



溶液的濃度



課程大綱

★ 溶液濃度的表示法

溶液濃度表示法

重量百分率濃度

體積莫耳濃度

重量莫耳濃度

莫耳分率

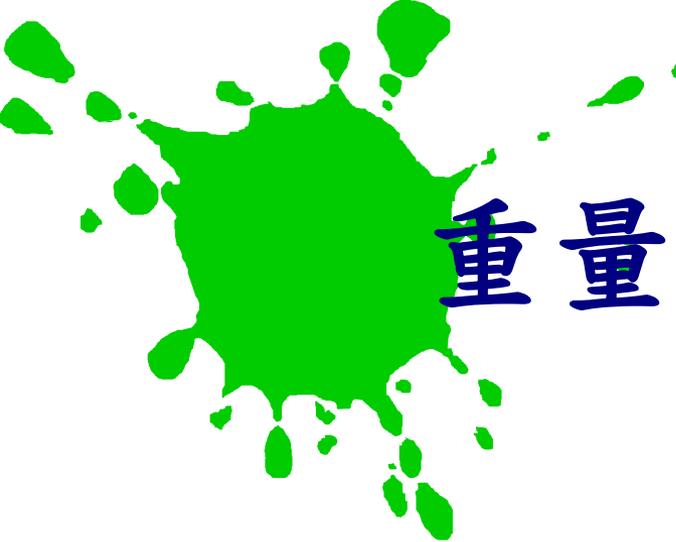
當量濃度

百萬分濃度
(ppm)

重量百分率濃度

每100克溶液中所含的溶質克數

$$\text{重量百分率濃度}(\%) = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶質重} + \text{溶劑重}} \times 100\%$$



重量百分率濃度應用

$$\begin{aligned} \text{溶質重} &= \text{溶液重} \times \text{重量百分率濃度} \\ &= \text{溶液體積}(mL) \times \text{溶液密度}(g/mL) \\ &\quad \times \text{重量百分濃度} \end{aligned}$$



例題一

將膽礬($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)150克溶於850克水中，試求其重量百分率濃度。(Cu=64)

例題一解答

因膽礬溶於水後，其中結晶水與溶劑相同，故計量時，結晶水應併入溶劑。

1莫耳 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 質量為 $160+90.0=250$ (克)

CuSO_4 重： $150\text{克} \times \frac{160}{250} = 96.0\text{克}$

溶液共重： $150\text{克}+850\text{克}=1000\text{克}$

故 $\% = \frac{96}{1000} \times 100\% = 9.6\%$



例題二

10cm³，32%的HNO₃的水溶液中，所含HNO₃的重量為多少？
(設此溶液的密度為1.19g/cm³)

例題二解答

硝酸水溶液的重量為

$$10\text{cm}^3 \times \frac{1.19\text{g}}{1\text{cm}^3} = 11.9\text{g}$$

內含硝酸的質量為

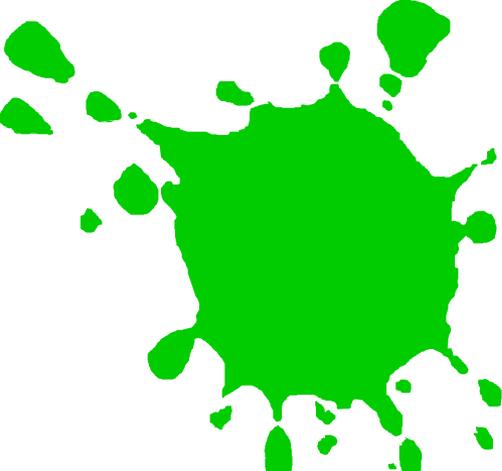
$$11.9 \times 32\% = 3.8\text{g}$$

體積莫耳濃度

每公升溶液中所含的溶質莫耳數

$$\begin{aligned} \text{體積莫耳濃度 (M)} &= \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶液體積 (L)}} \\ &= \frac{\text{溶質重 (W)}}{\text{溶質分子量 (M}_w)} \times \frac{1000}{\text{溶液毫升數值 (mL)}} \end{aligned}$$

即
$$M = \frac{W}{M_w} \times \frac{1000}{V}$$



體積莫耳濃度應用

★ 溶液混合：

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_tV_t$$

★ 溶液稀釋：

$$M_1V_1 = M_2V_2$$



例題三

濃度為98%的濃硫酸，比重1.80，
其體積莫耳濃度為若干？

例題三解答

此溶液重=1000×1.80=1800(克)

溶液中H₂SO₄重=1800×98%=1764 (克)

H₂SO₄之分子量=98.0g/mol

故

$$M = \frac{1764}{98} = 18(\text{mol/l})$$
$$= 18(M)$$

重量莫耳濃度(m)

每1000克溶劑中所含的溶質莫耳數

$$\begin{aligned} \text{重量莫耳濃度 (m)} &= \frac{\text{溶質莫耳數}}{1000 \text{ 克溶劑}} \\ &= \frac{\text{溶質克數 (W)}}{\text{溶質分子量 (M}_w\text{)}} \times \frac{1000}{\text{溶劑克數}} \end{aligned}$$

即

$$m = \frac{W}{M_w} \times \frac{1000}{G}$$

重量莫耳濃度應用

- ★ 溶質相同，重量莫耳濃度相同，則重量百分率濃度必相同。
- ★ 若重量莫耳濃度與溶劑相同，則莫耳分率相同。
- ★ 同一水溶液，若體積莫耳濃度為 a ，重量莫耳濃度為 b ，則 $b > a$ 。
- ★ 同一溶質的A及B兩溶液，A溶液的體積莫耳濃度為 aM ，B溶液的重量莫耳濃度為 $a m$ ，則濃度比較： $A > B$ 。



例題四

將膽礬($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 250克
溶於410克水中，試求此溶液之重
量莫耳濃度。(Cu=64.0)



例題四解答

膽礬之莫耳數： $\frac{250}{250} = 1.0(\text{莫耳})$

結晶水重： $250 \times \frac{90}{250} = 90(\text{克})$

故 $m = \frac{1.0}{\frac{410 + 90}{1000}} = 2.0(m)$

莫耳分率

溶質莫耳數與溶液總莫耳數之比值

$$\text{莫耳分率}(X_1) = \frac{\text{溶質莫耳數}(n_1)}{\text{溶液總莫耳數}(n_1 + n_2 + \dots)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + \dots = 1$$

n_1 : 成分1之莫耳數

n_2 : 成分2之莫耳數



例題五

將500克的苯(C_6H_6)和500克的
甲苯(C_7H_8)配製成一溶液，求
此溶液中苯與甲苯的莫耳分率？

例題五解答

★ 苯的分子量： $12 \times 6 + 1 \times 6 = 78 \text{ g/mol}$

★ 甲苯的分子量： $12 \times 7 + 1 \times 8 = 92 \text{ g/mol}$

★ 苯的莫耳數： $\frac{500}{78} = 6.41 \text{ mol}$

★ 甲苯的莫耳數： $\frac{500}{92} = 5.43 \text{ mol}$

$$X_{C_6H_6} = \frac{6.41}{6.41+5.43} = 0.541$$

$$X_{C_7H_8} = 1 - 0.541 = 0.459$$

當量濃度(N)

每1000毫升溶液中所含的溶質當量數

$$\text{當量濃度(N)} = \frac{\text{溶質當量數}}{1000\text{毫升溶液}}$$

即
$$N = \frac{W}{M_w} \times \frac{1000}{V}$$

何謂當量

★ 酸鹼反應中

❖ 酸當量：酸所能提供的氫離子莫耳數

❖ 鹼當量：鹼所能提供的氫氧離子莫耳數

★ 氧化還原反應中

❖ 氧化劑所得到電子的莫耳數

❖ 還原劑所失去電子的莫耳數



常見當量的求法

★ 化合物中某元素的當量

★ 酸鹼當量

★ 氧化還原當量

化合物中某元素的當量

$$\text{當量} = \frac{\text{原子量}}{\text{原子價}}$$

例如： CuO 中 Cu 的當量 = $\frac{63.5}{1} = 63.5$

Cu_2O 中 Cu 的當量 = $\frac{63.5}{2} = 31.75$

酸鹼當量

$$\text{當量} = \frac{\text{分子量(或式量)}}{\text{可解離的 } H^+ \text{ 或 } OH^- \text{ 數}}$$

例如： H_2SO_4

因 H_2SO_4 可游離出兩個 H^+

$$\therefore H_2SO_4 \text{ 當量} = \frac{98}{2} = 49$$

氧化還原當量

$$\text{當量} = \frac{\text{分子量}}{\text{氧化數變化數}}$$



中的 MnO_4^- 的當量

★ Mn的氧化數從+7變到+2，的氧化數改變5

★ 所以 MnO_4^- 當量 = $\frac{119}{5} = 23.8$

濃度間的換算

濃度單位	溶液	溶劑	溶質	溫度改變
%	100g		g	不變
M	1L		mol	改變
m		1Kg	mol	不變
N	1L		mol	改變
X	1mol		mol	不變



例題六

有甲乙丙丁四瓶硫酸溶液，
甲的濃度為 1M（比重1.07），
乙為1m，丙為11%，丁為0.02莫
耳分率，求濃度大小比較？

例題六解答

★ 甲溶液

$$\frac{1}{1000 \times 1.07 - 1 \times 98} \times 1000 = 1.03m$$

★ 乙溶液

$$1m$$

★ 丙溶液

$$\frac{11}{\frac{98}{89}} \times 1000 = 1.26m$$

★ 丁溶液

$$\frac{0.02}{0.98 \times 18} \times 1000 = 1.13m$$

因此濃度大小：丙 > 丁 > 甲 > 乙

百萬分濃度(parts per million)

每百萬(10^6)克溶液中所含溶質克數

$$\begin{aligned}\text{百萬分濃度(ppm)} &= \frac{\text{溶質克數}}{\text{溶液重}} \times 10^6 \\ &= \frac{\text{溶質毫克數(mg)}}{\text{水溶液體積(L)}}\end{aligned}$$



百萬分濃度計算例

★ 有一個2.0升的水試樣，其中含3.0毫克的氟化鈉(NaF)，試問該水試樣中氟化鈉濃度為多少ppm？



百萬分濃度計算例解

$$\frac{\text{NaF毫克數}(mg)}{\text{水試樣體積}(L)} = \frac{3.0}{2.0} = 1.5 \text{ ppm}$$

各濃度間的換算-重量百分濃度%

★ $P\% \Rightarrow m$

$$m = \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶劑克數}} = \frac{\frac{P}{M_w}}{(100-P) \times 10^{-3}}$$
$$= \frac{10^3 \times P}{(100-P)M_w}$$

★ $m \Rightarrow P\%$

$$P\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%$$
$$= \frac{m \text{ 的莫耳數 } M_w}{1000 + m \text{ 的莫耳數 } M_w} \times 100\%$$

各濃度間的換算-重量百分濃度%

★ P% ⇔ x

$$x = \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶質莫耳數} + \text{溶劑莫耳數}} = \frac{\frac{P}{M_w}}{\frac{P}{M_w} + \frac{100-p}{M'_w}}$$

$$= \frac{PM'_w}{PM_w + (100-P)M'_w}$$

★ x ⇔ P%

$$P\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\% = \frac{xM_w}{xM_w + (1-x)M'_w}$$

各濃度間的換算-重量百分濃度%

★ P% ⇨ M (需溶液密度或比重d)

$$M = \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶液升數}} = \frac{\frac{P}{M_w}}{\frac{100}{d} \times 10^{-3}} = \frac{10dP}{M_w}$$

★ M ⇨ P% (需溶液密度或比重d)

$$P\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\% = \frac{xM_w}{xM_w + (1-x)M'_w}$$

各濃度間的換算-重量百分濃度%

★ P% ⇔ a ppm

$$\begin{aligned} a \text{ ppm} &= \frac{\text{溶質克數}}{\text{溶液克數}} \times 10^6 = \frac{P(g)}{100(g)} \times 10^6 \\ &= 10^4 \times P \end{aligned}$$

★ a ppm ⇔ P%

$$\begin{aligned} P\% &= \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\% \\ &= \frac{a}{10^6} \times 100\% = \frac{a}{10^4} \end{aligned}$$

各濃度間的換算-重量莫耳濃度m

★ $m \Rightarrow x$

$$x = \frac{\text{溶質}mol數}{\text{溶質}mol數 + \text{溶劑}mol數} = \frac{m \text{的}mol數}{m \text{的}mol數 + \frac{1000}{M'_w}}$$

$$= \frac{m \text{的}mol數 \times M'_w}{m \text{的}mol數 \times M'_w + 1000}$$

★ $x \Rightarrow m$

$$m = \frac{\text{溶質}mol數}{\text{溶液重}} = \frac{n_{質}}{(1 - n_{質}) \times M'_w \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{10^3 \times n_{質}}{(1 - n_{質}) M'_w}$$

各濃度間的換算-重量莫耳濃度m

★ $m \Rightarrow a \text{ ppm}$

$$a \text{ ppm} = \frac{\text{溶質克數}}{\text{溶液克數}} \times 10^6$$

$$= \frac{n_{\text{質}} \times M_w}{1000 + n_{\text{質}} \times M_w} \times 10^6$$

★ $a \text{ ppm} \Rightarrow m$

$$m = \frac{\text{溶質mol數}}{\text{溶液重}} = \frac{\frac{a}{M_w}}{(10^6 - a) \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{a}{10^3 \times M_w}$$

各濃度間的換算-體積莫耳濃度M

★ $m \Rightarrow M$ (需溶液密度或比重d)

$$M = \frac{\text{溶質mol數}}{\text{溶液升數}} = \frac{n_{\text{質}}}{\frac{1000+n_{\text{質}}M_w}{d} \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{10^3 \times n_{\text{質}} \times d}{1000+n_{\text{質}}M_w}$$

★ $M \Rightarrow m$ (需溶液密度或比重d)

$$m = \frac{\text{溶質mol數}}{\text{溶劑公斤數}} = \frac{n_{\text{質}}}{(1000\text{mL} \times d - n_{\text{質}} \times M_w) \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{10^3 \times n_{\text{質}}}{10^3 \times d - n_{\text{質}} \times M_w}$$

各濃度間的換算-體積莫耳濃度M

★ M ⇨ a ppm

$$\begin{aligned} a \text{ ppm} &= \frac{\text{溶質克數}}{\text{溶液升數}} = \frac{n_{\text{質}} \times M_w \times 10^3}{1(L)} \\ &= n_{\text{質}} \times M_w \times 10^3 \end{aligned}$$

★ a ppm ⇨ M

$$M = \frac{\text{溶質mol數}}{\text{溶液升數}} = \frac{\frac{a \times 10^{-3}}{M_w}}{1(L)} = \frac{a}{1000 \times M_w}$$

各濃度間的換算-體積莫耳濃度M

★ $M \Leftrightarrow x$ (需溶液密度或比重d)

$$x = \frac{\text{溶質}mol數}{\text{溶質}mol數 + \text{溶劑}mol數} = \frac{n_{質}}{n_{質} + \frac{1000d - n_{質}M_w}{M'_w}}$$

$$= \frac{n_{質}M_w}{n_{質} \times M_w + 10^3 d - n_{質}M'_w}$$

★ $x \Leftrightarrow M$ (需溶液密度或比重d)

$$M = \frac{\text{溶質}mol數}{\text{溶液升數}} = \frac{n_{質}}{\frac{n_{質}M_w + (1 - n_{質})M'_w}{d} \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{10^3 \times d \times n_{質}}{n_{質} \times M_w + (1 - n_{質})M'_w}$$

例題

63克草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)配成比重為1.03的1L溶液時，求此溶液的(1)重量百分率(2)重量莫耳濃度(3)莫耳分率(4)體積莫耳濃度(5)當量濃度各為何？

例題解

$$H_2C_2O_4 \text{重} = 63 \times \frac{H_2C_2O_4}{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = 45g$$

$$n_{H_2C_2O_4} = \frac{45}{90} = 0.5mol$$

★(1) 重量百分率

$$\frac{45}{1000 \times 1.02} \times 100\% = 4.41\%$$

★(2) 重量莫耳濃度

$$\frac{\frac{63}{90+36}}{\frac{1000 \times 1.02 - 45}{1000}} = 0.51m$$

★(3) 莫耳分率

$$\frac{0.5}{0.5 + \frac{1020-45}{18}} = 9.14 \times 10^{-3}$$

★(4) 體積莫耳濃度

$$\frac{0.5}{1} = 0.5M$$

★(5) 當量濃度

$$0.5 \times 2 = 1N$$