

# فصل دوم

## محاسبات غلظت در محلول آبی

---

## غلظت

عبارتست از مقدار مشخصی از ماده حل شده (گرم، مول، حجم) در مقدار مشخصی از محلول یا مقدار مشخصی از حلال (بر حسب حجم یا جرم) و برای بیان غلظت از شیوه های مختلف استفاده می شود که برخی از آنها به شرح زیر است

درصد جرمی - جرمی: به مقدار ماده حل شده بر حسب گرم که در 100 گرم محلول حل شده باشد درصد جرمی می گویند. رابطه آن به صورت زیر است:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم جسم حل شده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

درصد جرمی واحد ندارد

**مثال:** ۲۰ گرم سدیم هیدروکسید را در ۴۰ گرم آب حل کرده ایم در صد جرمی محلول را حساب کنید.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم جسم حل شده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{20 \text{ gr}}{60 \text{ gr}} \times 100 = 33.33\%$$

جرم محلول = جرم حلال + جرم شونده

**تمرین:** برای تهیه ۸۰ گرم نمک از آب دریا که درصد نمک در آن ۱/۵٪ می باشد باید چند کیلو گرم آب دریا را بخار کنیم؟

**درصد حجمی - حجمی**: عبارتست از حجم ماده حل شده در ۱۰۰ حجم محلول که رابطه ی آن به صورت زیر است و در این رابطه باید واحد صورت و مخرج یکسان باشد:

$$\text{درصد حجمی-حجمی} = \frac{\text{حجم جسم حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times 100$$

درصد حجمی واحد ندارد

مثال: در  $800\text{ ml}$  محلول الکل در آب  $70\%$  حجمی چند میلی لیتر الکل حل شده است؟

$$\text{درصد حجمی} = \frac{\text{حجم جسم حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times 100 \longrightarrow \frac{70}{100} = \frac{x\text{ ml الکل}}{800\text{ ml}} \longrightarrow x = 560\text{ ml}$$

درصد جرمی - حجمی: عبارتست از مقدار گرم ماده حل شده در ۱۰۰ میلی لیتر محلول

$$\text{درصد جرمی-حجمی} = \frac{\text{جرم جسم حل شده}}{\text{میلی لیتر محلول}} \times 100$$



## غلظت بر حسب ppm

از این شیوه بیشتر برای محاسبه غلظت محلول های رقیق استفاده می شود و عبارتست از جرم ماده ی حل شده بر حسب گرم در یک میلیون گرم محلول که رابطه آن به صورت زیر است

$$\text{ppm} = \frac{\text{گرم ماده حل شده}}{\text{گرم محلول}} \times 10^6$$

**مثال:** در ۲۸۰۰ گرم آب دریا ۰/۴ گرم  $O_2$  حل شده است  
غلظت اکسیژن حل شده در آب دریا را بر حسب ppm  
حساب کنید.

$$\text{ppm} = \frac{0/4}{2800} \times 10^6 = 142.8$$

**نکته:** در محلول های رقیق آبی با فرض برابری چگالی  
محلول با چگالی آب، برابر باشد ppm برابر است با  
نسبت میلی گرم ماده حل شده به حجم محلول بر حسب  
لیتر

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم ماده حل شده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

## غلظت مولی (مولاریته)

دو نوع غلظت مولی بیان شده است

۱- مولاریته تجزیه ایی ۲- مولاریته تعادلی

**مولاریته تجزیه ایی** : عبارتست از عده از مولهای جسم حل شده در

یک لیتر محلول که واحد آن  $\frac{mol}{L}$  می باشد.

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول جسم حل شده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

نکته : در این فصل بیشتر با مولاریته تجزیه ایی سر و کار داریم

## غلظت معمولی یا غلظت بر حسب گرم در لیتر

عبارتست از تعداد گرم های جسم حل شده در یک لیتر محلول که رابطه ی آن به صورت زیر است و واحد آن گرم بر لیتر است :

$$\text{غلظت معمولی} = \frac{\text{گرم جسم حل شده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

**مثال:** ۴ گرم سدیم هیدروکسید را در مقداری آب حل کرده، حجم محلول را به ۸۰۰ میلی لیتر می رسانیم، غلظت معمولی آن را محاسبه کنید.

$$\text{غلظت معمولی} = \frac{4 \text{ g}}{0.8} = 5 \text{ g.L}^{-1}$$

**نکته:** رابطه بین غلظت معمولی و غلظت مولی به صورت زیر است

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{جرم مولی جسم حل شده}}{\text{غلظت مولی}}$$

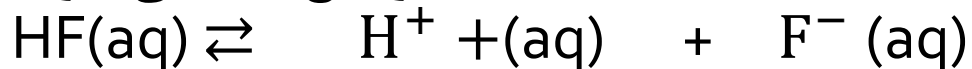
**نکته:** رابطه ی بین غلظت مولی با گرم جسم حل شده به صورت زیر است:

غلظت مولی  $\times$  حجم محلول بر حسب لیتر  $\times$  جرم مولی جسم حل شده = گرم جسم حل شده

**مثال:** در ۱۵۰۰ میلی لیتر محلول ۸ گرم در لیتر سولفوریک اسید، چند گرم اسید حل شده است.

$$\text{غلظت معمولی} = \frac{\text{گرم جسم حل شده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}} \longrightarrow 8 = \frac{x}{1/5} \longrightarrow x = 12 \text{ g}$$

**مولاریته تعادلی** : موادی مانند اسیدها و بازهای ضعیف هنگام حل شدن در آب بخشی از مولکول های آنها در آب تفکیک شده و به یون تبدیل می شود و در نهایت بین مولکول های حل شده و یونهای حاصل از تفکیک یک حالت تعادل ایجاد می شود که به غلظت هر یک از مواد موجود در تعادل غلظت مولی تعادلی گفته می شود مانند غلظت در تعادل زیر که روش محاسبه غلظت آنها در فصل پنجم  $H^+$  یا  $F^-$  و HF تعادلی توضیح داده می شود



**نکته:** برای محاسبه غلظت مولی و غلظت معمولی محلول های غلیظ که درصد جرمی و چگالی آنها معلوم هست از روابط زیر استفاده می شود

$$۱۰ \times \text{چگالی محلول} \times \text{درصد جرمی محلول} = \text{غلظت معمولی}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{درصد جرمی محلول} \times \text{چگالی محلول} \times ۱۰}{\text{جرم مولی جسم حل شده}}$$



**مثال:** غلظت مولی سولفوریک اسید ۴۹ درصد جرمی با چگالی ۱/۲ گرم بر میلی لیتر را محاسبه کنید

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times 1/2 \times 49}{98} = 6 \text{ مولار}$$

**نکته:** برای تهیه محلول رقیق از محلول غلیظ می توان به کمک رابطه زیر حجم محلول غلیظ را محاسبه کرده سپس آن را تا حجم مورد نظر رقیق نماییم

$$\text{حجم محلول رقیق} \times \text{غلظت مولی رقیق} = \text{حجم محلول غلیظ} \times \text{غلظت مولی غلیظ}$$
$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

**مثال:** برای تهیه ۸۰۰ میلی لیتر محلول سولفوریک اسید ۲ مولار چند میلی لیتر اسید غلیظ ۹۸ درصد جرمی با چگالی ۱/۲ گرم بر میلی لیتر نیاز است؟ (جرم مولی اسید برابر ۹۸ گرم بر مول است)

$$\text{درصد جرمی محلول} \times \text{چگالی محلول} \times ۱۰ = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{جرم مولی جسم حل شده}}$$

$$\text{مولار ۱۲} = \frac{۱۰ \times ۱/۲ \times ۹۸}{98} = \text{غلظت مولی اسید غلیظ}$$

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

$$۱۲ \times V_1 = ۲ \times ۸۰۰$$
$$V_1 = \frac{۲ \times ۸۰۰}{12} = ۱۳۳/۳ \text{ میلی لیتر}$$

## غلظت مولال (مولالیته)

عبارتست از مول های ماده حل شده در یک کیلوگرم حلال که رابطه ی آن به صورت زیر است و واحد آن  $\frac{mol}{kg}$  یا مولال می باشد.

$$\left( \frac{mol}{kg} \right) = \frac{\text{تعداد مول جسم حل شده}}{\text{جرم حلال بر حسب } kg} = \text{غلظت مولال (مولالیته)}$$

رابطه زیر برای محاسبه غلظت مولال کارآیی بیشتری دارد

$$\text{غلظت مولال (مولالیته)} = \frac{1000 \times \text{جرم جسم حل شده}}{\text{جرم مولی جسم حل شده} \times \text{جرم حلال}}$$

**مثال:** در  $500\text{ gr}$  آب  $2/5$  گرم پتاسیم هیدروکسید حل کرده ایم، غلظت مولال این محلول را حساب کنید.

$$\text{مولال} = \frac{\text{جرم مولی جسم حل شده} \times 1000}{\text{جرم جسم حل شده} \times 1000} = \frac{2/5\text{ gr} \times 1000}{500 \times 56} = 0/08$$

$$\text{(جرم مولی KOH} = \frac{56\text{ gr}}{1\text{ mol}} \text{)}$$

**تمرین:** در  $600\text{ gr}$  محلول  $4$  / مولال سدیم هیدروکسید چند گرم سدیم هیدروکسید حل شده است؟ (  $\text{NaOH} = 40\text{ g/mol}$  )

**نرمالیت:** عبارتست از تعداد اکی والان جسم حل شده در یک لیتر محلول  
**اکی والان گرم یا جرم اکی والان:** عبارتست از مقداری از ماده بر حسب گرم که  
 کارآیی آن در واکنش ها معادل یک گرم هیدروژن باشد  
 برای محاسبه جرم اکی والان هر ماده می توان جرم مولی آن را بر ظرفیت آن جسم  
 تقسیم کرد

$$\text{جرم مولی جسم} \\ \text{ظرفیت (n)} = \text{جرم اکی والان}$$

$$\text{جرم جسم} \\ \text{جرم اکی والان} = \text{تعداد اکی والان}$$

ظرفیت در اسیدها برابر تعداد H اسیدی

ظرفیت در بازها برابر تعداد OH باز

ظرفیت در نمک ها برابر تعداد فلز  $\times$  ظرفیت فلز

ظرفیت در واکنش های اکسایش کاهش برابر تغییرات درجه اکسایش یا کاهش

**نکته:** رابطه نرمالیت با غلظت مولی بصورت زیر است

ظرفیت (n) × غلظت مولی = نرمالیت

**مثال:** ۴ گرم کلسیم هیدروکسید را در مقداری آب حل کرده حجم محلول را به ۴۰۰ میلی لیتر می رسانیم نرمالیت محلول را محاسبه کنید. ( $\text{Ca(OH)}_2 = 74 \text{ g/mol}$ )

غلظت مولی × حجم محلول بر حسب لیتر × جرم مولی جسم حل شده = گرم جسم حل شده  
غلظت مولی × ۰/۴ × ۷۴ = ۴

مولار  $7/4 =$  غلظت مولی

ظرفیت (n) × غلظت مولی = نرمالیت

$$N = 4/7 \times 2$$

$$N = 9/8$$

**تمرین:** محلول ۳۳ درصد جرمی نیتریک اسید با چگالی ۱/۱ گرم بر میلی لیتر موجود است برای این محلول مقادیر زیر را محاسبه کنید. ( $\text{HNO}_3 = 63 \text{ g/mol}$ )

آ- غلظت بر حسب ppm

ب - غلظت مولی

پ - غلظت معمولی

ت - غلظت مولال

ث - نرمالیت

تابع p : به منفی لگاریتم هر تابعی تابع P آن گفته میشود مانند توابع زیر

$$- \log A = P_A$$

$$- \log H = P_H$$

$$- \log K = P_K$$

**نکته:** برای محاسبه  $P_H$  باید از غلظت مولی  $H^+$  منفی لگاریتم بگیریم  
غلظت  $H^+$  در اسیدهای قوی یک ظرفیتی برابر همان غلظت اسید است  
در بازها ابتدا غلظت  $OH^-$  را محاسبه کرده سپس به کمک  
رابطه  $[H^+].[OH^-]=1 \times 10^{-14}$  مقدار غلظت  $H^+$  را بدست می آوریم



**مثال:** ۰/۱ مول هیدروکلریک اسید را در مقداری آب حل کرده حجم محلول را به ۵۰۰ میلی لیتر می رسانیم PH محلول را محاسبه کنید

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول جسم حل شده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{0/1}{0/5} = 0/2$$
$$[H^+] = 0/2$$

$$PH = -\text{Log}[H^+] = -\text{Log } 0/2 = -\text{Log } 2 + \text{Log } 10 = 0/7$$

نکته: برای محاسبه تابع p بقیه یونها در مسائل باید ابتدا غلظت مولی آنها را بدست آورید سپس از آن منفی لگاریتم بگیرید

**استوکیومتری :** بخشی از شیمی است که با نسبت تعداد عنصرها در ترکیبها و نیز مقدار کمی (مقداری) مواد موجود در واکنش سرو کار دارد. به کمک استوکیومتر می توان بین مقدار مواد موجود در واکنش ارتباط کمی برقرار کرد

**ضریب تبدیل :** کسری است که می توان به کمک آن یک واحد یا یکا را به واحد یا یکای دیگر تبدیل کرد .

**نکته :** در کسر ضریب تبدیل همیشه یکای مجهول در صورت کسر و یکای معلوم در مخرج کسر قرار می گیرد.

**نکته :** در حل مسائل استوکیومتری باید ابتدا معادله موازنه شده واکنش را بنویسیم سپس مسئله را حل کنیم

**نکته مهم :** در حل مسائل استوکیومتری باید ابتدا مقدار معلوم را به مول آن تبدیل کنیم سپس از مول معلوم مقدار مول مجهول را بدست آوریم آنگاه بکمک مول مجهول مقدار مجهول را محاسبه می کنیم

تعدادی از ضریب تبدیل ها بشرح زیر است

۱- **عدد آووگادرو**: یک مول از هر جسمی به اندازه عدد آووگادرو ( $6.022 \times 10^{23}$ ) ذره دارد از عدد آووگادرو برای تبدیل مول به تعداد ذرات و بلعکس استفاده می شود

۲- **جرم مولی**: برای تبدیل جرم یک ماده به مول آن یا مول یک ماده به جرم آن از جرم مولی استفاده می شود

۳- **نسبت مولی**: برای تبدیل مول یک ماده به مول ماده دیگر از نسبت مولی استفاده می شود که اعداد آن همان ضرایب مواد در معادله موازنه شده هستند.

۴- **درصد خلوص**: می توان از درصد خلوص به عنوان ضریب تبدیل برای تبدیل جرم ماده خالص به جرم ماده ناخالص استفاده کرد که در این ضریب تبدیل به جای جرم ماده ناخالص عدد ۱۰۰ و بجای جرم ماده خالص همان عدد درصد خلوص قرار می گیرد.  
(درصد خلوص عبارتست از گرم ماده خالص در ۱۰۰ گرم ماده ناخالص)

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{گرم جسم خالص}}{\text{گرم جسم ناخالص}} \times 100$$

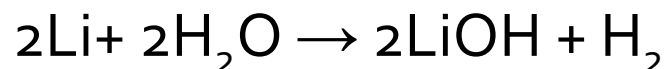
۵- **حجم مولی گاز:** برای تبدیل حجم گاز به مول آن یا مول گاز به حجم از حجم مولی به عنوان ضریب تبدیل استفاده می شود. (به دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر شرایط استاندارد می گویند که در این شرایط یک مول از هر گازی  $22/4$  لیتر حجم دارد)

۶- **غلظت مولی:** به عنوان ضریب تبدیل برای تبدیل مول جسم حل شده به حجم محلول بر حسب لیتر یا حجم محلول به مول جسم حل شده استفاده می شود. در این ضریب تبدیل عدد لیتر محلول همیشه یک و هر عددی برای غلظت مولی داده باشند بجای مول قرار می گیرد

۷- **چگالی:** برای تبدیل جرم به حجم یا حجم به جرم برای محلول و گاز در این کسر تبدیل استفاده می شود عدد حجم همواره یک و هر عددی را که برای چگالی داده باشند به جای جرم قرار می دهیم

مثال: چند گرم گاز  $H_2$  در اثر واکنش کامل 84 گرم فلز لیتیم با آب تشکیل می شود؟

(Li = 7 H = 1 g/mol)

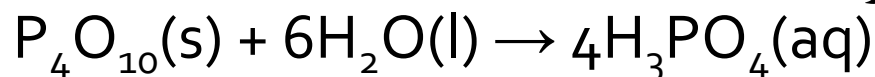


$$\text{mol Li} = 84 \text{ g Li} \times \frac{1 \text{ mol Li}}{7 \text{ g Li}} = 12 \text{ mol Li}$$

$$\text{mol H}_2 = 12 \text{ mol Li} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Li}} = 6 \text{ mol H}_2$$

$$\text{g H}_2 = 6 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 12 \text{ g H}_2$$

**مثال:** با توجه به واکنش زیر چند گرم  $P_4O_{10}$  با درصد خلوص ۸۵٪ نیاز است تا ۲۹۴ گرم  $H_3PO_4$  تولید شود؟



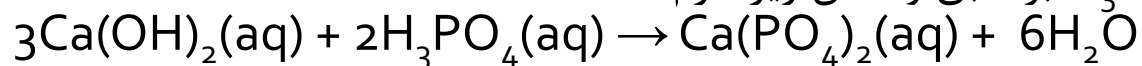
$$mol H_3PO_4 = 294 g \times \frac{1 mol H_3PO_4}{98 g H_3PO_4} = 3 mol H_3PO_4$$

$$mol P_4O_{10} = 3 mol H_3PO_4 \times \frac{1 mol P_4O_{10}}{4 mol H_3PO_4} = 0.75 mol P_4O_{10}$$

$$(گرم خالص) P_4O_{10} = 0.75 mol P_4O_{10} \times \frac{284 g P_4O_{10}}{1 mol P_4O_{10}} = 213g P_4O_{10}$$

$$درصد خلوص = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 \quad 85 = \frac{213g}{X} \times 100 \rightarrow X = \frac{21300}{85} = 250 g P_4O_{10}$$

**تمرین:** چند میلی لیتر  $\text{Ca(OH)}_2$  0.2 مول بر لیتر برای واکنش کامل با ۱۰ میلی لیتر از محلول 0.3 مول بر لیتر  $\text{H}_3\text{PO}_4$  بر طبق واکنش زیر لازم است؟

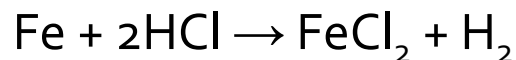


**تمرین:** از حرارت دادن ۱۰ گرم کلسیم کربنات خالص براساس واکنش



چند لیتر گاز  $\text{CO}_2$  تولید می شود؟ (چگالی گاز برابر ۱/۲ گرم بر لیتر است)  
(Ca = 40      O = 16      C = 12 g/mol)

**تمرین:** اگر از واکنش ۵/۶ گرم آهن با محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱۶ گرم هیدروژن آزاد شده باشد درصد خلوص آهن را محاسبه کنید .



تهیه کننده اسداله جعفرآبادی  
موفق باشید