

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به مادرم :

ای سرافرازترین سر و سایه گستر زندگی ام. در وصف تو، کلمات عقیمند و واژگان محدود. ای خوب ترین، ای رئوف ترین و سرچشمه مهربانی ها، ای ساکن کوی مهتاب، ای آب و آینه و آفتاب،

نام بلندت جاودان و کتاب وجودت به شیرازه امن و امان خداوندی استوار و تلاش بی شائبه ات در بارگاه الهی پذیرفته باد.

مادر، تو شکوفاتر از بهار، نهالِ تنم را پر از شکوفه کردی و با بارانِ عاطفه اندوه های قلبم را زدودی و مرهمی از نوازش بر زخم های زندگی ام نهادی.

در «تابستان»های تنهایی با خنکای عشق و وفای خویش، مددکار مهربان مشکلاتم بودی تا در سایه سارِ آرامش بخش تو، من تمامی دردها و رنج ها را بدرود گویم.

با وجود تو، یأس دری به رویم نگشود و زندگی رنگ «پائیز» ناامیدی را ندید. تو در «زمستان» مرارتهای زندگی، چونان شمع سوختی تا نگذاری رنجش هیچ سختی ستونهای تنم را بلرزاند.

مادر، ای عزیزترینم، شادترین لبخندها و عمیق ترین سلام هایم و آرزوهایم همراه با بهترین دروهای خداوندی، نثار دل آسمانیت باد.

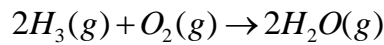
شیمی ۳

استوکیومتری

✓ **معادله‌ی نوشتاری:** تنها نام فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌های یک واکنش را در بردارد.

مثال: **آب → اکسیژن + هیدروژن**

✓ **معادله نمادی:** با استفاده از نمادها و فرمول‌های شیمیایی نوشته می‌شود. مثال:



✓ یک معادله‌ی شیمیایی اطلاعات زیر را در اختیار ما قرار **می‌دهد:**

نوع مواد شرکت کننده در واکنش

حالت فیزیکی مواد

نسبت مولی مواد (ضریب)

شرایط انجام واکنش

گرما داده یا گرماگیر بودن واکنش.

✓ یک معادله‌ی شیمیایی؛ در موارد زیر به ما اطلاعات **نمی‌دهد:**

سرعت و شدت واکنش

سازوکار واکنش (مکانیسم)

شرایط ایمنی واکنش

میزان پیشرفت واکنش

از جمله مهمترین نشانه‌های تغییر شیمیایی عبارتند از: تغییر رنگ، ایجاد رسوب، تغییر بو.

✓ به منظور رعایت **قانون پایستگی جرم**، لازم است که معادله‌های شیمیایی را موازنه نمود.

✓ **موازنه‌ی واکنشهای شیمیایی به روش واریسی**

۱- **شروع موازنه** از پیچیده‌ترین ترکیب و از عنصری در آن ترکیب که بیشترین تعداد را دارا می‌باشد شروع می‌شود. این عنصر ترجیحاً H و O نباشد.

۲- **ادامه‌ی موازنه** با عنصری باشد که تعداد آن در یک طرف معادله مشخص است و پراکندگی کمتری در ترکیبها دارد.

✓ ترتیب موازنه‌ی عنصرها در اغلب واکنشها معمولاً بر حسب اولویتهای زیر است:

۱- فلزها ۲- نافلزها

۳- H یا O که در حالت ترکیب وجود دارد.

۴- O یا H که در حالت آزاد یعنی به صورت O_2 یا H_2 وجود دارد.

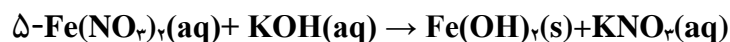
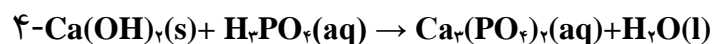
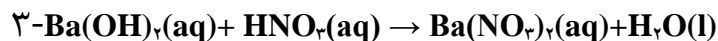
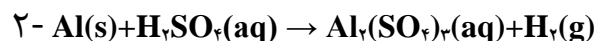
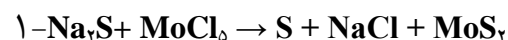
✓ در موازنه کردن؛ یونهای چند اتمی مثل NO_3^- ، SO_4^{2-} و ... که در دو طرف معادله تغییری نکرده‌اند، را به عنوان یک واحد مستقل در نظر می‌گیریم.

✓ در صورت وجود بارهای مثبت و منفی در معادله؛ بایستی بارهای الکتریکی را هم موازنه نمود به طوری که مجموع بارهای مثبت و منفی در دو طرف معادله برابر باشند.

✓ از نوشتن ضرایب کسری خودداری شود. برای حذف ضرایب کسری، کل ضرایب معادله را در مخرج کسر ضریب، ضرب می‌کنیم.

✓ ضرایب مواد در معادله‌ی موازنه شده تا حد ممکن باید، ساده شوند.

مثالهای مهم موازنه واکنشها

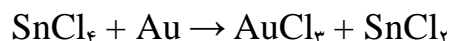


نکته: روش واری برای هنگامی که گونه‌های چند اتمی، مانند بنیان اسیدها یا نمکها، و همچنین برای واکنشهایی که در آنها عناصر دستخوش تغییر عدد اکسایش نمی شوند، روش خوبی است. اما هنگامی که این گونه‌ها تغییر می کنند و دیگر در دو طرف واکنش یکسان نیستند، و یا یک یا چند عنصر شرکت کننده در واکنش دچار تغییر در عدد اکسایش می شوند، این روش قابل اجرا نیست.

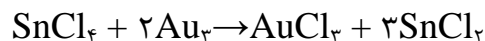
برای موازنه ی واکنشهایی که در آنها گونه‌های (اتم، مولکول یا یون) شرکت کننده در واکنش دچار تغییر عدد اکسایش می شوند، البته باید ابتدا مطالعه‌ی روی اعداد اکسایش عناصر داشته باشید. در قانون اعداد اکسایش، هر عنصر یا مولکولی که به حالت آزاد وجود داشته باشد، دارای عدد اکسایش **صفر** می باشد. به عنوان مثال Cl_2 دارای عدد اکسایش صفر می باشد. در ترکیب $NaCl$ (با توجه به اینکه فلزات گروه اول همیشه دارای عدد اکسایش +۱ می باشند و باید مجموع کل اعداد اکسایش یک ترکیب خنثی برابر صفر شود) عدد اکسایش کلر برابر -۱ می باشد. همچنین در ترکیب $NaClO_3$ با توجه به اینکه عدد اکسایش اکسیژن برابر ۲- است، $\{ (2-)(3) = 0 \} + 1 + X$ با حل معادله برای ایکس +۵ بدست می آید.

واکنشهایی که در آنها یک عنصر اکسید می شود و عنصر دیگر احیا می گردد. برای موازنه‌ی این دسته از واکنشها، میزان تغییر درجات اکسید و تغییر درجات احیا را تعیین می کنیم، سپس "در سمت چپ" (مهم است که از کدام سمت موازنه را شروع می کنیم) تغییر درجات اکسید را ضریب عنصری قرار می دهیم که احیا شده است و تغییر درجات احیا را ضریب عنصری قرار می دهیم که اکسید گردیده است. توجه داشته باشید که وقتی عنصری اکسید می شود، الکترون از دست داده و عدد اکسیداسیون آن زیاد می شود و وقتی عنصری احیا می شود که الکترون گرفته و عدد اکسیداسیون آن کم شود.

به عنوان مثال:



عدد اکسایش عنصر طلا از +۳ به ۰ رسیده، در نتیجه ۳ درجه احیا شده است. عنصر قلع نیز از +۲ به +۴ رسیده، یعنی ۲ درجه اکسید شده است، این اعداد را به طور برعکس به عناصر مربوطه می دهیم:



انواع واکنشهای شیمیایی

✓ بیش از صدها نوع واکنش شیمیایی داریم که به طور کلی آن‌ها را در پنج دسته طبقه بندی می‌کنند که عبارتند از:

۱- سوختن

۲- تجزیه

۳- ترکیب (سنتز)

۴- جابه جایی یگانه (ساده)

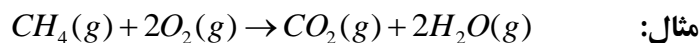
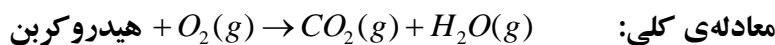
۵- جابه جایی دوگانه

✓ سوختن نوعی واکنش است که در آن یک ماده با سرعت و شدت با اکسیژن (O_2) واکنش داده و ضمن آزاد کردن مقداری انرژی به صورت نور و گرما، ترکیب یا ترکیب‌های اکسیژن تولید می‌شود. شکل کلی واکنشهای سوختن:



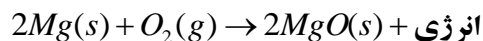
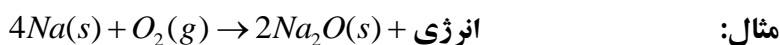
جدول مقایسه‌ای مهمترین واکنشهای سوختن

✓ واکنش هیدروکربن‌ها و ترکیب‌های آلی با اکسیژن



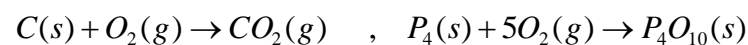
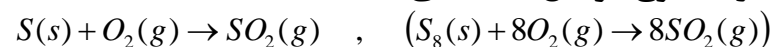
✓ واکنش فلزهای گروه (۱) و (۲) جدول تناوبی با اکسیژن که همراه با تولید گرما و نور است.

ماده‌ی کلی: انرژی + اکسید فلز $\rightarrow O_2(g) +$ فلزهای گروه ۱ و ۲ (بجز Be)



⚠ نکته: واکنش آرام فلزهای گروه ۱ و ۲ با اکسیژن که بدون تولید نور و گرما باشد از نوع سوختن نیست بلکه از نوع واکنش‌های اکسایش می‌باشد. در این بخش می‌توان این واکنش‌ها را جزء ترکیب دسته‌بندی کرد.

✓ واکنش شدید نافلزهای S، P و C با اکسیژن از نوع سوختن به شمار می‌رود.

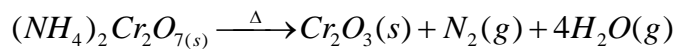


✓ واکنش تجزیه: نوعی واکنش است که در آن یک ترکیب به دو یا چند فرآورده‌ی ساده‌تر تجزیه می‌شود.

جدول مقایسه‌ای مهمترین واکنشهای تجزیه

<p>✓ تجزیه‌ی گرمایی بی کربنات و کربناتها که منجر به تولید گاز کربن دی اکسید می‌شود.</p> <p>معادله‌ی کلی: $CO_2(s) + H_2O(g) + \text{کربنات فلز} \xrightarrow{\text{گرما}} \text{بی کربنات فلز}$</p> <p>مثال: $2NaHCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$</p> <p>معادله‌ی کلی: $CO_2(g) + \text{اکسید فلز} \xrightarrow{\text{گرما}} \text{کربنات فلز}$</p> <p>مثال: $Na_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2O(s) + CO_2(g)$</p>
<p>✓ تجزیه‌ی گرمایی نیترات‌ها و کلرات‌ها که منجر به تولید گاز اکسیژن می‌شود.</p> <p>معادله‌ی کلی: $O_2(g) + \text{نیتريت فلز} \xrightarrow{\text{گرما}} \text{نیترات فلز}$</p> <p>مثال: $2KNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KNO_2(s) + O_2(g)$</p> <p>معادله‌ی کلی: $O_2(g) + \text{کلريد فلز} \xrightarrow{\text{گرما}} \text{کلرات فلز}$</p> <p>مثال: $Mg(ClO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} MgCl_2(s) + 3O_2(g)$</p>
<p>✓ حرارت دادن نمک‌های آبیوشیده که منجر به خروج آب آنها می‌شود.</p> <p>معادله‌ی کلی: $XY.nH_2O(s) \xrightarrow{\text{گرما}} XY(s) + nH_2O(g)$</p> <p>مثال: $BaCl_2.3H_2O(s) \xrightarrow{\Delta} BaCl_2(s) + 3H_2O(g)$</p>
<p>✓ تجزیه‌ی اکسیدها و پراکسیدها که منجر به تولید گاز اکسیژن می‌شود.</p> <p>مثال: $2HgO(s) \rightarrow 2Hg(l) + O_2(g)$</p> <p>$2PbO_2(s) \rightarrow 2PbO(s) + O_2(g)$</p> <p>$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$</p>
<p>✓ تجزیه‌ی سولفات‌ها که منجر به تولید گاز SO_3 می‌شود:</p> <p>معادله‌ی کلی: $SO_3(g) + \text{اکسید فلز} \xrightarrow{\text{گرما}} \text{سولفات فلز}$</p> <p>مثال: $Al_2(SO_4)_3(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3(s) + 3SO_3(g)$</p>
<p>✓ تجزیه‌ی اوزون و کلروفلوئوروکربنها توسط پرتوهای فرابنفش</p> <p>$O_3(g) \xrightarrow{u.v} O_2(g) + O.(g)$</p> <p>$CF_3Cl(g) + u.v \rightarrow .CF_3(g) + Cl.(g)$</p>
<p>✓ تجزیه‌ی آمونیوم دی کرومات، نیتروگلیسرین و متانول</p> <p>$(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3(s) + N_2(g) + 4H_2O(g)$</p> <p>آمونیم دی کرومات</p> <p>$4C_3H_5(NO_3)_3(l) \xrightarrow{\Delta} 12CO_2(g) + 10H_2O(g) + 6N_2(g) + O_2(g)$</p> <p>نیترو گلیسرین</p> <p>$CH_3OH(g) \xrightarrow{\Delta} CO(g) + 2H_2(g)$</p> <p>متانول</p>

نکته: در مورد تجزیه‌ی آمونیوم دی کرومات توجه به موارد زیر حائز اهمیت است:



خاکستر سبز
بلورهای نارنجی

۱- واکنش به شدت گرماده است.

۲- آمونیوم دی کرومات در آب محلول است اما کروم (III) اکسید نامحلول است.

۳- فوران مواد به علت تولید و خروج گاز نیتروژن (N_2) و بخار آب است.

۴- از تجزیه هر مول آمونیوم دی کرومات، ۵ مول گاز و یک مول ماده‌ی جامد حاصل می‌شود.

۵- جرم خاکستر سبز رنگ، سبکتر از جامد نارنجی رنگ اولیه است.

✓ **واکنش ترکیب:** واکنشی که در آن دو یا چند ماده با هم ترکیب شده و حداقل یک فرآورده‌ی پیچیده‌تر تولید می‌کند.

شکل کلی واکنشهای ترکیب: $A + B \rightarrow C$

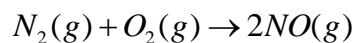
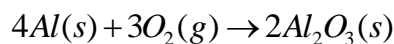
جدول مقایسه‌ای مهمترین واکنشهای ترکیب

<p>۷ واکنش بسپارش (پلیمری شدن) مثال:</p> <p>tetrafluoroethylene $\xrightarrow{\text{free radical vinyl polymerization}}$ polytetrafluoroethylene</p>
<p>۷ اثر آمونیاک بر هیدروژن هالیدها مثال:</p> <p>$NH_3(g) + HX(g) \rightarrow NH_4X(s) \quad X = F, Cl, Br, I$</p> <p>$NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$</p>
<p>۷ ترکیب فلز و نافلز که منجر به تولید نمک می‌شود. مثال:</p> <p>نمک \rightarrow نافلز + فلز</p> <p>$2Na(l) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$ $2Fe(l) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2FeCl_3(s)$ $Ca(l) + F_2(g) \rightarrow CaF_2(s)$</p>

✓ واکنشهای اکسایش که منجر به تولید اکسیدها می‌شود. (بدون تولید گرما و نور)

اکسید فلز (نافلز) $\rightarrow O_2(g) + \text{فلز}$ (یا نافلز)

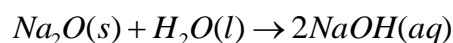
مثال:



✓ تولید اسیدها و بازها از اکسیدها

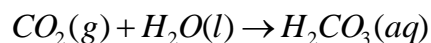
محلول بازی $\rightarrow H_2O(l) + \text{اکسید فلزی}$

مثال:



محلول اسیدی $\rightarrow H_2O(l) + \text{اکسید نافلزی}$

مثال:



✓ واکنش جابه‌جایی ساده (یگانه): واکنشی که در آن، یک عنصر یا یون جانشین عنصر یا یون در ترکیب

می‌شود.

شکل کلی واکنشهای جابه‌جایی ساده:

ترکیب (۲) + عنصر (۲) \rightarrow عنصر (۱) + ترکیب (۱)

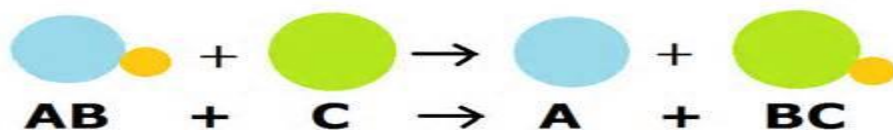


Figure 2.5

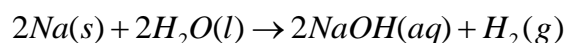
جدول مقایسه‌ای مهمترین واکنشهای جابه‌جایی ساده (یگانه)

✓ واکنشهای فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی با آب که منجر به تولید گاز هیدروژن می‌شوند.

معادله کلی: $H_2(g) + \text{هیدروکسید فلز} \rightarrow H_2O(l) + \text{فلز گروه ۱ و ۲}$

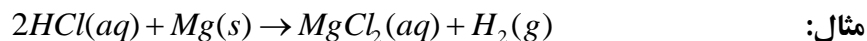
(بجز Be)

مثال:



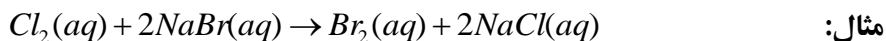
✓ واکنش اسیدها با فلزها که منجر به تولید نمک و گاز هیدروژن می‌شود.

معادله کلی: $H_2(g) + \text{نمک} \rightarrow \text{فلز} + \text{اسید}$



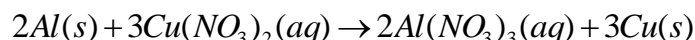
✓ واکنش هالوژن بالای گروه ۱۷ با نمک هالید پایینی همان گروه که منجر به آزاد شدن هالوژن پایینی می‌شود.

نمک هالید بالایی + هالوژن پایینی \rightarrow نمک هالید پایینی + هالوژن بالایی



✓ واکنش فلز فعال تر با ترکیب فلز کمتر فعال که منجر به آزاد شدن فلز کمتر فعال می‌شود.

فلز کم تر فعال + ترکیب فلز ۲ \rightarrow ترکیب فلز ۱ + فلز فعال

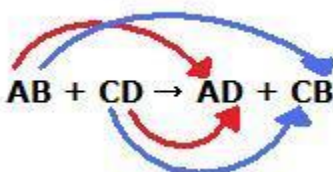


✓ واکنش جابه‌جایی دوگانه: واکنشی که در آن جای دو اتم یا دو یون در دو ترکیب با هم عوض

می‌شود.

شکل کلی واکنش های جابه‌جایی دوگانه:

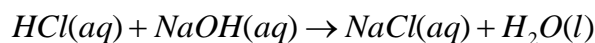
ترکیب (۴) + ترکیب (۳) \rightarrow ترکیب (۲) + ترکیب (۱)



جدول مقایسه‌ای مهمترین واکنشهای جابه‌جایی دوگانه

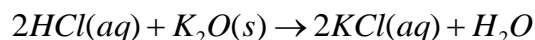
✓ واکنش خنثی شدن اسیدها و بازها که منجر به تولید آب و نمک می‌شود.

آب + نمک \rightarrow باز + اسید



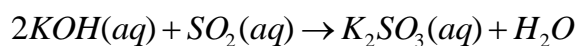
✓ واکنش اسیدها با اکسیدهای فلزی

آب + نمک \rightarrow اکسید فلزی + اسید



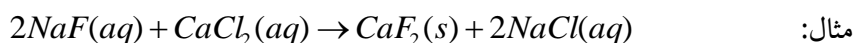
✓ واکنش بازها با اکسیدهای نافلزی

آب + نمک → اکسید نافلزی + باز



✓ واکنشهای رسوبی که به تشکیل یک نمک نامحلول منجر می‌شوند.

نمک محلول (۴) + نمک رسوبی (۳) → نمک محلول (۲) + نمک محلول (۱)



اسید (۲) + نمک رسوبی (۳) → اسید (۱) + نمک محلول (۱)



نمک محلول (۲) + باز رسوبی (۳) → باز (۱) + نمک محلول (۱)



🔍 نکته: همان طور که در معادلات واکنش‌های جابه‌جایی یگانه و دوگانه مشاهده می‌شود، می‌توان گفت در واکنشهای جابه‌جایی، معمولاً فلزها با فلزها یا هیدروژن جایگزین می‌شوند و نافلزها با نافلزها یا گروه OH جایگزین می‌شوند. به طور خلاصه:

درواکنش جابه‌جایی:

- فلزها

الف) جایگزین فلزها در ترکیب می‌شوند.

ب) جایگزین H در ترکیب می‌شوند.

- نافلزها

الف) جایگزین نافلزها در ترکیب می‌شوند.

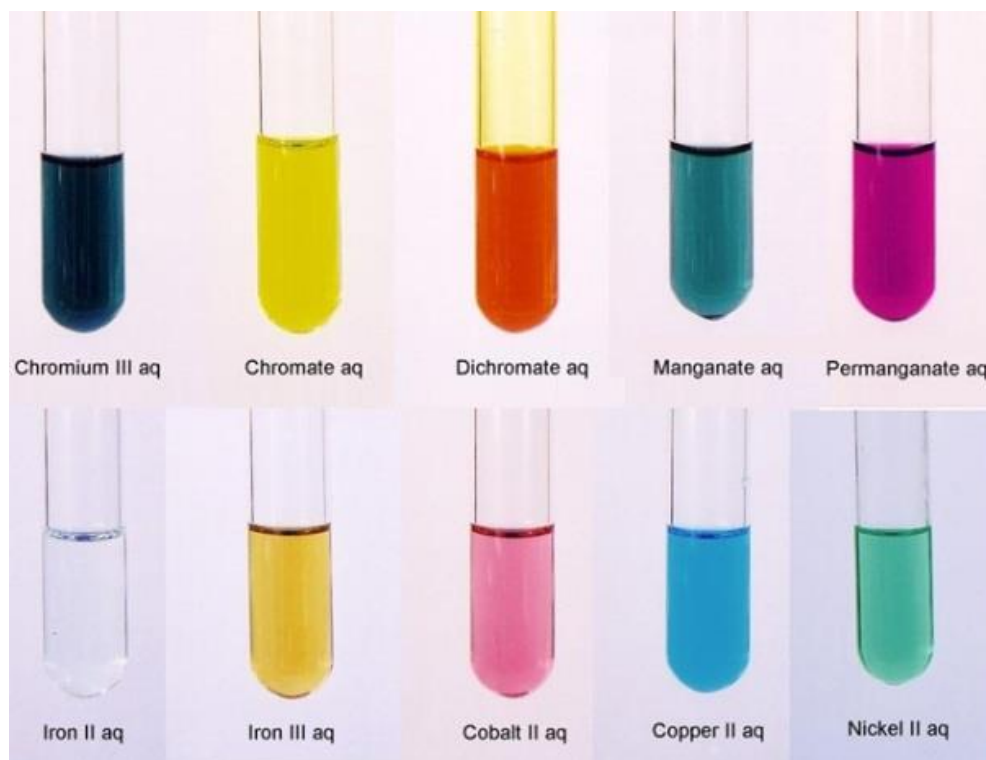
ب) جایگزین گروه OH در ترکیب می‌شوند.

شناسایی برخی کاتیونهای فلزی

استفاده از واکنشهای رسوبی، راهی برای شناسایی برخی کاتیونهاست. با توجه به نامحلول بودن برخی ترکیبها، می‌توان از روی رنگ رسوب حاصل شده، به شناسایی آن کاتیونها پرداخت که به این روش عیارسنجی رسوبی گویند.

جدول مقایسه‌ای شناسایی کاتیونها با استفاده از واکنشهای رسوبی

معادله‌ی شیمیایی مربوطه	رسوب حاصل شده و رنگ آن	یون شناساگر	کاتیون	نام کاتیون
$Pb^{2+}(aq) + 2KI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2K^+(aq)$	PbI_2 زرد رنگ	$I^-(aq)$ یدید	$Pb^{2+}(aq)$	سرب (II)
$Fe^{3+}(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3Na^+(aq)$	$Fe(OH)_3(s)$ قرمز رنگ	$OH^-(aq)$ هیدروکسید	$Fe^{3+}(aq)$	آهن (III)
$Ba^{2+}(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2Na^+(aq)$	$BaSO_4(s)$ سفید رنگ	$SO_4^{2-}(aq)$ سولفات	$Ba^{2+}(aq)$	باریم
$2Ag^+(aq) + K_2CrO_4(aq) \rightarrow Ag_2CrO_4(s) + 2K^+(aq)$	$Ag_2CrO_4(s)$ قهوه‌ای مایل به نارنجی	CrO_4^{2-} کرومات	$Ag^+(aq)$	نقره



رنگ کاتیونهای مهم

www.ShimiPedia.ir

استوکیومتری

✓ استوکیومتری با نسبت مقدار عنصرها در ترکیبها و نیز ارتباط کمی میان مقادیر مواد شرکت کننده در واکنشهای شیمیایی سروکار دارد.

✓ با استفاده از روابط استوکیومتری، می توان بین مقدار مواد واکنش دهنده و فرآورده یک ارتباط کمی برقرار کرد.

✓ در محاسبات استوکیومتری قبل از هر محاسبه‌ای بایستی معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش را در اختیار داشت.

✓ برای حل مسائل استوکیومتری لازم است، با کسرهای تبدیل و کاربرد آنها آشنایی کافی داشت.

✓ برخی از مهم ترین کسرهای تبدیل لازم در محاسبات استوکیومتری عبارتند از:

۱- کسر تبدیل جرم - مول (جرم مولی): (x ماده ی فرضی است)

$$\frac{1 \text{ mol } x}{? \text{ g } x} \rightarrow \text{ یا } \leftarrow \frac{? \text{ g } x}{1 \text{ mol } x} : \text{ کسر تبدیل} \rightarrow \text{جرم یک مول} = \text{جرم مولی}$$

نکته: بسته به نیاز مسأله می توان از یکی از کسرهای فوق استفاده کرد.

۲- کسر تبدیل جرم - حجم (چگالی = دانسیته):

$$\frac{1 \text{ L } x}{? \text{ g } x} \rightarrow \text{ یا } \leftarrow \frac{? \text{ g } x}{1 \text{ L } x} : \text{ کسر تبدیل} \rightarrow \text{حجم (لیتر) / جرم (گرم)} = \text{چگالی}$$

۳- کسر تبدیل مول - حجم (شرایط STP):

✓ قانون آووگادرو: **حجم** یک مول از گازهای مختلف در شرایط دما و فشار **یکسان**، برابر است.

✓ در شرایط استاندارد (STP) یک مول از هر گازی، دارای (22/4 L = 22400 mL) حجم می باشد.

✓ شرایط STP یعنی دمای °C (273K) و فشار ۱ اتمسفر (1 atm = 760 mmHg).

با فرض برقراری شرایط STP کسر تبدیل «مول - حجم» به صورت زیر است:

$$\frac{1 \text{ mol گاز}}{22/4 \text{ L گاز}} \leftarrow \text{ یا } \rightarrow \frac{22/4 \text{ L گاز}}{1 \text{ mol گاز}} \quad \text{و} \quad \frac{22400 \text{ mL گاز}}{1 \text{ mol گاز}} \leftarrow \text{ یا } \rightarrow \frac{1 \text{ mol گاز}}{22400 \text{ mL گاز}}$$

۴- کسر تبدیل عدد آووگادرو (مول - تعداد):

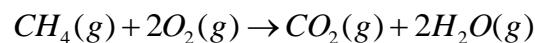
✓ یک مول از هر ذره معادل تعداد $6/022 \times 10^{23}$ از آن ذره است که مبنای یک کسر تبدیل در استوکیومتری

می شود:

$$1 \text{ mol (مولکول) / } 6/022 \times 10^{23} \text{ (مولکول) اتم} \leftrightarrow 6/022 \times 10^{23} \text{ (مولکول) اتم / } 1 \text{ mol (مولکول) اتم}$$

۵- کسر تبدیل قانون گی لوساک (لیتر - لیتر):

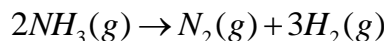
✓ **قانون گی لوساک** همان قانون نسبتهای ترکیبی معین است که طبق این قانون، در **دما و فشار ثابت**، گازها در نسبتهای حجمی معینی با هم واکنش می دهند. برای مثال، واکنش سوختن متان نمایش داده شده است.



می توان گفت که یک حجم گاز متان CH_4 با دو حجم گاز اکسیژن (O_2) واکنش می دهد و یک حجم گاز کربن دی اکسید (CO_2) و دو حجم بخار آب (H_2O) تشکیل می شود.

✓ استفاده از این قانون در محاسبات استوکیومتری، فقط زمانی مجاز است که تمام مواد واکنش دهنده و فرآورده های واکنش، حالت فیزیکی گاز، داشته باشند.

✓ چنانچه همه ی مواد شرکت کننده در واکنش، گازی شکل باشند، کسر تبدیل حجم آنها همان نسبت ضرایب آنها به هم است. به عنوان مثال در واکنش:



$$\text{کسر تبدیل گی لوساک: } \frac{2LNH_3}{3LH_2} \leftrightarrow \frac{3LH_2}{2LNH_3}, \quad \frac{1LN_2}{3LH_2} \leftrightarrow \frac{3LH_2}{1LN_2}$$

۶- کسر تبدیل غلظت مولی (غلظت مولار):

✓ تعداد مولهای حل شده در حجم مشخصی از محلول (بر حسب لیتر) را «**غلظت مولی**» می گویند.

$$\frac{1Lx}{?molx} \leftarrow \text{یا} \rightarrow \frac{?molx}{1Lx}$$

کسر تبدیل \rightarrow حجم مول بر حسب لیتر / تعداد مول های حل شونده = غلظت مولی

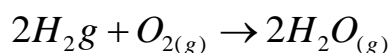
در کسر تبدیل غلظت مولی به جای علامت؟، غلظت مولی ماده نوشته می شود.

✓ چنان چه حجم محلول بر حسب میلی لیتر بیان شود، کسر تبدیل غلظت مولی به شکل زیر استفاده می شود:

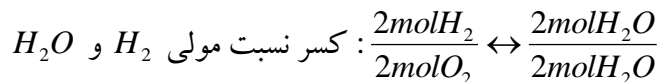
$$\text{کسر تبدیل غلظت مولار} = \frac{1000mLx}{?molx} \leftarrow \text{یا} \rightarrow \frac{?molx}{1000mLx}$$

۷- کسر تبدیل نسبت مولی:

✓ نسبت مولی مواد به هم در واقع همان نسبت ضرایب استوکیومتری آنها به هم در معادله ی موازنه شده است. مثال: در واکنش تولید آب از اکسیژن و هیدروژن، معادله ی واکنش و کسرهای نسبت مولی مواد به صورت زیر است:



$$\text{کسر نسبت مولی } H_2 \text{ و } O_2: \frac{2molH_2}{1molO_2} \leftrightarrow \frac{1molO_2}{2molH_2}$$



✓ هر گاه بخواهیم با داشتن مقدار یک ماده، مقدار ماده‌ی دیگری در همان معادله را به دست آوریم به کسر تبدیل نسبت‌های مولی احتیاج داریم.
 ✓ نسبت‌های مولی مواد، همانند یک پل ارتباطی بین مقدار دو ماده عمل می‌کنند.

شیوه‌ی طراحی سوالات استوکیومتری در کنکور سراسری

✓ با توجه به مفهومی‌تر شدن سوالات کنکور در سال‌های اخیر و تداوم احتمالی این روند در سال‌های آتی، پیش‌بینی می‌شود مسائل استوکیومتری، اغلب به صورت ترکیبی از بحث‌های مختلف استوکیومتری طراحی شوند.
 ✓ سوال‌های کنکور سراسری اغلب در رابطه با مباحث زیر مطرح می‌شوند:
 قانون آووگادرو و گی‌لوساک - تعیین فرمول تجربی و مولکولی - درصد خلوص - بازده - واکنش دهنده‌ی محدود کننده و اضافی.
 ✓ یکی از دلایلی که باعث دشواری حل مسائل استوکیومتری می‌شود، نداشتن معادله‌ی واکنش است که داوطلب خود، باید آن را به دست آورد. برای رفع این مشکل، پیشنهاد می‌شود، مبحث انواع واکنش‌های شیمیایی، در ابتدای این بخش و پیوست همین کتاب به خوبی فرا گرفته شود.

تعیین فرمول تجربی

✓ **فرمول تجربی** یک ترکیب شیمیایی **ساده‌ترین نسبت صحیح** بین تعداد اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن ترکیب است.
 ✓ **فرمول مولکولی** تعداد واقعی اتم‌های هر عنصر در ترکیب مورد نظر را مشخص می‌کند.

✓ **رابطه‌ی بین فرمول مولکولی و فرمول تجربی به صورت زیر است:**

فرمول تجربی $\times n =$ فرمول مولکولی و جرم فرمول تجربی $\times n =$ جرم فرمول مولکولی

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

روش حل مسایل فرمول تجربی

✓ مسایل مربوط به تعیین فرمول تجربی معمولاً با دادن درصد عنصرهای سازنده‌ی ترکیب مطرح می‌شوند و از داوطلب خواسته می‌شود که فرمول تجربی را بدست آورد.
 ✓ الگوی حل مسایل تعیین فرمول تجربی به صورت زیر خلاصه می‌شود:

ابتدا درصدهای داده شده را به گرم تبدیل می‌کنیم و مقادیر مول را برای هر یک از اجزا بدست می‌آوریم سپس تقسیم بر کمترین مول بدست آمده می‌کنیم تا تعداد نسبی هر یک از عناصر در فرمول بدست آید.

۱- تعیین تعداد اتم X در فرمول تجربی ترکیب:

$$\text{تعداد نسبی } X = \text{مقدار کمتر } X \text{ یا } molx \div Y = \text{جرم یک مول } X / \text{حذف علامت درصد } \rightarrow gx \times 1 \text{ molx} / X \rightarrow \%x$$

۲- تعیین تعداد اتم Y در فرمول تجربی ترکیب:

$$\text{تعداد نسبی } Y = \text{مقدار کمتر } X \text{ یا } molY \div Y = \text{جرم یک مول } Y / \text{حذف علامت درصد } \rightarrow \%Y$$

✓ در صورتی که تعداد اتمها کسری (اعشاری) باشد، همه‌ی عددها را در کوچکترین عدد صحیح که آنها را از حالت کسری خارج کند، ضرب می‌کنیم.

? تست نمونه

اگر ترکیبی از نیتروژن و اکسیژن شامل ۳۰/۴۳٪ نیتروژن باشد، فرمول تجربی این ترکیب کدام است؟

$$(N = 14, O = 16 : g.mol^{-1}) \text{ (تألیفی و تکرار مشابه در سراسری تجربی ۹۱)}$$



پاسخ:

$$N \text{ تعداد } \rightarrow \%30 / 43 \rightarrow 30 / 43 gN \times \frac{1 mol N}{14 g N} = 2 / 17 mol N \div 2 / 17 = 1$$

$$O = \%100 - \%30 / 43 = 69 / 57\% \text{ درصد}$$

$$O \text{ تعداد } \rightarrow \%69 / 57 \rightarrow 69 / 57 gN \times \frac{1 mol O}{16 g O} = 4 / 34 mol O \div 2 / 17 = 2$$

$$N : O \equiv 1 : 2 \rightarrow \text{فرمول تجربی } NO_2$$

گزینه‌ی «۱» صحیح است.

نکته: ممکن است در یک مسأله فرمول مولکولی ترکیب خواسته شود. در این صورت ابتدا فرمول تجربی را تعیین کرده و سپس با استفاده از جرم مولی داده شده می‌توان فرمول مولکولی را تعیین کرد چرا که فرمول مولکولی ضریبی صحیح از فرمول تجربی است.

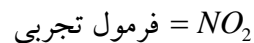
? تست نمونه

از تجزیه‌ی یکی از اکسیدها نیتروژن ۱۵/۲۴g و اکسیژن ۳۴/۷۸g به دست آمده است اگر جرم مولی این ترکیب $92 g.mol^{-1}$ باشد، فرمول مولکولی آن کدام است؟ (تألیفی)

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



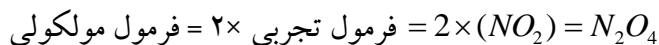
پاسخ:



$$\text{تعداد N} \rightarrow 15/22g N \times \frac{1mol N}{14g N} = 1/08mol N \div 1/08 = 1$$

$$\text{تعداد O} \rightarrow 34/78g O \times \frac{1mol O}{16g O} = 2/18mol O \div 1/08 \approx 2$$

$$\text{جرم فرمول مولکولی} = \text{جرم فرمول تجربی} \times n \rightarrow 92 = n \times 46 \rightarrow n = 2$$



گزینه ی (۳) صحیح است.

روش کلی حل مسایل استوکیومتری

✓ حل مسایل استوکیومتری از قاعده‌ی کلی زیر تبعیت می‌کند:

کسرهای تبدیل \times داده‌ی مسأله = خواسته‌ی مسأله

✓ چنانچه مقدار یک ماده بر حسب واحدی غیر از مول (مانند گرم، لیتر، میلی لیتر و ...) مشخص باشد، با استفاده از کسرهای تبدیل مناسب، ابتدا مقدار داده شده‌ی آن ماده را به تعداد مول آن ماده تبدیل کرده و سپس به کمک کسر تبدیل نسبت مولی (پل ارتباطی) به تعداد مول ماده‌ی مجهول رسیده و در آخر به یکای مورد نظر ماده‌ی مجهول درخواستی سوال دست می‌یابیم.

✓ قاعده‌ی کلی حل مسائل استوکیومتری را که در کادر زیر نشان داده شده است به خاطر بسپارید:

\times تعداد مول معلوم \rightarrow کسر تبدیل مناسب \rightarrow مقدار معلوم = ؟ مقدار ماده‌ی مجهول
مقدار ماده‌ی مجهول \rightarrow کسر تبدیل مناسب \times تعداد مول مجهول \rightarrow کسر تبدیل نسبت مولی

درصد خلوص مواد

✓ در محاسبات استوکیومتری، چون مقدار خالص ماده وارد واکنش می‌شود، پس محاسبات براساس آن انجام می‌گیرد.

$100 / \text{درصد خلوص} \times \text{جرم ماده ناخالص} = \text{جرم ماده‌ی خالص}$
 $100 \times \text{مقدار ناخالص ماده} / \text{مقدار خالص ماده} = \text{درصد خلوص}$

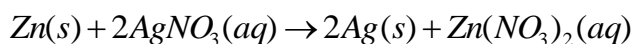
تست نمونه

از واکنش کامل ۵/۰g روی ۷۵٪ با محلول نقره نیترات، چند گرم نقره آزاد می‌شود؟

$$(Zn = 65, Ag = 108 : g.mol^{-1})$$

$$۱۲/۴۶ (۴) \quad ۷/۵۰ (۳) \quad ۶/۲۳ (۲) \quad ۳/۷۵ (۱)$$

پاسخ: معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش:



$$Zn \text{ خالص} = 5g \times \frac{75}{100} = 3/75g Zn \text{ خالص}$$

$$? g Ag = 3/75g Zn \times \frac{1mol Zn}{65g Zn} \times \frac{2mol Ag}{1mol Zn} \times \frac{108g Ag}{1mol Ag} = 12/46g Ag$$

گزینه‌ی «۴» صحیح است.

استوکیومتری محلولها

✓ غلظت مولی (مولاریته): تعداد مولهای ماده‌ی حل شده که در یک لیتر محلول مورد نظر وجود دارد.

$$M = \frac{n(mol)}{V(L)} \text{ مولاریته}$$

✓ محاسبه‌ی تعداد مولهای حل شونده:

$$n = M \times V \rightarrow n = \frac{n(mol)}{V(L)} \text{ مولاریته}$$

تهیه‌ی محلولها با غلظت مشخص

✓ برای تهیه‌ی حجم مشخصی از یک محلول با غلظت معین، ابتدا با استفاده از روابط استوکیومتری، جرم ماده‌ی جامد لازم را مشخص کرده، سپس آن را در آب خالص حل نموده و در یک بالون حجمی (با آن حجم خواسته شده) با افزودن آب خالص به حجم می‌رسانیم.

? تست نمونه

برای تهیه‌ی ۱۰۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۲٪، مولار به چند گرم از این ماده نیاز داریم؟ (تالیفی)

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

$$۸(۴) \quad ۷/۸(۳) \quad ۴(۲) \quad ۰/۴(۱)$$

پاسخ: از غلظت مولی محلول به عنوان یگ کسر تبدیل در محاسبات استفاده می‌شود.

$$? g NaOH(s) = 100ml NaOH(aq) \times \frac{0/2mol NaOH(s)}{1000ml NaOH(aq)} \times \frac{40g NaOH(s)}{1mol NaOH(s)} = 0/8g NaOH(s)$$

کسر تبدیل غلظت مولی

رقیق کردن محلول‌ها: در رقیق کردن یک محلول، تعداد مولهای حل شونده تغییری نمی‌کند و فقط مقدار حلال (آب) افزایش می‌یابد. تغییر حجم حلال باعث تغییر غلظت مولی محلول می‌شود.
 ✓ در رقیق کردن یک محلول داریم:

تعداد مول محلول رقیق = تعداد مول محلول غلیظ

$$M_1 \cdot V_1 \cdot Z_2 = M_2 \cdot V_2 \cdot Z_1$$

محلول رقیق محلول غلیظ

Z_2, Z_1 : ضرایب استوکیومتری می‌باشند.

؟ تست نمونه

برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مول بر لیتر HCl، باید چند میلی لیتر از محلول ۲ مول بر لیتر آن را برداشت و به حجم رساند؟ (تألیفی)

۰/۵(۱) ۲/۵(۲) ۵(۳) ۱۰(۴)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \rightarrow 2 \times V_1 = 0/1 \times 100 \rightarrow V_1 = 5ml$$

پاسخ: گزینه‌ی «۳».

استوکیومتری واکنش محلولها

✓ در استوکیومتری محلولها، غلظت مولی محلول را به عنوان یک کسر تبدیل وارد محاسبات می‌کنیم.

✓ به عنوان مثال: وقتی غلظت مولی محلولی ۰/۱ مول بر لیتر است، کسر تبدیل آن می‌شود:

حل شونده ۰/۱ mol / ۱L محلول ↔ ۱L محلول / ۱ mol حل شونده

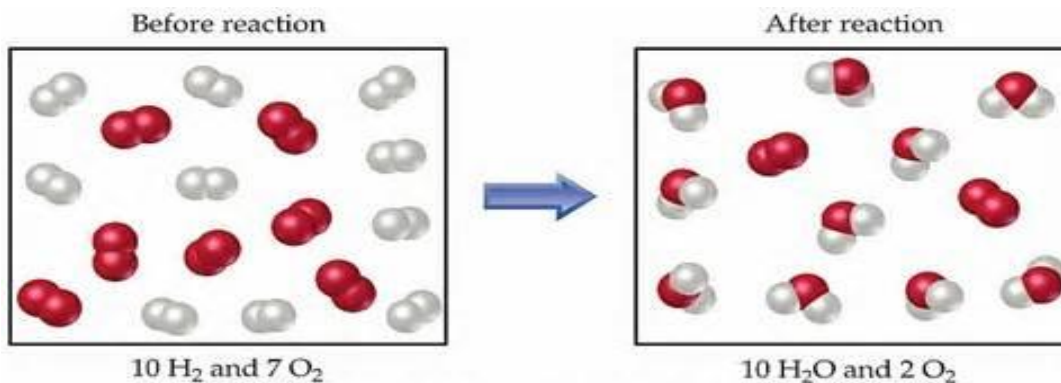
؟ تست نمونه

چند میلی لیتر محلول $0/3 mol.L^{-1}$ سرب (II) نترات برای واکنش کامل با ۱۵۰ میلی لیتر محلول $0/18 mol.L^{-1}$ پتاسیم یدید لازم است؟ (سراسری ریاضی ۸۵)

۵۰(۱) ۴۵(۲) ۲۵(۳) ۴۰(۴)

🔴 نکته: در محاسبات استوکیومتری محلولها، بهتر است از حجم محلول با غلظت مولار مشخص شروع کنیم.

واکنش دهنده‌ی محدود کننده و اضافی



Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

✓ واکنش دهنده‌ی محدود کننده، به مقدار کمتری از مقادیر استوکیومتری وجود دارد. بنابراین، زودتر از واکنش دهنده‌های دیگر مصرف می‌شود. به همین دلیل، محاسبات استوکیومتری را بر مبنای واکنش دهنده‌ی محدود کننده، انجام می‌دهند. در صنعت ماده‌ی گران قیمت تر را به عنوان واکنش دهنده‌ی محدود کننده انتخاب می‌کنند.

✓ روش تعیین محدود کننده:

- ۱- تعیین تعداد مولهای هر یک از واکنش دهنده‌ها.
- ۲- تقسیم تعداد مولهای واکنش دهنده‌ها بر ضرایب مولی آن‌ها در معادله موازنه شده.
- ۳- کوچکترین حاصل تقسیم، در مرحله‌ی ۲ محدود کننده است.

تست: اگر ۲۵ میلی لیتر محلول ۴ مولار هیدروکلرید اسید به ۴ گرم کلسیم کربنات اضافه شود تا با هم واکنش دهند، واکنش دهنده اضافی کدام است و کدام گاز و چند لیتر از آن در شرایط STP آزاد می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۱)

($C = 12, O = 16, Ca = 40 : g.mol^{-1}$)

- | | |
|--|---|
| (۱) کلسیم کربنات - کالر - ۰/۸۹۶ | (۲) هیدروکلرید اسید - کالر - ۰/۶۷۲ |
| (۳) کلسیم کربنات - کربن دی اکسید - ۰/۶۷۲ | (۴) هیدروکلرید اسید - کربن دی اکسید - ۰/۸۹۶ |

پاسخ:



HCl = واکنش دهنده‌ی اضافی:

$$CaCO_3 : \text{mol / ضریب} = \frac{0/04}{1} = 0/04$$

$$HCl : \text{مول / ضریب} = \frac{0/025 \times 4}{2} = 0/05$$

با توجه به تولید گاز CO_2 و عدم تولید گاز Cl_2 می توان رای به درستی گزینه ی ۴ داده و نیازی به انجام محاسبات استوکیومتری خواسته شده، نیست!

بازده درصدی واکنش های شیمیایی

✓ بازده درصدی یک واکنش نسبت مقدار عملی به نظری فراورده ها را نشان می دهد و به صورت زیر تعریف می شود:

$$100 \times \text{مقدار نظری} / \text{مقدار عملی} = \text{بازده درصدی}$$

✓ **مقدار عملی:** مقدار فراورده ای است که در عمل از معادله به دست می آید.

✓ **مقدار نظری:** مقدار فراورده ای است که انتظار داریم از محاسبات استوکیومتری حاصل شود.

✓ همیشه مقدار عملی یک فراورده از مقدار نظری آن کمتر است و بازده کمتر از ۱۰۰٪ است.

✓ هرگاه در صورت سوال عنوان شد n مقدار از ماده ای تولید شده، آن مقدار عملی است.

? تست نمونه

اگر از واکنش ۱۳ گرم فلز روی با مقدار کافی محلول هیدروکلریک اسید، مقدار $21/76$ گرم روی کلرید به دست آید، بازده درصدی این واکنش کدام است؟ ($Cl = 35/5, Zn = 65 : g.mol^{-1}$) (سراسری ریاضی ۸۴)

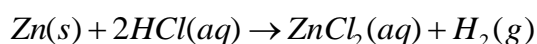
۸۵(۴)

۸۰(۳)

۷۵(۲)

۷۰(۱)

پاسخ: معادله ی موازنه شده ی واکنش:

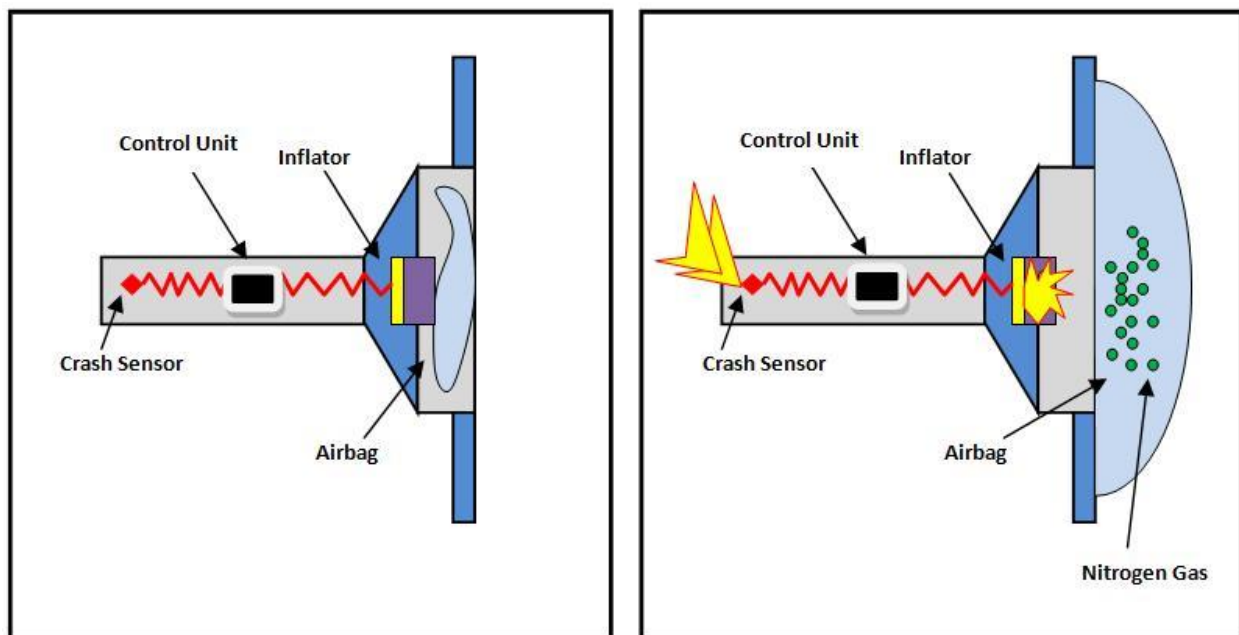


مقدار نظری:

$$? g ZnCl_2 = 13 g Zn \times \frac{1 mol Zn}{65 g Zn} \times \frac{1 mol ZnCl_2}{1 mol Zn} \times \frac{136 g ZnCl_2}{1 mol ZnCl_2} = 27/2 g ZnCl_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \text{مقدار نظری} / \text{مقدار عملی} \times 100 = \frac{21/76}{27/2} \times 100 = 80\%$$

کیسه‌های هوا خودروها

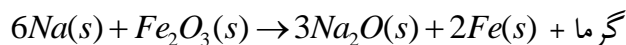


مکانیسم عملکرد کیسه‌های هوا خودروها

✓ کارایی کیسه‌های هوا، به تولید گاز نیتروژن در کمترین زمان ممکن بستگی دارد که توسط واکنش زیر به دست می‌آید:

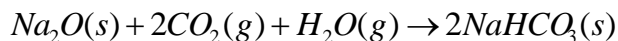


✓ ماده‌ی مولد گاز NaN_3 (سدیم آزید) است و گاز پرکننده‌ی کیسه‌ی هوا، گاز نیتروژن (N_2) می‌باشد.
 ✓ به منظور پرشدن ناگهانی کیسه‌ی هوا و از بین بردن خطر سدیم فلزی ($\text{Na}(s)$) حاصل از واکنش تجزیه‌ی NaN_3 واکنش زیر انجام می‌شود:



✓ گرمای حاصل از واکنش فوق باعث انبساط گاز نیتروژن و پرشدن ناگهانی کیسه می‌شود. (دما بطور ناگهانی 1000°C بالا می‌رود)

✓ برای از بین بردن خطر $\text{Na}_2\text{O}(s)$ درون کیسه‌ی هوا واکنش دیگری را نیز در نظر می‌گیرند که تولیدسدیم هیدروژن بی کربنات یا جوش شیرین می‌کند:



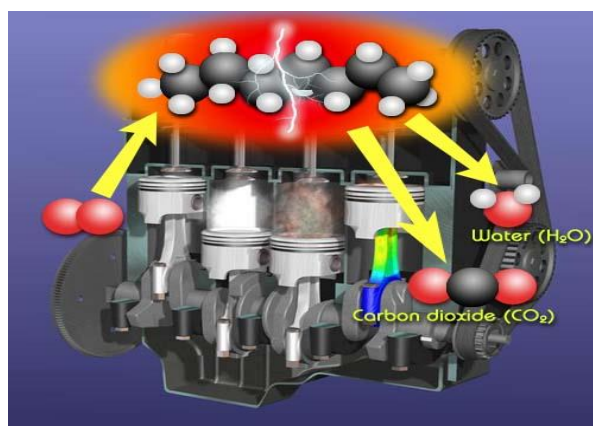
✓ حجم گاز تولید شده در کیسه به دو عامل زیر بستگی دارد.

۱- مقدار NaN_3 تجزیه شده

۲- چگالی گاز N_2 که آن هم به **دمای واکنش** بستگی دارد.

✓ در مجموع، سه نوع واکنش **تجزیه، جابه‌جایی یگانه و ترکیب**، درون یک کیسه‌ی هوا انجام می‌شود.

موتور خودروها



✓ کارایی موتور خودرو به رعایت اصول استوکیومتری بستگی دارد.

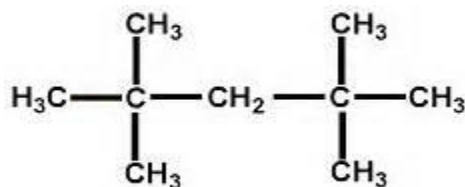
✓ بهترین کارایی موتور خودرو هنگامی است که نسبت سوخت (بنزین) به اکسیژن (O_2)، $\frac{2}{25}$ یا $\frac{1}{12/5}$ باشد.

✓ **فرایند سوختن بنزین:** هرچند که بنزین مخلوطی از هیدروکربنهای متفاوت با **۵ تا ۱۲** اتم کربن است، اما

می‌توان از **ایزواکتان خالص** با **۸** اتم کربن در فرمول سوختن آن استفاده نمود:



بنزین (= ایزواکتان)



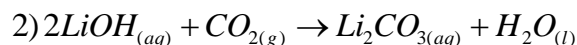
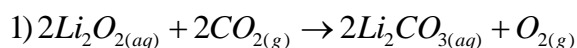
ساختار بنزین (= ایزواکتان)

نکته‌های حفظی استوکیومتری

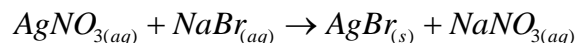
- ✓ بیشتر واکنشهای شیمیایی در حالت محلول انجام می‌شوند.
- ✓ مقدار واکنش دهنده‌های محلول به حجم و غلظت آنها بستگی دارد ($n = M \times V$)
- ✓ یکی از روشهای تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش منگنز (IV) اکسید (منگنز دی اکسید) با هیدروکلریک اسید است:



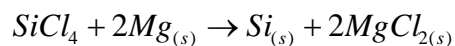
- ✓ برای تصفیه‌ی هوای درون فضاپیماها و برای حذف CO_2 فضای درونی آنها از واکنشهای زیر استفاده می‌شود:



- استفاده از واکنش (۱) نسبت به واکنش (۲) بهتر بوده و دارای مزایای زیر است:
 - (۱) CO_2 بیشتری جذب کرده و هوا را بهتر تصفیه می‌کند.
 - (۲) گاز O_2 تولید می‌کند که برای تنفس بسیار مفید است.
- ✓ نقره برمید یکی از ترکیبهای به کار رفته در ساخت فیلمهای عکاسی بوده که از واکنش زیر حاصل می‌شود:



- ✓ سیلیسیم خالص که در تراشه‌های الکترونیکی و باتریها (سلولهای خورشیدی به کار می‌رود، از واکنش زیر به دست می‌آید.

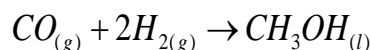


- ✓ متانول که از ترکیب کربن مونواکسید و گاز هیدروژن به دست می‌آید، دارای سه کاربرد بسیار مهم است:

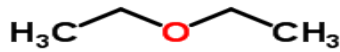
۱- به عنوان سوخت خودروها

۲- به عنوان حلال مناسب در صنعت

۳- به عنوان ضد عفونی کننده

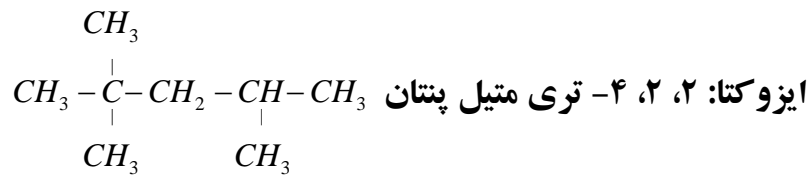


- ✓ دی اتیل اتر یکی از شناخته شده‌ترین اترهاست و این مایع فرار و آتش گیر به عنوان بیهوش کننده در گذشته به کار می‌رفت.



دی اتیل اتر

✓ فرمول ساختاری ایزوکتان که به عنوان بنزین خالص با عدد اوکتان ۱۰۰ معروف است به صورت زیر است:



✓ نام و فرمول شیمیایی الکل‌های زیر را به خاطر بسپارید:

CH_3OH : متانول (الکل چوب)

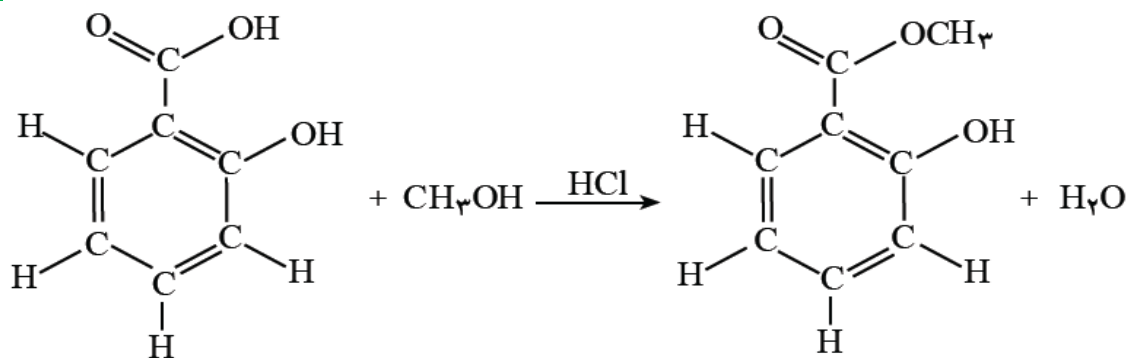
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: اتانول (الکل میوه‌ها)

ایتیلن گلیکول (ضد یخ): $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$

گلیسرول (گلیسرین): $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$

✓ سالیسیلات به عنوان طعم دهنده به مواد غذایی و دارویی و در عطر سازی کاربرد دارد. از واکنش

زیر به دست می‌آید:



سالیسیلیک اسید

(جرم مولی = ۱۳۸/۱ g/mol)

متانول

متیل سالیسیلات

(جرم مولی = ۱۵۲/۲ g/mol)

روش تناسب در حل مسائل

روش تناسب برای حل مسائل فقط در کنکور کاربرد دارد و از آن جایی که استفاده از این روش در پاسخگویی به سوالات امتحانهای نهایی مجاز نیست، در انتهای فصل ارایه شده و فقط به مرور آن و حل یک تست از آن اکتفا می شود.

روش کلی تناسب بر رابطه‌ی زیر استوار است:

ضریب B در معادله‌ی موازنه شده / تعداد مول ماده‌ی B = ضریب A در معادله‌ی موازنه شده / تعداد مول ماده‌ی A

- در حل مسایل به روش تناسب شما باید اقدامهای زیر را انجام دهید:
- نوشتن معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش.
 - به خاطر سپردن کسرهای تناسب.
 - بستن تناسب لازم با انتخاب درست دو کسر تناسب.
- مهمترین کسرهای تناسب برای حل مسائل استوکیومتری عبارتند از:
- فرض: A ماده‌ی مورد نظر و a ضریب آن در معادله‌ی موازنه شده است:

$$\frac{mol A}{a \times 1} = gA = A / a \times \text{جرم مولی} \quad L = \frac{LA}{a \times 22 / 4} = \frac{mLA}{a \times 22400} \times M \quad \text{غلظت مولار}$$
$$\text{جرم مولی } M \times a \times 1000 / a \times M = \text{جرم مولی } M \times a \times M / a \times M \times d \quad \text{چگالی} \quad LA \times d = mLA \times d$$
$$= mLA \times M$$
$$\Delta H / \text{مقدار گرما} = 6 / 022 \times 10^{23} / a \times \text{تعداد مولکولهای } A = \text{جرم مولی } M \times a \times M / a \times M \times C \quad \text{غلظت معمولی}$$

نکته: با توجه به نوع یکاهای مطرح شده در مسأله به کمک دو تا از کسرهای ذکر شده، یک تناسب می‌بندیم و مجهول مورد نظر مسأله (x) را به دست می‌آوریم.

تست نمونه

برای تولید ۱۱۲ml گاز هیدروژن در شرایط STP حاصل از واکنش هیدروکلریک اسید بر فلز روی به چند گرم روی نیاز داریم؟ (Zn=۶۵)

۶/۵(۴)

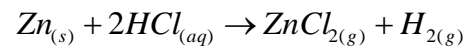
۰/۶۵(۳)

۳/۲۵(۲)

۰/۳۲۵(۱)

پاسخ: گزینه‌ی «۱».

۱- نوشتن معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش:



۲- بستن تناسب:

اکنون صحبت از حجم گاز در شرایط STP و گرم فلز روی است، کسرهای تناسب هم به صورت زیر انتخاب می‌شوند:

$$\frac{\begin{array}{c} \text{gZn} \\ \downarrow \\ \text{gZn} \end{array}}{\text{جرم مولی Zn} \times \text{ضریب Zn}} = \frac{\begin{array}{c} \text{mLH}_2(\text{STP}) \\ \downarrow \\ \text{mLH}_2 \end{array}}{\text{ضریب H}_2 \times 22400}$$

۳- جایگزینی اعداد و حل تناسب (به جای مجهول X قرار می‌دهیم):

$$\frac{x}{1 \times 65} = \frac{112}{1 \times 22400} \rightarrow x = \frac{65 \times 112}{22400} = 0.325 \text{ gZn}$$

فصل هشتم

محلولها

فاز

✓ بخشی از ماده که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسان باشد و هیچ گونه تمایزی بین قسمت‌های مختلف آن نتوان یافت، **فاز** می‌گویند.

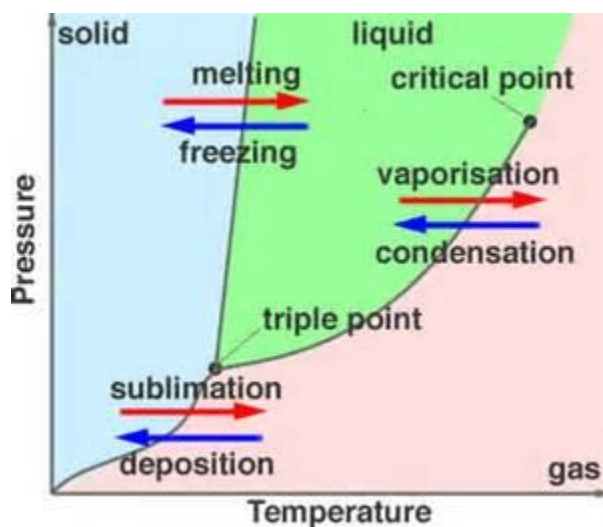
✓ هر فاز دارای **خواص شدتی** کاملاً یکسان در تمام قسمت‌های آن است.

یادآوری: ضریب شکست نور، رنگ طعم و چگالی **خواص شدتی** هستند.

✓ اگر مخلوطی از چند **گاز** داشته باشیم، همه‌ی آنها **یک فاز** را تشکیل می‌دهند.

✓ در مخلوط جامدها، به **تعداد جامدهای موجود** دارای فاز هستیم.

✓ تغییر فاز یک ماده، یک تغییر فیزیکی محسوب می‌شود زیرا هنگام تغییر فاز، ماهیت شیمیایی آن تغییر نمی‌کند، مانند: تبدیل آب به یخ، آب به بخار آب و بالعکس.



نمودار تبدیلات فاز آب

✓ به مرز میان دو فاز، **فصل مشترک دو فاز** گفته می‌شود. در **محلولها**، فصل مشترک قابل **تشخیص نیست**.

✓ هر محلول معمولاً از یک فاز و هر مخلوط معمولاً از چند فاز مجزا تشکیل شده است.

✓ هر محلول از دو جزء حلال و حل شونده تشکیل شده است.

✓ جزیبی از محلول که معمولاً درصد بیشتری از محلول را تشکیل می‌دهد و حل شونده را در خود حل می‌کند، **حلال** می‌گویند.

✓ فراوانترین و رایجترین حلال، آب است و غیر از آن حلال‌های مهم دیگر عبارتند از:

- ۱- **اتانول** (C_2H_5OH): پس از آب، مهمترین حلال صنعتی است که به هر نسبتی در آب حل می شود. از اتانول برای ضدعفونی کردن زخمها و تولید مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می شود.
- ۲- **هگزان** (C_6H_{14}): مایعی ناقطبی می باشد و حلال مناسبی برای بسیاری از ترکیبهای ناقطبی است. از هگزان به عنوان رقیق کننده (تینر) در رنگهای پوششی استفاده می شود.
- ۳- **استون** O
($CH_3 - \overset{\parallel}{C} - CH_3$): حلال مناسبی برای چربیها، رنگها و انواع لاکهاست. استون به هر نسبتی در آب حل می شود و از جمله حلالهای پر کاربرد در آزمایشگاه شیمی است.
- ۴- **تولوئن** ($C_6H_5 - CH_3$): حلالی ناقطبی، بی رنگ و آتش گیر است که به عنوان حلال در صنایع مختلفی چون رنگ و رزین به کار می رود.

پیش بینی انحلال پذیری مواد درهم

- ✓ **انحلال پذیری (قابلیت حل شدن):** به بیشترین مقدار گرم از یک ماده که در دمای معینی می تواند در $100g$ آب حل شود، گفته می شود.
- ✓ مواد از نظر میزان انحلال پذیری در آب به سه دسته تقسیم می شوند که در جدول زیر معرفی شده اند.

جدول مقایسه ای مواد از نظر انحلال پذیری

انواع مواد از نظر انحلال- پذیری	میزان حل شوندگی در ۱۰۰ گرم آب	مثال
نامحلول	کمتر از ۰/۰۱ گرم	نقره کلرید ($AgCl$)، باریم سولفات ($BaSO_4$)
کم محلول	بین ۰/۰۱ تا ۱ گرم	هگزانول ($C_6H_{13}OH$)، کلسیم سولفات ($CaSO_4$)
محلول	بیشتر از ۱ گرم	متانول (CH_3OH)، هیدروژن کلرید (HCl)

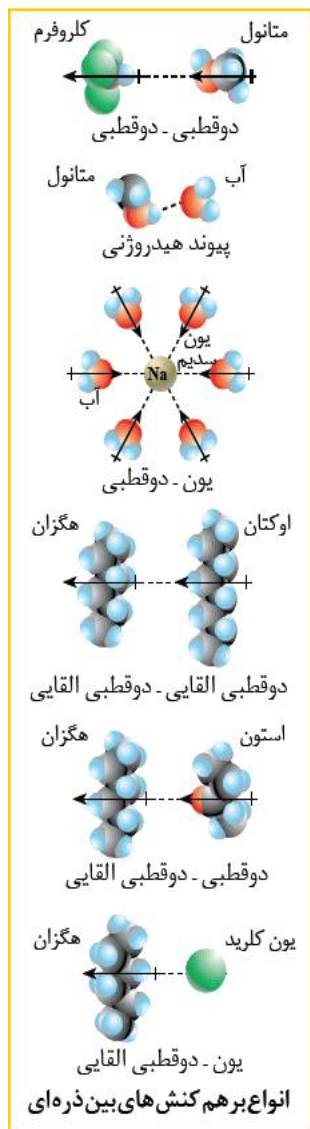
✓ برای پیش‌بینی انحلال‌پذیری مواد درهم، به مقایسه‌ی نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی پرداخته می‌شود:
- اگر نوع نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی دو ماده، شبیه هم بود (مثلاً هر دو قطبی یا هر دو ناقطبی باشند) دو ماده در هم دیگر حل می‌شوند.

(شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند.)

✓ اگر دو ماده دارای نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی متفاوت باشند یعنی یکی قطبی و دیگری ناقطبی، درهم دیگر حل نمی‌شوند.

✓ برخی حلال‌ها و مواد قطبی و ناقطبی که در کتاب درسی و تست‌های کنکور مطرح می‌شوند، در جدول زیر معرفی شده‌اند.

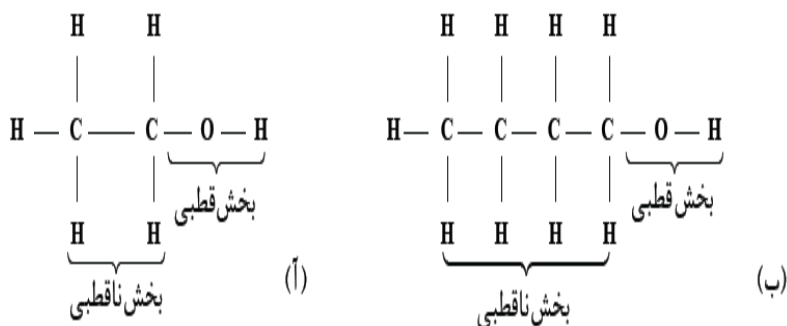
معروفترین حلال‌ها و مواد ناقطبی کنکور	معروفترین حلال‌ها و مواد قطبی کنکور
۱- هگزان، تولوئن، نفتالن.	۱- آب، اتانول، آمونیاک، شکر و استون
۲- بنزن، بنزین، کربن تتراکلرید.	۲- اسیدها مثل: استیک اسید، فرمیک اسید HCl، ویتامین C (آسکوربیک اسید)
۳- چربی‌ها، روغن‌ها، چرک‌ها، ویتامین A (رتینول)	۳- بازها مثل: NaOH, KOH, NH ₃ و ...
۴- ید (I ₂)، کلر (Cl ₂)، کربن دی‌اکسید (CO ₂)	۴- نمک‌ها مثل: NaCl, LiCl, KNO ₃ , NH ₄ NO ₃ , CaCl ₂ , MgCl ₂ و ...



✓ ساختمان الکل ها مانند اتانول، بوتانول و ... دارای دو بخش قطبی و ناقطبی است. الکلها تا سه کربن بخوبی در آب حل می شوند. الکلها در صورتی که دارای تعداد کربن بیشتری باشند، انحلال پذیری کمتری در آب دارند.

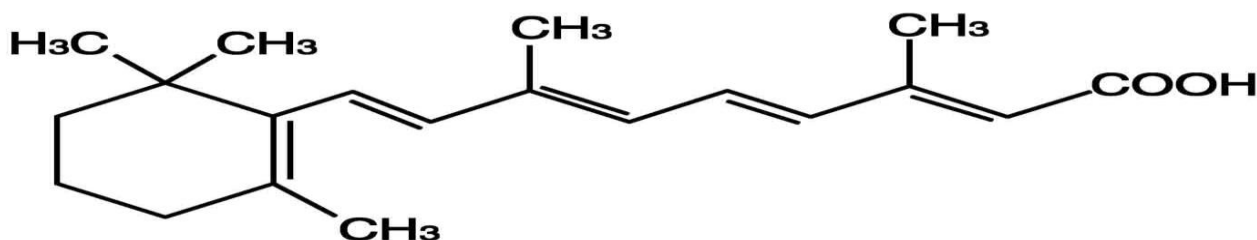
✓ بخش های قطبی هر ترکیب آلی شامل گروه های عاملی نظیر $-OH$ ، $-NH_2$ و ... می باشد.

✓ بخش هیدروکربنی هر ترکیب، بخش ناقطبی آن محسوب می شود.

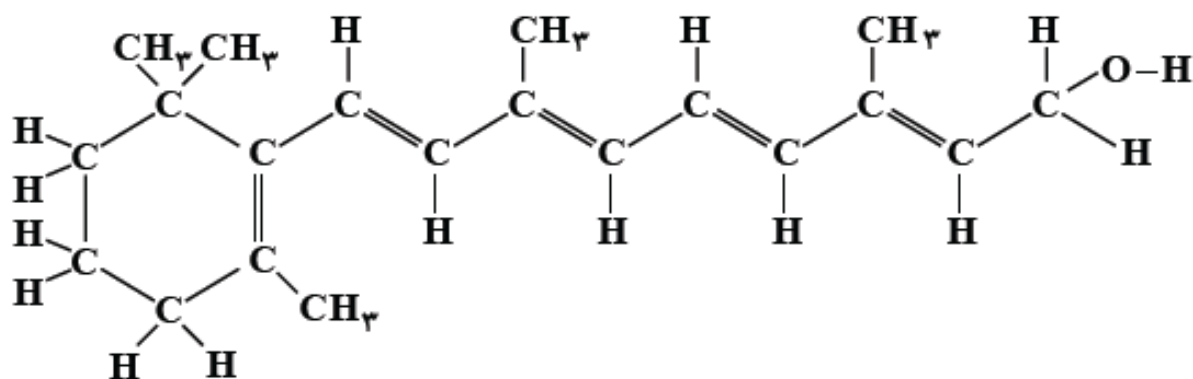


آ: اتانول ب: بوتانول

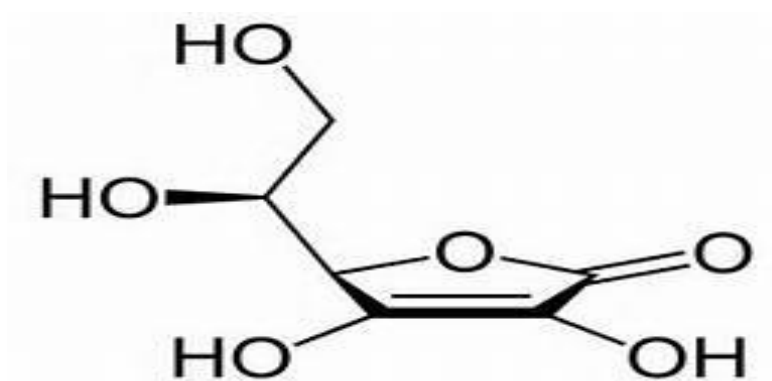
✓ ویتامین C با داشتن ۵ گروه قطبی در آب و ویتامین A با داشتن فقط یک گروه قطبی در چربی ها به خوبی حل می شوند.



ویتامین A



ویتامین A (رتینول)



ویتامین C

✓ هر ترکیبی که دارای گروه‌های قطبی بیشتری باشد، در حلال‌های قطبی بهتر حل می‌شود.
 ✓ بطور کلی با داشتن هر گروه قطبی باعث حل شدن سه کربن در حلال‌های قطبی می‌شود.

جدول مقایسه‌ای انحلال پذیری ترکیبهای یونی در آب

ترکیب‌های دارای این یون‌ها در آب محلول هستند	به جز هنگامی که با این یون‌ها همراه باشند
NH_4^+ (آمونیم) و کاتیون‌های فلزهای قلیایی	-
NO_3^- (نیترات‌ها) و ClO_3^- (کلرات‌ها)	-
Cl^- ، Br^- و I^- (کلریدها، برومیدها، یدیدها)	کاتیون‌های فلزات سُم جن (Ag^+ ، Hg_2^{2+} ، Cu^+ ، Pb^{2+})
SO_4^{2-} (سولفات‌ها)	کاتیون‌های جن کاسب (Ag^+ ، Hg_2^{2+} ، Sr^{2+} ، Pb^{2+} ، Ba^{2+} ، Ca^{2+})

ترکیب‌های دارای این یون‌ها در آب نامحلول هستند	به جز هنگامی که با این یون‌ها همراه باشند
CO_3^{2-} (کربنات‌ها) و PO_4^{3-} (فسفات‌ها)	کاتیون‌های فلزهای قلیایی و NH_4^+
OH^- (هیدروکسیدها) و O^{2-} (اکسیدها)	کاتیون‌های فلزهای قلیایی و Ca^{2+} و Ba^{2+} و NH_4^+ و Sr^{2+}
S^{2-} (سولفیدها)	کاتیون‌های فلزهای قلیایی، قلیایی خاکی و NH_4^+

نکته: به طور کلی؛ هر ترکیبی که دارای کاتیون‌های گروه اول جدول تناوبی و آمونیوم و یا دارای آنیون‌های نیترات و کلرات باشد، در آب محلول است.

✓ اغلب سولفیدها، اکسیدها، فسفات‌ها، کربنات‌ها و هیدروکسیدها در آب نامحلول‌اند.

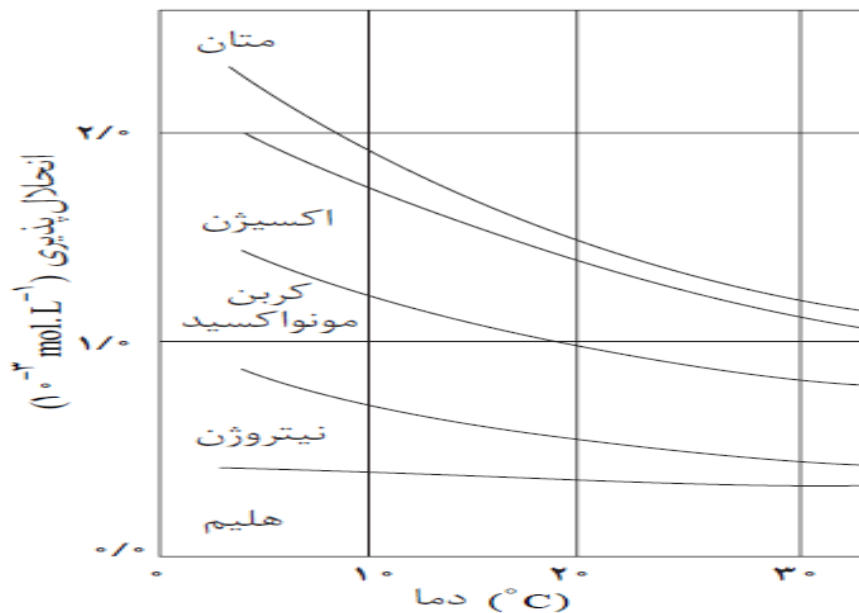
✓ دو عامل اساسی مؤثر بر انحلال پذیری مواد، عبارتند از:

۱- عامل آنتالپی (ΔH): انحلال‌های گرماده ($\Delta H < 0$) اغلب خودبه‌خودی هستند.

۲- عامل بی‌نظمی (ΔS): انحلال‌هایی که با افزایش بی‌نظمی ($\Delta S > 0$) همراه هستند، اغلب خودبه‌خودی هستند.

✓ عوامل مؤثر بر انحلال پذیری گازها در آب عبارتند از:

۱- دمای آب: با افزایش دمای آب، انحلال پذیری گازها، کاهش می‌یابد.



منحنی انحلال پذیری برخی از گازها در آب به عنوان تابعی از دما

منحنی انحلال پذیری گازها نسبت به دما، رو به پایین (نزولی) است.

۲- فشار گاز: با افزایش فشار گاز، انحلال پذیری گازها در آب افزایش می یابد.

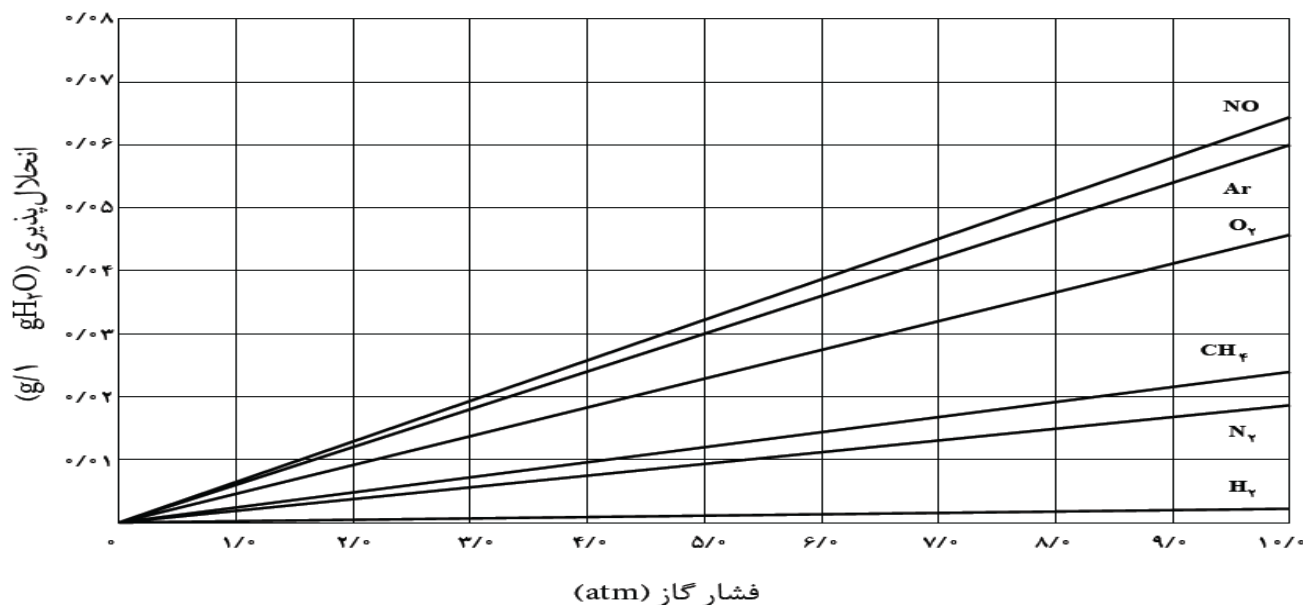
۳- جنس گاز (قطبیت گاز و جرم مولکولی گاز): گازهای قطبی و دارای جرم مولکولی بالا در آب بیشتر حل می شوند.

مثال بسیار مهم

انحلال پذیری در آب : $HCl > NH_3 > CO_2 > O_2 > N_2$
 جرم مولی (گرم بر مول) : ۳۶/۵ ۱۷ ۴۴ ۳۲ ۲۸
 قطبیت مولکول : قطبی غیر قطبی

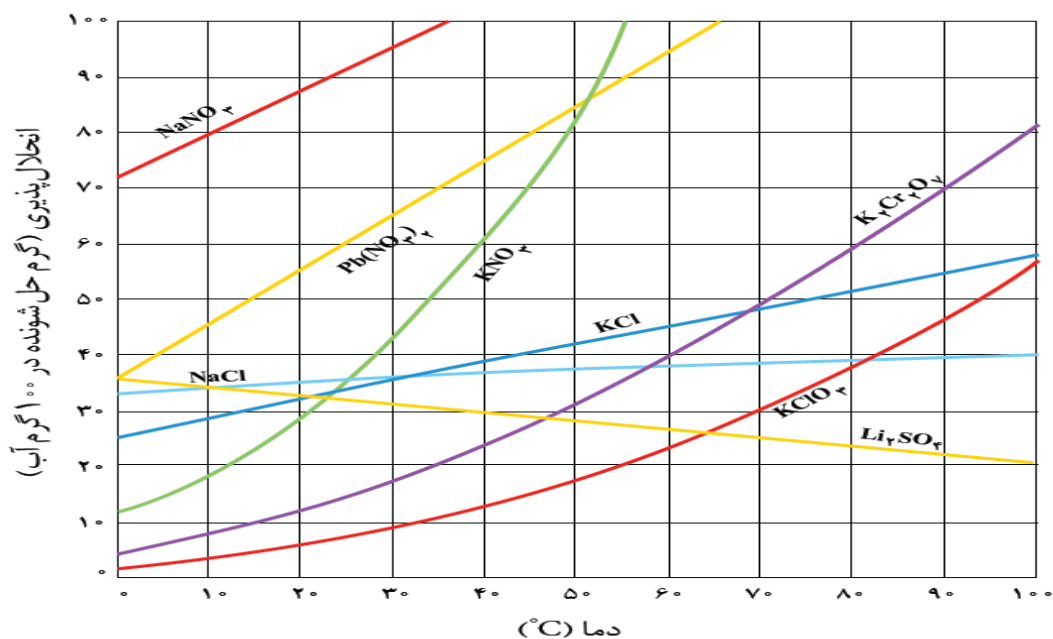
✓ طبق قانون هنری: انحلال پذیری گازها در آب، با افزایش فشار (در دمای ثابت)، بیشتر می شود.

نمودار انحلال پذیری (منحنی تغییرات انحلال پذیری در دمای ۲۰ °C)



اثر دما بر انحلال پذیری مواد غیر گازی

وابستگی انحلال پذیری مواد دیگر (غیر از گازها)، به دما در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار انحلال پذیری برخی از ترکیب های یونی در آب

✓ اثر دما بر میزان انحلال پذیری مواد، متفاوت است.

✓ این نمودار مربوط به انحلال ترکیبات یونی در آب است.

✓ منحنی انحلال پذیری انحلال‌های گرماده، رو به پایین است مثل: SO_2 و Li_2SO_4 .

✓ در برخی مواد مثل: **NaCl**، انحلال پذیری چندان به دما بستگی ندارد. منحنی این نوع انحلال ها تقریباً افقی است.

✓ نقطه‌ی P در نمودار فوق، بیانگر مقدار ۵۰ گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب با دمای $50^\circ C$ می باشد.

✓ نکته: چنانچه ۵۰ گرم از نمک‌های KNO_3 ، KCl ، $NaCl$ در ۱۰۰ گرم آب با دمای $50^\circ C$ حل کنیم، به ترتیب یک محلول سیر نشده از KNO_3 ، فراسیر شده از KCl و فراسیر شده از $NaCl$ تهیه می کنیم.

✓ جایگاه یک محلول سیر شده، نقطه‌ای روی منحنی ماده‌ی مربوطه و یک محلول فراسیر شده، نقطه‌ای بالای منحنی خواهد بود.

✓ برای تهیه‌ی یک محلول فراسیر شده، ابتدا در دمایی بالاتر از حد معین مقداری حل شونده می‌ریزند تا یک محلول سیر شده در دمای بالاتر به دست آید، سپس به آرامی آن محلول را تا دمای مورد نظر سرد می‌کنند تا محلول فراسیر شده تهیه شود.

✓ نکته: راه شناسایی یک محلول فراسیر شده، اندکی تکان دادن یا ضربه زدن است که در این صورت مقدار اضافی حل شونده در آب، رسوب می‌کند و در شرایط جدید یک محلول سیر شده تهیه می‌شود.

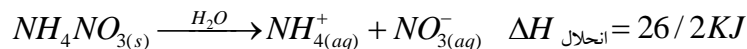
گرمای انحلال و مکانیسم انحلال

✓ تغییر آنتالپی مربوط به حل شدن یک مول ماده‌ی حل شونده در مقدار زیادی حلال را آنتالپی انحلال می‌گویند که با نماد ΔH نشان می‌دهند.

✓ چنانچه انحلال گرماده باشد؛ $\Delta H_{\text{انحلال}} < 0$ و چنانچه انحلال گرماگیر باشد؛ $\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$ می‌باشد.

چند انحلال گرماگیر ($\Delta H_{\text{انحلال}} > 0$)	چند انحلال گرماده ($\Delta H_{\text{انحلال}} < 0$)
۱- نیترات‌هایی مانند $AgNO_3$ ، KNO_3 ، NH_4NO_3 و $Pb(NO_3)_2$	۱- بازها و اسیدهایی مانند: HCl ، $NaOH$ ، KOH و H_2SO_4
۲- شکر (ساکاروز) و نمک خوراکی ($NaCl$)	۲- کلسیم کلرید ($CaCl_2$)
۳- پتاسیم کلرید (KCl)	۳- گازها مانند: NH_3 ، CO_2 ، O_2 و...
۴- پتاسیم کلرات ($KClO_3$)	۴- الکل‌های سبک مثل: متانول و اتانول

✓ بسته‌های تولید کننده‌ی سرما دارای آمونیوم نیترات و آب بسته‌های تولید کننده‌ی گرما دارای کلسیم کلرید و آب هستند.



✓ در هر انحلالی که جاذبه‌های جدید بین حل‌شونده و حلال **قویتر** از جاذبه‌های قبلی حلال و حل‌شونده باشد، انحلال گرماده و ΔH آن **منفی** خواهد بود.

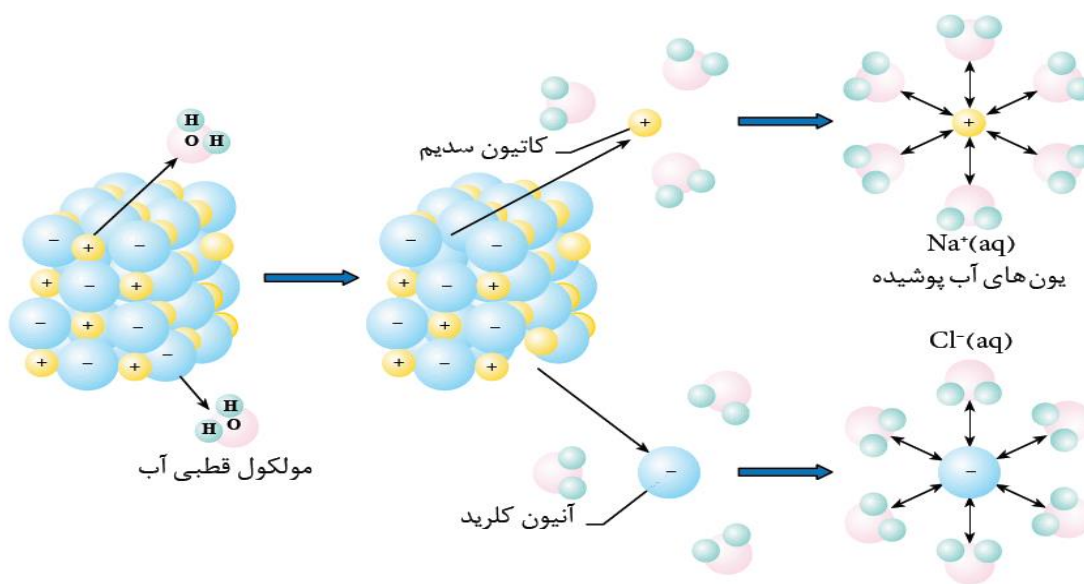
مکانیسم انحلال (مراحل انحلال)

مقایسه دو نوع انحلال مولکولی (کووالانسی) و انحلال یونی را باهم

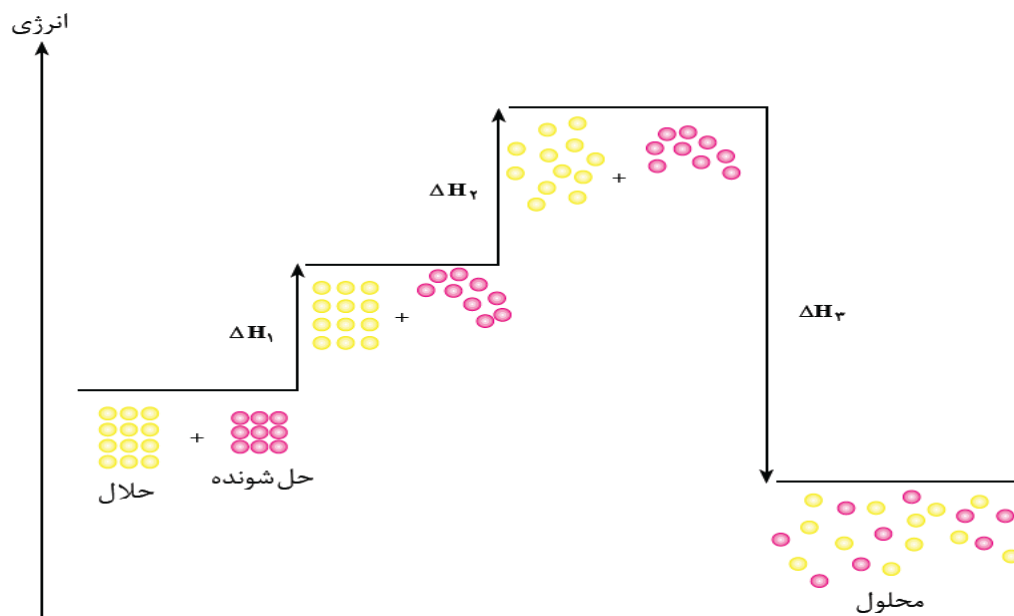
انحلال مولکولی (مثل شکر، آمونیاک و ...)	انحلال یونی (مثل نمک خوراکی و ...)
<p>مراحل انحلال یک ترکیب مولکولی:</p> <p>۱- جدا شدن مولکول‌های حل‌شونده از یک دیگر (گرم‌ماگیر است و $\Delta H_1 > 0$)</p> <p>۲- جدا شدن مولکول‌های آب از یکدیگر (گرم‌ماگیر است و $\Delta H_2 > 0$)</p> <p>۳- پراکنده شدن همگن مولکول‌های حل‌شونده در لابه‌لای مولکول‌های آب (گرماده و $\Delta H_3 < 0$)</p>	<p>مراحل انحلال یک ترکیب یونی:</p> <p>۱- فروپاشی شبکه‌ی بلوری ترکیب یونی و تبدیل به یون‌های سازنده‌ی گازی (فرآیند گرم‌ماگیر):</p> $NaCl_{(s)} + \Delta H_{\text{شبكة}} \rightarrow Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)}$ <p>۲- آبیوشی یون‌ها که خود شامل دو مرحله‌ی زیر است:</p> <p>- جدا شدن مولکول‌های آب از یکدیگر (گرم‌ماگیر)</p> <p>- برقراری جاذبه، بین یون‌ها و مولکول‌های آب (گرماده).</p> <p>$\Delta H < 0$ آبیوشی:</p> $Na^+_{(g)} \rightarrow Na^+_{(aq)}$ $Cl^-_{(g)} \rightarrow Cl^-_{(aq)}$
<p>رابطه‌ی محاسبه‌ی آنتالپی انحلال ترکیبهای مولکولی:</p> $\Delta H_{\text{انحلال}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$	<p>محاسبه‌ی آنتالپی انحلال ترکیبهای یونی:</p> <p>آبیوشی یونها ΔH + فروپاشی شبکه $\Delta H = \Delta H_{\text{انحلال یونی}}$</p>

همواره $\Delta H > 0$ فروپاشی شبکه

همواره $\Delta H < 0$ آبیوشی یون‌ها



نمودار مراحل انحلال نمک در آب



نمودار مراحل انحلال شکر در آب

✓ آبپوشی (هیدراتاسیون): احاطه شدن ذره های جسم حل شدنی توسط مولکول های آب را آبپوشی گویند.

✓ حلال پوشی (سولواتسیون): احاطه شدن ذره‌های جسم حل شدنی توسط مولکول‌های حلال را حلال پوشی گویند.

محلول‌های الکترولیت و غیر الکترولیت

✓ محلول‌ها از نظر میزان پوشیده شدن و نوع تفکیک در حلال به دو دسته‌ی الکترولیت و غیر الکترولیت تقسیم بندی می‌شوند:

نوع محلول	نوع انحلال	درصد تفکیک یونی	رسانایی الکتریکی	نمونه‌های معروف
الکترولیت قوی	یونی	۱۰۰٪	رسانای قوی	اسیدها و بازهای قوی مانند: NaOH, HCl نمک‌های محلول مثل: KNO ₂ و NaCl
الکترولیت ضعیف	عمدتاً مولکولی و اندکی یونی	اندک	رسانای ضعیف	اسید و بازهای ضعیف مانند: NH ₃ و CH ₃ COOH, HF
غیر الکترولیت	مولکولی	۱۰٪	نارسانا	ترکیب‌های مولکولی مانند: اتانول، متانول، استون و نمک‌های آلی و ...

✓ برای این که محلولی رسانای خوب الکتریسیته باشد باید دو شرط زیر را هم داشته باشد:

۱- درصد تفکیک یونی الکترولیت بالا باشد.

۲- انحلال پذیری الکترولیت زیاد باشد.

درصد تفکیک یونی (α آلفا)

$$۱۰۰ \times \text{تعداد کل مول های حل شده} / \text{تعداد مول های تفکیک شده} = \text{درصد تفکیک یونی}$$

درصد تفکیک یونی به دما (رابطه‌ی مستقیم) و غلظت محلولی (رابطه‌ی وارون)، بستگی دارد.

غلظت و روش های بیان آن

نوع غلظت	رابطه ی محاسبه ی غلظت	کاربردهای خاص (به طور معمول)
درصد حجمی (V%)	حجم محلول / حجم حل شونده = %V × 100	بیان درصد حجم حل شونده های مایع در محلول های مایع (دو مایع قابل امتزاج)
درصد جرمی (وزنی) (a)	جرم محلول / جرم حل شونده = a × 100	بیان درصد جرم حل شونده های جامد در محلول های مایع
قسمت در میلیون (ppm)	جرم محلول / جرم حل شونده = ppm × 10 ⁶	بیان مقادیر اندک یون های محلول در آب دریا، بدن جانداران، بیان میزان آلاینده های هوا و آبها
غلظت معمولی (C)	حجم محلول (لیتر) / جرم حل شونده (گرم) = C	بیان مقدار گرم حل شونده های جامد در محلول های مایع
غلظت مولار (مولاریته) (M)	حجم محلول (لیتر) / تعداد مول حل شونده = M	رایجترین شیوه ی بیان غلظت محلول و گازها
غلظت مولال (مولالیت) m	جرم حلال (کیلوگرم) / تعداد مول حل شونده = m	مطالعه ی خواص کولیگاتیو محلول ها

✓ درصد حجمی، درصد جرمی و ppm واحد ندارند.

✓ رابطه ی بین غلظت مولار و غلظت معمولی به صورت زیر است:

$$C_M = C/M \rightarrow \text{جرم مولی حل شونده} / \text{غلظت معمولی} = \text{غلظت مولار}$$

✓ برای محاسبه ی غلظت مولار (مولاریته) محلولها با داشتن چگالی (d)، جرم مولی (M)، و درصد جرمی (a %) می توان از رابطه ی زیر در کنکور استفاده کرد.

$$\text{غلظت مولار} = \frac{10ad}{M}$$

✓ از غلظت ppm برای بیان مقادیر حل شونده در محلول های بسیار رقیق به کار می رود.

✓ در محلول های بسیار رقیق هر ppm، هم ارز یک میلی گرم (10⁻³ گرم) بر لیتر است.

✓ در صورت و مخرج کسرهای ppm، درصد جرمی و درصد حجمی باید از یک نوع یکای مشابه و جرم یا حجم استفاده کرد تا در نهایت بی واحد شود.

خواص کولیگاتیو محلولها

✓ خواص کولیگاتیو: به خواصی از یک محلول گفته می‌شوند که به تعداد ذره‌های حل شونده‌ی غیر فرار موجود در محلول بستگی دارند، نه به نوع حل شونده.

✓ حل شونده‌ی غیر فرار: به ماده‌ای گفته می‌شود که در دمای اتاق، فشار بخار ناچیزی داشته باشد که می‌تواند ماده‌ای جامد (مثل نمک‌ها) یا مایع‌هایی با نقطه جوش بالاتر از $100^{\circ}C$ باشد.
 ✓ خواص کولیگاتیو محلول عبارتند از: فشار بخار، دمای جوش، دمای انجماد و ذوب.

✓ با حل شدن یک ماده‌ی غیر فرار در آب، فشار بخار محلول آن **کاهش**، دمای جوش **افزایش** و دمای انجماد و ذوب محلول **کاهش** می‌یابد.
 ✓ با حل شدن ماده‌ی غیر فرار در آب، سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار بالای آن **کاهش** می‌یابد.

خواص کولیگاتیو یک محلول حاوی حل شونده غیر فرار با آب خالص در فشار ۱ اتمسفر

خاصیت ظرف	سرعت تبخیر سطحی	فشار بخار	شروع دمای جوش	شروع نقطه‌ی انجماد و ذوب
(آ) حلال خالص (مثل آب خالص)	بالاتر	زیادتر	در دمایی کم تر ($100^{\circ}C$)	در دمایی بالاتر ($0^{\circ}C$)
(ب) محلول دارای حل شونده‌ی غیر فرار	پایینتر	کمتر	در دمایی بیشتر از ($100^{\circ}C$)	در دمایی پایینتر از ($0^{\circ}C$)

✓ خواص کولیگاتیو محلول‌ها به دو عامل (n,m) بستگی دارند:

۱- m: غلظت مولال حل شونده‌ی غیر فرار

۲- n: تعداد ذره‌های تولید شده هنگام انحلال ماده‌ی غیر فرار (درصد تفکیک یونی)

هرچه حاصل ضرب $m \times n$ برای محلولی بیش تر باشد:

(۱) سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار کمتر و نقطه‌ی جوش محلول بالاتر است.

(۲) بی‌نظمی (آنتروپی) محلول بیشتر و دمای انجماد آن پایینتر (کمتر) است.

✓ فشار بخار: به فشار ناشی از حضور مولکول‌های بخار، در بالای مایع گفته می‌شود.

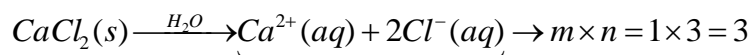
✓ جوشیدن زمانی رخ می دهد که فشار بخار مایع با فشار هوای روی سطح مایع **برابر** شود.
 ✓ میزان صعود نقطه‌ی جوش و یا نزول نقطه‌ی انجماد یک محلول، با تعداد ذره‌های حل شونده غیر فرار رابطه‌ی **مستقیم** دارد.

✓ دمای جوش محلول یک مولال ($m=1$) شکر، $NaCl$ و $CaCl_2$ در زیر با هم مقایسه شده است.

شکر $CaCl_2 > NaCl$: دمای جوش

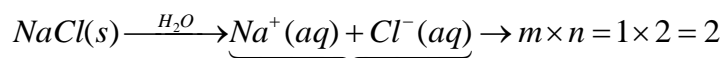
$$m \times n = 1 \times 3 > 1 \times 2 > 1 \times 1$$

✓ از انحلال ۱ مول $CaCl_2$ سه مول ذره تولید می شود:



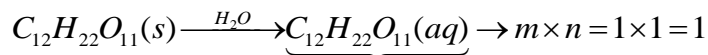
۳ مول ذره

✓ از انحلال ۱ مول $NaCl$ و یک مول شکر به ترتیب ۲ و ۱ مول ذره تولید می شود:



۲ مول ذره

✓ حل شدن یک مول شکر ۱ مولال فقط یک مول ذره تولید می شود زیرا انحلال آنها مولکولی است.



۱ مول ذره شکر

✓ دلیل بالاتر بودن دمای جوش یک محلول نسبت به حلال خالص این است که به دلیل کمتر بودن سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار محلول نسبت به حلال خالص، فشار بخار محلول با فشار محیط بالای محلول دیرتر برابر می شود.

🔗 **نکته:** دمای جوش یک محلول حین جوشیدن **ثابت نیست** و با گذشت زمان دمای جوش آن بالاتر می رود. زیرا با تبخیر حلال آن، غلظت مولال حل شونده بالا می رود.

✓ علت نزول نقطه‌ی انجماد و ذوب یک محلول نسبت به حلال خالص آن اختلاف بیشتر بی نظمی (بین حالت جامد محلول و حالت مایع محلول نسبت به اختلاف بی نظمی بین حلال خالص جامد و مایع خالص) است زیرا:

$$\Delta S_{\text{حلال جامد - حلال مایع}} > \Delta S_{\text{محلول جامد - محلول مایع}}$$

انواع مخلوطها

✓ انواع مخلوطها عبارتند از: محلولها، کلوئیدها و سوسپانسیون که در جدول زیر با هم مقایسه شده‌اند.

جدول مقایسه‌ای برخی ویژگی‌های انواع مخلوطها

نوع مخلوط	حداقل اجزای تشکیل دهنده	تعداد فازها و پایداری	ذره‌های سازنده	اندازه‌ی ذره‌ها (nm)	اثر پخش نور	توانایی عبور ذره‌ها از کاغذ صافی
محلول (همگن)	حلال و حل شونده	۱ پایدار	یونها یا مولکولها	<1	ندارد	دارد
کلوئید (ناهمگن)	فاز پخش کننده و فاز پخش شونده	≥ 2 پایدار	مولکول‌های بزرگ با توده‌های مولکولی	۱-۱۰۰	دارد	دارد
سوسپانسیون (ناهمگن)	فاز پخش کننده و فاز پخش شونده	≥ 2 ناپایدار	توده‌های مولکولی بزرگ یا ذره‌های بسیار کوچک ماده	>100	دارد	ندارد

✓ ویژگی‌های مهم کلوئیدها عبارتند از:

- ۱- مسیر عبور نور در آن‌ها دیده می‌شود که به آن "اثر تیندال" (پخش نور) گفته می‌شود که توسط جان تیندال نخستین بار تبیین شد.
- ۲- ذره‌های سازنده‌ی آن‌ها به طور پیوسته و به صورت نامنظم در حرکتند که به حرکت **بروانی** معروف است.
- ۳- دارای ظاهری کدر یا مات (غیرشفاف) هستند.
- ۴- ذره‌های کلوئیدی توانایی جذب ذره‌های باردار مانند یونها را در سطح خود دارند و به نوعی بار الکتریکی دست می‌یابند (مثبت یا منفی)
- ۵- پایداری کلوئیدها به علت وجود بارهای الکتریکی همنام در سطح آنهاست.
- ۶- افزودن مقداری از یک محلول الکترولیت (مثل $FeCl_3$) به کلوئیدها سبب لخته شدن کلوئیدها می‌شود. چون بارهای ناهمنام را در مجاورت هم قرار داده و با نیروهای جاذبه باعث انعقاد ذرات می‌شود.
- ۷- کلوئیدها پلی میان محلولها و سوسپانسیونها هستند.



نمونه‌هایی از کلوئیدها

نکته: چسبها، رنگها، سس مایونز، سنگ پا، افشانه‌ها و شیر جزو کلوئیدها هستند.



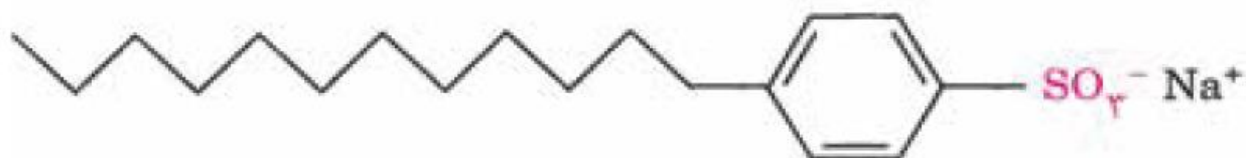
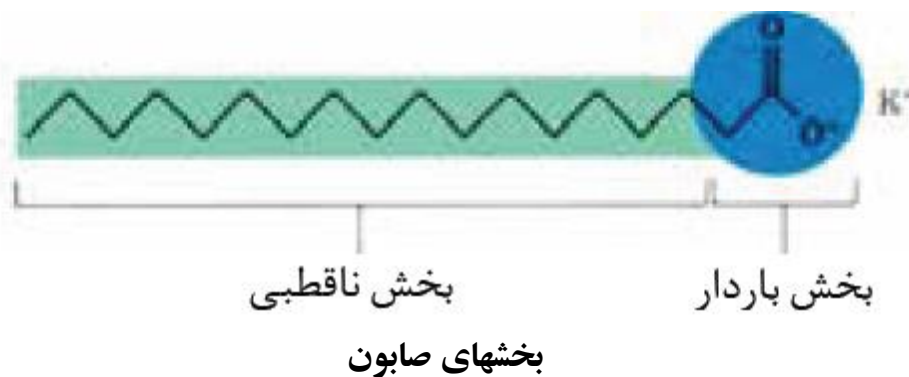
اثر پخش نور در کلوئیدها و مقایسه با محلولها

- ✓ در شیر فاز پخش کننده آب و فاز پخش شونده چربی است.
- ✓ هشت نوع کلویید وجود دارد که در جدول زیر مرتب شده‌اند.

فاز پخش شونده	فاز پخش کننده	نام	نمونه‌ها
گاز	مایع جامد	کف کف جامد	کف صابون سنگ پا، یونالیت
مایع	گاز مایع جامد	آبروسول مایع امولسیون ژل	مه شیر، کره، مایونز ژله، ژل موی سر
جامد	گاز مایع جامد	آبروسول جامد سول سول جامد	دود، غبار رنگ‌های روغنی سنگ‌های گران‌بهایی مانند یاقوت، لعل و فیروزه

امولسیون کننده‌ها

- ✓ **امولسیون: نوعی کلویید مایع در مایع** است که در آن هر دو فاز پخش کننده و پخش شونده **مایع** است. مانند: شیر، کرم، مایونز و ...
- ✓ تشکیل امولسیون پایدار، نیاز به حضور ماده‌ی سومی دارد که به «**عامل امولسیون کننده**» معروف است.
- ✓ ماده‌ی سومی که مخلوط دو **مایع مخلوط نشدنی** را پس از به هم خوردن در کنار هم، پایدار نگه می‌دارد، **امولسیون کننده** می‌گویند. مانند: **لیسیتین** در زرده ی تخم مرغ، صابون، پاک کننده‌های غیرصابونی، سایر شوینده‌ها، تتراکلرو اتن و ...
- ✓ ساختار هر امولسیون کننده شامل دو بخش آب دوست و چربی دوست است.



ساختار سدیم دودسیل بنزن سولفونات

مقایسه ساختار صابون و پاک کننده‌های غیرصابونی

بجای بخش قطبی کربوکسیلات صابونها ($-CO_2^-$) از بخش سولفونات ($-SO_3^-$) در پاک کننده‌های غیرصابونی استفاده شده است. ضمناً بخش ناقطبی آنها از نظر تعداد کربنها و ساختار زنجیرهای کربنی متفاوت است.

مکانیسم عملکرد شوینده‌ها

- ✓ بخش آب دوست در آب حل می‌شود.
- ✓ پخش آب گریز در چربی‌ها و چرک‌ها حل می‌شود.
- ✓ بدین ترتیب پخش آب گریز در چربی‌ها و چرک‌ها حل می‌شود و از طریق بخش قطبی در آب حل می‌شود.

✓ اگر صابون، نمک سدیم اسید چرب باشد، صابون جامد و اگر نمک پتاسیم با آمونیوم اسید چرب باشد، صابون مایع است.