

## 物質科學\_化學篇(上)

### 第五章 化學反應

#### 5-1 質量守恆

##### 1. 質量守恆定律：(質量不滅定律)

(1) AD 1744 法國拉瓦節提出，「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) 例如：12 克的碳和 32 克的氧完全反應，可生成 44 克的二氧化碳。

##### 2. 定比定律：(定組成定律)

(1) AD 1799 法國普勞斯特提出，「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。

(2) 例如：水的組合為 2 個氫原子與 1 個氧原子化合而成的，無論如何取得的水，其氫與氧的原子個數比恒為 2：1，其質量比恒為 1：8。

##### 3. 倍比定律：

(1) AD 1804 英國道耳吞提出，「兩元素可生成兩種或兩種以上化合物時，在這些化合物中，若固定其中一元素的質量，則另一種元素的質量成簡單整數比。

(2) 例如： $CO$  與  $CO_2$  中，若碳的質量固定，則兩化合物中氧的質量比為 1：2。

##### 4. 亞佛加厥定律：

(1) AD 1811 義大利亞佛加厥提出，「同溫同壓下，同體積的氣體，含有相同數目的分子。

(2) 例如： $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1\text{ atm}$  下， $22.4\text{ L}$  的任何理想氣體，分子數為  $6.02 \times 10^{23}$  個。

## 5-2 化學式與化學反應

### 1. 化學式的種類：

(1) 化學式的意義：以元素符號表示物質組成的式子稱為化學式。

(2) 化學式的種類：包含實驗式(簡式)、分子式、結構式、示性式、電子式。

### 2. 實驗式(簡式)：

(1) 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  $\text{CH}_2\text{O}$ 。

(2) 常以實驗式表示的物質

(a) 金屬：如  $\text{Ag}$  為銀的元素符號，亦為銀的化學式。

(b) 離子化合物：如氯化鈉晶體中， $\text{Na}$  原子與  $\text{Cl}$  原子的最簡數目比為  $1:1$ ，以實驗式  $\text{NaCl}$  來表示氯化鈉的化學式。

(c) 網狀固體的元素或化合物：如金剛石( $\text{C}$ )、二氧化矽( $\text{SiO}_2$ 、石英)...等。

(3) 實驗式的求法：

(a) 先求各元素的重量或百分組成。

(b) 再將重量或百分比除以原子量。

(c) 將上式比值化成最簡整數比。

(4) 元素重量百分組成  $A\%$

$$(a) \quad A\% = \frac{\text{化合物中所含}A\text{元素的個數} \times A\text{的原子量}}{\text{化合物的式量}} \times 100\%$$

(b) 例如： $\text{CH}_4$  中  $\text{H}$  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。

### 3. 分子式：

(1) 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) 元素的分子式：

(a) 單原子分子： $He$ 、 $Ne$ 、 $Ar$ 、 $Kr$ 、 $Xe$ 、 $Rn$ 等。

(b) 雙原子分子： $H_2$ 、 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 。

(c) 多原子分子： $P_4$ 、 $S_8$ 。

(3) 化合物的分子式： $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $CH_4$ 、 $C_6H_{12}O_6$ 、...等。

(4) 不同化合物，實驗式可能相同，但分子式可能不同。如：乙酸及葡萄糖的

實驗式皆為 $CH_2O$ ，但乙酸的分子式為 $C_2H_4O_2$ ，而葡萄糖的分子式為

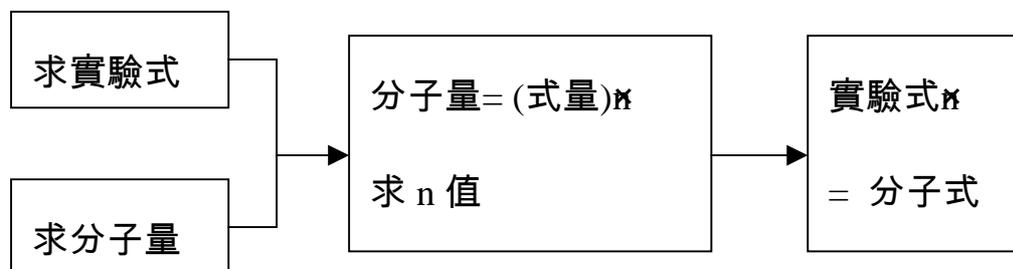
$C_6H_{12}O_6$ 。

(5) 分子式與實驗式的關係：

(a) 分子式 = (實驗式) $_n$ ， $n$  = 正整數。如葡萄糖： $C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_n$ ， $n = 6$

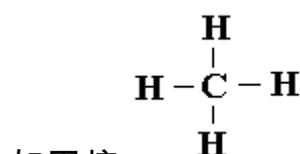
(b)  $n = \frac{\text{分子量}}{\text{式量}}$

(6) 分子式的求法：



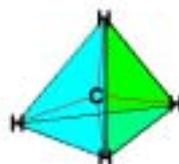
### 4. 結構式：

- (1) 表示分子中，原子與原子間結合情形的化學式為結構式。
- (2) 結構式可以表明分子內原子的種類、數目及合情形的化學式，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短線代表原子與原子之間的化學鍵。



如甲烷

，甲烷的立體結構為



- (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，化學性質也不同。例如

	乙醇	甲醚
分子式	$C_2H_6O$	$C_2H_6O$
結構式	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \quad \text{H} \\    \quad \quad   \\  \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\    \quad \quad   \\  \text{H} \quad \quad \text{H}  \end{array}  $

## 5. 示性式：

- (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，使該分子具有特有的物理性質和化學性質。
- (3) 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	$CH_3CH_2OH$	$CH_3COOH$	$CH_3OCH_3$	$CH_3CH_2CHO$	$CH_3COCH_3$

官能基	$-OH$	$-COOH$	$-O-$	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C- \end{array}$
	羥基	羧基	醚基	醛基	酮基

## 6. 電子點式：

(1) 分子內原子與原子之間的化學鍵結以電子點表示，可顯示原子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，只須表示原子的價電子(即最外層軌域的電子)。

(3) 例如：

化學式	$HCl$	$Cl_2$	$CH_4$
電子點式			

## 7. 以醋酸為例說明五種化學式表示法：

實驗式	分子式	結構式	示性式	電子點式
$CH_2O$	$C_2H_4O_2$	$\begin{array}{c} H & O \\   &    \\ H-C & -C-O-H \\   \\ H \end{array}$	$CH_3COOH$	$\begin{array}{c} H & O \\ \vdots & \vdots \\ H : C : C : O : H \\ \vdots \\ H \end{array}$
原子種類；原子間最簡單整數比	原子種類；組成原子的確實數目	原子種類；組成原子的確實數目；原子結合的方式	原子種類；組成原子的確實數目；官能基特性	原子種類；組成原子的確實數目；電子對分布情形

## 5-3 化學反應與質量的關係

1. 化學反應的基本原理：遵循質量不減定律及能量不減定律。

## (1) 質量不滅定律(The conservation of mass)：

(a) 依道耳吞原子說：化學反應只是原子的重新排列、組合，反應前後原子的種類及數目均不變，因此原子不滅，質量不增也不減。

(b) 依近代鍵結理論：化學反應只是反應物間電子的轉移與共用，亦即舊的化學鍵斷裂，新的化學鍵生成，而生成新分子，故質量不滅。

## (2) 能量不滅定律(The conservation of energy)：

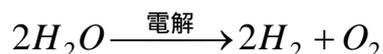
(a) 普通的化學反應中，能量的形式可以互相轉變，但總能量不變。

(b) 核反應因涉及原子的破壞，不屬於一般化學反應故不遵守質量守恆，但質量與能量間遵循質能互換定律( $E = mC^2$ )。

## 2. 化學反應之分類：

(1) 化合：兩種或兩種以上反應物結合生成一種生成物。例如： $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 。

(2) 分解：一種化合物反應之後生成兩種或兩種以上生成物。例如：



(3) 取代：在化學反應中，一物質的某些原子或離子被其他原子或離子置換。例



(4) 複分解：在反應中兩反應物各有一部分互相取代交換而形成新的兩種物質。



## 3. 化學方程式：

(1) 意義：化學方程式是利用符號的記述，簡要表明化學反應進行時物質組成的變化情形，及所對應的質量變化。

(2) 化學方程式常附記反應進行的各項條件，如溫度、壓力、催化劑。若附有反應熱，則稱為熱化學方程式。化學反應式常附記相的標示，以(g)表示氣相；以(l)表示液相；以(s)表示固相；以(aq)表示水溶液。

(3) 寫化學方程式必須有反應的事實，不可憑臆測寫化學方程式。

#### 4. 化學方程式的平衡：

##### (1) 觀察法：

(a) 由方程式左右兩邊只出現一次且出現時原子個數不同的元素開始。

(b) 由方程式中元素種類最多，且原子個數最多的分子先開始。

例如：平衡  $Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 + C \rightarrow P_4 + CaSiO_3 + CO$

step1：平衡 P： $2Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 + C \rightarrow P_4 + CaSiO_3 + CO$

step2：平衡 Ca： $2Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 + C \rightarrow P_4 + 6CaSiO_3 + CO$

step3：平衡 Si： $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + C \rightarrow P_4 + 6CaSiO_3 + CO$

step4：平衡 O： $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + C \rightarrow P_4 + 6CaSiO_3 + 10CO$

step5：平衡 C： $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C \rightarrow P_4 + 6CaSiO_3 + 10CO$

##### (2) 代數法：

(a) 設立未知數(可將原子個數最多者令為 1)

(b) 依原子不滅(或電荷不滅)確立代數方程式

(c) 解聯立方程組

例如：平衡  $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2C_2O_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O + CO_2$

step1：令  $K_2Cr_2O_7$  係數為 1，其餘各化合物係數為 a、b、c、...



step2：立代數方程式： $K:1 \times 2 = 2c$

$$Cr:1 \times 2 = 2d$$

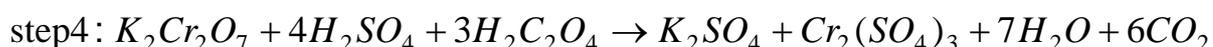
$$O:1 \times 7 + a \times 4 + b \times 4 = c \times 4 + d \times 12 + e + 2f$$

$$H:a \times 2 + b \times 2 = e \times 2$$

$$S:a = c + 3d$$

$$C:2b = f$$

step3：解聯立方程組，得  $a = 4, b = 3, c = 1, d = 1, e = 7, f = 6$



(3) 氧化數平衡法：(於氧化還原反應單元再介紹)

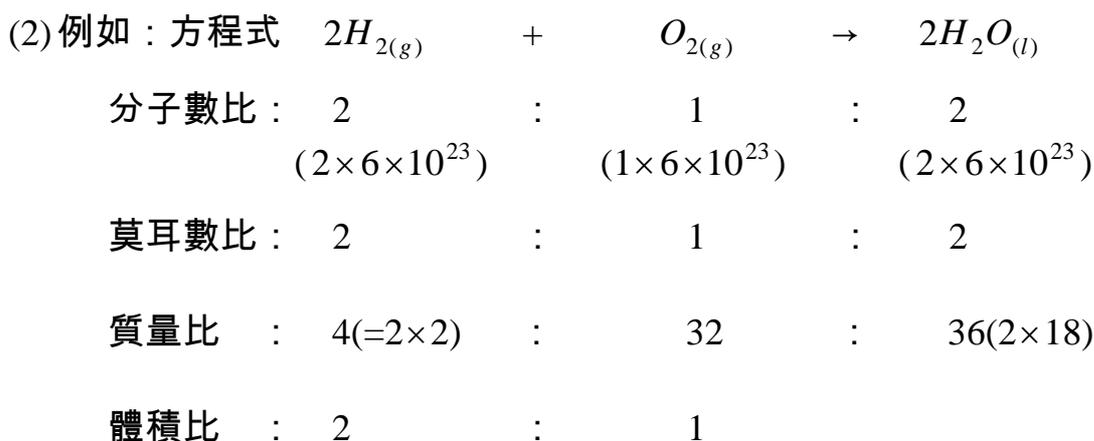
## 5. 化學反應的質量關係：化學方程式平衡係數的意義

(1) 平衡係數表示反應物與生成物間的

(a) 莫耳數關係

(b) 分子數關係

(c) 氣體體積關係



## 6. 化學反應計量

(1) 研究化學反應中之定量關係，稱為化學計量。

(2) 假設反應為完全反應，即反應物完全反應生成生成物。

(3) 步驟如下：



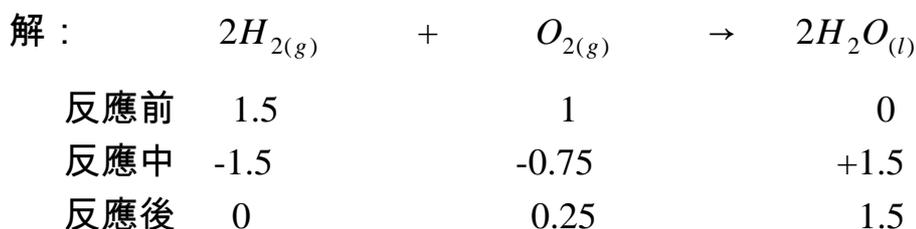
(4) 莫耳數求法：

$$\text{莫耳數} = \frac{\text{質量}}{\text{分(原子量)}} = \frac{\text{粒子數}}{6 \times 10^{23}} = \frac{\text{氣體體積}}{\text{同狀況下莫耳體積}} = M (\text{體積莫耳濃度}) \times V (\text{體積}L)$$

## 7. 限量試劑

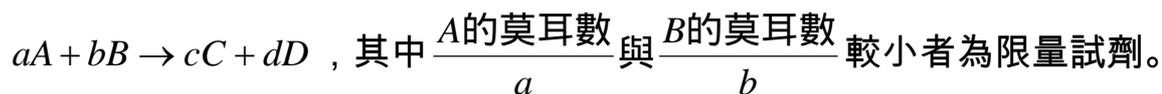
(1) 化學反應中完全用盡的反應物量可決定生成物的生成量及其他反應物的消耗量，此種完全用盡的反應物試劑稱為限量試劑。

(2) 例如：1.5 莫耳  $H_2$  和 1 莫耳  $O_2$  燃燒生成若干莫耳的  $H_2O$ ? 何者為限量試劑?



生成 1.5 莫耳  $H_2O$ ， $H_2$  完全用完故為限量試劑。

(3) 決定限量試劑： $\frac{\text{反應物莫耳數}}{\text{方程式中的係數}} \Rightarrow$  最小者為限量試劑。 例如：



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

## 5-4 化學反應與能量的關係

1. 能量不滅定律(The conservation of energy)：

- (1) 一般的化學反應中，能量的形式可以互相轉變，但總能量不變。
- (2) 化學反應常伴隨能量的變化，常以熱能、光能、電能等形式出現。
- (3) 各種反應能量值的比較：

變化	物理變化 (固、液、氣轉換)	化學變化	游離電子		核能
			價電子游離能	內層電子	
能量變化 (kJ/mol)	100 以下	$10^2 \sim 10^3$	$10^3 \sim 10^4$	$10^6$	$10^8 \sim 10^{10}$

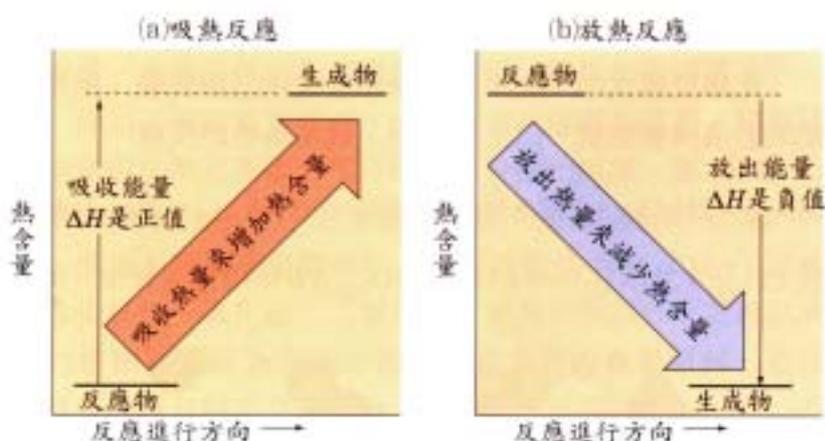
(4) 相變的能量大小：汽化熱 > 熔化熱

## 2. 熱含量(焓 enthalpy, H)：

- (1) 在定溫定壓下，物質生成時所儲存在於其中的能量總和稱為熱含量或焓。
- (2) 熱含量與溫度、壓力及狀態有關，故測量焓變化值時，須標明溫度、壓力及物質的狀態，且僅能測其變化值(即  $\Delta H$ )，而非絕對值。
- (3) 物質在 O.T.P.( $25^\circ\text{C}$ ，1atm)下的焓稱為物質的標準狀態焓，記為  $\Delta H^\circ$ 。
- (4) 常見的熱含量單位：卡(cal)，仟卡(kcal)，焦耳(joule, J)，仟焦(kJ)。
- (5) 1 卡 = 4.184 焦耳。

## 3. 反應熱 $\Delta H$ ：

(1) 反應熱( $\Delta H$ ) = (生成物熱含量之總和) - (反應物熱含量之總和)



(2)  $\Delta H > 0$ ，表示吸熱反應； $\Delta H < 0$ ，表示放熱反應。

#### 4. 影響反應熱的因素：

(1) 反應物愈多，反應熱愈多，例如 2 mol 反應物的  $\Delta H$  為 1 mol 的兩倍。

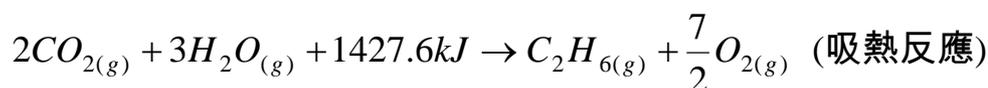
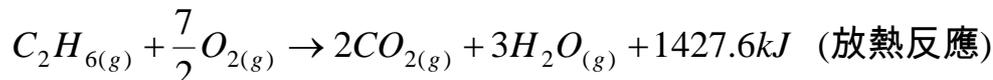
(2) 反應物或生成物的狀態，例如： $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ ,  $\Delta H_1$  與

$H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ ,  $\Delta H_2$ ，前反應生成水蒸氣，而後者生成水，兩反應之反應熱不相等，即  $\Delta H_1 \neq \Delta H_2$ 。

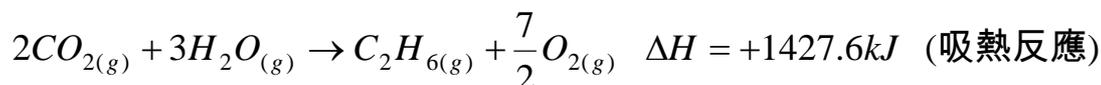
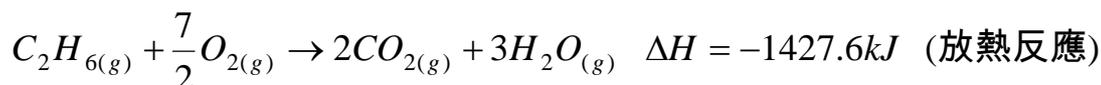
(3) 熱含量(焓)受溫度與壓力的影響，故熱化學中常以 25°C、1 atm 為標準狀態，在標準狀態下求得之反應熱特以  $\Delta H^0$  表示。

#### 5. 熱化學方程式：

(1) 將反應熱之數值列入方程式中：例如

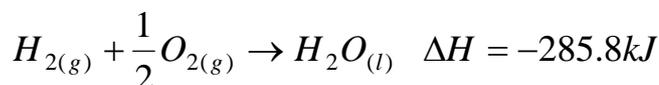


(2) 將反應熱之  $\Delta H$  值與方程式併記：例如



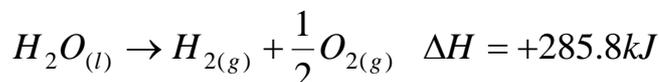
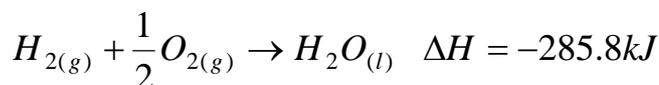
#### 6. 反應熱的三種基本定律：

(1) 反應熱和反應物的莫耳數成正比：反應熱和反應物的莫耳數成比例，故熱化學方程式  $\times n$  倍時， $\Delta H$  值變為原來的  $n$  倍。例如：



(2) 反應以反方向進行時，反應熱大小不變，但放熱變成吸熱，吸熱變成放熱。

即反應方程式逆寫，則反應熱與原來等值異號。例如

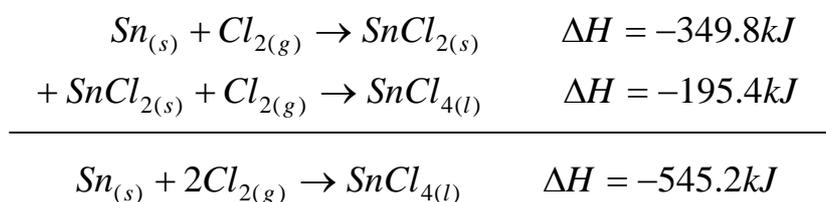


(3) 反應熱有加成性：赫士(Hess)定律

### 5-5 赫士(Hess)定律

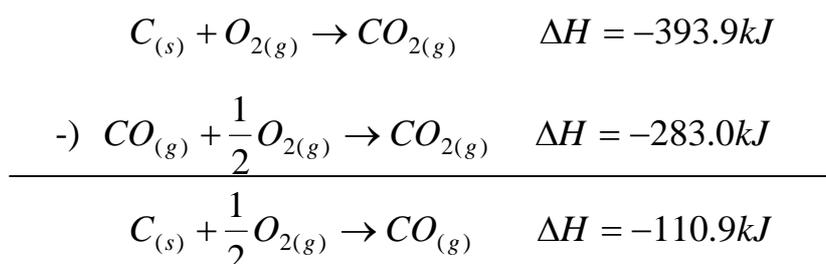
1. 若一個反應能以兩個或多個其他反應之代數和表示，則反應熱為數個反應熱對代數和，即反應熱與變化所經之途徑無關，只與最初、最終物質狀態有關，稱為反應熱加成性定律。

2. 兩反應方程式相加， $\Delta H$  應隨之相加；兩方程式相減， $\Delta H$  應隨之相減。如



3. 赫士定律的應用：

(1) 應用於不易直接測得的反應熱。例如反應  $C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)}$  的反應熱不易測得，因此利用赫士定律可計算出反應熱的大小。



(2) 應用的要領：

(a) 利用赫士定律時，可先將已知之反應方程式與欲預測之反應方程式比較

各生成物與各反應之相關位置，再調整反應方程式之箭號。然後調整方程式係數，使其相加後即可得到反應方程式之反應熱。

(b) 再以觀察法調整已知方程式之係數，使其相加後，即可得知欲測反應方程式之反應熱。

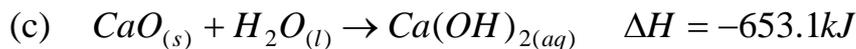
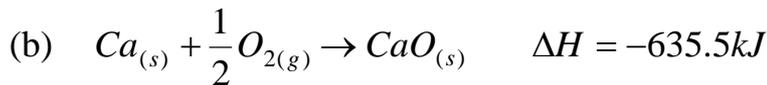
## 5-6 莫耳生成熱及莫耳燃燒熱

### 1. 反應熱種類及定義

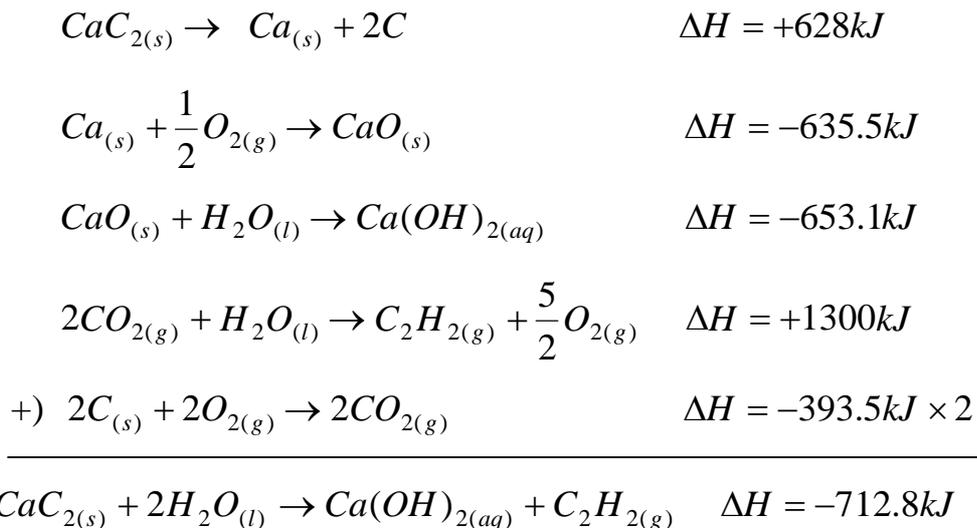
反應熱種類	定義(1atm, 25°C)	性質	實例
莫耳生成熱 ( $\Delta H_f$ )	成分元素生成 1 莫耳化合物所吸收或放出之熱量	在標準狀態下，各元素之生成熱均為 0。(碳：石墨，硫：斜方硫，磷：白磷)	$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H = -241.6kJ$
莫耳燃燒熱 ( $\Delta H_c$ )	1 莫耳物質完全燃燒所放出的熱量	燃燒熱必為放熱反應。 $O_2, CO_2, H_2O$ 等不可燃物燃燒熱為 0	$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -394kJ$
莫耳解離熱	1 莫耳氣態純質分解為氣態原子所吸收的能量	解離能相當於鍵能，打斷鍵能必為吸熱	$CH_{4(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(g)}$ $\Delta H = 1654.8kJ$
莫耳分解熱	1 莫耳物質分解為其成分元素時的反應熱	同一化合物，莫耳生成熱與莫耳分解熱等值異號	$HgO_{(s)} \rightarrow Hg_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H = 90.7kJ$
莫耳中和熱	水溶液中酸鹼中和產生 1 莫耳水所放出的熱量	必為放熱反應，放熱量：強酸-強鹼 > 強酸(鹼)-弱鹼(酸) > 弱酸-弱鹼	$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -56.0kJ$
莫耳溶解熱	1 莫耳物質溶於多量溶劑時所發生的能量變化	溶劑量需足夠完全溶解溶質	$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HCl_{(aq)}$ $\Delta H = -643kJ$

2. 反應熱  $\Delta H$  之計算

(1) 利用赫士定律：舉例說明如下

以下列 5 個熱化學式求  $CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$  之  $\Delta H$ 解：(a)式中  $CaC_{2(s)}$  與待測方程式不同側，故(a)式應逆寫(d)式中  $C_2H_{2(g)}$  與待測方程式不同側，故(d)式應逆寫(e)式中  $CO_{2(g)}$  需  $\times 2$  才能與(d)式逆寫後之  $2CO_{2(g)}$  消去，故(e)式  $\times 2$ 

將各式修改後相加如下



(2) 利用莫耳生成熱計算反應熱：

$$\Delta H = (\text{生成物莫耳生成熱總和}) - (\text{反應物莫耳生成熱總和})$$

例：已知  $CH_{4(g)}$ 、 $CO_{2(g)}$ 、 $H_2O_{(l)}$  之莫耳生成熱為  $-74.8kJ$ 、 $-393.5kJ$ 、 $-285.8kJ$ ，求  $CH_{4(g)}+2O_{2(g)}\rightarrow CO_{2(g)}+H_2O_{(l)}$  之  $\Delta H$ ？

解：由  $\Delta H = (\text{生成物莫耳生成熱總和}) - (\text{反應物莫耳生成熱總和})$

$$\begin{aligned} &= [(-393.5kJ)+(-285.8kJ)\times 2] - [(-74.8kJ)+0\times 2] \\ &= -890.7kJ \end{aligned}$$

(3) 利用莫耳燃燒熱計算反應熱：

$\Delta H = (\text{反應物莫耳燃燒熱總和}) - (\text{生成物莫耳燃燒熱總和})$

例：已知  $C_{(s)}$ 、 $CO_{(g)}$ 、 $H_{2(g)}$  之莫耳燃燒熱為  $-393.9kJ$ 、 $-283.0kJ$ 、 $-241.6kJ$ ，求  $C_{(s)}+H_2O_{(g)}\rightarrow CO_{(g)}+H_{2(g)}$  的反應熱  $\Delta H = ?$

解：由  $\Delta H = (\text{反應物莫耳燃燒熱總和}) - (\text{生成物莫耳燃燒熱總和})$

$$\begin{aligned} &= [(-393.9kJ)+0] - [(-283.0kJ)+(-241.6kJ)] \\ &= +130.7kJ \end{aligned}$$

(4) 利用鍵能計算反應熱：

$\Delta H = (\text{反應物鍵能總和}) - (\text{生成物鍵能總和})$

例：已知  $H_{2(g)}$ 、 $Cl_{2(g)}$ 、 $HCl_{(g)}$  之莫耳燃燒熱為  $436kJ$ 、 $243kJ$ 、 $431kJ$ ，

求  $H_{2(g)}+Cl_{2(g)}\rightarrow HCl_{(g)}$  的反應熱  $\Delta H = ?$

解：由  $\Delta H = (\text{反應物鍵能總和}) - (\text{生成物鍵能總和})$

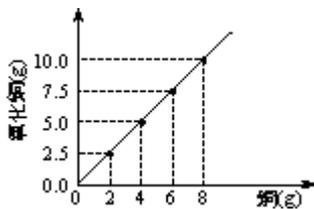
$$\begin{aligned} &= 436+243-(431\times 2) \\ &= -183kJ \end{aligned}$$

## 課後練習：

## 5-1 質量守恆

## 一. 單一選擇題

- ( ) 質量守恆原理之實驗事實，以下列何者之解釋最為恰當？ (A)反應中分子不生不滅 (B)物質均由粒子構成 (C)同溫同壓下，同體積之氣體含有同數目之分子 (D)化學反應中原子之種類及個數不變
- ( ) 12 克蠟燭完全燃燒產生水 6 克及二氧化碳 8 克，則反應中用去氧 (A)2 克 (B)24 克 (C)6 克 (D)4 克
- ( ) 8g 的硝酸銀晶體溶於 150g 的蒸餾水中，加入 20g 的硫酸鈉水溶液使反應在錐形瓶內完成，反應後物質的總質量為 (A)比 178g 大 (B)178g (C)比 178g 小 (D)要看產生多少沈澱而定
- ( ) 圖為銅粉和氧氣反應生成氧化銅時，參與反應的銅粉和產物質量的關係圖形，試問氧化銅中，銅和氧的質量比值約為多少？ (A)8 (B)4 (C)2 (D)1



## 二. 題組題

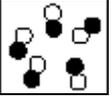
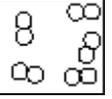
- ◎、(a)稱 2g 的硝酸銀晶體加入裝有 150mL 蒸餾水的錐形瓶中。  
 (b)倒 5mL 的飽和食鹽水於小試管中。  
 (c)如圖裝置，稱重量為  $a$  g。  
 (d)傾倒錐形瓶後，稱重量為  $b$  g，則：



- 5 原來硝酸銀溶液呈\_\_\_\_\_色，氯化鈉溶液呈\_\_\_\_\_色，反應後生成\_\_\_\_\_色的\_\_\_\_\_溶液及\_\_\_\_\_色的\_\_\_\_\_沈澱。
- 6 若  $a$  為 300，則  $b$  為\_\_\_\_\_，這證明了\_\_\_\_\_定律。
- 7 若過濾出沈澱物總重量為 1.43g，則反應物的重量必\_\_\_\_\_ (填大於、等於、小於)此數值。

## 5-2 化學式與化學反應

## 一. 單一選擇題

- 1、( )  $\text{NO}_2$  通入熱水得硝酸之化學反應式為： $w\text{NO}_2+x\text{H}_2\text{O}\rightarrow y\text{HNO}_3+z\text{NO}$ ，試求  $x$   $y$   $z$   $w$  間之正確關係 (A)  $w+x=y+z$  (B)  $w+x=2z$  (C)  $w+x=2y+2z$  (D)  $w+x=2y$
- 2、( ) 自然界中的鐵礦有赤鐵礦( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，磁鐵礦( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )和黃鐵礦( $\text{FeS}_2$ )。此三種鐵礦的含鐵百分率，由高而低的順序何者正確？(原子量：S=32, O=16, Fe=56) (A)  $\text{Fe}_2\text{O}_3>\text{Fe}_3\text{O}_4>\text{FeS}_2$  (B)  $\text{Fe}_3\text{O}_4>\text{Fe}_2\text{O}_3>\text{FeS}_2$  (C)  $\text{FeS}_2>\text{Fe}_2\text{O}_3>\text{Fe}_3\text{O}_4$  (D)  $\text{Fe}_3\text{O}_4>\text{FeS}_2>\text{Fe}_2\text{O}_3$
- 3、( ) 求  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  中含  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  之重量百分率若干？(Ca=40, P=31, O=16) (A)  $\frac{284}{310}\times 100\%$  (B)  $\frac{142}{310}\times 100\%$  (C)  $\frac{190}{310}\times 100\%$  (D)  $\frac{190}{620}\times 100\%$
- 4、( ) A、B、C、D 各物質，其組成粒子如圖所示，何者屬於化合物？  
 (A)  (B)  (C)  (D) 
- 5、( ) 各成分物質的重量組成有固定比例的是 (A) 元素 (B) 化合物 (C) 混合物 (D) 聚合物
- 6、( ) 當磷在空氣中燃燒生成白色化合物，分析成分含磷 43.7%，含氧 56.3% (P=30.97, O=16.00)，求此化合物之實驗式為 (A)  $\text{P}_2\text{O}_3$  (B)  $\text{P}_2\text{O}_5$  (C)  $\text{P}_2\text{O}_7$  (D)  $\text{PO}_3$
- 7、( ) 有甲、乙兩種氣體，各重 1.64 克及 0.5 克。在同溫、同壓時甲氣體之體積為乙氣體之二倍，若知乙氣體之分子量為 28，則下列分子何者可能為甲氣體？(原子量：N=14, O=16) (A)  $\text{NO}_2$  (B)  $\text{N}_2\text{O}$  (C)  $\text{N}_2\text{O}_4$  (D)  $\text{N}_2\text{O}_5$
- 8、( ) A、B 兩元素在不同條件下化合，可得到  $AB$  及  $A_2B_3$  兩種化合物，已知含 A 之重量百分率依次為  $x\%$  及  $y\%$ ，則下列關係式中，何者為正確？  
 (A)  $x=\frac{300y}{200+y}$  (B)  $x=\frac{200y}{300-y}$  (C)  $x=\frac{300y}{200-y}$  (D)  $x=\frac{200}{300+y}$
- 9、( )  $\text{Na}_3\text{PO}_4+(\text{NH}_4)_2\text{MnO}_4+\text{HNO}_3\rightarrow(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  .  
 $12\text{MnO}_3+\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{NaNO}_3+\text{H}_2\text{O}$  之反應式中，若設  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  之係數為 1，則  $\text{H}_2\text{O}$  的係數應為 (A) 12 (B) 15 (C) 18 (D) 21 (E) 26
- 10、( )  $a\text{Cu}_2\text{S}+b\text{H}^++c\text{NO}_3^-\rightarrow d\text{Cu}^{2+}+e\text{S}+f\text{NO}+g\text{H}_2\text{O}$  為平衡方程式。下列各

係數之關係，何者正確？(A) $a:c=3:2$ (B) $b-c=2d$ (C) $2b=g$ (D) $c=3g$

- 11、( ) 化合物甲、乙、丙的分子量分別為 10、18、24，甲和乙反應生成丙，則其可能的平衡化學方程式為 (A)甲+乙→丙 (B)甲+2 乙→丙 (C)2 甲+乙→2 丙 (D)3 甲+乙→2 丙
- 12、( ) 下列方程式中那一個或那些可表示  $\text{MnO}_4^-$  與  $\text{H}_2\text{O}_2$  作用的真實情形？  
 (A)  $2\text{MnO}_4^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$   
 (B)  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$   
 (C)  $2\text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 6\text{O}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$   
 (D)  $2\text{MnO}_4^- + 9\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 7\text{O}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$

### 5-3 化學反應與質量的關係

#### 一. 單一選擇題

- 1、( ) 在一定的溫度和壓力下，氫與氧的體積比為 3 : 2，完全化合生成水蒸氣後，在同溫同壓下，剩下的氧與產生的水蒸氣的莫耳數比為 (A)1 : 6 (B)2 : 3 (C)1 : 2 (D)3 : 1
- 2、( ) 完全燃燒  $x$  莫耳的丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ )，需  $y$  莫耳的氧，則下列  $x$ 、 $y$  的關係何者正確？(A) $x=5y$ (B) $x=3y$ (C) $y=5x$ (D) $y=3x$
- 3、( ) 在鼓風爐中，鐵的生成主要經由下面的反應： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ ，則 1 公斤的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  與足量  $\text{CO}$  反應可生成多少莫耳的  $\text{CO}_2$ ？(C=12, O=16, Fe=56) (A)3.13 (B)6.25 (C)12.50 (D)18.75
- 4、( ) 銀器在硫化氫存在的空氣中，發生下列反應變為黑褐色硫化銀， $4\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，從 Ag 10.8g， $\text{H}_2\text{S}$  3.5g 和  $\text{O}_2$  1.7g 的混合物反應；可得  $\text{Ag}_2\text{S}$  最多為 (A)24.8g (B)12.4g (C)10.8g (D)5.4g
- 5、( ) 有甲烷( $\text{CH}_4$ )，乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )及氧混合氣體 250.0mL，點火使之完全燃燒，然後再冷至原情況，餘氣體 130.0mL，將此氣體通過粒狀之  $\text{NaOH}$ ，則僅餘 20.0mL(已無可燃性)，試求原混合氣體中  $\text{C}_2\text{H}_2$  之體積百分率：(A)13% (B)16% (C)20% (D)25% (E)45%
- 6、( ) 將 5.0 克之碳酸鈣與碳酸鎂之混合物加熱使其變為金屬氧化物 2.7 克，則原試樣中所含碳酸鈣之重量百分率為(原子量：Ca=40, Mg=24, O=16, C=12) (A)76% (B)64% (C)36% (D)24%
- 7、( ) 若欲得到 88 公克的二氧化碳，須用多少公克的大理石(含 80%碳酸鈣)

加熱完全分解得之？(方程式  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ，原子量：Ca=40)

(A)88 (B)100 (C)200 (D)250

#### 5-4 化學反應與能量的關係

##### 一. 單一選擇題

- ( ) 下列有關反應熱之敘述，何者正確？(A)正反應和逆反應之反應熱之大小相等，符號相反 (B)如果反應熱為正值，則為吸熱反應，該反應不可能發生 (C)反應熱加成定律說：反應熱和起始狀態，最終狀態以及物質變化的途徑有關 (D)反應熱為分子動態變化的表現
- ( ) 取  $1\text{M HCl}_{(\text{aq})}$  及  $1\text{M NaOH}$  各  $25\text{mL}$  混合，溫度由  $21.0^\circ\text{C}$  升至  $27.5^\circ\text{C}$ ，由此計算酸鹼反應熱約為多少  $\text{kcal/mol}$ ？(A) $\Delta H = -325$  (B) $\Delta H = -13$  (C) $\Delta H = -1.3$  (D) $\Delta H = -26$
- ( ) 下列那一項反應熱稱為分解熱？(A) $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta H_1$  (B) $\text{H} \rightarrow \text{H}^+ + \text{e}^-$ ,  $\Delta H_2$  (C) $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ ,  $\Delta H_3$  (D) $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H} + \text{O}$ ,  $\Delta H_4$
- ( ) 甲： $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{CO}_3$ ，乙： $\text{NaOH} + \text{HCl}$ ，丙： $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$ ，丁： $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ ，戊： $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ，以上各物均同體積同濃度，則混合反應放熱大小順序為下列何者？(A)戊>丁>丙>乙>甲 (B)甲>乙>丙>丁>戊 (C)戊>乙>丙>丁>甲 (D)戊>丁>乙>丙>甲
- ( ) 有一暖暖包內含  $100$  毫升的水，暖暖包中另有一塑膠袋子，內裝有  $40$  克氯化鈣。使用時稍微用力敲打暖暖包，使其中之塑膠袋破裂，讓水與氯化鈣混合。已知氯化鈣的溶解熱為  $-82.8\text{ kJ/mol}$ ，而水的比熱為  $4.20\text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。假設氯化鈣的比熱甚小可以忽略，而氯化鈣溶解所釋出的熱量，完全由  $100$  毫升的水所吸收。若在阿里山上，取出一個  $5^\circ\text{C}$  的暖暖包打開使用，試問該暖暖包的溫度最高可升到幾 $^\circ\text{C}$ ？(A)36 (B)51 (C)76 (D)91

##### 二. 計算題

- 由熱化學式  $2\text{Mg}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{MgO}_{(\text{s})}$ ， $\Delta H = -1204\text{kJ}$  (Mg=24.3)，求：(1)生成  $\text{MgO}$   $1$  克的反應熱？(2)要放出  $1000$  仟焦耳熱量需要燃燒若干克鎂？
- 已知  $2\text{CO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{CO}_{2(\text{g})} + 135.2$  仟卡，求：
  - $5\text{mol CO}$  燃燒放熱若干？
  - $11.2$  克  $\text{CO}$  燃燒放熱若干？

(3)STP 下 5.6 升 CO 燃燒放熱若干？

(4)2atm 0°C 下 33.6 升 CO 燃燒放熱若干？

8、地表面每分鐘受  $0.50\text{cal}/\text{cm}^2$  之太陽能量，設有 10% 用於光合作用，今取面積  $10\text{cm}^2$  之葉子 100 張用以製造 0.90 克之葡萄糖，則需時若干？



### 5-5 赫士(Hess)定律

#### 一. 單一選擇題

- ( ) 已知  $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + 94.0\text{kcal}$ ,  $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 68.3\text{kcal}$ ,  $\text{CH}_{4(\text{g})} + 2\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 212.8\text{kcal}$ , 則甲烷之生成熱( $\Delta H$ )約為 (A)  $-17.8\text{kcal}$  (B)  $-50.5\text{kcal}$  (C)  $17.8\text{kcal}$  (D)  $50.5\text{kcal}$
- ( ) 已知:  $\text{H}_{2(\text{g})} + 1/2\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + x$  焦耳,  $\text{H}_{2(\text{g})} + 1/2\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} + y$  焦耳, 設 1 克水之蒸發熱是  $a$  焦耳, 則  $x, y, a$  三者的關係是 (A)  $x - y = a$  (B)  $y - x = 9a$  (C)  $x - y = 9a$  (D)  $y - x = 18a$  (E)  $x - y = 18a$
- ( ) 設  $4\text{Fe}_{(\text{s})} + 3\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{s})}$  反應之  $\Delta H = -400$  仟卡,  $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$  反應之  $\Delta H = -100$  仟卡, 當以碳還原一莫耳的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 其反應熱約為 (A)  $\Delta H = 100$  仟卡 (B)  $\Delta H = -50$  仟卡 (C)  $\Delta H = 50$  仟卡 (D)  $\Delta H = 150$  仟卡
- ( ) 已如  $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 68\text{kcal}$ ,  $\text{C} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 30\text{kcal}$ ,  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 94\text{kcal}$ ,  $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 18\text{kcal}$ , 今有  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  及  $\text{CH}_4$  之混合氣體在  $0^\circ\text{C}$ ,  $1\text{atm}$  下有 224 升, 完全燃燒可生成 220 克  $\text{CO}_2$  及 198 克  $\text{H}_2\text{O}$ , 則其放熱若干? (A)  $1104\text{kcal}$  (B)  $1208\text{kcal}$  (C)  $1840\text{kcal}$  (D)  $1192\text{kcal}$

### 5-6 莫耳生成熱及莫耳燃燒熱

#### 一. 單一選擇題

- ( ) 那一個  $\Delta H$  可表示水的生成熱? (A)  $\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ,  $\Delta H_1$  (B)  $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ,  $\Delta H_2$  (C)  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 1/2\text{O}_{2(\text{g})}$ ,  $\Delta H_3$  (D)  $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{CuO}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ ,  $\Delta H_4$  (E)  $\text{H}_{2(\text{g})} + 1/2\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ,  $\Delta H_5$
- ( ) 求  $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}$  之  $\Delta H$ , 但已知  $\text{C}_6\text{H}_6_{(\text{l})}$ ,  $\text{H}_2_{(\text{g})}$  及  $\text{C}_6\text{H}_{12_{(\text{l})}}$  之莫耳燃燒熱各為  $-3268$ ,  $-285.8$ ,  $-3919\text{kJ}$  (A)  $-652.3\text{kJ}$  (B)  $-206\text{kJ}$  (C)  $652.3\text{kJ}$  (D)  $366.5\text{kJ}$  (E)  $-804.5\text{kJ}$

- 3、( ) 已知  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  的莫耳生成熱分別為  $Q_1$ ,  $Q_2$  及  $Q_3$ , 則乙炔的莫耳燃燒熱為 (A)  $Q_1+Q_2-Q_3$  (B)  $Q_1+Q_2-2Q_3$  (C)  $2Q_1+Q_2-Q_3$  (D)  $2Q_1+Q_2+Q_3$  (E)  $Q_3-Q_1-Q_2$
- 4、( ) 一混合氣體含  $\text{CO}$ :24.64%,  $\text{H}_2$ :20.16% 及不燃性氣體 : 55.20%, 又知  $\text{CO}+1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2+68\text{kcal}$ ;  $\text{H}_2(\text{g})+1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}+58\text{kcal}$ , 則取該燃燒之混合氣體一立方公尺(STP), 應放出多少 kcal 的熱? (A) 830kcal (B) 950kcal (C) 1270kcal (D) 1410kcal
- 5、( ) 已知  $\text{NH}_3$  之  $\Delta H_f = -11\text{kcal/mol}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  之鍵能依次是 226, 104(kcal/mol), 則  $\text{NH}_3(\text{g})$  分子中 N—H 之鍵能為若干 kcal/mol? (A) 86.0 (B) 93.3 (C) 105 (D) 117 (E) 126
- 6、( ) 已知  $\text{CH}_3\text{OH}$  之莫耳燃燒熱為  $-727\text{kJ}$ , 且甲酸、二氧化碳與水的莫耳生成熱依次是  $-262.8\text{kJ}$ ,  $-393.9\text{kJ}$ ,  $-285.8\text{kJ}$ , 則 3.2 克甲醇氧化成甲酸與水的反應熱為 (A)  $-25.63\text{kJ}$  (B)  $-31.01\text{kJ}$  (C)  $-35.84\text{kJ}$  (D)  $-42.09\text{kJ}$ 。

## 二. 多重選擇題

- 7、( ) 已知  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ 、 $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  之標準莫耳生成熱分別為  $-23$ 、 $-94$  及  $-68$  仟卡, 則下列敘述何者正確? (A) 每莫耳丙烷完全燃燒需消耗 5 莫耳氧氣 (B) 石墨之標準莫耳燃燒熱為  $+94$  仟卡 (C) 氫氣之標準莫耳燃燒熱為  $-34$  仟卡 (D) 丙烷之標準莫耳燃燒熱為  $-531$  仟卡 (E) 鑽石與石墨之莫耳燃燒熱相同

答案：

### 5-1 質量守恆

#### 一. 單一選擇題

- 1、(D) 2、(A) 3、(B) 4、(B)

#### 二. 題組題

- 5、(5)無, 無, 無, 硝酸鈉, 白, 氯化銀  
(6)300, 質量守恆 (7)大於

### 5-2 化學式與化學反應

## 一. 單一選擇題

- 1、(D) 2、(B) 3、(B) 4、(B) 5、(B) 6、(B) 7、(A) 8、(A) 9、(A) 10、  
(B) 11、(D) 12、(B)

## 5-3 化學反應與質量的關係

## 一. 單一選擇題

- 1、(A) 2、(C) 3、(D) 4、(B) 5、(B) 6、(A) 7、(D)

## 5-4 化學反應與能量的關係

## 一. 單一選擇題

- 1、(A) 2、(D) 3、(C) 4、(D) 5、(C)

## 二. 計算題

- 6、(1)-14.9KJ (2)40.3 克

- 7、(1)338 仟卡，(2)27.04 仟卡，(3)16.9 仟卡，(4)202.8 仟卡

- 8、67.3 分

## 5-5 赫士(Hess)定律

## 一. 單一選擇題

- 1、(A) 2、(E) 3、(C) 4、(A)

## 5-6 莫耳生成熱及莫耳燃燒熱

## 一. 單一選擇題

- 1、(E) 2、(B) 3、(C) 4、(C) 5、(B) 6、(B)

## 二. 多重選擇題

7、(AD)