

化學 1 進階講義

化學計量

滕 翼老師



信望愛文教基金會

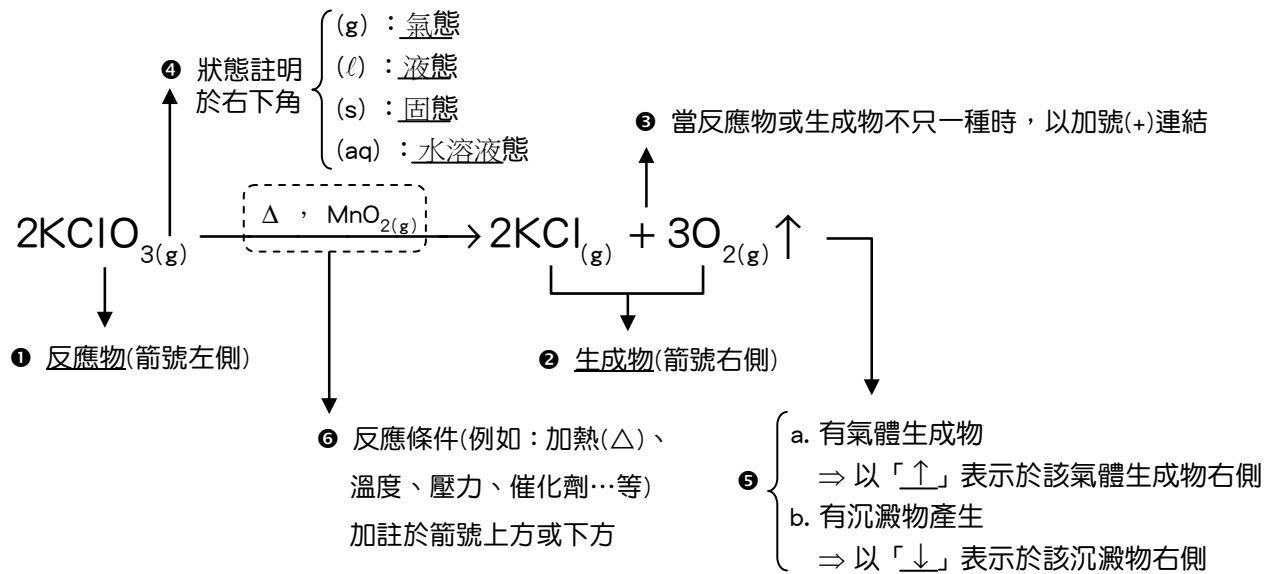
主題九、化學計量

A、化學反應表示法

【一】化學反應式(或化學方程式)的意義：

是以化學式及符號共同組合表示化學反應的式子，為化學界的專用語言。

【二】化學反應式的寫法：



《注意》：寫化學反應式不可憑空臆測，須有反應的事實！

B、化學反應式的係數平衡法

【一】觀察法：以丁烷與氧氣反應生成二氧化碳和水蒸氣為例

步驟一	根據實驗結果寫出反應物及生成物的化學式。
	實例 ： $\text{C}_4\text{H}_{10(\ell)} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$
步驟二	訂「元素種類最多」且「原子個數最多」之化合物的係數為 1。
	實例 ： $1\text{C}_4\text{H}_{10(\ell)} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$
步驟三	平衡C與H原子(原子不滅定律)
	實例 ： $1\text{C}_4\text{H}_{10(\ell)} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{CO}_{2(\text{g})} + 5\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$
步驟四	平衡O原子(原子不滅定律)
	實例 ： $1\text{C}_4\text{H}_{10(\ell)} + \frac{13}{2}\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{CO}_{2(\text{g})} + 5\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$
步驟五	係數若有分數，將其通分至最簡單整數比。
	實例 ： $2\text{C}_4\text{H}_{10(\ell)} + 13\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 8\text{CO}_{2(\text{g})} + 10\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$

【二】代數法：以氨氣與氧氣反應生成一氧化氮及水為例。

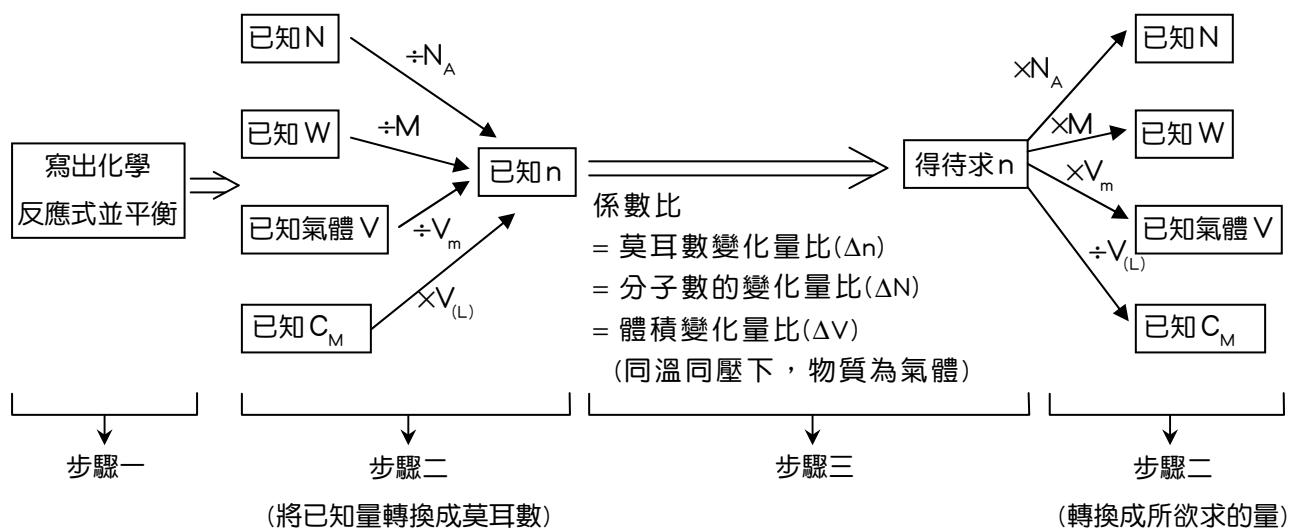
步驟一	根據實驗結果寫出反應物及生成物的化學式。
	實例 ： $\text{NH}_{3(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{NO}_{(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$
步驟二	訂「元素種類最多」且「原子個數最多」之化合物的係數為 1。其餘係數依序設代數為 a、b、c...
	實例 ： $1\text{NH}_{3(\text{g})} + a\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow b\text{NO}_{(\text{g})} + c\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$
步驟三	依「原子不滅」與「電荷不滅」等定律列出聯立方程式並解出代數之值。
	實例 ：依原子不滅定律： $\begin{cases} \text{N} : 1=b & \dots\dots (1) \\ \text{H} : 3=2c & \dots\dots (2) \\ \text{O} : 2a=b+c & \dots\dots (3) \end{cases}$ 由式(1)與(2)解出 $b=1$ ， $c=\frac{3}{2}$ ，再代入式(3)，解得 $a=\frac{5}{4}$ $\Rightarrow 1\text{NH}_{3(\text{g})} + \frac{5}{4}\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 1\text{NO}_{(\text{g})} + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$
步驟四	係數若有分數，將其通分至最簡單整數比。
	實例 ： $4\text{NH}_{3(\text{g})} + 5\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{NO}_{(\text{g})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$

C、化學計量之定義及化學計量之步驟方法

【一】定義：

利用化學反應式計算出反應物及生成物間的定量關係，即為化學計量。

【二】化學計量的步驟及方法：



【三】限量試劑與過量試劑：

限量試劑	過量試劑
(1) 定義：化學反應中若有兩種或兩種以上的反應物，則完全被用盡的反應物，稱之為限量試劑。 (2) 用途：限量試劑可以用來決定生成物的產量。 (3) 尋找方法：以反應物的「 $\frac{\text{初始莫耳數}}{\text{反應式中該物質的係數}}$ 」，所得的比值最小者即為限量試劑。	反應後有剩餘之試劑。

【四】理論產量：

在完全反應的情況下，限量試劑完全反應消耗掉之後，生成物所能得到的最大產量。

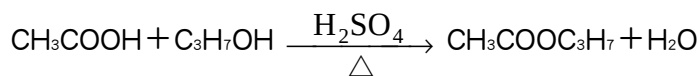
【五】產率：

$$\text{產量百分率(產率)} = \frac{\text{實驗所得實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\%$$

$\nwarrow$ 題目所給
 $\nearrow$ 用限量試劑方法所得

概念回溯 1.

具有梨子口味的香料——乙酸丙酯 ($\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$)，其合成反應的反應式為



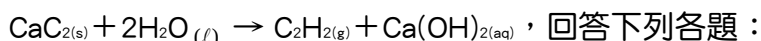
取冰醋酸 (CH_3COOH) 24 克、丙醇 ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) 30 克以及少量的濃硫酸在燒瓶內混合共熱，以製備乙酸丙酯，回答下列問題：(原子量：H=1，C=12，O=16)

- (1) 反應系中何者是限量試劑？
- (2) 依據化學反應式，乙酸丙酯的理論產量為多少克？
- (3) 經充分反應後，若實際上製得乙酸丙酯 12.24 克，則本反應的產率為多少？

【華江高中】

概念回溯 2.

碳化鈣 (CaC_2 ，俗稱電石) 96 克加水 72 克生成乙炔 (C_2H_2) 氣體，其化學反應式為

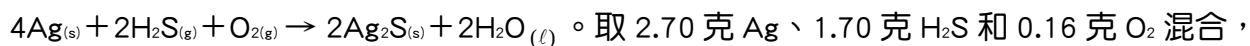


- (1) 理論上，至多可生成乙炔多少莫耳？
- (2) 理論上，反應後剩下何種物質多少克？
- (3) 產生的乙炔在 STP 時的體積為多少升？
- (4) 若產生的乙炔在 STP 時的體積僅 22.4 升，則產率為多少？

【松山高中】

概念回溯 3.

銀器在硫化氫存在的空氣中，會發生下列反應生成黑色的硫化銀：



充分進行反應。(原子量：O=16，S=32，Ag=108)

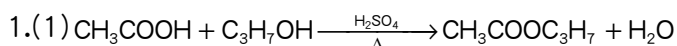
- (1) 何種物質是該反應的限量試劑？
- (2) 充分反應後可得 Ag_2S 若干克？

【中山女中】

※概念回溯簡答專區※

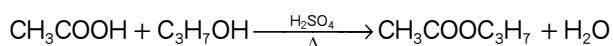
1. (1) CH_3COOH ; (2) 40.8 ; (3) 30%	2. (1) 1.5 ; (2) H_2O , 18 ; (3) 33.6 ; (4) 66.7%	3. (1) O_2 ; (2) 2.48
--	--	-----------------------------------

※概念回溯解析專區※



$$\begin{array}{cc} \frac{24\text{g}}{60} & \frac{30\text{g}}{60} \\ = 0.4\text{mole} & = 0.5\text{mole} \\ \downarrow & \\ \text{限量試劑} & \end{array}$$

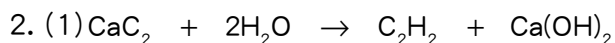
(2)



$$\begin{array}{cccc} 0.4\text{mole} & 0.5\text{mole} & & \\ -0.4\text{mole} & -0.4\text{mole} & +0.4\text{mole} & +0.4\text{mole} \\ \hline 0\text{ mole} & 0.1\text{mole} & 0.4\text{ mole} & 0.4\text{ mole} \end{array}$$

$\Rightarrow \therefore \text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$ 理論產量為 $(0.4 \times 102) = 40.8\text{g}$

$$(3) \text{產率} = \frac{\text{實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\% = \frac{12.24}{40.8} \times 100\% = 30\%。$$

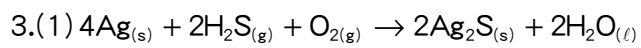


$$\begin{array}{cccc} \frac{96\text{g}}{64} & \frac{72\text{g}}{18} & & \\ = 1.5\text{mole} & = 4\text{mole} & & \\ -1.5 & -3 & +1.5 & +1.5 \\ \hline 0 & 1\text{mole} & 1.5\text{mole} & 1.5\text{mole} \end{array}$$

(2) 剩下 H_2O $(1 \times 18)\text{g} = 18\text{g}$

(3) 生成 $V_{\text{C}_2\text{H}_2} = V_m \times n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 22.4 \text{ L / mole} \times 1.5 \text{ mole} = 33.6 \text{ (L)}$

$$(4) \text{產率} = \frac{\text{實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\% = \frac{22.4}{33.6} \times 100\% = 66.7\%。$$



$$\begin{array}{ccc} \frac{2.7}{108} & \frac{1.7}{34} & \frac{0.16}{32} \\ = 0.025 & = 0.05 & = 0.005 \end{array}$$

↓
限量試劑

$$\left(\begin{array}{l} \text{比值：} \\ \therefore \begin{array}{ccc} \text{Ag} & \text{H}_2\text{S} & \text{O}_2 \\ \frac{0.025}{4} & \frac{0.05}{2} & \frac{0.005}{1} \end{array} \end{array} \right)$$

↓
最小 → 限量試劑

$$(2) n_{\text{O}_2} : n_{\text{Ag}_2\text{S}} = 1 : 2$$

$$\Rightarrow n_{\text{Ag}_2\text{S}} = 0.005 \times 2 = 0.01 \text{ mole}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Ag}_2\text{S}} = M_{\text{Ag}_2\text{S}} \times n_{\text{Ag}_2\text{S}}$$

$$= 248 \times 0.01$$

$$= 2.48 \text{g} \quad \circ$$