

第一章

Chapter 1

元素的性質與 分子的結構



1-1 原子的粒子概念

一 基本化學定律

1. 質量守恆定律

- (1) 提出者：1774 年法國化學家拉瓦節（A. Lavoisier）。
- (2) 定律內容：反應前各物質的質量總和，與反應後各物質的質量總和相等。

2. 定比定律

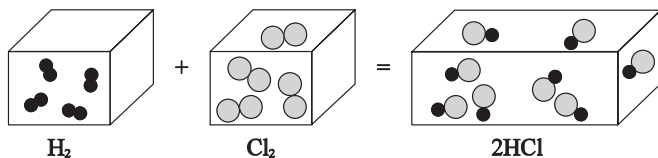
- (1) 提出者：1799 年法國化學家普魯斯特（Proust）。
- (2) 定律內容：一化合物，不論其來源與製備方式，其組成的元素間，具有一定的質量比。

3. 倍比定律

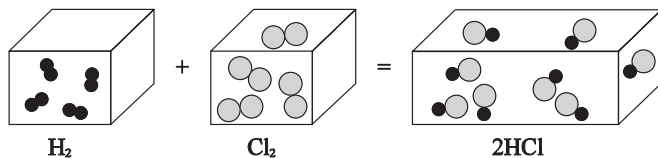
- (1) 提出者：1803 年英國化學家道耳頓（Dalton）。
- (2) 定律內容：兩元素可以生成兩種或多種化合物時，在這兩種或多種化合物中，其中一元素的質量若相等，則另一元素的質量成簡單整數比。

4. 氣體反應體積定律

- (1) 提出者：1808 年給呂薩克（Gay-Lussac）。
- (2) 定律內容：在同溫同壓下，氣體物質互相反應，且生成物為氣體時，反應物



例如：



1 體積的氫 + 1 體積的氯 → 2 體積的氯化氫

或生成物中氣體體積恆為一簡單整數比。

5. 亞佛加厥定律

- (1) 提出者：1811 年義大利化學家亞佛加厥（Avogadro）。
- (2) 定律內容：同溫同壓下，同體積的氣體，含有相同數目的分子。

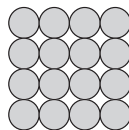
二 道耳頓的原子理論

1. 道耳頓原子說

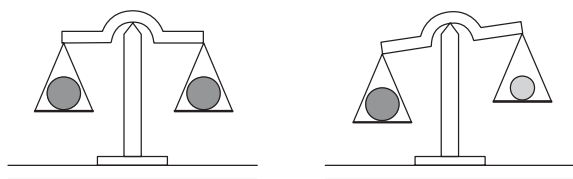
(1) 1802 年英國化學家道耳頓 (Dalton) 所提出。

(2) 內容

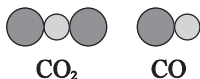
①任何物質皆由原子組成，原子是組成物質的最小單位，不能再被分割。



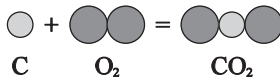
②相同元素的原子具有相同的質量與性質，不同元素的原子則不同。



③化合物是由不同元素的原子以簡單整數比形成。



④化學反應只是原子間的重新排列，反應前後原子種類與數目不變。



2. 道耳頓學說須修正之處

(1) 原子並非不可分割，也不是最小粒子。二十世紀初的科學家，經由實驗證實原子是由更小的電子、質子、中子等粒子所組成。

(2) 同種元素的原子其質量不一定相等。由於同位素的發現，知道同種元素的原子質量會不同。

例如：氫原子質量為 1.0078 amu。

重氫原子質量為 2.0141 amu。

(3) 一般的化學反應，只牽涉到電子的轉移，原子種類及數目並未改變，但在核反應中原子核發生變化，會由一種原子轉變成另一種原子。

範例一

甲氣體 1 升，剛好能與乙氣體 3 升化合，以產生丙氣體 2 升。若甲氣體的分子式為 A_3 （即三原子分子），則乙氣體的分子式可能是下列的哪一個？ (A) AB (B) AB_2 (C) A_2B (D) A_2B_2 。

解 答 B

解析 $A_3 + 3A_xB_y \rightarrow 2A_aB_b$

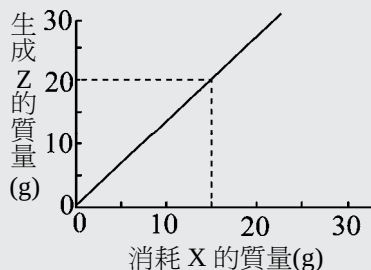
$$3 + 3x = 2a \quad \therefore x \text{ 必為奇數}$$

$$3y = 2b \quad \therefore y \text{ 必為偶數}$$

故選(B)

範例二

有一反應，由 X 與 Y 化合生成 Z。其反應如下：
 $2X + 3Y \rightarrow 2Z$ ，而反應物 X 與生成物 Z 的質量關係圖如右。試問當有 4 克的 Z 生成時，需要多少克的 Y？ (A) 1 (B) $\frac{3}{2}$ (C) 2 (D) 3
 (E) $\frac{3}{2} \times 4$ 。

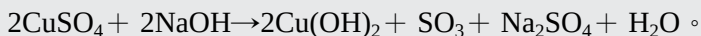
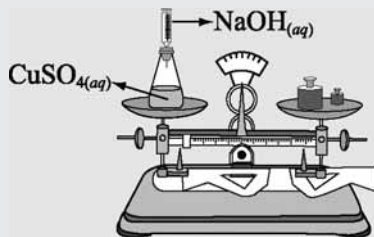


解 答 A

解析 消耗 15 克 X 及 5 克 Y 可生成 20 克 Z，依比例生成 4 克 Z 需消耗 1 克 Y。

範例三

將一密閉的化學反應裝置在天平秤量，如右圖。
 當在 $CuSO_4$ 溶液中注入氫氧化鈉溶液之後，下列
 哪些敘述是正確的？ (A) 會有沉澱產生，質量增
 加 (B) 沉澱物為 $Cu(OH)_2$ (C) 有氣體產生，質
 量減少 (D) 此實驗可用於說明化學反應的質量
 守恆 (E) 本反應的平衡反應式為：



解 答 BD

解析 (A)(D)因整個反應是在密閉系統中，故須遵守質量守恆。

(B) OH^- 僅與 1A 族、 NH_4^+ 、 H^+ 、及 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 發生溶解，而與其他陽離子發生沉澱。

(C)無氣體產生

(E)應為 $\text{CuSO}_{4(\text{aq})} + 2\text{NaOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$

範例四

下圖是氧的三相圖。圖中實線表示氧以兩種狀態共存時，溫度和壓力的關係線。

下列有關此相圖的敘述，哪些是正確的？ (A)1 大氣壓下，液態氧的沸點約為 90 K (B)1 大氣壓下，固態氧的熔點約為 80 K (C)液態氧在 74 K 時，其蒸氣壓約為 300 mmHg (D)當壓力為 100 mmHg、溫度為 60 K 時，氧為液態 (E)當壓力為 400 mmHg、溫度為 95 K 時，氧為液態。

解答 AD

解析 物質的狀態變化，決定於外界的溫度 (T) 與壓力 (P)

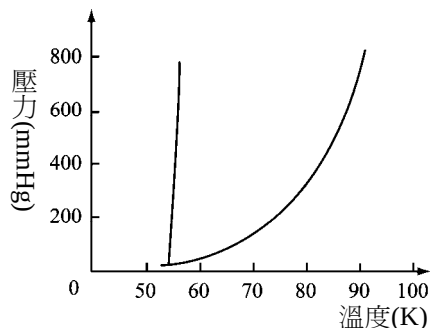
(A)1 atm 下，先畫出 $P = 760 \text{ mmHg}$ 的等壓線，遇 l-g 共存的溫度即沸點，約為 90 K

(B)1 atm 下，先畫出 $P = 760 \text{ mmHg}$ 的等壓線，遇 s-l 共存的溫度即熔點，約為 56 K

(C)先畫出 $T = 74 \text{ K}$ 的等溫線，遇 l-g 共存的壓力即蒸氣壓， $P \approx 200 \text{ mmHg}$

(D)在圖中標出 $P = 100 \text{ mmHg}$ 、 $T = 60 \text{ K}$ 的點，位於液態區

(E)在圖中標出 $P = 400 \text{ mmHg}$ 、 $T = 95 \text{ K}$ 的點，位於氣態區



範例五

同狀況下，同體積的甲、乙氣體之重量分別為 0.60 克及 0.64 克，已知甲只由氮和氧二元素結合而成，而乙的分子量為 32，則甲氣體所含原子數共有 _____ 個。

解答 2.41×10^{22}

解析 依亞佛加厥定律，同狀況下，同體積的氣體重量之比 = 分子量之比

$$\therefore \frac{0.60}{0.64} = \frac{M}{32} \quad \therefore M = 30 \text{ 可推知甲氣體分子式為 NO}$$

$$\therefore \text{甲氣體所含原子數} = \frac{0.60}{30} \times 2 \times 6.02 \times 10^{23} = 2.41 \times 10^{22}$$

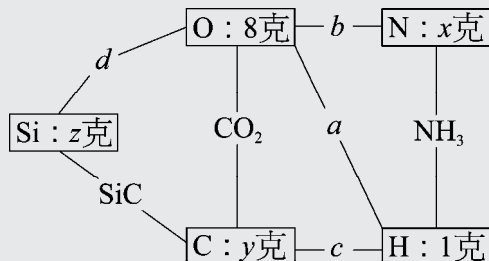
範例六

請按定比定律完成右圖中空格之答案：

(N = 14, Si = 28)

(1) $x = \text{①} = \underline{\hspace{1cm}}$, $y = \text{②} = \underline{\hspace{1cm}}$,
 $z = \text{③} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

(2) $a = \text{①} = \underline{\hspace{1cm}}$, $b = \text{②} = \underline{\hspace{1cm}}$,
 $c = \text{③} = \underline{\hspace{1cm}}$, $d = \text{④} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。



解 答 (1) ① $\frac{14}{3}$ ② 3 ③ 7 ; (2) ① H_2O ② N_2O_3 ③ CH_4 ④ SiO_2

解析 NH_3 中 $\text{N} : \text{H} = \frac{x}{14} : \frac{1}{1} = 1 : 3 \Rightarrow x = \frac{14}{3}$

$$\text{N} : \text{O} = \frac{\frac{14}{3}}{14} : \frac{8}{16} = 2 : 3 \Rightarrow \text{N}_2\text{O}_3 \cdots \cdots (\text{b})$$

$$\text{H} : \text{O} = \frac{1}{1} : \frac{8}{16} = 2 : 1 \Rightarrow \text{H}_2\text{O} \cdots \cdots (\text{a})$$

$$\text{CO}_2 \text{ 中 } \text{C} : \text{O} = \frac{y}{12} : \frac{8}{16} \Rightarrow 1 : 2 \rightarrow y = 3$$

$$\text{C} : \text{H} = \frac{3}{12} : \frac{1}{1} = 1 : 4 \Rightarrow \text{CH}_4 \cdots \cdots (\text{c})$$

$$\text{Si} : \text{C} = \frac{z}{28} : \frac{3}{12} = 1 : 1 \Rightarrow z = 7$$



1-2 化學式種類

一 化學式的種類

1. 化學式的種類

包括實驗式（簡式）、分子式、結構式、示性式、電子點式共五種。

(1) 實驗式（empirical formula）

①實驗式（又稱簡式）：表示物質組成的最簡化學式，僅表示分子中原子的種類與原子數的最簡整數比。

例如：葡萄糖分子的實驗式為 CH_2O 。

②以實驗式表示的物質

①金屬

例如： Ag 為銀的元素符號，亦為銀的化學式。

②離子化合物

例如：氯化鈉晶體中， Na 原子與 Cl 原子的最簡數目比為 1：1，以實驗式 NaCl 來表示氯化鈉的化學式。

③網狀固體的元素或化合物

例如：金剛石（ C ）、二氧化矽（ SiO 、石英）等。

③實驗式的推求

①利用各元素所含質量推求

若 $\text{A}_a\text{B}_b\text{C}_c$ 中分別含 A 元素重 W_A ，含 B 元素重 W_B ，含 C 元素重 W_C ，則：莫耳數比

$$\begin{aligned} \text{A} : \text{B} : \text{C} &= \frac{W_A}{M_A} : \frac{W_B}{M_B} : \frac{W_C}{M_C} \\ &= a : b : c \quad (\text{取最簡單整數比}) \end{aligned}$$

②利用各元素所含百分組成推求

若 $\text{A}_a\text{B}_b\text{C}_c$ 中分別 A 含 $x\%$ ，B 含 $y\%$ ，C 含 $z\%$ ，則：莫耳數比

$$\begin{aligned} \text{A} : \text{B} : \text{C} &= \frac{x\%}{M_A} : \frac{y\%}{M_B} : \frac{z\%}{M_C} \\ &= a : b : c \quad (\text{取最簡單整數比}) \end{aligned}$$

③利用有機物燃燒法推求

若 $C_nH_mO_k$ 總重 W_t 經燃燒後收集 CO_2 重 W_1 ，收集 H_2O 重 W_2 ，則：莫耳數比

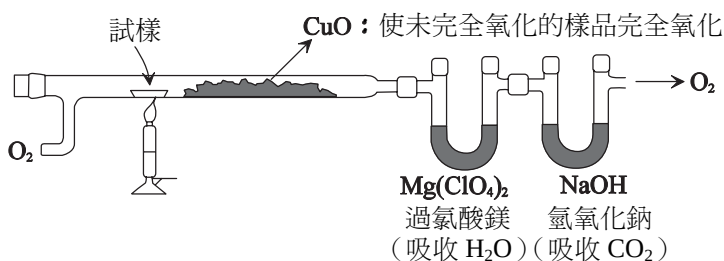
$$C : H : O = \frac{W_1}{44} : \frac{W_2}{18} \times 2 : \frac{\text{氧重}}{16}$$

$$= n : m : k \text{ (取最簡單整數比)}$$

$$\text{式量} = 12 \times n + 1 \times m + 16 \times k$$

【註】氧重 = 總重 - 碳重 - 氫重

$$= W_t - \frac{W_1}{44} \times 12 - \frac{W_2}{18} \times 2$$



碳、氫之定量分析

④元素重量百分組成

化合物 $A_aB_b \cdots$ 中 A 元素占有 $W\%$ ，表示每百克的化合物中 A 元素占 W 克。

$$W\% = \frac{W_A \text{ (一莫耳化合物中 A 元素的總重)}}{W_t \text{ (一莫耳化合物的總重)}} \times 100\%$$

$$= \frac{a \text{ (A 的原子數)} \times M_A \text{ (A 的原子量)}}{M \text{ (分子量)}} \times 100\%$$

例如： CH_4 中 H 的重量百分率 $= \frac{4 \times 1}{16} \times 100\% = 25\%$

⑤實驗式相同，則重量百分組成必相同，例如： C_2H_2 和 C_6H_6 。

(2) 分子式 (molecular formula)

①分子式：表示分子中，所含原子的種類及數目，可以表示物質的組成與分子量。

②不同化合物，實驗式可能相同，但分子式可能不同，化性、物性亦互不同。

例如：

化學式	乙酸	葡萄糖
分子式	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
實驗式	CH_2O	CH_2O

③ 分子式與實驗式的關係

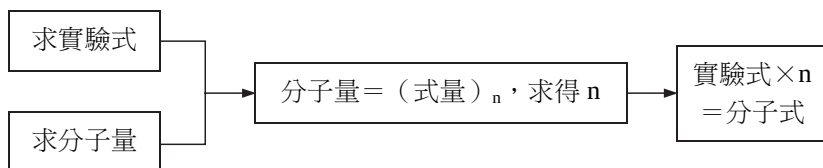
① 分子式 = (實驗式)_n，n = 正整數

例如：葡萄糖

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = (\text{CH}_2\text{O})_n, n = 6$$

② $n = \frac{\text{分子量}}{\text{式量}}$

④ 分子式的求法



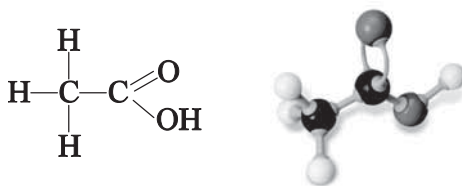
(3) 結構式 (structural formula)

① 表示分子中，原子與原子之間結合情形的化學式稱為結構式。

② 結構式可以表明分子內原子的種類、數目及結合情形（或相對位置）的化學式，但不能表示三度空間的立體結構（分子形狀）。

③ 結構式中連接原子與原子之間的短線代表原子與原子之間的化學鍵。

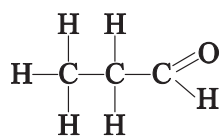
例如：乙酸的結構式如下。



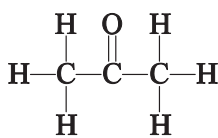
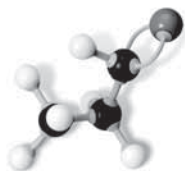
④ 同分異構物

分子式相同，但原子與原子結構不同，或空間位向不同的化合物。

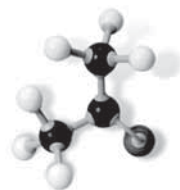
例如：丙醛與丙酮的分子式一樣，皆為 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ，但其結構式不同，如下列所示。



丙醛



丙酮



(4) 示性式 (rational formula)

- ①表示分子所具有官能基之特性的化學式，稱為示性式。
- ②官能基：取代碳氫化合物中氫原子的他種原子或原子團，使該分子具備特有的物理性質和化學性質。
- ③示性式常用於表示有機化合物。

例如：

化合物	乙醇	乙酸	甲醚	丙醛	丙酮
示性式	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	CH_3COOH	CH_3OCH_3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	CH_3COCH_3
官能基	$-\text{OH}$	$-\text{COOH}$	$-\text{O}-$	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array} $
	羥基	羧基	醚基	醛基	酮基

(5) 電子點式 (electron formula)

- ①分子內原子與原子之間的化學鍵以電子點表示，可顯示原子上共用電子對及未共用電子對分布的情形。
- ②表示電子點式時，只需表示出原子的價電子（最外層軌域的電子）。

例如：

化學式	Cl_2	NF_3	CH_4
電子點式	$ \begin{array}{c} :\ddot{\text{Cl}}: \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{array} $	$ \begin{array}{c} :\ddot{\text{F}}: \\ :\ddot{\text{N}}: \\ :\ddot{\text{F}}: \\ :\ddot{\text{F}}: \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $
結構式	$\text{Cl}-\text{Cl}$	$ \begin{array}{c} \text{N} \\ / \quad \backslash \\ \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $