این کوسه‌ها بوی خون را حس می‌کنند. حساب کنید حس بویایی این کوسه‌ها به حداقل چند ppm خون حساس است؟ (جرم یک لیتر آب دریا را یک کیلوگرم در نظر بگیرید).

Dr. Hasan Polvei

تست جامع فصل

تست ۱ : در یک ظرف دربسته مخلوطی شامل ۱/۸ مول متانول (CH_3OH) و اتانول (C_2HOH) با اکسیژن بطور کامل می‌سوزند. اگر حجم گاز CO_2 تولید شده از سوختن متانول ۴۰٪ حجم گاز CO_2 تولیدی از سوختن اتانول باشد، درصد جرمی متانول در مخلوط آغازین چند بوده و در شرایط STP چند لیتر گاز در ظرف واکنش وجود خواهد داشت؟ (تجربی ۱۴۰۲)

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

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

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

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

۱) ۰/۴۰ ۲) ۰/۰۳۵

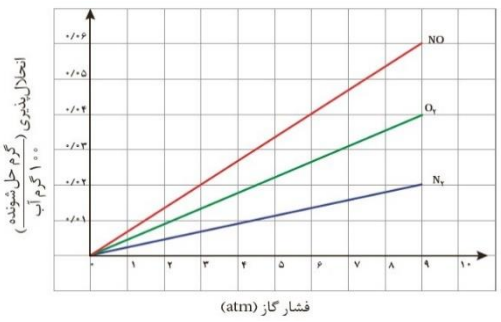
۳) ۰/۰۳۰ ۴) ۰/۰۲۳

تست ۳: غلظت محلول MNO_3 برابر ۱۷۰ ppm است. اگر شمار مول های نمک در ۲۰۰ گرم محلول آن، به تقریب 6×10^{-4} باشد، فلز M کدام است؟ (تجربی ۱۴۰۲)

۱) ^{7}Li ۲) ^{23}Na ۳) ^{39}K ۴) ^{108}Ag

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

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



تست۵ : اگر A، D، M سه ماده غیرگازی شکل باشند و در

Dr. Hasan Polvei

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

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

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

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

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

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

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

- انحلال گازها در آب، گرماده است.
- در اثر انحلال مواد آلی در آب ،ممکن است مخلوط همگن یا ناهمگن ایجاد کنند.
- افزایش فشار و دما، روی انحلال پذیری گازها در آب، عکس یکدیگر عمل می‌کند.
- کاهش دما ، انحلال پذیری لیتیم سولفات و پتاسیم نیترات را در اب، افزایش می‌دهد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Polvei

$$\%a = \frac{m\ \text{حل شونده}}{m\ \text{محلول}} \times 100$$

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

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

$$M = \frac{10 \times ppm \times d}{\text{جرم مولی}}$$

$$M = \frac{n_{\text{حل شونده}}}{V_{\text{محلول}}}$$

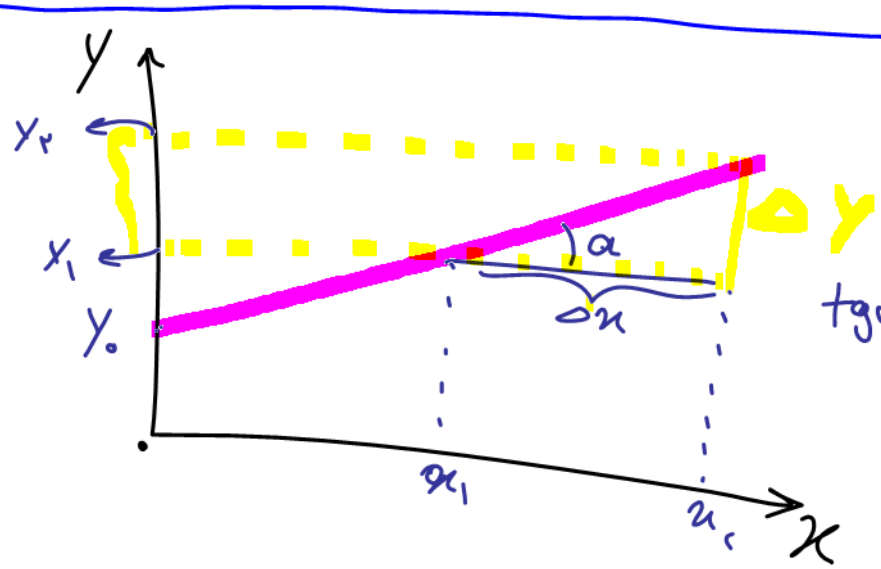
$$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}}$$

$$S = \frac{m\ \text{حل شونده}}{m\ \text{حلال}} \times 100$$

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

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

$$M = \frac{1000 \times S \times d}{(100+S) \times \text{جرم مولی}}$$



$$y = \underbrace{a}\, x + y_0$$

$$tg\alpha = a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$