

1-2.2 化學計量

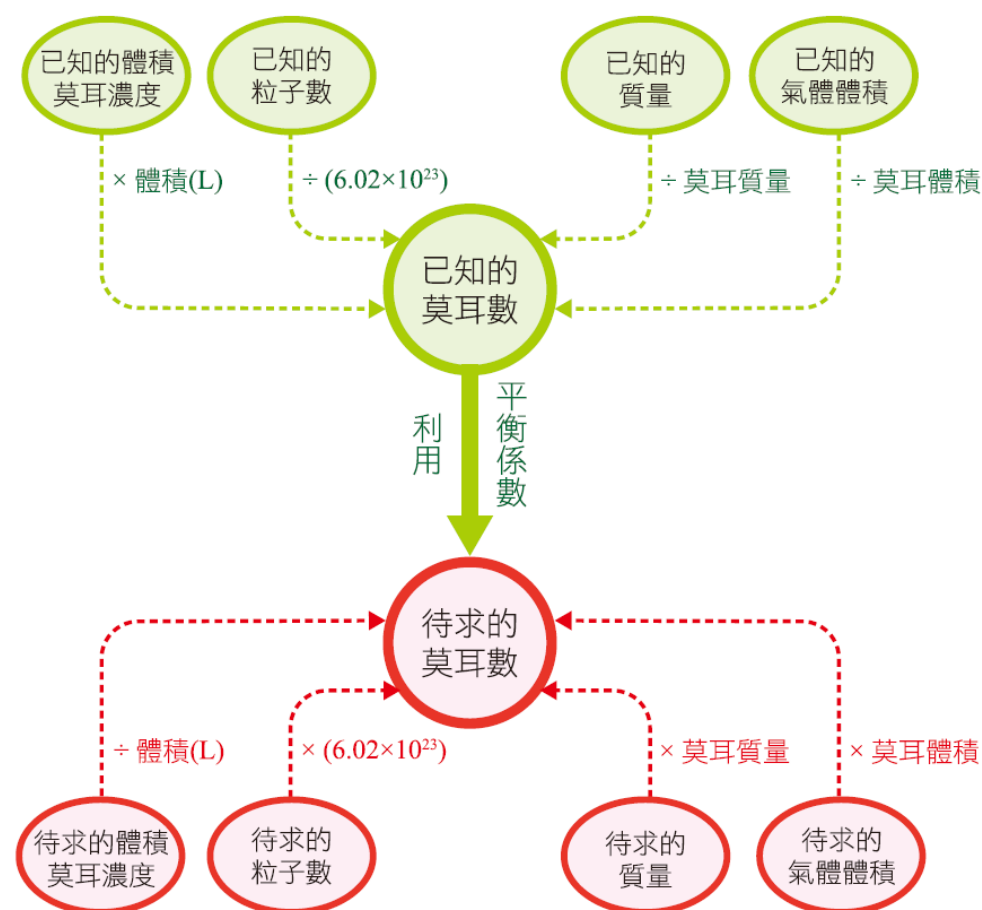
一、意義

利用平衡的化學反應式，討論反應物與生成物間莫耳數、質量或體積關係的方法。

二、步驟

1. 列出反應式。
2. 平衡反應式係數。
3. 將反應物的量換算成莫耳數，利用反應式的係數比求出生成物的莫耳數，並進一步轉化成欲求的量，如：質量或體積。

三、流程



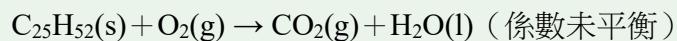
核心知識

氣體的莫耳體積

{ 標準溫壓(0°C, 1 atm)(STP) : 氣溫莫耳體積為 22.4 L
{ 常溫、常壓(25°C, 1 atm)(NTP) : 氣體莫耳體積為 24.5 L

範例 4 化學計畫

蠟燭的主要成分為二十五烷（分子式為 $C_{25}H_{52}$ ），完全燃燒的反應式如下：

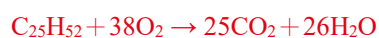


今取含有 80% 二十五烷的蠟燭 44 g，點火使其完全燃燒。試回答下列問題：

- (1) 反應過程中，至少需要多少 mol 的氧氣才可讓蠟燭完全耗盡？
- (2) 反應後，在 25°C 、1 atm 下，可產生多少 L 的二氧化碳？
- (3) 反應後，可產生多少 g 的水？

答 (1) 3.8 mol (2) 61.25 L (3) 46.8 g

解 $C_{25}H_{52} = 352$



$$(1) C_{25}H_{52} : \frac{44 \times 0.8}{352} = 0.1 \text{ mol} \Rightarrow O_2 : 0.1 \times 38 = 3.8 \text{ mol}$$

$$(2) CO_2 : 0.1 \times 25 = 2.5 \text{ mol}$$

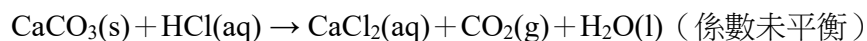
$$CO_2 \text{ 體積} = 2.5 \times 24.5 = 61.25 \text{ L}$$

$$(3) H_2O : 0.1 \times 26 = 2.6 \text{ mol}$$

$$H_2O \text{ 重} = 2.6 \times 18 = 46.8 \text{ g}$$

▶ 類題 4

將 10 g 含 75% 碳酸鈣的大理石磨成粉，使其與足量鹽酸完全反應，反應式如下：



試問生成的二氧化碳，在 0°C 、1 atm 下為多少 mL？(Ca=40)

- (A) 840 (B) 1680 (C) 3360 (D) 1837.5 (E) 3675。

答 (B)

解 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$ ， $CaCO_3 = 100$

$$CaCO_3 : \frac{10 \times 0.75}{100} = 0.075 \text{ mol} = n_{CO_2}$$

$$CO_2 \text{ 體積} : 0.075 \times 22.4 \times 1000 = 1680 \text{ mL}$$

1-2.3 限量試劑與產率

一、限量試劑

1. 意義

反應過程中，完全耗盡的反應物，稱為限量試劑，可以決定生成物的理論產量。

2. 判斷

反應物中， $\frac{\text{莫耳數}}{\text{係數}}$ 最小者為限量試劑。

例 48 g $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 與 92 g 的 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 完全反應後，產生的 $\text{N}_2(\text{g})$ 為多少 g？

| | | | | | |
|-----------|--|---------------|-----------|--------|-----------------------|
| | 限量試劑 | | | | |
| | ↑ | | | | |
| 莫耳數 係數 | $\frac{1.5}{2}$ (較小) | $\frac{1}{1}$ | | | |
| | ↑ ↑ | | | | |
| | $2\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 3\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ | | | | |
| | 48 g | 92 g | | | |
| | ↓ ÷ 32 ↓ ÷ 92 | | | | |
| 初 | 1.5 mol | 1 mol | 0 | 0 | |
| 中 | -1.5 mol | -0.75 mol | +2.25 mol | +3 mol | → 消耗、生成的莫耳數與 係數成正比 |
| 末 | 0 | 0.25 mol | 2.25 mol | 3 mol | |
| | | | ↓ × 28 | | |
| | | | 63 g | | |

二、產率

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

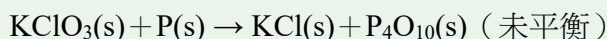
1. **理論產量**：經由化學計量所求得的生成物產量。
2. **實際產量**：經由實際反應所獲得的生成物產量。

例 承上例，經由化學計量所得的 $\text{N}_2(\text{g})$ 為 63 克，若實際反應所得的 $\text{N}_2(\text{g})$ 為 42 克，則產率為

$$\frac{42}{63} \times 100\% \doteq 67\%$$

範例 5 限量試劑

徑賽發令槍所使用火藥的成分通常是氯酸鉀(KClO_3)和紅磷(P)，發令時兩種物質會發生劇烈反應，產生巨大聲響及大量白煙，反應式如下：



假設發令槍中裝填有 24.5 g 的氯酸鉀與 9.3 g 的紅磷，當兩者完全反應後，試問：

($\text{P}=31$ 、 $\text{Cl}=35.5$ 、 $\text{K}=39$)

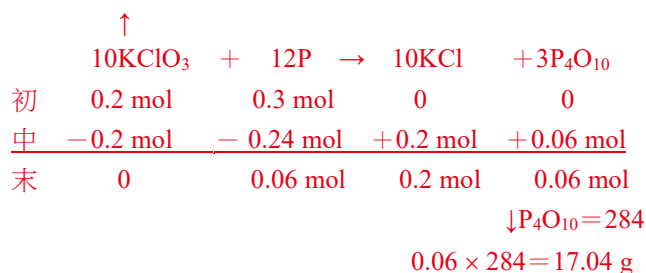
- (1) 何者為限量試劑？
- (2) 生成 P_4O_{10} 若干 g？

答 (1) KClO_3 (2) 17.04 g

解 $\text{KClO}_3 = 122.5$ ， $\text{P} = 31$ ，

$$\text{KClO}_3 : \frac{24.5}{122.5} = 0.2 \text{ mol}, \text{ P} : \frac{9.3}{31} = 0.3 \text{ mol}$$

$\frac{\text{莫耳數}}{\text{係數}}$ 較小，為限量試劑



▶ 類題 5

尿素(NH_2) $_2$ CO 可作為氮肥直接使用，也是重要的化工原料，利用氨與二氧化碳在高壓的條件下反應，可製得尿素，反應式為： $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (係數未平衡)。

取 51 g 的氨與 88 g 的二氧化碳完全反應。試問：

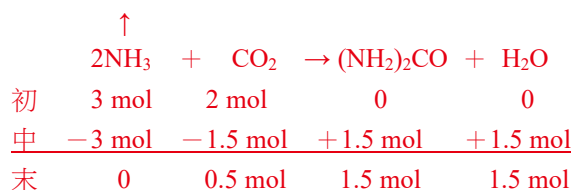
- (1) 何者為限量試劑？
- (2) 反應後生成尿素若干 g？

答 (1) NH_3 (2) 90 g

解 $\text{NH}_3 = 17$ ， $\text{CO}_2 = 44$ ，

$$\text{NH}_3 : \frac{51}{17} = 3 \text{ mol}, \text{ CO}_2 : \frac{88}{44} = 2 \text{ mol}$$

$\frac{\text{莫耳數}}{\text{係數}}$ 較小，為限量試劑

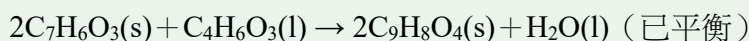


$$\downarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} = 60$$

$$1.5 \times 60 = 90 \text{ g}$$

範例 6 產率

阿司匹靈($\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$)可由柳酸($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$)與醋酸酐($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$)反應來製備，其反應式如下：



將 27.6 g 的柳酸與 15.3 g 的醋酸酐反應，若製得 21.6 g 的阿司匹靈，試問反應的產率為多少？

($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 = 138$ 、 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 102$ 、 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4 = 180$)

(A) 30% (B) 40% (C) 50% (D) 60% (E) 75%。

答 (D)

解 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 : \frac{27.6}{138} = 0.2 \text{ mol}$

$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 : \frac{15.3}{102} = 0.15 \text{ mol}$

莫耳數
係數 較小，為限量試劑

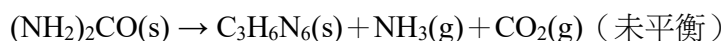
| | | | | | |
|---|---|----------------------------------|---|----------------------------------|--|
| | ↑ | | | | |
| | | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | | $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ | + | $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$ | $\rightarrow 2\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ |
| 初 | | 0.2 mol | | 0.15 mol | 0 0 |
| 中 | | <u>-0.2 mol</u> | | <u>-0.1 mol</u> | <u>+0.2 mol</u> <u>+ 0.1 mol</u> |
| 末 | | 0 | | 0.05 mol | 0.2 mol 0.1 mol |

↓
 $0.2 \times 180 = 36 \text{ g}$ (理論產量)

$$\text{產率} = \frac{21.6}{36} \times 100\% = 60\%$$

▶類題 6

研究指出，美耐皿餐具受熱後易分解產生三聚氰胺($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$)，危害人體健康。工業上，以尿素($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)製備三聚氰胺的反應式如下：



取 90 g 的尿素進行反應，經純化後，製得三聚氰胺 12 g，試問反應的產率約為若干？

(A) 40% (B) 50% (C) 60% (D) 70% (E) 80%。

答 (A)



$(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 60$ ， $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 = 126$

$(\text{NH}_2)_2\text{CO} : \frac{90}{60} = 1.5 \text{ mol}$

$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 : 1.5 \times \frac{1}{6} = \frac{1.5}{6} \text{ mol} \Rightarrow \frac{1.5}{6} \times 126 = 31.5 \text{ g}$ (理論產量)

$$\text{產率} = \frac{12}{31.5} \times 100\% \approx 40\%$$