



General, Organic, and Biological Chemistry: Structures of Life, 4/E


普通化學

原 著 Karen C. Timberlake

總校閱 洪耀釗


編 譯 陳明雄 嚴建國 張清亮 羅大倫 洪耀釗

莊奇容 王怡論 陳靜慧 曹文正 張振華

 高立圖書

Chapter 5

化學反應與計量

 高立圖書

原 著 Karen C. Timberlake
總校閱 洪耀釗
編 譯 陳明雄 嚴建國 張清亮 羅大倫 洪耀釗
莊奇容 王怡論 陳靜慧 曹文正 張振華



本章大綱

- 5.1 化學反應方程式
- 5.2 反應的類型
- 5.3 氧化 - 還原反應
- 5.4 莫耳
- 5.5 莫耳質量
- 5.6 化學方程式中的莫耳數關係
- 5.7 反應的質量計算
- 5.8 化學反應中能量的變化



職業：牙醫師

檢查牙齒時，牙醫師通常會先進行清潔工作，如磨除牙齒上的牙垢與牙菌斑。此工作需要用到許多工具，包括手持和電動旋轉器具，以及超音波設備等。

他們也需與病患討論正確的刷牙方式與使用牙線的技巧。有時會利用拍攝病患的牙齒 X 光片來檢測牙齒內部的狀況。



5.1 化學反應方程式

- 當一物質轉變成另一種或多種新物質時，就是發生了**化學變化** (chemical change)。
- 它可能是指顏色的變化、氣泡的生成或固體的形成。
- 例如，銀生鏽 (見圖5.1)。

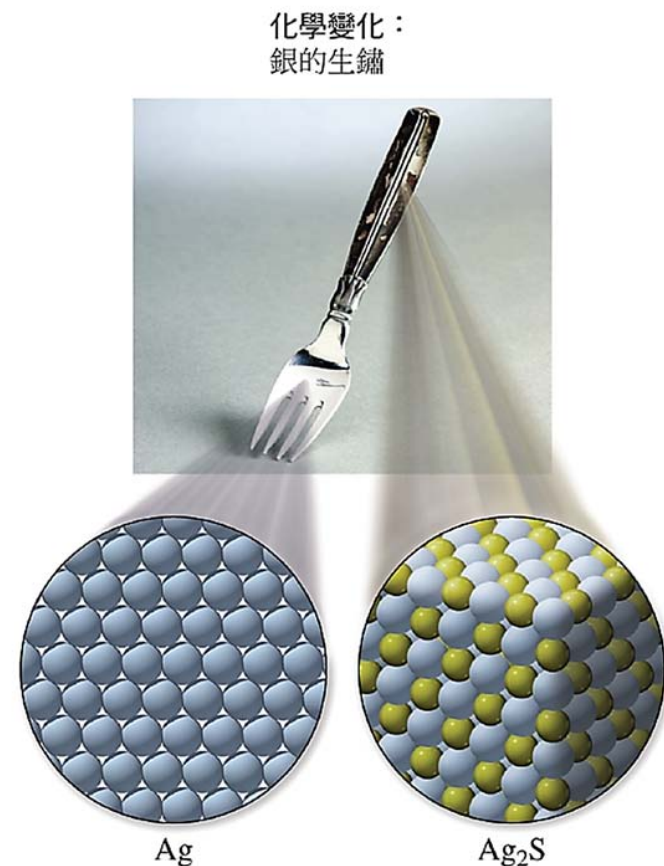


圖 5.1 化學變化產生新的物質。

5.1 化學反應方程式

描述化學反應的化學方程式

- **化學反應** (chemical reaction) 總是涉及化學變化，因為反應物質的原子會形成具有不同特性的新組合。
- 例如，將一片制酸劑投入水杯中，就會發生化學反應。(見圖5.2)。



圖 5.2 化學反應可形成具有不同性質的新生成物。如制酸劑 (NaHCO_3) 在水中會生成二氧化碳 (CO_2) 的氣泡。



5.1 化學反應方程式

描述化學反應的化學方程式

觀念題 5.1

化學反應的證據

說明下列各小題為何是一個化學反應：

- a. 烤肉時燃燒的丙烷燃料
- b. 使用過氧化氫改變頭髮的顏色

答案

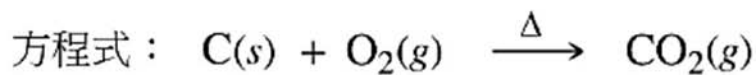
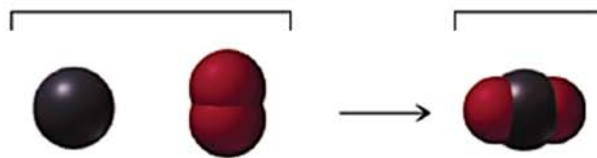
- a. 丙烷燃料燃燒時所產生的熱即是化學反應的證據。
- b. 頭髮顏色的改變是一個化學反應。

5.1 化學反應方程式



反應物

生成物





5.1 化學反應方程式

書寫化學方程式

- 化學方程式 (chemical equation) 中，反應物 (reactants) 的化學式寫在箭號的左側，而生成物 (products) 的化學式寫在右側。
- 表 5.2 摘錄一些使用於方程式中的符號。

表 5.2 撰寫方程式時常用的符號

符號	意義
+	分隔兩個以上的化學式
→	反應形成生成物
$\xrightarrow{\Delta}$	反應物被加熱
(s)	固體
(l)	液體
(g)	氣體或蒸汽
(aq)	水溶液



5.1 化學反應方程式

鑑別平衡的化學方程式

- 化學反應發生期間，原子不會增加、消失或變成其它原子。
- 每個化學反應必須寫成**平衡方程式** (balanced equation)，其中顯示在反應物的原子種類和數量會與生成物相同。



5.1 化學反應方程式

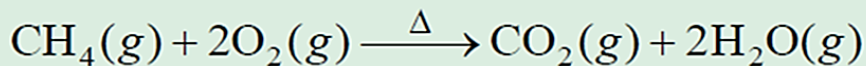
答案

每個原子的數目可透過乘以其係數得到。

	反應物	生成物
Fe 原子	2	2
S 原子	3	3
H 原子	6	6
Cl 原子	6	6

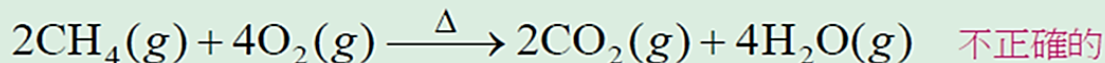
步驟 4 檢查最後的方程式以確認它是平衡的。

在最後的方程式中，反應物及生成物兩側之 C、H 與 O 原子的數目皆相同。所以，此方程式已平衡。

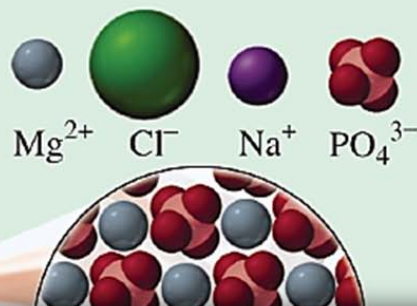
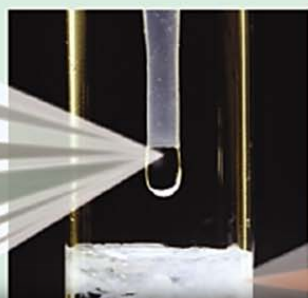
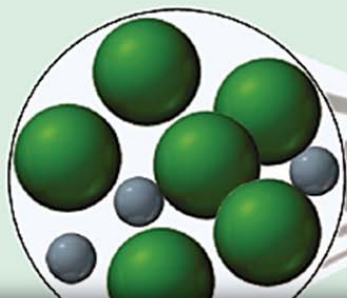


反應物	生成物	
1 個 C 原子	1 個 C 原子	平衡的
4 個 H 原子	4 個 H 原子	平衡的
4 個 O 原子	4 個 O 原子	平衡的

平衡方程式的係數必須是最低可能的整數，假定你得到的結果如下：



雖然反應物與生成物兩側有相同的原子數目，但它並非最低可能整數。正確的平衡方程式要將所有的係數除以 2 才對。



步驟 3 檢查最後的方程式以確認它是平衡的。

檢查原子的總數可確認方程式已是平衡的。係數為 1 時通常不需特別標註出來。



平衡的

反應物

生成物



平衡的



平衡的



平衡的



平衡的

5.2 反應的類型

結合反應

兩或更多個
反應物

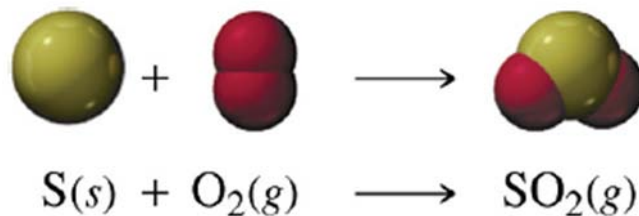
結合
產生

一個單一
生成物



結合反應

- 在**結合反應** (combination reaction) 中，由兩種以上的元素或化合物鍵結形成單一生成物。
- 例如，硫 (S) 與氧 (O) 結合形成二氧化硫(SO₂)。



5.2 反應的類型

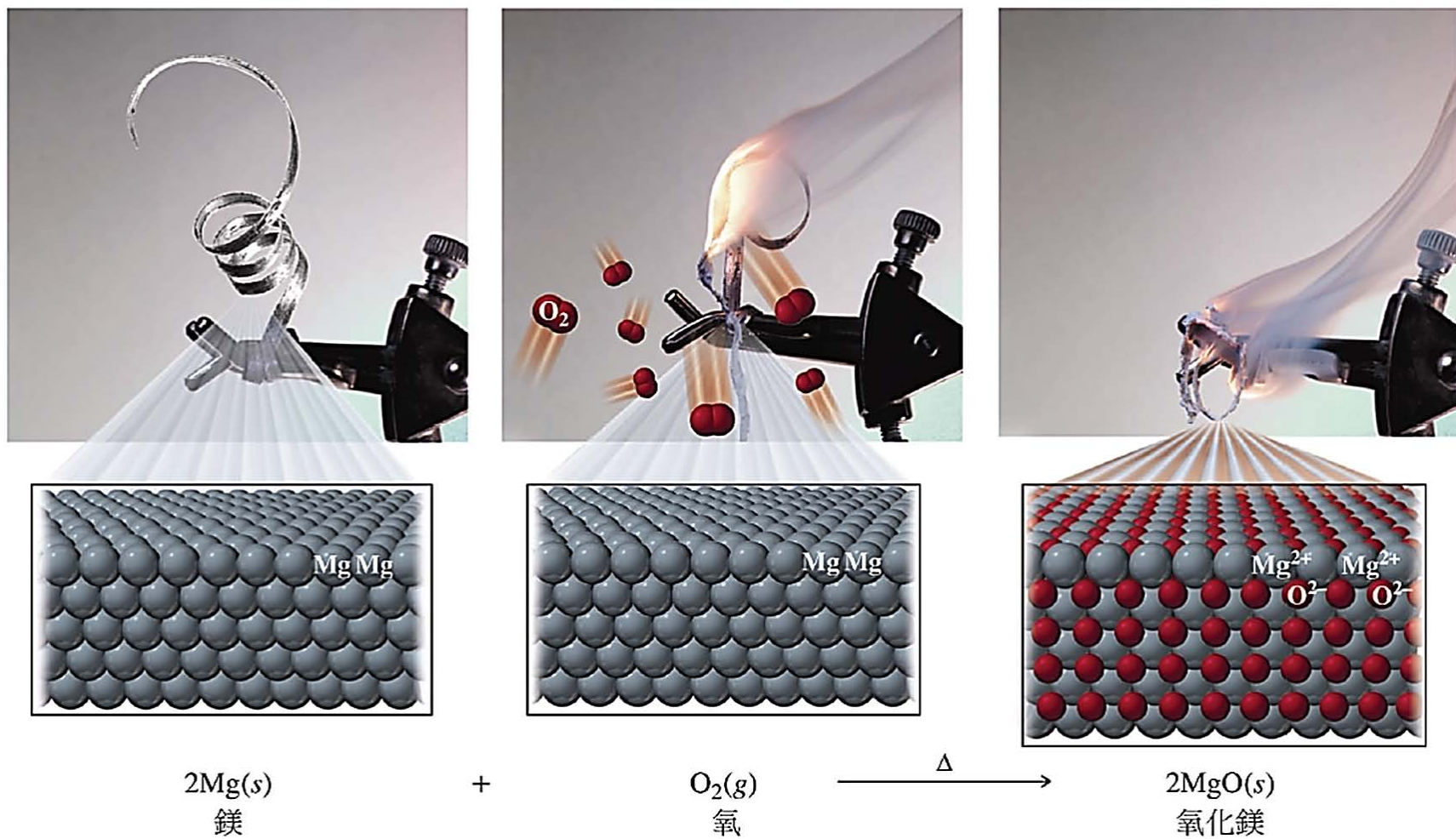


圖 5.3 在結合反應中，兩種以上的物質結合形成一個新的生成物。

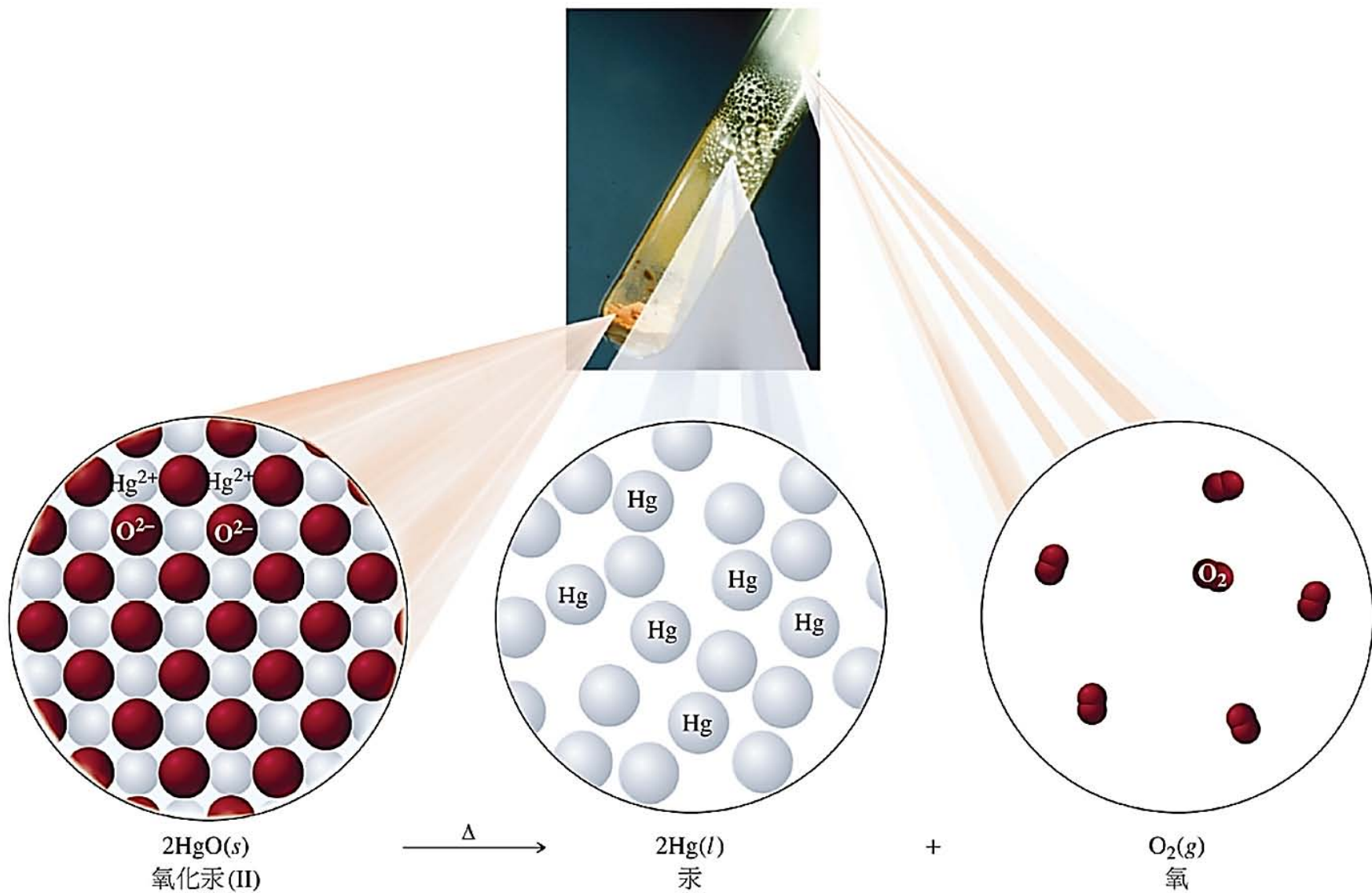


圖 5.4 在分解反應中，一個反應物可分解成兩種以上的生成物。

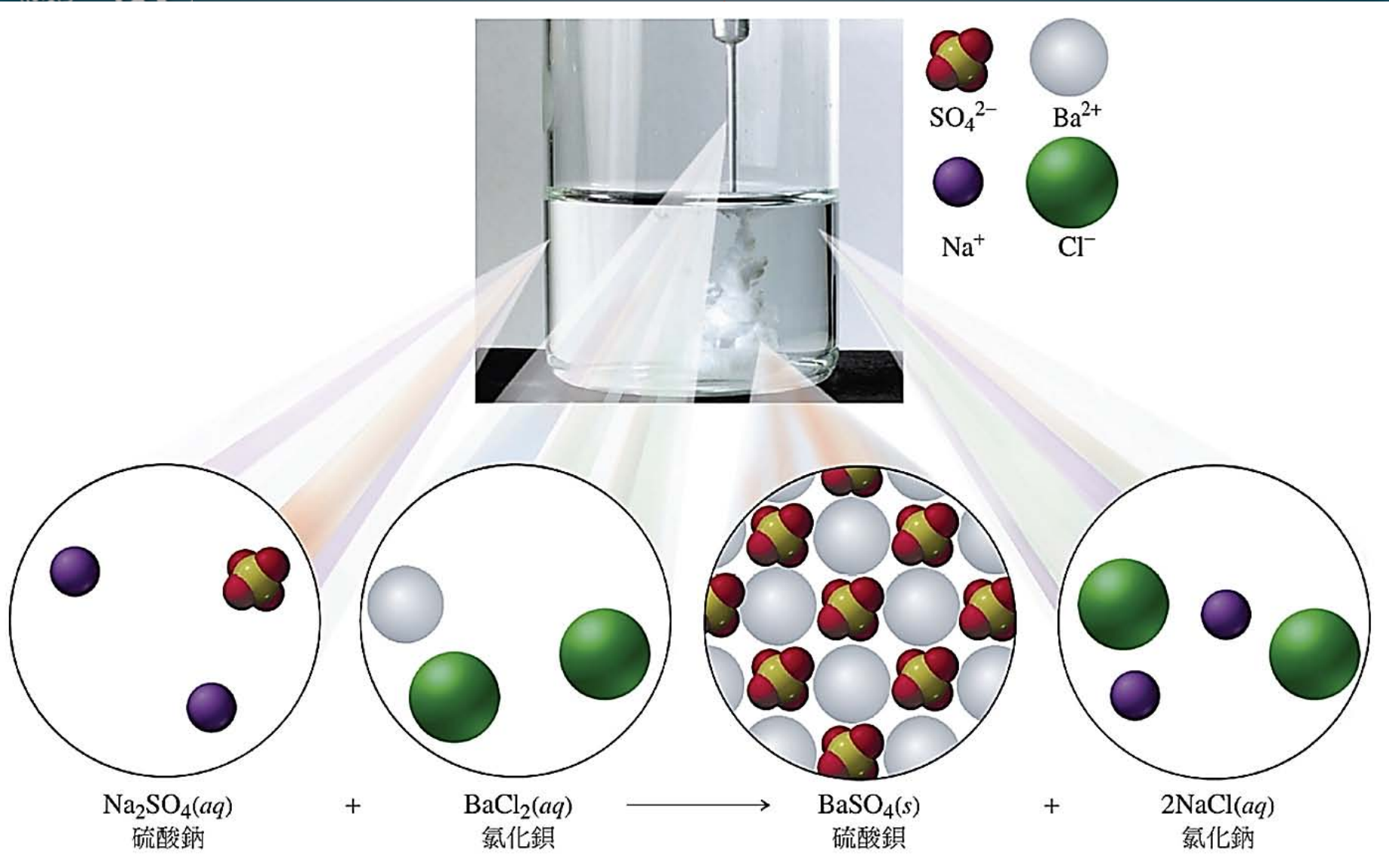


圖 5.6 在一個雙取代反應中，反應物中的陽離子相互置換。

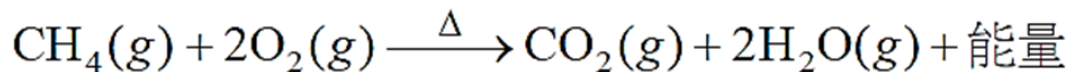
5.2 反應的類型



在燃燒反應中，蠟燭使用空氣中的氧進行燃燒。

燃燒反應

- 在**燃燒反應** (combustion reaction) 中，作為燃料的含碳化合物，與空氣中的氧燃燒生成二氧化碳 (CO₂)、水 (H₂O)，以及熱或火焰形式的能量。
- 例如，在瓦斯爐上烹煮食物與開暖氣都是甲烷氣體 (CH₄) 歷經燃燒的過程。



甲烷



5.2 反應的類型



表 5.3 統整反應的類型

反應類型	例子
結合反應	
$A + B \longrightarrow AB$	$Ca(s) + Cl_2(g) \longrightarrow CaCl_2(s)$
分解反應	
$AB \longrightarrow A + B$	$Fe_2S_3(s) \longrightarrow 2Fe(s) + 3S(s)$
單取代反應	
$A + BC \longrightarrow AC + B$	$Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$
雙取代反應	
$AB + CD \longrightarrow AD + CB$	$BaCl_2(aq) + K_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2KCl(aq)$
燃燒反應	
$C_xH_y + ZO_2(g) \xrightarrow{\Delta} XCO_2(g) + Y/2 H_2O(g) + \text{能量}$	$CH_4(g) + 2O_2(g) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{能量}$

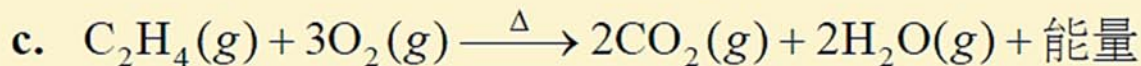
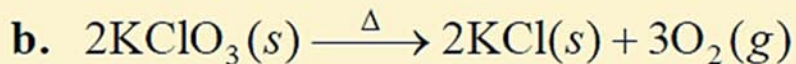
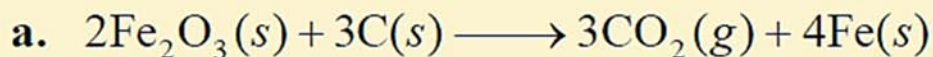


5.2 反應的類型

觀念題 5.3

辨識反應的類型

將下列反應分類為結合、分解、單取代、雙取代或燃燒反應：



答案

- a. 在此單取代反應中，C 原子取代在 Fe_2O_3 中的 Fe 而形成化合物 CO_2 與 Fe 原子。
- b. 當一個反應物分解產生兩個生成物，此反應即為分解反應。
- c. 碳化合物與氧的反應產生二氧化碳、水與能量，此即為燃燒反應。

5.2 反應的類型

健康連結



煙霧與健康的關係

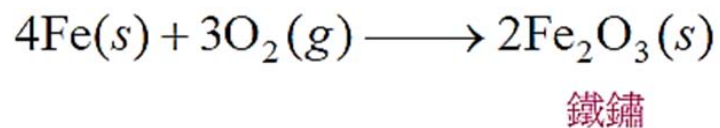


紅棕色的煙霧導因於二氧化氮。

- 煙霧有兩種類型。一種是光化學煙霧，需要陽光啟動反應產生像氮氧化物與臭氧的污染物。
- 另一種是工業或倫敦煙霧，發生在燃燒含硫煤炭的區域，會釋放出有害的產物——二氧化硫 (SO_2)。
- NO 與在空氣中的氧氣反應生成 NO_2 ，一種紅棕色氣體，它會刺激眼睛並損害呼吸系統。
- SO_2 會損害植物與腐蝕像鋼鐵的金屬，亦會損害人體，導致肺損傷與呼吸困難。
- 在空氣中， SO_2 與更多的氧反應形成 SO_3 ，又再與水結合形成硫酸。當下雨時，雨水會吸收空氣中的硫酸，而形成酸雨。

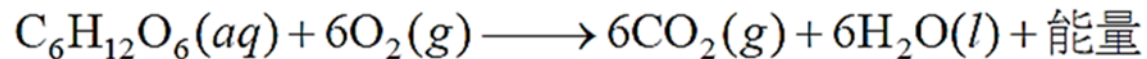
5.3 氧化 - 還原反應

- 當你看見一根生鏽的鐵釘、銀湯匙上的鏽斑或鐵金屬上的腐蝕，就是正在觀察氧化作用。



當空氣中的氧與鐵製工具反應會產生鐵鏽。

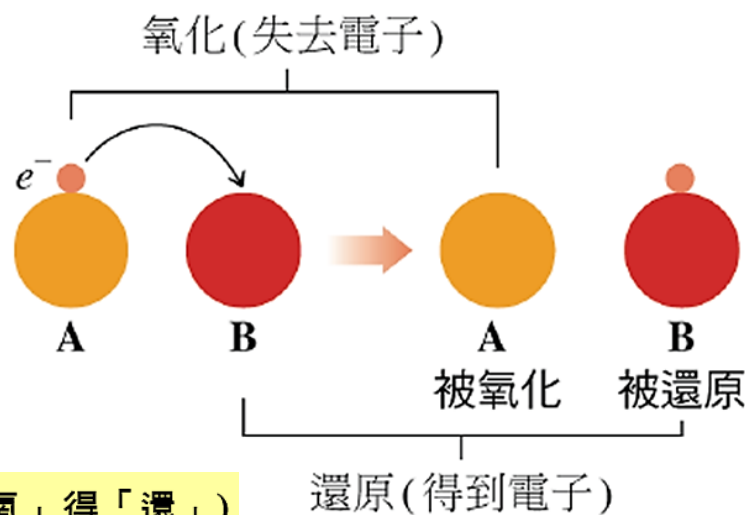
- 燃燒反應也是一個氧化 - 還原反應。
- 每次呼吸所提供的氧可以在我們的細胞中進行氧化作用。



5.3 氧化 - 還原反應

氧化 - 還原反應

- 在**氧化 - 還原反應** (oxidation-reduction reaction, *redox*) 中，電子由一物質轉移到另一物質。
- 氧化作用** (oxidation) 被定義為失去電子；
- 還原作用** (reduction) 則被定義為得到電子。



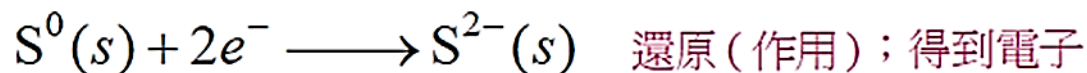
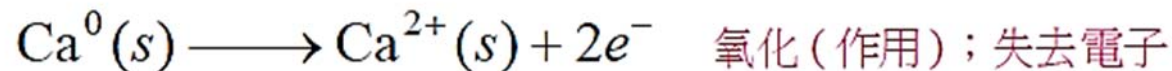
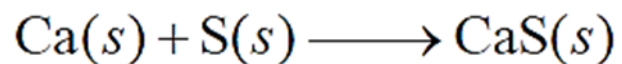
氧是失，還是得 (失「氧」得「還」)
氧化作用是失去電子。
還原作用是得到電子。



5.3 氧化 - 還原反應

氧化 - 還原反應

- 檢視由元素 Ca 與 S 所形成的離子化合物 CaS。



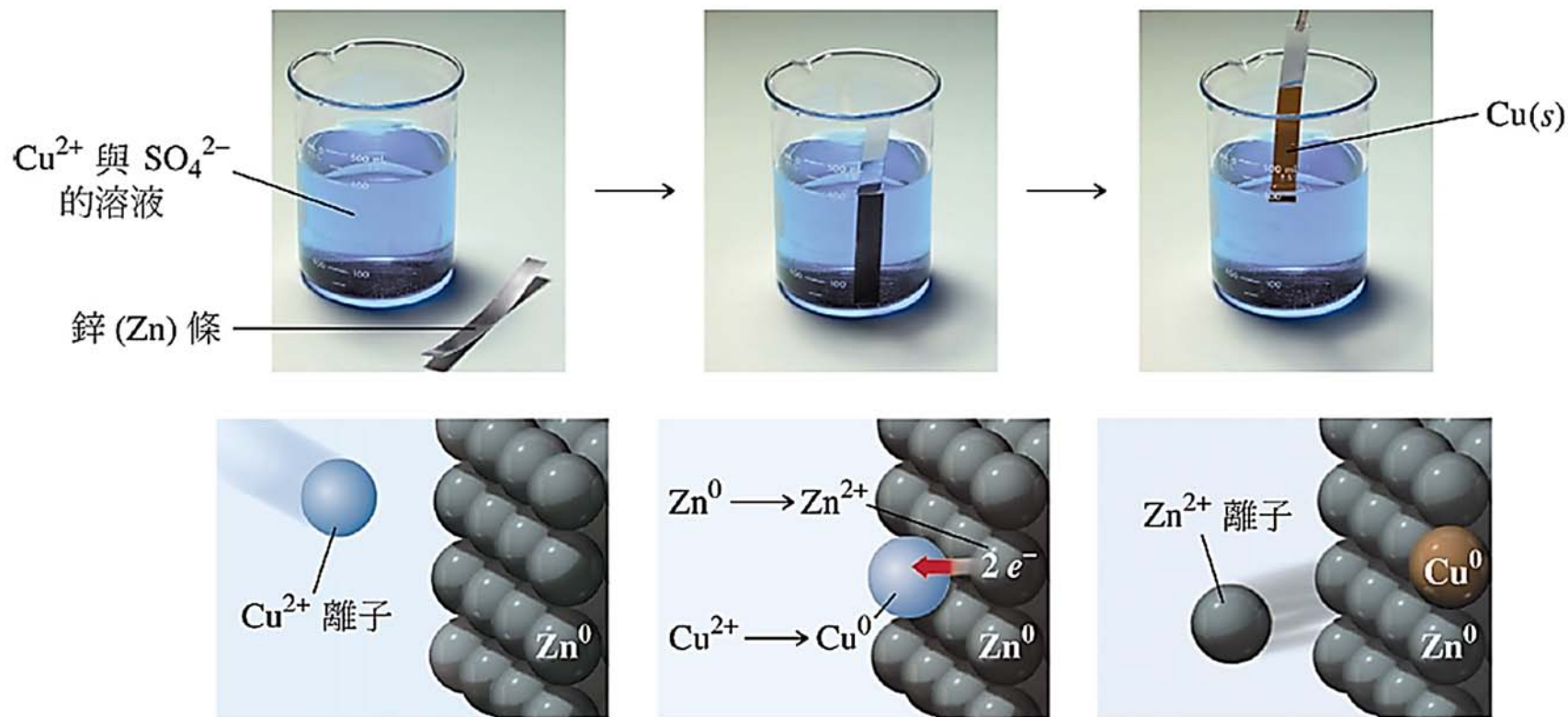
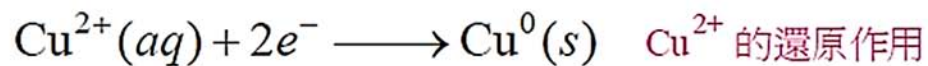
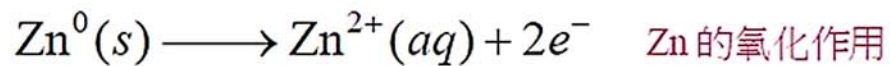


圖 5.7 在此單取代反應中， $\text{Zn}^0(s)$ 提供 2 個電子將 Cu^{2+} 還原成 $\text{Cu}^0(s)$ ，它自己則被氧化成 Zn^{2+} ：



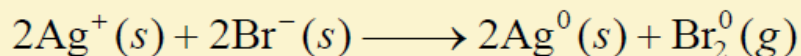


氧化 -

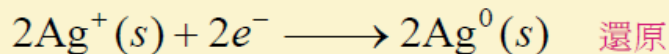
5.3 氧化 - 還原反應

答案

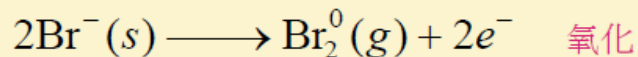
判定物質是氧化或還原，需要依據在反應物與生成物中的離子與電荷。在 AgBr 中，有一個具有 $1+$ 電荷的銀離子 (Ag^+) 與一個具有 $1-$ 電荷的溴離子 (Br^-)。將 AgBr 寫成離子的形式，可得下列反應：



現在以生成物中的 Ag 原子與 Ag^+ 比較。我們看到每個 Ag^+ 得到一個電子； Ag^+ 是被還原。



當以生成物 Br_2 中的 Br 原子與反應物中的 Br^- 比較，我們看到每個 Br^- 失去一個電子； Br_2 是被氧化的。

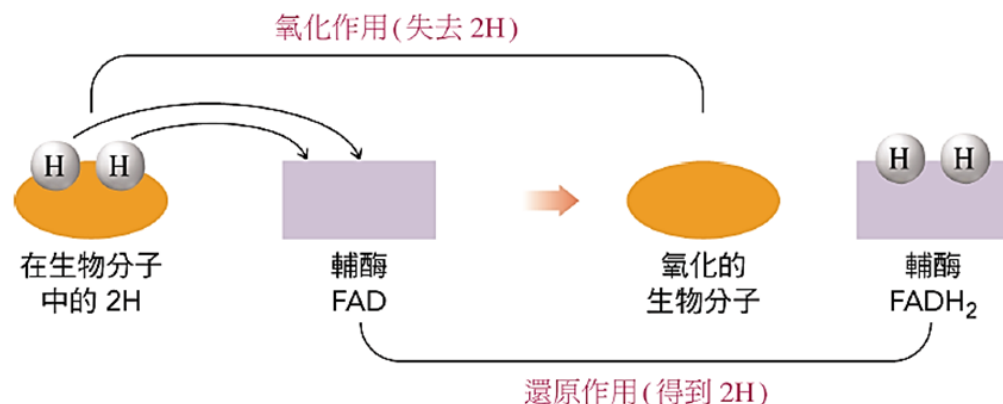


中的銀反應後，會色調變黃。


5.3 氧化 - 還原反應

在生物系統中的氧化與還原作用

- 在身體的細胞中，有機（碳）化合物的氧化作用牽涉到氫（H）原子的轉移，它是由電子與質子所組成。
- 例如，典型生物分子的氧化作用可以牽涉到兩個氫原子（或 2H^+ 與 $2e^-$ ）轉移到諸如輔酶 FAD 的質子受體。



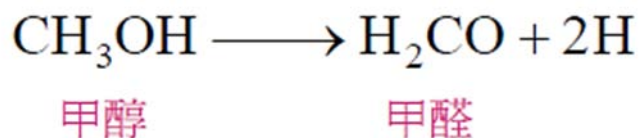
在生物系統中，氧化作用被認為是得到 O 原子或失去 H 原子；還原作用則被認為是失去 O 原子或得到 H 原子。



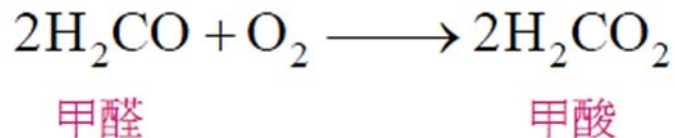
5.3 氧化 - 還原反應

在生物系統中的氧化與還原作用

- 當有毒的物質甲醇 (CH_3OH) 在身體中被代謝時，會失去兩個 H 原子而氧化成甲醛 (H_2CO)。



- 甲醛進而以獲得氧的方式被氧化成甲酸。





5.3 氧化 - 還原反應

在生物系統中的氧化與還原作用

- 最後，甲酸被氧化成二氧化碳與水，而 O₂ 被還原。



甲酸

表 5.4 氧化與還原作用的特徵

氧化作用	
總是牽涉到	可能牽涉到
失去電子	得到氧 失去氫
還原作用	
總是牽涉到	可能牽涉到
得到電子	失去氧 得到氫



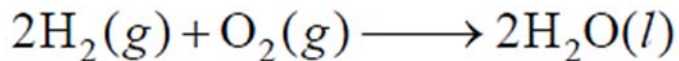
5.3 氧化 - 還原反應



環境連結

燃料電池：未來的乾淨能源

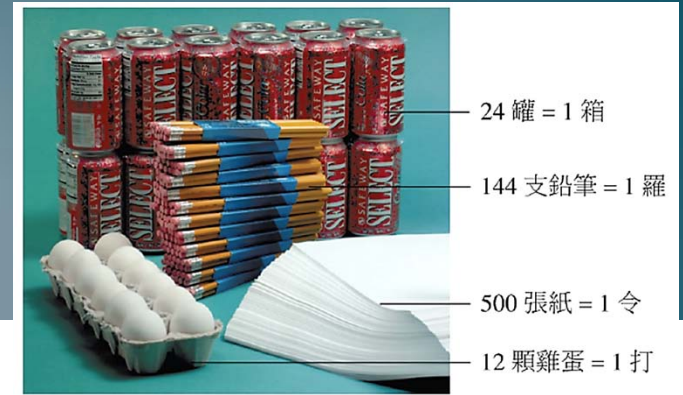
- 燃料電池是以乾淨的方式產生能量。
- 氫氣進入燃料電池並與鑲嵌在塑膠薄膜上的鉑金屬（觸媒）接觸。鉑促使氫原子氧化成為氫離子及電子。
- 當電子流經電線即產生電流。氫離子穿過塑膠薄膜與氧分子反應。氧分子被還原成氧離子，再與氫離子結合形成水。



在太空梭軌道器上即應用燃料電池來供應電力。



5.4 莫耳



24 罐 = 1 箱

144 支鉛筆 = 1 羅

500 張紙 = 1 令

12 顆雞蛋 = 1 打

大量物品的計量單位，包括打、羅與莫耳。

亞佛加厥數

- 在化學中，諸如原子、分子與離子等的粒子是以**莫耳** (mole) 為單位來計量，含有 6.02×10^{23} 個粒子。
- 又稱為**亞佛加厥數** (Avogadro's number)

亞佛加厥數

602 000 000 000 000 000 000 000 = 6.02×10^{23}



5.4 莫耳



1 莫耳的硫含有 6.02×10^{23} 個硫原子。

亞佛加厥數

表 5.5 1 莫耳試樣中的粒子數

物質	粒子的數量與形式
1 莫耳的 Al	6.02×10^{23} 個 Al 原子
1 莫耳的 S	6.02×10^{23} 個 S 原子
1 莫耳的水 (H_2O)	6.02×10^{23} 個 H_2O 分子
1 莫耳的維生素 C ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)	6.02×10^{23} 個維生素 C 分子
1 莫耳的 NaCl	6.02×10^{23} 個 NaCl 化學式單元

1 莫耳

6.02×10^{23} 個粒子

解答

步驟 1 陳述已知數量與需求數量。

分析問題

已知數量	需求數量
1.75 莫耳的 CO_2	CO_2 的分子數

步驟 2 計畫如何將莫耳數轉換成原子或分子數。

CO_2 的莫耳數 亞佛加厥數 CO_2 的分子數

步驟 3 應用亞佛加厥數寫出轉換因子。

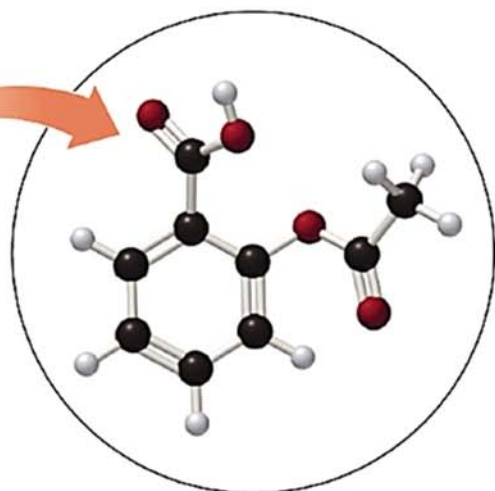
$$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ 個 } \text{CO}_2 \text{ 分子}}{1 \text{ 莫耳 } \text{CO}_2} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 } \text{CO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ 個 } \text{CO}_2 \text{ 分子}}$$

1 莫耳的 $\text{CO}_2 = 6.02 \times 10^{23}$ 個 CO_2 分子

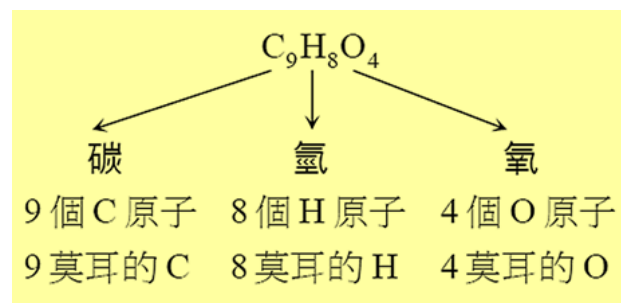
5.4 莫耳

化學式中元素的莫耳數

- 化合物之化學式中的下標表示每種元素之原子數。
- 例如，阿斯匹靈 ($C_9H_8O_4$)。



阿斯匹靈 $C_9H_8O_4$



在一個分子中原子的數目

碳 (C)



氢 (H)



氧 (O)



步驟 2 計畫如何將化合物之莫耳數轉換成元素之莫耳數。

$C_9H_8O_4$ 的莫耳數 下標 C 原子的莫耳數

步驟 3 應用下標寫出數量與轉換因子。

$$1 \text{ 莫耳的 } C_9H_8O_4 = 9 \text{ 莫耳的 } C \text{ 原子}$$
$$\frac{9 \text{ 莫耳 } C}{1 \text{ 莫耳 } C_9H_8O_4} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 } C_9H_8O_4}{9 \text{ 莫耳 } C}$$

步驟 4 由題意計算元素的莫耳數。

$$1.50 \text{ 莫耳 } \cancel{C_9H_8O_4} \times \frac{9 \text{ 莫耳 } C}{1 \text{ 莫耳 } \cancel{C_9H_8O_4}} = 13.5 \text{ 莫耳的 } C$$

5.5 莫耳質量

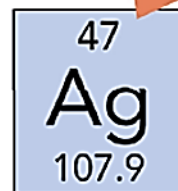


6.02×10^{23} 個 C 原子

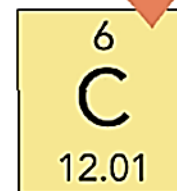
1 莫耳的 C 原子

12.01 克的 C 原子

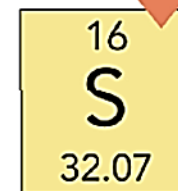
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og



1 莫耳的銀原子
質量為 107.9 克



1 莫耳的碳原子
質量為 12.01 克



1 莫耳的硫原子
質量為 32.07 克

5.5 莫耳質量

步驟 3 以加總各元素的質量計算莫耳質量。

$$2 \text{ 莫耳的 Li} = 13.9 \text{ 克的 Li}$$

$$1 \text{ 莫耳的 C} = 12.0 \text{ 克的 C}$$

$$3 \text{ 莫耳的 O} = + 48.0 \text{ 克的 O}$$

$$\text{Li}_2\text{CO}_3 \text{ 的莫耳質量} = \underline{73.9 \text{ 克}}$$

$$1 \text{ 莫耳 C} \times \frac{12.0 \text{ 克 C}}{1 \text{ 莫耳 C}} = 12.0 \text{ 克的 C}$$

由 3 莫耳的 O 得到的克數：

$$3 \text{ 莫耳 O} \times \frac{16.0 \text{ 克 O}}{1 \text{ 莫耳 O}} = 48.0 \text{ 克的 O}$$

產生紅色的



5.5 莫耳質量

應用莫耳質

- 元素或化合物
可以將物
耳數。
- 例如，1
量轉換為

表 5.6 元素與化合物的莫耳質量

物 質	莫耳質量
1 莫耳 C	12.0 克
1 莫耳 Na	23.0 克
1 莫耳 Fe	55.9 克
1 莫耳 NaF	42.0 克
1 莫耳 CaCO_3	100.1 克
1 莫耳 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (葡萄糖)	180.1 克
1 莫耳 $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ (咖啡因)	194.1 克

因子，因為它
克數轉換成莫

為了將莫耳質

5.5 莫耳質量

例題 5.6

將化合物的質量轉換成莫耳數

步驟 3 確定莫耳質量，並寫出轉換因子。

$$\begin{array}{l} 1 \text{ 莫耳的 NaCl} = 58.5 \text{ 克的 NaCl} \\ \frac{58.5 \text{ 克 NaCl}}{1 \text{ 莫耳 NaCl}} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 NaCl}}{58.5 \text{ 克 NaCl}} \end{array}$$

步驟 4 由題意將克數轉換成莫耳數。

$$737 \text{ 克 NaCl} \times \frac{1 \text{ 莫耳 NaCl}}{58.5 \text{ 克 NaCl}} = 12.6 \text{ 莫耳的 NaCl}$$

步驟 2 計畫如何將克數轉換成莫耳數。

NaCl 的克數

莫耳質量

NaCl 的莫耳數



5.5 莫耳質量

- 圖 5.9 所示是化合物的莫耳數、其質量(克)、分子數(化學式單元)，與此化合物中每個元素莫耳數及原子數之間的關係。

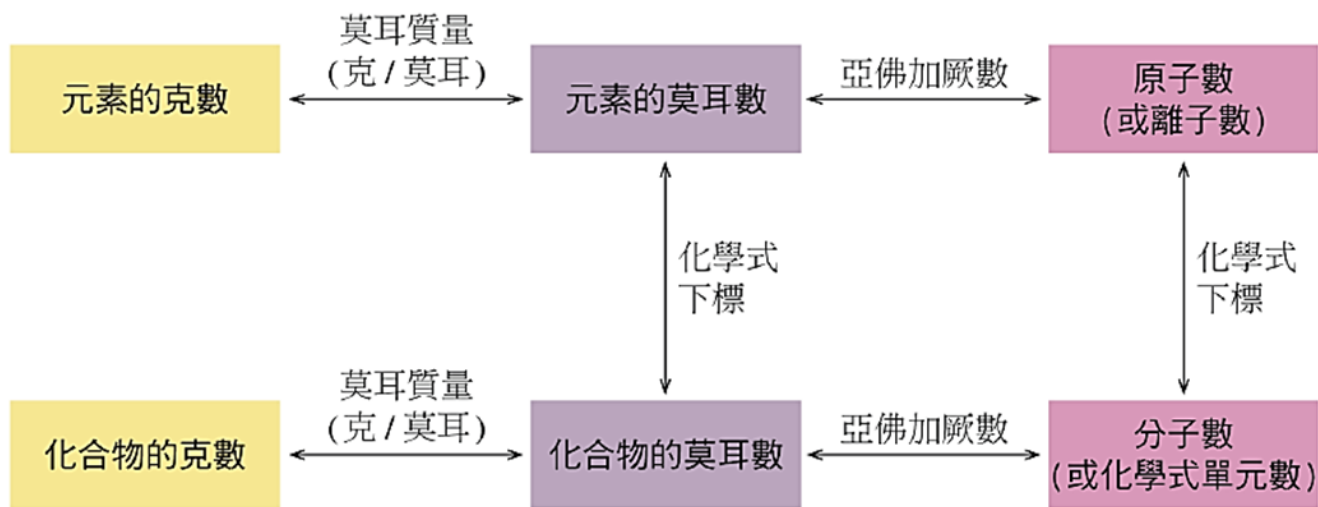
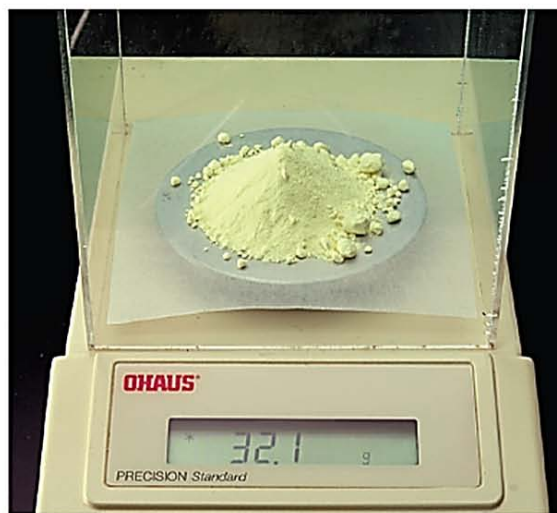


圖 5.9 化合物的莫耳數與其莫耳質量、亞佛加厥數，以及化學式中的下標相關連。

5.6 化學方程式中的莫耳數關係



$2\text{Ag}(s)$



$\text{S}(s)$

反應物質量



$\text{Ag}_2\text{S}(s)$

生成物質量

質量守恆定律的定義：在一個化學反應中，物質不會憑空失去或得到。

在此反應中，銀原子反應的數目是硫原子數的兩倍。



5.6 化學方程式中的莫耳數關係

表 5.7 藉由平衡方程式可得到的有用資訊

	反應物			→	生成物
方程式	2 Ag(s)	+	S(s)	→	Ag ₂ S(s)
原子	2 個 Ag 原子	+	1 個 S 原子	→	Ag ₂ S 化學式單元
	200 個 Ag 原子	+	100 個 S 原子	→	100 個 Ag ₂ S 化學式單元
原子的亞佛加 厥數	2 (6.02 × 10 ²³) 個 Ag 原子	+	1 (6.02 × 10 ²³) 個 S 原子	→	1 (6.02 × 10 ²³) 個 Ag ₂ S 化學式單元
莫耳數	2 莫耳的 Ag	+	1 莫耳的 S	→	1 莫耳的 Ag ₂ S
質量 (克)	2 (107.9 克) 的 Ag	+	1 (32.1 克) 的 S	→	1 (247.9 克) 的 Ag ₂ S
總質量 (克)	247.9 g			→	247.9 g



5.6 化學方程式中的莫耳數關係

源自方程式的莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子

$$\text{Fe 與 S : } \frac{2 \text{ 莫耳 Fe}}{3 \text{ 莫耳 S}} \quad \text{與} \quad \frac{3 \text{ 莫耳 S}}{2 \text{ 莫耳 Fe}}$$

$$\text{Fe 與 Fe}_2\text{S}_3 \text{ : } \frac{2 \text{ 莫耳 Fe}}{1 \text{ 莫耳 Fe}_2\text{S}_3} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 Fe}_2\text{S}_3}{2 \text{ 莫耳 Fe}}$$

$$\text{S 與 Fe}_2\text{S}_3 \text{ : } \frac{3 \text{ 莫耳 S}}{1 \text{ 莫耳 Fe}_2\text{S}_3} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 Fe}_2\text{S}_3}{3 \text{ 莫耳 S}}$$

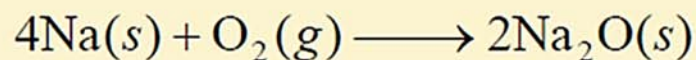


5.6 化學方程式中的莫耳數關係

觀念題 5.6

寫出莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子

考慮下列經平衡的方程式：

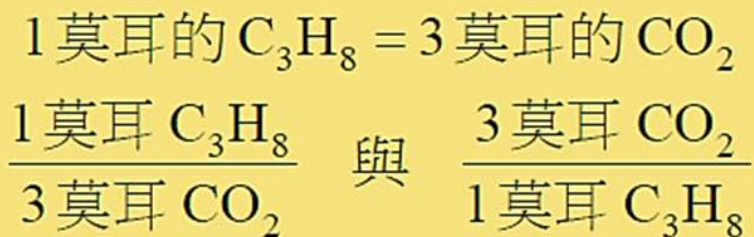


- b. Na 與 Na_2O 的莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子使用 Na 的係數寫下 4 莫耳的 Na，與使用 Na_2O 的係數寫下 2 莫耳的 Na_2O 。

4 莫耳的 Na = 2 莫耳的 Na_2O

$$\frac{4 \text{ 莫耳 Na}}{2 \text{ 莫耳 Na}_2\text{O}} \quad \text{與} \quad \frac{2 \text{ 莫耳 Na}_2\text{O}}{4 \text{ 莫耳 Na}}$$

步驟 3 使用係數寫出莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子；若需要時，亦可寫出莫耳質量 (轉換) 因子。



步驟 4 由題意計算需求數量 (莫耳數或克數)。

$$2.25 \text{ 莫耳 } \cancel{C_3H_8} \times \frac{3 \text{ 莫耳 } CO_2}{1 \text{ 莫耳 } \cancel{C_3H_8}} = 6.75 \text{ 莫耳的 } CO_2$$

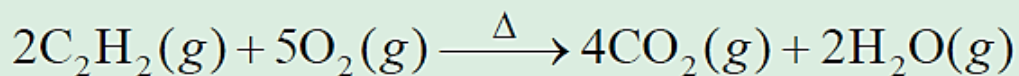
所求得的答案是三位有效數字，是因為已知值為 2.25 莫耳的 C_3H_8 具有三位有效數字。在莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子中的數值是精確值。

中的 O_2 反應
 H_2O 與能量。

例題 5.8

從反應物的質量計算生成物的質量

當乙炔 (C_2H_2) 在氧中燃燒時，所產生的高溫可用來焊接金屬。



當 54.6 克的 C_2H_2 燃燒時，可產生多少克的 CO_2 ？

解答

步驟 1 陳述已知與需求的數量。

分析問題

已知數量	需求數量
54.6 克的 C_2H_2	CO_2 的克數
方程式	
$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 4CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{能量}$	



乙炔和氧氣反應後可用來焊接金屬。

步驟 3 使用係數寫出莫耳 - 莫耳 (轉換) 因子；若需要時，亦可寫出莫耳質量 (轉換) 因子。

$$\begin{array}{l} 1 \text{ 莫耳的 } C_2H_2 = 26.0 \text{ 克的 } C_2H_2 \\ \frac{26.0 \text{ 克 } C_2H_2}{1 \text{ 莫耳 } C_2H_2} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 } C_2H_2}{26.0 \text{ 克 } C_2H_2} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 2 \text{ 莫耳的 } C_2H_2 = 4 \text{ 莫耳的 } CO_2 \\ \frac{2 \text{ 莫耳 } C_2H_2}{4 \text{ 莫耳 } CO_2} \quad \text{與} \quad \frac{4 \text{ 莫耳 } CO_2}{2 \text{ 莫耳 } C_2H_2} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ 莫耳的 } CO_2 = 44.0 \text{ 克的 } CO_2 \\ \frac{44.0 \text{ 克 } CO_2}{1 \text{ 莫耳 } CO_2} \quad \text{與} \quad \frac{1 \text{ 莫耳 } CO_2}{44.0 \text{ 克 } CO_2} \end{array}$$

步驟 4 由題意計算需求數量 (莫耳數或克數)。

$$\begin{aligned} & 54.6 \text{ 克 } C_2H_2 \times \frac{1 \text{ 莫耳 } C_2H_2}{26.0 \text{ 克 } C_2H_2} \times \frac{4 \text{ 莫耳 } CO_2}{2 \text{ 莫耳 } C_2H_2} \times \frac{44.0 \text{ 克 } CO_2}{1 \text{ 莫耳 } CO_2} \\ & = 185 \text{ 克的 } CO_2 \end{aligned}$$

C_2H_2 的
克數

(莫耳數

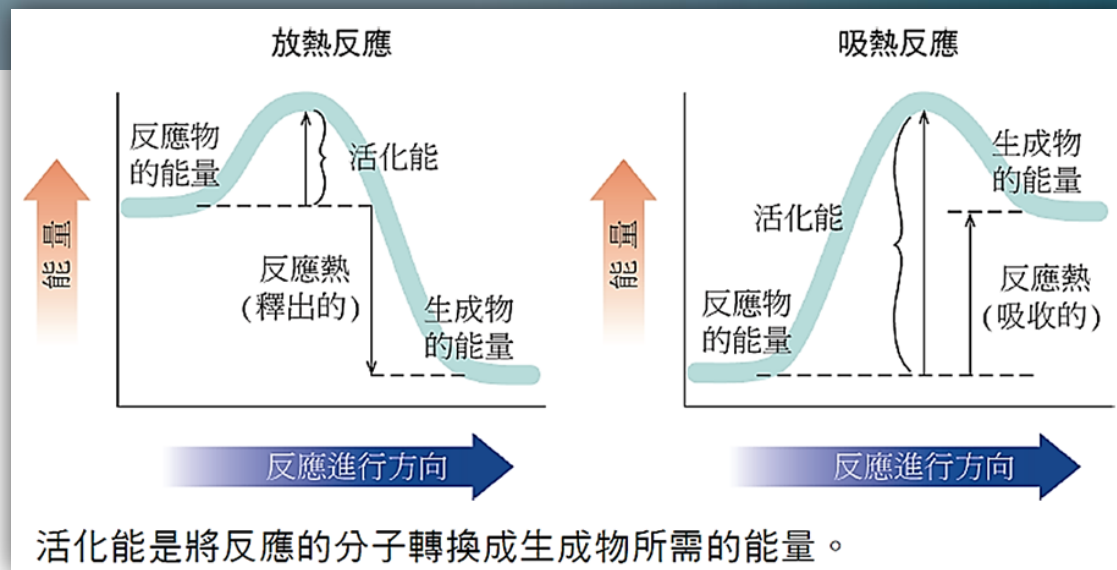
CO_2 的
克數



5.8 化學反應中能量的變化

- 要發生一個化學反應，反應物的分子必須相互碰撞，並具備適當的方位與能量。
- 即使一個碰撞具有適當的方向，它還必須具備足夠的能量以打斷反應物的鍵結。
- **活化能** (activation energy) 即是破壞反應物原子間之鍵結所需的能量。
- 若碰撞的能量小於活化能，分子會彈開且沒有反應發生。

5.8 化學反應中能量的變化



□ 欲使反應發生需要三個條件：

1. 碰撞 (collision)：反應物必須相互碰撞。
2. 方位 (orientation)：反應物必須相互排列在適當的方向與位置，以破壞舊鍵結並形成新鍵結。
3. 能量 (energy)：碰撞必須提供活化能。



5.8 化學反應中能量的變化

反應熱

- 化學反應中，當在反應物中的鍵結開始被破壞，或生成物中的鍵結將要形成時，能量會被吸收或釋放。
- **反應熱** (heat of reaction)，符號 ΔH ，是在反應物中破壞鍵結，以及於生成物中形成鍵結的能量差。
- 熱能流動的方向端視反應中生成物具有的能量比反應物的能量高或低而定。

$$\Delta H = H_{\text{生成物}} - H_{\text{反應物}}$$

5.8 化學反應中能量的變化

放熱反應

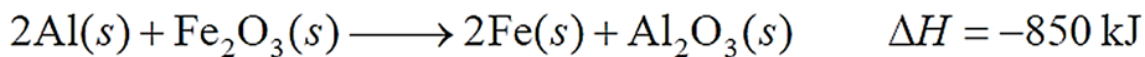
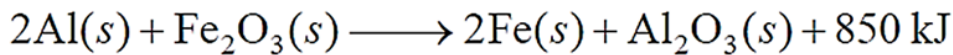
- **放熱反應** (exothermic reaction) 中，反應物的能量大於生成物的能量。熱量隨著生成物的形成而被釋出。
- 放熱反應中，反應熱(ΔH) 值被記上一負號(-)，表示熱能被釋放或失去。



鋁熱劑反應所釋出的高溫被用來切割或焊接鐵軌。

放熱的，釋放熱量

熱量是生成物



負號



5.8 化學反應中能量的變化

吸熱反應

- **吸熱反應** (endothermic reaction) 中，反應物的能量低於生成物的能量。
- 熱量被吸收及用來將反應物轉換成生成物。
- 吸熱反應中，反應的熱量寫在反應物的同一側，且反應熱(ΔH) 值被記上一正號 (+)，表示熱量被吸收。

吸熱的，所需的熱量



熱量是反應物

$$\Delta H = +137 \text{ kcal}$$

正號





觀念題 5.7

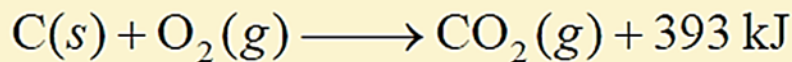
放熱與吸熱反應

在 1 莫耳碳與氧氣的反應中，生成物二氧化碳的能量比反應物的能量低了 393 kJ。

- 此反應為放熱的或吸熱的？
- 寫出包括反應熱的反應方程式。
- 此反應的反應熱 ΔH (kJ) 為若干？

答案

- 當生成物的能量低於反應物，表示該反應釋出熱量，意即它是放熱反應。
- 在放熱反應中，熱量被寫成生成物。



- 放熱反應的反應熱有負號：

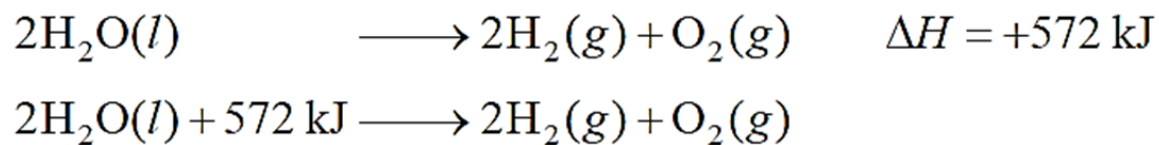
$$\Delta H = -393 \text{ kJ}$$



5.8 化學反應中能量的變化

反應中熱量的計算

- 反應中， ΔH 值與平衡方程式中的每一物質之莫耳數所相對應的熱量變化有關。
- 考慮下列的分解反應：



2 莫耳的 H_2O 吸收 572 kJ 的熱量產生 2 莫耳的 H_2 與 1 莫耳的 O_2 。

步驟 2 使用反應熱與任何所需的莫耳質量寫出方案。

NH₃ 的
克數

莫耳
質量

NH₃ 的
莫耳數

反應熱

仟焦耳 (kJ)

步驟 3 寫出包括反應熱的轉換因子。

1 莫耳的 NH₃ = 17.0 克的 NH₃

$\frac{1 \text{ 莫耳 NH}_3}{17.0 \text{ 克 NH}_3}$ 與 $\frac{17.0 \text{ 克 NH}_3}{1 \text{ 莫耳 NH}_3}$

2 莫耳的 NH₃ = -92.2 kJ

$\frac{-92.2 \text{ kJ}}{2 \text{ 莫耳 NH}_3}$ 與 $\frac{2 \text{ 莫耳 NH}_3}{-92.2 \text{ kJ}}$

步驟 4 由題意計算熱量。

$$50.0 \text{ 克 NH}_3 \times \frac{1 \text{ 莫耳 NH}_3}{17.0 \text{ 克 NH}_3} \times \frac{-92.2 \text{ kJ}}{2 \text{ 莫耳 NH}_3} = -136 \text{ kJ}$$

們可

5.8 化學反應中能量的

健康連結

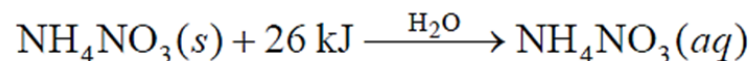
冷敷包與熱敷包



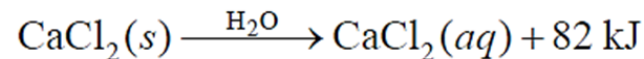
冷敷包所應用的是吸熱反應。

- 在醫院、急救站或體育活動中，**冷敷包**可用來消除因受傷導致的腫脹、去除發炎產生的熱或收縮微血管管徑以減少出血的情況。
- **熱敷包**被用來鬆弛肌肉、減輕疼痛與痙攣，以及增大微血管管徑以增進循環作用。

在冷敷包中的吸熱反應



在熱敷包中的放熱反應





THE END