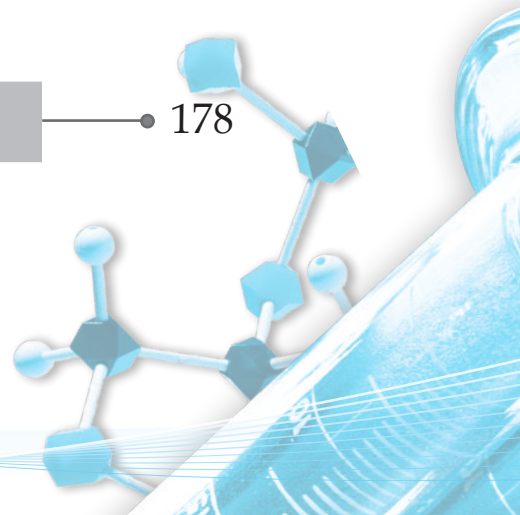


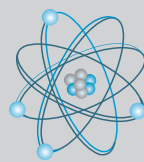
基礎化學（一）

單元	1	物質的組成	1
單元	2	原子構造與元素週期表	32
單元	3	化學反應	49
單元	4	化學與能源	71

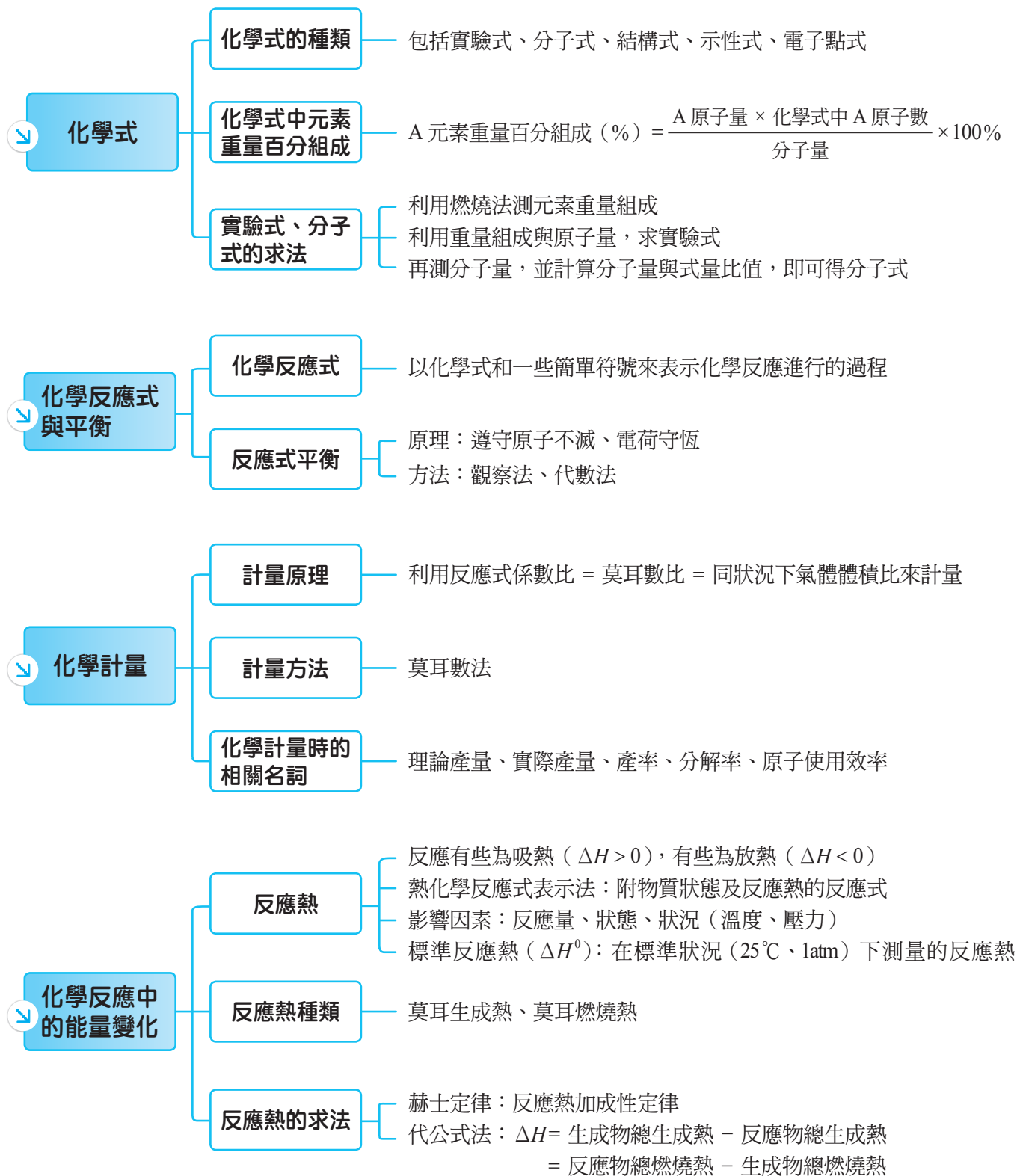
基礎化學（二）

單元	5	常見的化學反應	94
單元	6	物質的構造與特性	120
單元	7	有機化合物	138
單元	8	化學與化工	178





焦點搜尋





壹 化學式

一 化學式的意義

命題指數 > ★★★★★

以元素符號和數字的組合來表示物質組成的式子，稱為化學式。

二 化學式的種類

命題指數 > ★★★★★

種類	定義	乙酸	甲醛
實驗式	僅表示物質中所含元素的種類及各原子的最簡整數比	CH ₂ O	CH ₂ O
分子式	表示物質中一分子所含原子的種類及確實的數目	C ₂ H ₄ O ₂	CH ₂ O
結構式	表明物質中原子間結合排列的化學式	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & // \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C} \\ & \backslash \\ \text{H} & \text{O}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$
示性式	表明官能基特性的化學式，適用於有機化合物	$\frac{\text{CH}_3\text{COOH}}{\text{羧基}}$	$\frac{\text{HCHO}}{\text{醛基}}$
電子點式	以電子點表明原子間結合排列的化學式	$\begin{array}{c} \text{H} & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \text{O} \\ \vdots & & & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : & \text{C} & : & \text{O} \\ \vdots & & & \vdots \\ \text{H} & & & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \text{O} \\ \vdots & & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : & & \\ \vdots & & \vdots \\ & & \text{H} \end{array}$

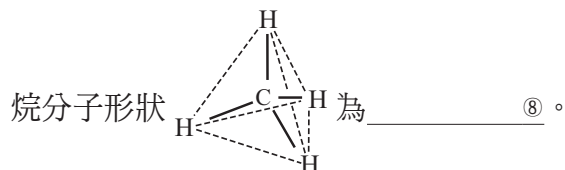
① _____ ①、_____ ②、_____ ③皆由極大數目的原子（或離子）互相堆積而成的巨大結構，而無法確定其組成原子的確實個數，故常以_____ ④表示，如金屬元素（Fe、Al），離子化合物（NaCl、KNO₃），網狀晶體（石英 SiO₂、金剛石 C）。

② 不同化合物，可以有相同的實驗式，但兩者具有：

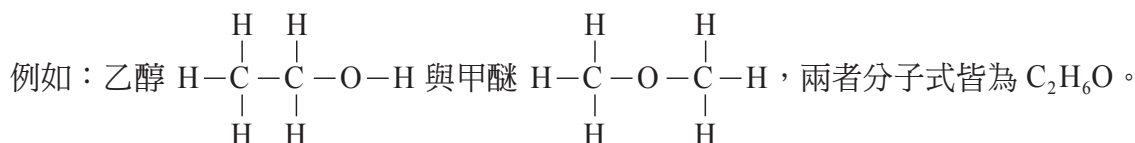
(1) _____ ⑤相同。 (2) _____ ⑥相同。 (3) 同重量所含 _____ ⑦相同。

③ 由非金屬元素組成的物質，多為分子物質，可用分子式表示，如 H₂、H₂O、CH₄。

④ 結構式不能表示分子真正形狀，如甲烷結構式 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 中，4 個氫原子並非在同一平面上，甲



⑤ 同分異構物：分子式相同而結構式不同的化合物，其物性、化性不同。



利用化學式可以計算化合物中各成分元素的重量百分組成(%)，其方法為：

$$\text{某元素重量百分組成}(\%) = \frac{\text{某元素原子量} \times \text{化學式中該元素原子數}}{\text{分子量}} \times 100\%$$

例如：葡萄糖(C₆H₁₂O₆)中，碳的含量為： $C\% = \frac{12 \times 6}{12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6} \times 100\% = 40\%$ 。

四 實驗式與分子式的求法：(假設化合物含碳、氫、氧三元素) 命題指數 > ★★★★★

① 利用 _____ ⑨，測出燃燒產物 CO₂ 與 H₂O 的重量，進一步計算出 C、H、O 的重量。

$W_{\text{試樣}}$ 克有機化合物中含

$$\begin{cases} W_C = W_{\text{CO}_2} \times \frac{12}{44} \\ W_H = W_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{2}{18} \\ W_O = W_{\text{試樣}} - W_C - W_H \end{cases}$$

資料夾

- Mg(ClO₄)₂ 為乾燥劑，吸收水，Mg(ClO₄)₂ 管增加的重量等於燃燒後產生水的重量。
- NaOH 吸收二氧化碳，NaOH 管增加的重量等於燃燒後產生二氧化碳的重量。

② 求出 C、H、O 原子莫耳數的最簡比例，即可得實驗式

$$C : H : O = \frac{W_C}{12} : \frac{W_H}{1} : \frac{W_O}{16} = x : y : z,$$

有機化合物之實驗式為 C_xH_yO_z。

③ 再由實驗測該有機化合物之分子量，即可得分子式。

若 $\frac{\text{分子量}}{\text{實驗式量}} = n$ ，則分子式 = (實驗式)_n。

HOT 關鍵字

- 式量 = 實驗式中所有原子量的總和
如 C_xH_yO_z 之式量 = 12x + y + 16z
- 分子量 = 實驗式量 × n

範例 1 化學式

下列有關物質化學式的敘述，哪些錯誤？

- CH₃COOH 為醋酸的示性式，而非分子式
- 二氧化矽的分子式為 SiO₂，而食鹽的化學式為 NaCl
- 乙醇與甲醚分子式相同，結構式不同，稱為同分異構物，兩者性質不同

(D) 甲烷的結構式為 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ，顯示其為一平面分子

(E) 實驗式與分子式可表示化合物所含原子種類及部分化性

答
解

類題

下列關於化學式的敘述，何者錯誤？

- (A) 離子化合物通常以實驗式表示
- (B) 示性式可表明化合物的官能基
- (C) 分子式相同的化合物，其實驗式必相同
- (D) 網狀固體因沒有分子的單位，所以無法以結構式表示

答 _____

範例 2 同分異構物

下列關於等重的甲醛 (HCHO)、乙酸 (CH₃COOH) 和甲酸甲酯 (HCOOCH₃) 之各項敘述，何者不正確？

- (A) 三者原子數相同
- (B) 分子數最多者為甲醛
- (C) 與足量氧燃燒生成等重的 CO₂
- (D) 燃燒所消耗的氧重以甲醛最多
- (E) 所含碳的重量百分組成均相等

答

解

類題

有關醋酸 (CH₃COOH) 和葡萄糖 (C₆H₁₂O₆) 的敘述，哪些正確？

- (A) 兩者皆為分子式
- (B) 兩者實驗式相同
- (C) 兩者所含元素重量百分組成相同
- (D) 等重時，所含碳原子數相同
- (E) 等重時，兩者所含分子數相同

答 _____

範例 3 燃燒法求實驗式

維他命 C 含 C、H、O 三種元素，今取 1.32 克維他命 C 置於純氧中完全燃燒，產物通過甲管 (裝無水過氯酸鎂) 和乙管 (裝 NaOH)，甲管重量增加 0.54 克，乙管重量增加 1.98 克，則下列有關 1.32 克維他命 C 的敘述，何者錯誤？

- (A) 含碳 0.54 克
- (B) 含氧 0.72g
- (C) 含氫的重量百分率 4.55%
- (D) 維他命 C 的實驗式為 CH₃O

答

解

類題

某有機化合物僅含 C、H、O 三種元素，其重量組成為碳 40.0%、氫 6.6%，其餘為氧，則此有機化合物的實驗式為下列何者？

- (A) CH_2O (B) CH_3O (C) $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ (D) $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$

答 _____

範例 4 元素重量百分組成

哺乳動物的紅血球中，血紅素約含 0.33% 的鐵，如果血紅素的分子量約為 68000，則一分子的血紅素中含有幾個鐵原子？（原子量：Fe=56）

- (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5

答

解

類題

自然界的鐵礦有赤鐵礦 (Fe_2O_3)、磁鐵礦 (Fe_3O_4) 和黃鐵礦 (FeS_2)。此三種鐵礦含鐵的重量百分率，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) $\text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{FeS}_2 > \text{Fe}_2\text{O}_3$

答 _____

範例 5 含結晶水的化學式

帶有結晶水的某化合物 1.26 克，經加熱除去所有結晶水後，其重量為 0.90 克。如無水物的分子量為 90，則一莫耳的該化合物中，結晶水的莫耳數應為多少？

- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4

答

解

類題

將碳酸鈉晶體 0.572 克加熱除去結晶水，可得到 0.212 克的無水碳酸鈉粉末。碳酸鈉晶體的化學式為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，則 x 為下列何值？（H=1，C=12，O=16，Na=23）

- (A) 2 (B) 4 (C) 6 (D) 8 (E) 10

答 _____

貳 化學反應式與反應式的平衡

一 化學反應式

命題指數 > ★★★★★

- ① 化學反應式是用化學式和一些簡單的符號來表示化學反應的式子，又稱為化學方程式。
- ② 化學反應式需根據事實，不可憑臆測寫出，各化學式右下角常附記相態。如 (s) 表固體，(l) 表液體，(g) 表氣體，(aq) 表水溶液，並且在箭號上方或下方註記反應所需條件。
- ③ 化學反應式可用以表示反應物與生成物的下列關係。例如：
$$\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \xrightarrow[200\text{atm}, 500^\circ\text{C}]{\text{鐵粉}} 2\text{NH}_{3(\text{g})}$$
由反應式可得知反應物與生成物的變化量為：

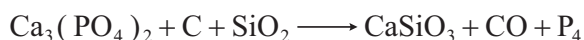
	$\text{N}_{2(\text{g})}$	$\text{H}_{2(\text{g})}$	$\text{NH}_{3(\text{g})}$
分子數	1	3	2
莫耳數	1	3	2
質量	$1 \times 28 = 28$	$3 \times 2 = 6$	$2 \times 17 = 34$
體積	1	3	2
反應條件	200atm, 500°C, 以鐵粉為催化劑		

由上可知反應式能顯示：係數比 = 反應時的 _____ ⑩ 比 = 反應時的 _____ ⑪ 比。

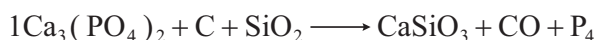
二 化學反應式的平衡

命題指數 > ★★★★★

- ① 原理：遵守 _____ ⑫、_____ ⑬。
- ② 方法：觀察法、代數法。
 - (1) 觀察法：以最複雜物質（含元素種類最多者）的係數定為 1，然後依兩邊出現次數由少至多的順序，遵循上述原則平衡，最後再將係數化為最簡整數。舉例說明如下：

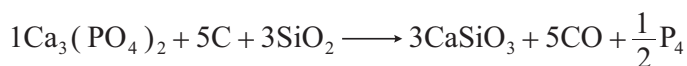


① 先將 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 係數定為 1：

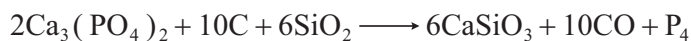


② 依原子在兩邊出現次數由少至多的順序，遵循原子不滅平衡：

由 Ca 可得 3CaSiO_3 ；由 P 可得 $\frac{1}{2}\text{P}_4$ ；由 Si 可得 3SiO_2 ；由 O 可得 5CO ；由 C 可得 5C



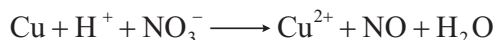
③ 最後再將係數化為最簡整數：



(2) 代數法：

- ① 先利用觀察法將可決定的係數先做決定，再將不能確定的係數設立未知數。
- ② 依原子守恆或電荷守恆建立數學方程式（若設立 n 個未知數，須建立 n 個數學方程式）。
- ③ 解聯立方程式，得未知數，最後再將係數化為最簡整數。

舉例說明如下：銅片在稀硝酸中反應，生成一氧化氮、硝酸銅和水，其淨離子反應式可寫為：



①由①步驟知： $1\text{Cu} + a\text{H}^+ + b\text{NO}_3^- \longrightarrow 1\text{Cu}^{2+} + c\text{NO} + d\text{H}_2\text{O}$

②依原子守恆知：N 原子： $b=c \cdots (\text{I})$

H 原子： $a=2d \cdots (\text{II})$

O 原子： $3b=c+d \cdots (\text{III})$

依電荷守恆知： $a+(-b)=2 \cdots (\text{IV})$

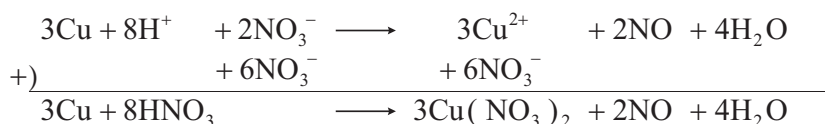
③聯立 (I) ~ (IV) 方程式得： $a = \frac{8}{3}$ ， $b = \frac{2}{3}$ ， $c = \frac{2}{3}$ ， $d = \frac{4}{3}$

即反應式為 $1\text{Cu} + \frac{8}{3}\text{H}^+ + \frac{2}{3}\text{NO}_3^- \longrightarrow 1\text{Cu}^{2+} + \frac{2}{3}\text{NO} + \frac{4}{3}\text{H}_2\text{O}$

最後係數化為整數： $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$

名師BLOG

若要將淨離子反應式寫成分子反應式，則在生成物一方的陽離子（或陰離子）需用反應物之陰離子（或陽離子）來中和電性，使成中性的物質，如：



範例 6 化學反應式

有一碳氫氧化合物 1 分子內有 4 個氧原子，實驗證實其 1 分子完全燃燒時，產生 4 分子二氧化碳與 2 分子水，針對此化合物的敘述，下列哪些錯誤？

(A) 實驗式為 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$

(B) 分子式為 $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$

(C) 分子式 = (實驗式) $_n$ ， $n=4$

(D) 燃燒反應式的最簡係數和為 10

(E) 1 莫耳化合物燃燒需氧 4 莫耳

答
解

類題

化學反應式可用來描述化學反應發生時，物質間的變化關係。下列關於化學反應式的敘述，何者錯誤？

(A) 化學反應式兩邊的原子種類相同

(B) 反應物與生成物所含的原子總數相同

(C) 反應式兩邊的分子總數相同

(D) 反應物與生成物的總重量相同

答 _____

範例 7 觀察法平衡反應式

利用觀察法平衡下列反應式： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，則其最簡係數和為若干？

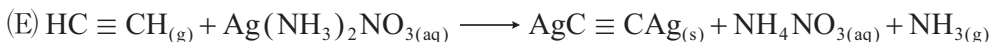
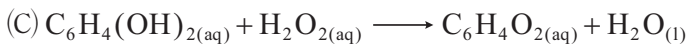
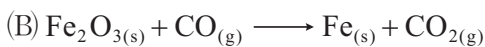
- (A) 21 (B) 26 (C) 29 (D) 33 (E) 37

答

解

類題

將下列反應式平衡後，若平衡係數皆取最簡單整數，則哪些反應式左邊的平衡係數總和比右邊的平衡係數總和少 2？（應選三項）

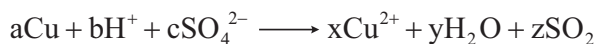


❖ 103 學測 ❖

答

範例 8 代數法平衡反應式

銅在濃硫酸中會發生反應，其反應式如下：



針對此平衡反應式，下列各項係數間的關係式哪些是正確的？

(A) 依據硫原子不減： $c = z$

(B) 依據氫原子不減： $b = 2y$

(C) 依據氧原子不減： $4c = y + 2z$

(D) 依據電荷不減： $b + 2c = 2x$

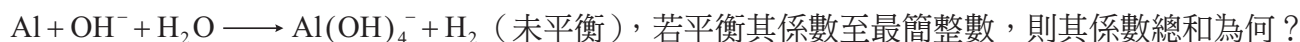
(E) 最簡係數總和為 10

答

解

類題

將鋁金屬與氫氧化鈉反應會產生氫氣，其反應式如下：



(A) 21

(B) 15

(C) 13

(D) 9

(E) 7

答

參 化學計量

一 化學計量的意義

命題指數 > ★★★★★

化學反應前後，針對反應物與生成物的質量和莫耳數，進行定量的計算，稱為化學計量。

二 化學計量的解題步驟及要領：莫耳數法

命題指數 > ★★★★★

① 寫出平衡反應式。

② 將已知物的量換算成莫耳數，其方法為：

$$\begin{aligned} \text{莫耳數 (n)} &= \frac{\text{重量}}{\text{分子量 (原子量)}} = \frac{\text{粒子個數}}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{0^\circ\text{C}、1\text{atm 氣體體積升數}}{22.4} \\ &= \text{莫耳濃度} \times \text{溶液體積升數}。 \end{aligned}$$

③ 若題目有多個已知物的莫耳數時，需先尋找何者為 ④ ，其方法為：

各反應物以 $\frac{\text{莫耳數}}{\text{係數}}$ 比值最小者為限量試劑。

④ 利用反應式的係數比等於反應時莫耳數比，由已知物（指限量試劑）之莫耳數，推求待測物的莫耳數，其方法為：

$$\text{待測物的莫耳數} = \text{已知物的莫耳數} \times \frac{\text{待測物的係數}}{\text{已知物的係數}}。$$

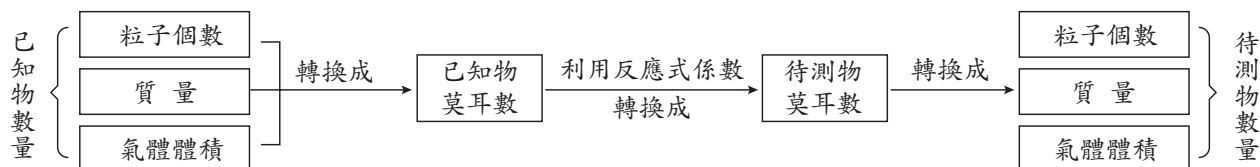
⑤ 最後將待測物的莫耳數換算成題目所要求的量。

HOT 關鍵字

化學反應中被完全用完的反應物可決定生成物的產量，此種被完全用完的反應物稱為限量試劑。

名師BLOG

化學計量的流程可簡示如下：



三 化學計量的相關名詞

命題指數 > ★★★★★

① 理論產量：限量試劑完全作用後，根據反應式係數計算所得產物的最大量。

② 實際產量：化學反應完成後實際所得的產物的量。

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

④ 原子使用效率 (%) = $\frac{\text{目標產物的質量}}{\text{所有產物的總質量}} \times 100\%$ 。

範例 9 均衡反應式的意義

完全燃燒 x 莫耳正丁烷得 y 莫耳二氧化碳時，下列 x 與 y 間的關係，何者為正確？

(A) x = 3y

(B) y = 3x

(C) x = 4y

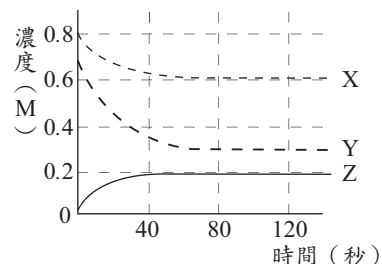
(D) y = 4x

答
解

範例 10 反應式的係數與化學計量

在固定體積的密閉容器內，置入 X 和 Y 兩種氣體反應物後，會生成一種 Z 氣體產物，右圖表示反應物和產物的濃度隨反應時間的變化關係。下列哪一項可表示 X 和 Y 的化學反應式？

- (A) $X+Y \longrightarrow Z$ (B) $X+2Y \longrightarrow Z$
(C) $2X+Y \longrightarrow Z$ (D) $X+Y \longrightarrow 2Z$
(E) $X+2Y \longrightarrow 2Z$



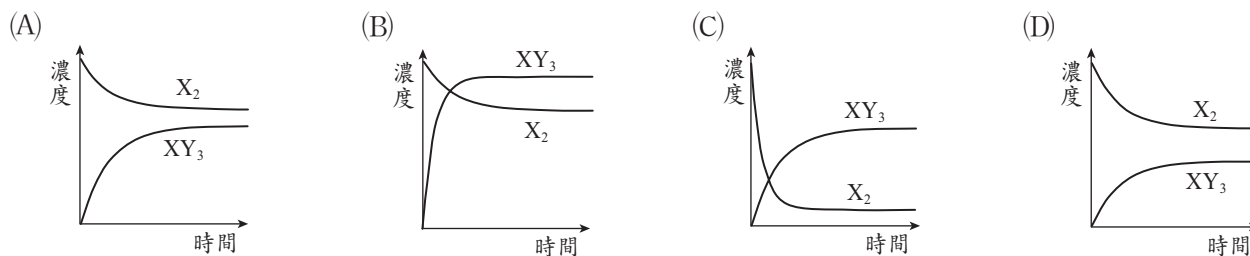
❖ 95 學測 ❖

答
解

類題

在一密閉容器內，等莫耳數的 X_2 和 Y_2 進行下列反應： $X_{2(g)} + 3Y_{2(g)} \longrightarrow 2XY_{3(g)}$ 達成平衡。下列哪一個圖最能代表在此過程中， X_2 和 XY_3 的濃度隨時間變化的情形？

❖ 92 學測補考 ❖



答

範例 11 化學計量與限量試劑

銀器在硫化氫存在的空氣中發生右列反應： $4Ag + 2H_2S + O_2 \longrightarrow 2Ag_2S + 2H_2O$ ，則 21.6 克銀、6.8 克硫化氫和 3.2 克氧的混合物完全反應，下列敘述哪些正確？(Ag=108)

- (A) Ag 為限量試劑 (B) 可得 0.2 莫耳之 Ag_2S (C) O_2 為限量試劑
(D) 產生 0.1 莫耳的 H_2O (E) H_2S 殘留 0.1 莫耳

答
解

類題

已知醋酸與乙醇在濃硫酸的催化下可進行如下的反應：

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ 。今各取 30 克的醋酸及乙醇合成乙酸乙酯，經蒸餾純化得 11 克的乙酸乙酯，下列敘述何者錯誤？

- (A) 醋酸為限量試劑
- (B) 最多可生成 0.5 莫耳乙酸乙酯
- (C) 乙酸乙酯的產率為 20%
- (D) 乙酸乙酯的產率為 25%

答 _____

範例 12 混合物反應的化學計量

BaCO_3 和 CaCO_3 的混合物 6.94 克，經加熱使其放出 CO_2 後得 BaO 和 CaO 的混合物 4.74 克。則原混合物中含有 BaCO_3 多少克？（ $\text{Ba}=137$ ， $\text{Ca}=40$ ）

- (A) 3.01
- (B) 3.52
- (C) 3.94
- (D) 4.48

答

解

類題

使丙烷和丁烷的混合氣體完全燃燒時，得二氧化碳 3.74 克和水 1.98 克。該混合氣體中丙烷與丁烷之莫耳數比約若干？

答 _____

範例 13 化學計量

在常溫常壓，未知體積之氧氣與 40 公升的一氧化碳，在催化劑的存在下進行反應。反應後氣體之組成為二氧化碳與氧氣，總體積為 70 公升。若反應後，溫度與壓力維持不變，則氧氣在反應前、反應後的體積分別是多少公升？

◆ 103 學測 ◆

- (A) 60、20
- (B) 50、30
- (C) 40、40
- (D) 30、50
- (E) 20、60

答

解

類題

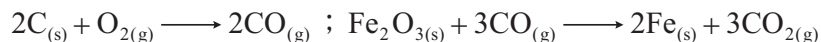
250°C、1atm 下，取 1 升之某有機化合物氣體，燃燒耗去 O₂ 3 升，則該化合物之分子式為哪些？

- (A) CH₄
- (B) C₂H₄
- (C) C₂H₆
- (D) C₂H₆O
- (E) C₂H₄O

答 _____

範例 14 多步驟反應

從鐵礦煉鐵製鐵的過程中涉及下列兩個化學反應：



若第一個反應式中所產生的一氧化碳全部用於第二個反應式，則欲產生 100 公斤的鐵，須氧若干公斤？（原子量：Fe=56，O=16，C=12）

答

解

肆 化學反應中的能量變化

一 反應熱 命題指數 > ★★★★★

化學反應所伴隨的能量變化。

HOT 關鍵字

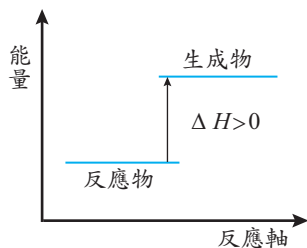
- ① 定義：定溫、定壓下，化學反應前後熱含量的變化，通常以 ΔH 表示。

$$\Delta H = \text{_____} \text{ ⑮的總熱含量} - \text{_____} \text{ ⑯的總熱含量。}$$

各物質生成時，儲存於其中的能量，稱為熱含量，以 H 表示。

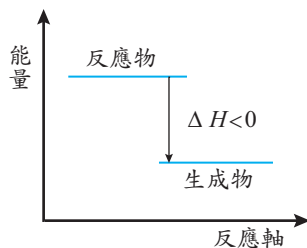
- ② 化學反應有些是吸熱，有些是放熱。

(1) 吸熱反應： $\Delta H > 0$



反應後系統溫度下降

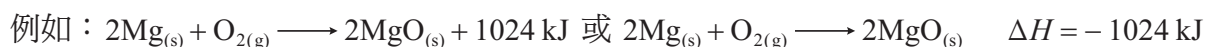
(2) 放熱反應： $\Delta H < 0$



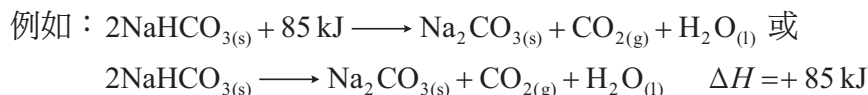
反應後系統溫度上升

- ③ 熱化學反應式

(1) 放熱反應：將反應熱加在生成物一邊或 ΔH 取負值，寫在反應式後面。



(2) 吸熱反應：將反應熱加在反應物一邊或 ΔH 取正值，寫在反應式後面。

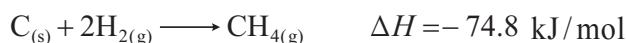
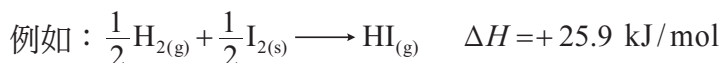


- ④ 反應熱與溫度及壓力有關，在標準狀態（25°C、1atm）下測得的反應熱，稱為「標準反應熱」，以 ΔH^0 表示。

二 反應熱的種類

命題指數 > ★★★★★

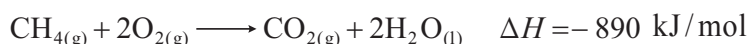
- ① 莫耳生成熱：在 25°C、1atm 下，1 莫耳化合物由其成分元素生成時之反應熱。



(1) 莫耳生成熱可為放熱或吸熱。

(2) _____ ⑦ 在標準狀態（25°C、1atm）下之莫耳生成熱規定為零。若有同素異形體，則訂定存量最多或最穩定之同素異形體為零，如碳取石墨，硫取斜方硫（ S_8 ），磷取白磷（ P_4 ），氧取氧（ O_2 ）為零。

- ② 莫耳燃燒熱：在 25°C、1atm，1 莫耳物質完全燃燒的反應熱。



(1) 莫耳燃燒熱必為 _____ ⑧。

(2) _____ ⑨ 之物質，其莫耳燃燒熱訂為零，如 CO_2 、 H_2O 、 N_2 、 O_2 、 He 、 Fe_2O_3 等。

名師BLOG

1. 若元素的狀態並不是在 25°C、1atm 下應有的狀態，其莫耳生成熱不為零。

例如： $\text{O}_{2(\text{l})}$ 、 $\text{Br}_{2(\text{g})}$ 、 $\text{Hg}_{(\text{s})}$ 之莫耳生成熱不為零。

2. 燃燒一般指物質與氧化合產生光及熱的現象，因此必為放熱反應，且物質須完全燃燒放出的熱量才能為燃燒熱。

例如： $\text{C}_{(\text{s})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{(\text{g})}$ $\Delta H = -110 \text{ kJ}$ ，此 ΔH 稱 CO 莫耳生成熱，非 C 之莫耳燃燒熱。

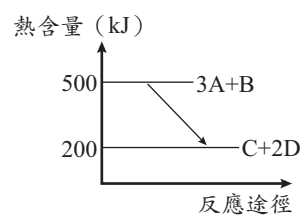
3. 元素的燃燒熱也是其燃燒產物的生成熱。

例如： $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$ $\Delta H = -394 \text{ kJ}$ ，此 ΔH 是碳的莫耳燃燒熱，亦為二氧化碳莫耳生成熱。

範例 15 反應熱

右圖為 $3\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{C} + 2\text{D}$ 反應之熱含量變化圖， ΔH 表示該反應之反應熱，則此反應的反應熱值為多少？

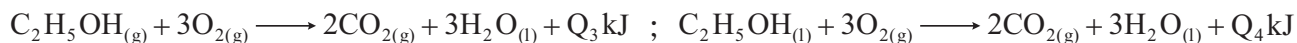
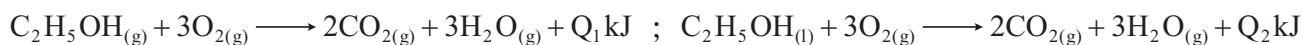
- (A) $\Delta H = +500 \text{ kJ}$ (B) $\Delta H = +200 \text{ kJ}$
 (C) $\Delta H = +300 \text{ kJ}$ (D) $\Delta H = -300 \text{ kJ}$



答
解

範例 16 反應熱與物質狀態

已知乙醇燃燒有下列幾種反應：



其中 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 為熱量，試比較它們之間的大小關係。

答
解

類題

已知： $2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ ， $\Delta H = -484\text{kJ}$ 。有關此熱化學反應式的敘述，下列何者正確？

- (A) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ 的莫耳生成熱為 484kJ
- (B) 此反應的能量變化可使周遭的溫度上升
- (C) $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ 所含的能量比 $(2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})})$ 所含的能量高出 484kJ
- (D) 若此一反應的產物是 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ，則反應的能量變化小於 484kJ
- (E) 使 2 莫耳 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ 分解成 2 莫耳 $\text{H}_{2(\text{g})}$ 與 1 莫耳 $\text{O}_{2(\text{g})}$ 時會吸熱 484kJ

答 _____

範例 17 反應熱的種類

下列有關反應熱的敘述，何者正確？

- (A) $\text{H}_{2(\text{g})}$ 的莫耳燃燒熱與 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ 的莫耳生成熱同值異號
- (B) 石墨的標準莫耳生成熱為零
- (C) $\text{C}_{(\text{s})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{(\text{g})}$ ， $\Delta H = -110\text{kJ}$ 為 $\text{C}_{(\text{s})}$ 的莫耳燃燒熱
- (D) $\text{CO}_{(\text{g})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$ ，則反應之反應熱可稱為 CO_2 的莫耳生成熱
- (E) CO 、 O_2 、 H_2O 的標準莫耳燃燒熱均為零

答
解

類題

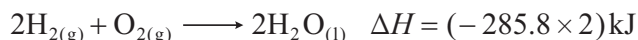
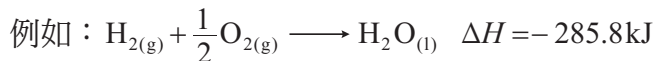
下列何者物質之標準莫耳生成熱為零？

- (A) $\text{CO}_{(g)}$ (B) $\text{H}_2\text{O}_{2(g)}$ (C) $\text{Fe}_{(s)}$ (D) $\text{O}_{3(g)}$ (E) $\text{Br}_{2(g)}$

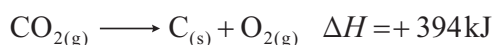
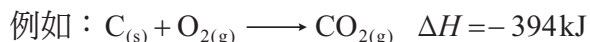
答 _____

三 反應熱的三大重要定律 命題指數 > ★★★★★

① 由反應熱與反應的莫耳數成正比，即反應式係數為 n 倍， ΔH 亦為 n 倍。

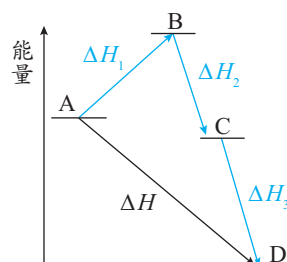
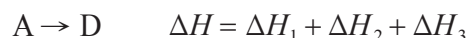
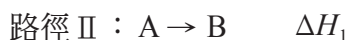


② 反應以反方向進行，反應熱同值異號，即反應式逆寫， ΔH 值變號。



③ 赫斯定律（或稱反應熱加成性定律）：若一反應可由兩個以上反應式的代數和表示時，則其反應熱也等於此數個反應熱的代數和，此稱赫斯定律。

例如： $\text{A} \rightarrow \text{D}$ 進行有兩種途徑



由上知路徑 I 與路徑 II 雖然反應過程不同，但兩者最初狀態與最後狀態相同，故反應熱相同，與反應進行的路徑無關。

四 反應熱的計算 命題指數 > ★★★★★

① 由反應熱的三大定律

反應式	相加	相減	逆寫	乘 n 倍
反應熱	$\Delta H_1 + \Delta H_2$	$\Delta H_1 - \Delta H_2$	$-\Delta H$	$n \Delta H$

② 代入公式法

反應熱 $\Delta H =$ (_____ ①生成熱總和) $-$ (_____ ②生成熱總和)

$\Delta H =$ (_____ ③燃燒熱總和) $-$ (_____ ④燃燒熱總和)

範例 18 赫斯定律

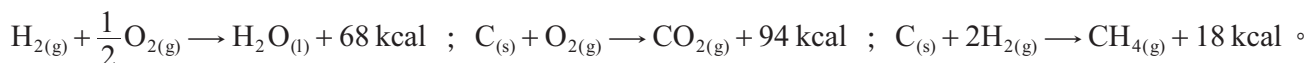


- (A) 580.0 (B) 530.4 (C) 187.1 (D) 137.5

答
解

類題

利用下列熱化學方程式：



求得 1 莫耳甲烷完全燃燒的反應熱為多少 kcal ？

- (A) 212 (B) 204 (C) 180 (D) 144

答 _____

範例 19 反應熱的計量

氫氣的莫耳燃燒熱為 -285.8kJ 。2 莫耳液態過氧化氫分解成氧氣與液態水時放出 196.4kJ 能量。下列敘述何者錯誤？

- (A) 當 1 克液態過氧化氫分解成氧氣和液態水時，可放出 2.89kJ 能量
(B) 液態過氧化氫的莫耳生成熱為 -187.6kJ
(C) 當 2 莫耳氫完全燃燒時，可放出 285.8kJ 能量
(D) 液態過氧化氫分解為水及氧氣的熱化學方程式中的 ΔH 應為負值

❖ 86 日大 ❖

答
解

範例 20 反應熱的應用

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 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，而氯化鈣溶解所釋放出的熱量，完全由 100 毫升的水所吸收。若在阿里山上，取出一個 5°C 的暖暖包打開使用，試問該暖暖包的溫度最高可升到幾 $^\circ\text{C}$ ？（原子量：Ca=40，Cl=35.5）

- (A) 36 (B) 51 (C) 76 (D) 91

◆ 91 指考 ◆

答
解



實力挑戰



一、基礎試題

- _____ 1. 含甲烷和乙烷的混合氣體，完全燃燒後，得二氧化碳 26.4 克及水 18.0 克。則該混合氣體中，甲烷、乙烷的莫耳數比為若干？（原子量：H=1，C=12，O=16）
 (A) 1 : 1 (B) 1 : 2 (C) 2 : 1 (D) 1 : 3 (E) 3 : 1
- _____ 2. 取氮 28 克和氫 8 克充分反應後，共得到氨重 23.8 克，則此反應之產率為多少？
 (A) 93% (B) 70% (C) 62% (D) 35%
- _____ 3. 0.42 克的化合物 (MH_2) 和水發生下列反應： $\text{MH}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \text{M}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{H}_{2(g)}$ ，若在 0°C 一大氣壓時，可產生乾燥氫氣 448 毫升，則 M 的原子量應是多少？
 (A) 24 (B) 27 (C) 32 (D) 40
- _____ 4. 已知 $\text{Mg}_{(s)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{MgO}_{(s)}$ ， $\Delta H = -602 \text{ kJ}$ ，則下列敘述哪些正確？（Mg=24，O=16）
 （應選三項）
 (A) 此為放熱反應 (B) 此為吸熱反應
 (C) 生成 1 克氧化鎂時，放出 15.1 kJ 的熱量 (D) 欲放出 100 kJ 能量需燃燒鎂 4 克
 (E) 氧化鎂為白色粉末，溶於水，水溶液呈酸性
- _____ 5. 下列哪一反應可用來表示 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$ 之莫耳生成反應式？
 (A) $\frac{1}{2}\text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{Cl}_{2(g)} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$ (B) $\text{N}_{2(g)} + 4\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$
 (C) $\text{NH}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$ (D) $\text{NH}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$
- _____ 6. 下列哪些所含碳的重量百分率相等？（應選三項）
 (A) CH_3COOH (B) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (C) CH_3OH (D) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (E) HCOOCH_3

7. 某有機化合物含 C、H、O，取 10.8g 燃燒，先通過灼熱的氧化銅，再通過 $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ 管，重量增加 7.2g，又通過 NaOH 管時，重量增加 30.8g，另由實驗測出該有機物之分子量為 108。則下列敘述何者錯誤？
- (A) 實驗式為 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ (B) 分子式為 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$
 (C) 氧化銅的功能是使有機物完全燃燒 (D) $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ 的功能為吸收 CO_2
 (E) NaOH 可用 KOH 取代
8. 下列何項物質的化學式是以示性式表示？
- (A) 乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) (B) 乙酸 ($\text{H}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$) (C) 乙醛 CH_3CHO
 (D) 食鹽 (NaCl) (E) 水 ($\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}\text{:H}$)
9. 在 1000mL 的氧氣中進行放電，以產生臭氧 ($3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{O}_3$)。反應後，在同溫同壓下，其體積變為 900mL，則下列哪些正確？（應選三項）
- (A) 生成臭氧 100mL (B) 生成臭氧 200mL (C) 剩餘氧氣 800mL
 (D) 剩餘氧氣 700mL (E) 反應後臭氧的莫耳數占混合氣體總莫耳數的 $\frac{2}{9}$
10. 某氣態烴 $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}$ 10mL 完全燃燒，需消耗同溫同壓下 O_2 30mL，則該烴的分子式為何？
- (A) CH_4O (B) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (C) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (D) $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (E) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
11. 某脂肪酸之通式為 $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ，分析得碳的重量百分率為 54.54%，求 n 值為何？
- (A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6 (E) 7
12. 某固體試樣含碳酸鈣與硫酸鎂之混合物 9.12 克，加熱時 $\text{CaCO}_{3(s)} \longrightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ ，硫酸鎂不因加熱分解，若其中 CaCO_3 完全分解後，試樣固體重量剩下 6.04 克，則原混合物中 CaCO_3 的重量百分率約為多少？（原子量：Ca=40，C=12，O=16）
- (A) 28% (B) 35% (C) 70% (D) 77% (E) 90%
13. 二氧化錳 (MnO_2) 加熱分解，僅產生氧氣與一種純物質固體；現有 2.61 克的二氧化錳，加熱後，剩餘的固體重 2.29 克，則產生的固體化學式為何？（Mn=55）
- (A) MnO_2 (B) Mn_2O_3 (C) Mn_3O_4 (D) Mn_2O_5
14. 關於反應熱的敘述，下列何者正確？
- (A) 正反應的反應熱和逆反應的反應熱大小相等，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) 反應熱為分子動能變化的表現
15. 碳化鈣 (CaC_2 ，俗稱電石) 96 克加水 72 克生成乙炔 (C_2H_2) 氣體，其化學方程式為：
 $\text{CaC}_{2(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(g)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$ （尚未平衡），下列敘述哪些正確？（應選三項）
 （原子量：Ca=40，O=16，C=12，H=1）
- (A) 最簡整數平衡係數總和為 4 (B) 理論上至多可生成乙炔 2mol
 (C) 反應後，理論上剩下 H_2O 18 克 (D) 產生的乙炔在 S.T.P. 時的體積為 33.6 升
 (E) 若產生的乙炔在 S.T.P. 時的體積僅為 22.4 升，則產率為 66.7%

二、歷屆試題

◎在實驗室中可藉氯酸鉀分解反應製氧，藉碳酸鈣分解產生二氧化碳，汽車的安全氣囊則利用汽車遭強力撞擊時，引發三氮化鈉（ NaN_3 ）瞬間分解，產生氮氣充滿氣囊，達到保護作用。三氮化鈉的分解反應為 $2\text{NaN}_3(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g})$ ，請回答第 1. ~ 2. 題。（ $\text{Na}=23$ ， $\text{N}=14$ ）

_____ 1. 在常溫、常壓下，若氮氣的莫耳體積是 24.5 升／莫耳，則 13.0 克的三氮化鈉（其式量為每莫耳 65.0 克），最多可產生多少升的氮氣？
(A) 7.35 (B) 4.90 (C) 3.68 (D) 2.45 (E) 1.63

_____ 2. 在常溫、常壓下，三氮化鈉分解會放出 21.7 千焦耳／莫耳的熱量，若此反應熱以 ΔH 表示，則下列敘述，何者正確？
(A) 三氮化鈉分解的熱化學反應式為 $2\text{NaN}_3(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g}) + 43.4$ 千焦耳
(B) 三氮化鈉分解的熱化學反應式為 $2\text{NaN}_3(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g}) + 21.7$ 千焦耳
(C) 三氮化鈉分解的熱化學反應式為 $2\text{NaN}_3(\text{s}) + 21.7$ 千焦耳 $\longrightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g})$
(D) 三氮化鈉分解反應的反應熱 $\Delta H=21.7$ 千焦耳／莫耳 ❖ 91 學測補考 ❖

_____ 3. 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 千卡，則下列敘述哪些正確？（應選二項）
(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 $+94$ 千卡
(C) 氫氣之標準莫耳燃燒熱為 -34 千卡
(D) 丙烷之標準莫耳燃燒熱為 -531 千卡
(E) 鑽石與石墨之莫耳燃燒熱相同 ❖ 91 指考 ❖

_____ 4. 在標準狀況下，已知 CO_2 之標準莫耳生成熱為 -393.6 kJ，且已知：
 $3\text{C}(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$ ， $\Delta H=463.6$ kJ。
試問： Fe_2O_3 之標準莫耳生成熱應為多少？
(A) 70 kJ (B) -70 kJ (C) -822.2 kJ
(D) -857.2 kJ (E) -1644.4 kJ ❖ 93 指考 ❖

_____ 5. 尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ （分子量 = 60）是工業上重要的化學原料，也可作為農作物的肥料成分。由氨與二氧化碳反應可得尿素和水，若在高壓反應容器內加入 34 克氨（分子量 = 17）與 66 克二氧化碳（分子量 = 44），假設氨與二氧化碳完全反應後，則下列有關此反應化學計量的敘述，哪幾項是正確的？（應選三項）
(A) 平衡的化學反應式是 $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \longrightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
(B) 剩餘 8.5 克的氨未反應
(C) 剩餘 22 克的二氧化碳未反應
(D) 生成 60 克的尿素
(E) 生成 18 克的水 ❖ 95 學測 ❖

_____ 6. 物質 X 燃燒時的化學反應式為 $\text{X} + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ （注意：只有產物的係數尚未平衡），試問下列哪一個選項最有可能是 X？
(A) H_2 (B) CO (C) CH_4 (D) CH_3OH (E) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ❖ 95 指考 ❖

7. 某碳氫化合物 2.2 克，經完全燃燒後產生 6.6 克二氧化碳，則此化合物最可能之分子式為何？
 (A) CH₄ (B) C₂H₆ (C) C₂H₄ (D) C₃H₈ (E) C₄H₁₀ ❖ 95 指考 ❖
8. 某些只含 C、H、O 三種元素的有機化合物，當 1 莫耳的該化合物完全燃燒時，所需氧的莫耳數及所產生水的莫耳數，均與 1 莫耳的甲烷完全燃燒時相同。試問下列化合物中，哪些能滿足上述條件？（應選三項）
 (A) HCOOH (B) HCOOCH₃ (C) CH₃COOH
 (D) C₂H₅COOH (E) H₂C(COOH)₂ ❖ 96 指考 ❖
9. 含有碳、氫、氧的化合物進行元素分析時，須先將分析物完全氧化後，再以不同的吸收管吸收所生成的二氧化碳及水蒸氣。下列有關元素分析實驗的敘述，哪些是正確的？（應選二項）
 (A) 可用含水的過氯酸鎂吸收水蒸氣
 (B) 可用氫氧化鈉吸收二氧化碳
 (C) 化合物的含氧量，可由所生成的水蒸氣及二氧化碳中的含氧量，相加求得
 (D) 由元素分析實驗，可直接求得化合物的分子式
 (E) 若以無水氯化亞鈷試紙檢驗實驗中所產生的水蒸氣，則試紙呈粉紅色 ❖ 97 指考 ❖
10. 食品中的蛋白質含量，可由測定其氮元素的含量來間接推算。臺灣在 97 年 9 月間發生的「毒奶」風波，係不肖廠商在奶粉中添加三聚氰胺（分子式 C₃H₆N₆，分子量 126 g/mol），以造成蛋白質含量較高的假象所導致。假設正常奶粉中的蛋白質，其平均含氮量約 16.6%，則三聚氰胺的含氮量約為正常奶粉中蛋白質平均含氮量的幾倍？
 (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5 (E) 6 ❖ 98 學測 ❖
11. 已知蔗糖的分子量為 342 g/mol，而其水溶液的發酵可用下列反應式表示：

$$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 4\text{CO}_2$$
 今取蔗糖 3.42 克，溶於水後，加酵母使其發酵。假設只考慮蔗糖變為酒精的發酵，且蔗糖的發酵只完成 50%，則在此發酵過程中，所產生的二氧化碳總共有幾毫升？（在標準狀態下）
 (A) 112 (B) 224 (C) 336 (D) 448 (E) 896 ❖ 98 學測 ❖
12. 下列有關化學式的敘述，哪些正確？（應選三項）
 (A) 結構式可以表示化合物中原子間的排列情形
 (B) 網狀固體因為沒有分子的單位，所以無法以結構式表示
 (C) 使用示性式的主要目的是補足分子式未能表示的官能基結構特性
 (D) 從分子式可以得知分子中組成原子的種類、數目與原子連結順序
 (E) 分子化合物的簡式（實驗式）可以從其元素分析數據及組成原子的原子量求得 ❖ 98 指考 ❖
13. 四氧化二氮與甲聯胺（CH₃NHNH₂）的反應為登月小艇脫離月球返回地球時所用的動力來源。此二化合物反應的生成物為水、氮氣與二氧化碳。試問：此反應的平衡化學反應式中，水與氮氣的係數比為何？
 (A) 4 : 3 (B) 3 : 4 (C) 3 : 2
 (D) 3 : 1 (E) 1 : 3 ❖ 98 指考 ❖

14. 在一個體積可變的密閉容器內，裝入氨氣 2 升。若在溫度與壓力不變的條件下使氨分解：

$$\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$$
 (N 係數未平衡)，試問當容器內氣體的體積由原來的 2 公升變成 3 公升時，有多少百分比 (%) 的氨分解？

- (A) 25 (B) 50 (C) 75 (D) 80 (E) 90 ❖ 98 指考 ❖

15. 家用的瓦斯有天然氣 (主成分 CH_4) 或液化石油氣 (主成分 C_3H_8)。若在同溫、同壓，分別使同體積的 CH_4 與 C_3H_8 完全燃燒，則 C_3H_8 所需氧氣的量是 CH_4 的幾倍？

- (A) $\frac{11}{5}$ (B) $\frac{7}{3}$ (C) 2 (D) 2.5 (E) 3 ❖ 98 指考 ❖

16. 硝酸銅受熱分解，可用右列反應式表示： $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(\text{s})} \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO}_{(\text{s})} + n\text{X}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ ，式中 n 為係數。試推出 X 是什麼化合物？

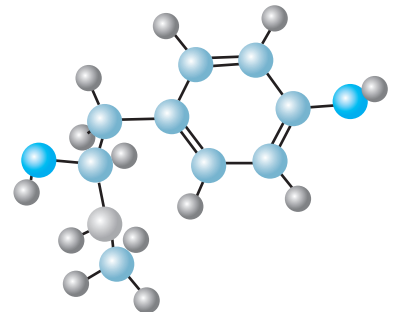
- (A) NO (B) NO_2 (C) N_2O (D) N_2O_3 (E) N_2O_5 ❖ 99 學測 ❖

17. 將 100.0 mL、0.40 M 的 HCl 溶液加於 4.24 g 的 Na_2CO_3 固體，會產生氣泡。下列關於此反應的敘述，哪些正確？(應選二項)

- (A) 此反應的平衡反應式為： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 (B) 若反應完全，則可產生 0.88 克的 CO_2
 (C) 反應後會剩餘 0.01 莫耳的 Na_2CO_3
 (D) 此反應的限量試劑為 HCl
 (E) 此反應為沉澱反應

❖ 103 學測 ❖

18. 右圖的分子模型，僅含碳氫氧氮四種元素，圖中一短線連結代表單鍵，= 短線連結代表雙鍵。有關此分子模型的敘述，哪些正確？(應選二項)



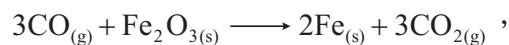
- (A) 碳與氫的原子個數總和為 21
 (B) 碳與氧的原子個數總和為 11
 (C) 氮與氧的原子個數總和為 4
 (D) 氮與氫的原子個數總和為 14
 (E) 碳與氮的原子個數總和為 9

❖ 103 學測 ❖

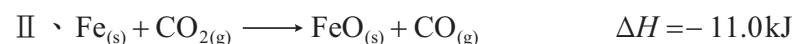
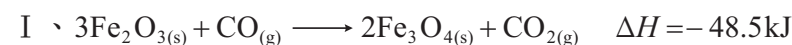
19. 在一個密閉的容器中，含有甲烷 1.6 克和氧氣 8.0 克。燃燒反應完全後，則容器中所含的分子總莫耳數為何？

- (A) 0.20 (B) 0.25 (C) 0.30 (D) 0.35 (E) 0.40 ❖ 104 學測 ❖

20. 一氧化碳和 Fe_2O_3 的化學反應式如下：



試由下列三個反應式與赫斯定律，計算上述反應的 ΔH (kJ)。



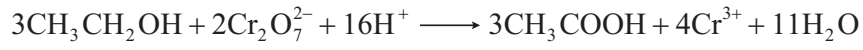
下列哪一數值最接近計算的結果？

- (A) 10 (B) 21 (C) 42 (D) 63 (E) 84 ❖ 104 學測 ❖

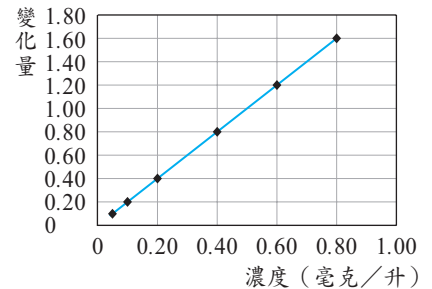
21. 已知在標準狀態下，CO 與 CO₂ 的莫耳生成熱分別為 -110.2 kJ/mol 及 -393.5 kJ/mol。今有 12.0 克的碳燃燒後得 7.0 克的 CO 與 33.0 克的 CO₂，則在此過程中，約有多少熱量 (kJ) 釋出？

- (A) 84.7 (B) 137.5 (C) 248.2 (D) 322.7 (E) 457.8 ❖ 105 學測 ❖

◎二鉻酸鉀 (K₂Cr₂O₇) 可用於檢測呼氣中的酒精濃度。酒精與 K₂Cr₂O₇ 的反應式如下：



反應後，顏色由橘紅變為綠，經由儀器測得的數據可換算成酒精濃度。在常溫、常壓下，目前公認的血液中與呼氣中的酒精濃度比例為 2100 : 1。法令規定每升呼氣中的酒精濃度不得超過 0.25 毫克。已知呼氣中的酒精濃度與儀器所測得的變化量之關係如右圖所示。請回答 22 ~ 23 題：



22. 當某人呼氣造成的儀器上變化量為 0.80 時，血液中的酒精濃度，若以 M 計，則最接近下列哪一數值？

- (A) 0.084 (B) 0.018 (C) 0.18 (D) 0.36 (E) 0.84

23. 承上題，此人呼氣中的酒精濃度是否超標？

- (A) 是 (B) 否 (C) 不能確定

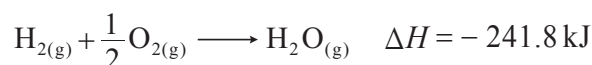
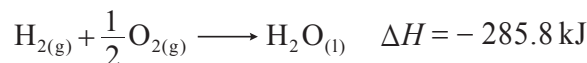
24. 硝酸銨 (NH₄NO₃) 受熱超過 400°C 時，會完全分解產生水蒸氣、氮氣和氧氣。若將 40.0 克的硝酸銨，加熱至完全分解，至多會產生多少莫耳的氣體？

- (A) 1.75 (B) 3.50 (C) 5.25 (D) 7.00 (E) 8.75 ❖ 106 學測 ❖

25. 某一含有結晶水的草酸鎂 (MgC₂O₄ · nH₂O) 樣品 1.00 克，若加熱至完全失去結晶水，所得無水草酸鎂的質量為 0.76 克，則 n 的數值為何？ (MgC₂O₄ 的莫耳質量為 112 g/mol)

- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5 ❖ 106 學測 ❖

26. 已知在 25°C，一大氣壓下，氫氣與氧氣化合產生 1 莫耳液態水和氣態水的熱化學反應式分別如下：



若在相同溫度與壓力下，將 1.0 克的水直接汽化為水蒸氣，則所需的能量 (kJ) 最接近下列哪一數值？

- (A) 241.8 (B) 44.0 (C) 24.4 (D) 2.4 (E) 0.3 ❖ 106 學測 ❖

27. 銅金屬溶於硝酸溶液的反應式如下：



若將 6.35 克銅線，完全溶解於 2.00 M 的硝酸溶液，則至少需要硝酸溶液，約多少毫升？

- (A) 50 (B) 100 (C) 150 (D) 200 (E) 300 ❖ 106 學測 ❖

丙：因構成物質的微粒包含離子，如 Na^+ ，其中所含總質子數與總電子數並不相同。

11. 核反應的過程，均滿足原子序守恆及質量數守恆，

另外質量數 = 質子數 + 中子數

(E) 元素 ${}_{116}^{288}\text{Y}$ ，中子數 = 質量數 - 質子數 = $289 - 116 = 173$

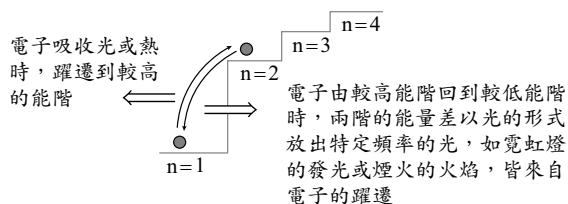
12. 一分子中的價電子總數即為各原子價電子數總和， ${}_8\text{O}(2, 6)$ 氧原子的價電子有 6 個。

∴ 臭氧分子 O_3 之價電子數 = $6 \times 3 = 18$ (個)

13. ① 在原子內部，電子於原子核周圍的空間由內而外分為若干殼層，每一殼層的電子具有特定的能量

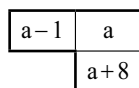
② 第一層 ($n=1$) 最接近原子核，其能量最低，也最穩定， n 值愈大，離核愈遠，能量愈高

③ 能量大小由低而高的順序有如階梯般安排，稱為能階，電子在兩階間跳躍，原子將吸收或放出能量



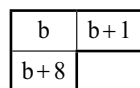
14. 由題意知甲、乙、丙三元素在週期表中的相對位置可能為：

(其中 a、b、c、d 表示原子序)



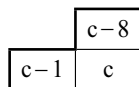
$$(a-1) + a + (a+8) = 27$$

$$a = \frac{20}{3} \text{ (不合)}$$



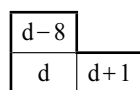
$$b + (b+1) + (b+8) = 27$$

$$b = 6 \text{ (可能)}$$



$$(c-1) + c + (c-8) = 27$$

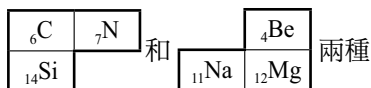
$$c = 12 \text{ (可能)}$$



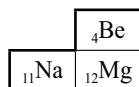
$$d + (d-8) + (d+1) = 27$$

$$d = \frac{34}{3} \text{ (不可能)}$$

∴ 甲、乙、丙在週期表的相對位置可能為



15. 由上題分析知，符合甲、乙、丙三種元素均為金屬僅有一種



16. ① 甲元素很柔軟 ⇒ 應屬 1A 族元素

② 甲與乙可形成化合物 ($\text{甲}_2\text{乙}$)

⇒ 甲為一價金屬，乙應為二價的非金屬，屬於 6A 族

③ 甲與丙可形成離子化合物 (甲丙)

丙分子具有顏色

⇒ 甲為一價金屬，丙應為一價的非金屬，屬於 7A 族鹵素，而鹵素常以雙原子分子存在，具有顏色

④ 乙與丁可形成離子化合物 (乙丁)

⇒ 乙為二價非金屬，丁應為二價的金屬，乙可能為 2A 族由上分析甲、乙、丙與丁可能屬於 1A、6A、7A 與 2A 族元素，故選(A)(C)

17. 甲~戊分別為 ${}_3\text{Li}$ 、 ${}_6\text{C}$ 、 ${}_{10}\text{Ne}$ 、 ${}_{12}\text{Mg}$ 、 ${}_{17}\text{Cl}$

其中 ${}_6\text{C}$ 、 ${}_{10}\text{Ne}$ 、 ${}_{17}\text{Cl}$ 為非金屬元素，且 ${}_{17}\text{Cl}$ 活性最大。

18. (A) 甲為金屬元素，易與非金屬元素形成離子化合物

(B) 原子序 = 質子數 = 質量數 - 中子數 = $14 - 8 = 6$ ，故 X 為 ${}_6\text{C}$ ，即為乙

(C) 丙為 ${}_{10}\text{Ne}$ ，是為鈍氣，化性安定，不易與其他元素化合

(D) 丁為鎂，屬於 2A 族元素，有兩個價電子，易失去兩個電子與鹵素反應，形成正二價的鹵化鎂之離子化合物

(E) 戊的價電子填至 $n=3$ 的殼層，屬於第三週期元素。

19. 陽離子是正電荷總數大於負電荷總數的粒子，也就是質子數大於電子數的粒子。最簡單的陽離子是 H^+ ，本身就只有 1 個質子，既沒有中子，也沒有電子，故乙、丙錯誤。

20. X^+ (有 10 個電子) ⇒ X (有 11 個電子)

⇒ Y (有 $11 + 9 = 20$ 個電子)

Z^- (有 10 個電子) ⇒ Z (有 9 個電子)

⇒ W (有 $9 + 7 = 16$ 個電子)

綜合上述，X、Y、Z、W 電子數分別為 11、20、9、16。

若原子是電中性，電子數 = 質子數 = 原子序，則 X、Y、Z、W 分別為鈉 (${}_{11}\text{Na}$)、鈣 (${}_{20}\text{Ca}$)、氟 (${}_9\text{F}$)、硫 (${}_{16}\text{S}$)。

(A) 氟 (F) 為第 17 族鹵素之首，屬於非金屬元素

(B) 鈉 (Na) 的 K、L、M 層電子排列分別為 2、8、1，最外層電子應在 M 層

(C) 鈣 (Ca) 失去電子形成 Ca^{2+} 離子，氟 (F) 得到電子形成 F^- 離子，正負電荷平衡後，兩者形成的穩定化合物為 CaF_2 ，即以 YZ_2 表示

(D) 鈣 (Ca) 失去電子形成 Ca^{2+} 離子，硫 (S) 得到電子形成 S^{2-} 離子，正負電荷平衡後，兩者形成的穩定化合物為 CaS ，即應表示為 YW

(E) 鈉 (Na) 失去電子形成 Na^+ 離子，硫 (S) 得到電子形成 S^{2-} 離子，正負電荷平衡後，兩者形成的穩定化合物為 Na_2S ，即以 X_2W 表示。

單元

3

化學反應

壹 化學式

- ① 金屬 ② 離子化合物 ③ 共價網狀固體 ④ 實驗式
⑤ 原子結合力 ⑥ 重量百分組成 ⑦ 原子總數 ⑧ 四面體
⑨ 燃燒法

範例 1 (B)(D)(E)

(B) 二氧化矽為石英，是網狀固體，故無分子式， SiO_2 為簡式

(D) 結構式並不代表分子真正的形狀，甲烷為正四面體形狀

(E) 同分異構物分子式與實驗式相同，但性質不同，故分子式、實驗式無法表達化合物的部分化性。

類題 (D)

(D) 鑽石、石英雖然沒有分子結構，但仍可以結構式呈現。

範例 2 (D)

三者實驗式皆為 CH_2O ，故等重時，含有相同的原子數，相同的重量百分組成

$$(B) n_{\text{甲醛}} : n_{\text{乙酸}} : n_{\text{甲酸甲酯}} = \frac{W}{30} : \frac{W}{60} : \frac{W}{60} = 2 : 1 : 1$$

(D) 燃燒時所消耗的氧等重，其燃燒產物 CO_2 與 H_2O 亦為等重。

類題 (B)(C)(D)

(A) CH₃COOH 為醋酸的示性式, C₆H₁₂O₆ 為葡萄糖分子式

(E)若重量皆為 x 克, 則醋酸的莫耳數為

$$\frac{x}{12 \times 2 + 1 \times 4 + 16 \times 2} = \frac{x}{60} \text{ (mol)}$$

而葡萄糖的莫耳數為 $\frac{x}{12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6} = \frac{x}{180}$ (mol)

範例 3 (D)

①甲管 Mg(ClO₄)₂ 吸收 H₂O, 乙管 NaOH 吸收 CO₂

$$\therefore W_H = 0.54 \times \frac{2}{18} = 0.06 \text{ (克)}$$

$$W_C = 1.98 \times \frac{12}{44} = 0.54 \text{ (克)}$$

$$W_O = 1.32 - 0.06 - 0.54 = 0.72 \text{ (克)}$$

$$\Rightarrow \text{C:H:O 原子莫耳數比} \frac{0.54}{12} : \frac{0.06}{1} : \frac{0.72}{16} = 3 : 4 : 3$$

∴實驗式為 C₃H₄O₃

$$\textcircled{2} \text{H}\% = \frac{0.06}{1.32} \times 100\% = 4.55\%$$

類題 (A)

C:H:O 原子莫耳數比

$$= \frac{40}{12} : \frac{6.6}{1} : \frac{100 - 40 - 6.6}{16} = 3.3 : 6.6 : 3.3 = 1 : 2 : 1$$

∴實驗式為 CH₂O

範例 4 (C)

血紅素中鐵元素的重量百分組成 (%)

$$= \frac{\text{一分子血紅素中含鐵原子個數} \times \text{鐵原子量}}{\text{血紅素的分子量}} \times 100\%$$

$$0.33\% = \frac{n \times 56}{68000} \times 100\% \quad \therefore n = 4$$

類題 (B)

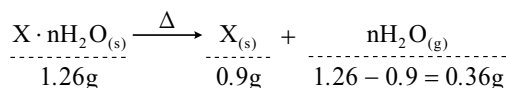
$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 中 } \text{Fe}\% = \frac{2 \times 56}{2 \times 56 + 3 \times 16} \times 100\% = 70\%$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ 中 } \text{Fe}\% = \frac{3 \times 56}{3 \times 56 + 4 \times 16} \times 100\% = 72.4\%$$

$$\text{FeS}_2 \text{ 中 } \text{Fe}\% = \frac{1 \times 56}{1 \times 56 + 2 \times 32} \times 100\% = 46.7\%$$

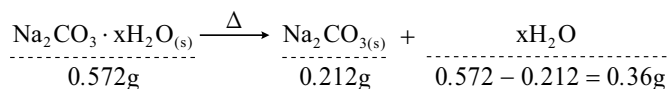
∴含鐵的重量百分率: Fe₃O₄ > Fe₂O₃ > FeS₂

範例 5 (B)



$$\text{X:H}_2\text{O 莫耳數比} = 1 : n = \frac{0.9}{90} : \frac{0.36}{18} \quad \therefore n = 2$$

類題 (E)



$$\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{H}_2\text{O 莫耳數比} = 1 : x = \frac{0.212}{106} : \frac{0.36}{18}$$

∴ x = 10

貳 化學反應式與反應式的平衡

⑩莫耳數 ⑪氣體體積 ⑫原子守恆 ⑬電荷守恆

範例 6 (A)(E)

由題意知 $1\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_4 + z\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 依原子不滅定律知 x=4, y=4, z=3

即化學反應式為 $1\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

∴(A)實驗式為 CHO

(E) 3 莫耳

類題 (C)

反應式兩邊原子種類、數目皆不變, 但係數與分子數不一定相同。

範例 7 (C)

依原子不滅、電荷不滅, 由某元素在反應式兩邊僅出現一次且原子數目不相等者, 先平衡之, 元素出現次數較多者, 後平衡之。

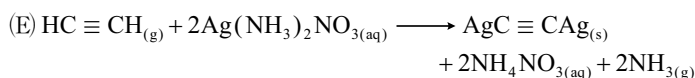
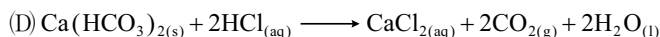
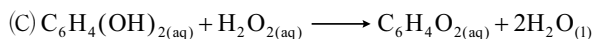
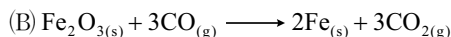
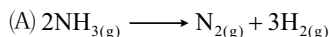
① K₂Cr₂O₇ 化學式最複雜, 設其係數為 1

②依下列順序平衡之: K → Cr → O → H → Cl, 得



類題 (A)(D)(E)

平衡的反應式為:



範例 8 (A)(B)(C)(E)

依原子不滅知:

$$\text{Cu 原子: } a = x \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{H 原子: } b = 2y \cdots \textcircled{2}$$

$$\text{O 原子: } 4c = y + 2z \cdots \textcircled{3}$$

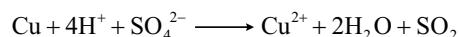
$$\text{S 原子: } c = z \cdots \textcircled{4}$$

$$\text{原子總數: } a + b + 5c = x + 3y + 3z \cdots \textcircled{5}$$

$$\text{依電荷不滅知: } b(+1) + c(-2) = x(+2) \cdots \textcircled{6}$$

6 個未知數, 須立 6 個數學式聯立, 解聯立方程式得

a=1, b=4, c=1, x=1, y=2, z=1, 即平衡反應式為



類題 (B)

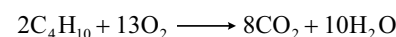
平衡反應式為 $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3\text{H}_2$

參 化學計量

⑭ 限量試劑

範例 9 (D)

①正丁烷完全燃燒的平衡反應式為



②平衡反應式的係數比 = 反應莫耳數比 = 反應分子數比 = 同溫、同壓下反應氣體體積比

$$\therefore \text{正丁烷莫耳數: 二氧化碳莫耳數} = x : y = 2 : 8 \quad \therefore y = 4x$$

範例10 (B)

反應時的莫耳數比=係數比，0~80秒時反應莫耳數比
 $X:Y:Z=(0.8-0.6):(0.7-0.3):(0.2-0)=1:2:1$
 \therefore 化學反應式為 $X+2Y \longrightarrow Z$

類題 (A)

同一時間間隔， X_2 減少濃度： XY_3 增加濃度=1:2

範例11 (A)(D)(E)

反應式 $4Ag + 2H_2S + O_2 \longrightarrow 2Ag_2S + 2H_2O$
 莫耳數 $\frac{21.6}{108} \quad \frac{6.8}{34} \quad \frac{3.2}{32}$
 $=0.2\text{mol} \quad 0.2\text{mol} \quad 0.1\text{mol}$

(A)(C) (莫耳數/係數) 最小者為限量試劑 $\therefore Ag$ 為限量試劑

(B)產生 Ag_2S 之莫耳數 $=0.2 \times \frac{2}{4} = 0.1 \text{ (mol)}$

(D)產生 H_2O 之莫耳數 $=0.2 \times \frac{2}{4} = 0.1 \text{ (mol)}$

(E)剩餘 H_2S 之莫耳數 $=0.2 - 0.2 \times \frac{2}{4} = 0.1 \text{ (mol)}$

類題 (C)

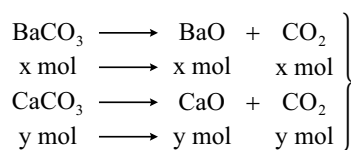
CH_3COOH	+	C_2H_5OH	\longrightarrow	$CH_3COOC_2H_5$	+	H_2O
$\frac{30}{60} = 0.5$ (限量試劑)		$\frac{30}{46} = 0.65$		0		0
-0.5		-0.5		+0.5		+0.5
0		0.15		0.5		0.5

\therefore 理論產量 $=0.5 \times 88 = 44 \text{ (g)}$

\therefore 產率 $= \frac{\text{實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\% = \frac{11}{44} \times 100\% = 25\%$

範例12 (C)

混合物的反應，需列出個別反應式，利用係數比等於莫耳數比，依題意列出數學式而解之，設 $BaCO_3$ 有 $x \text{ mol}$ ， $CaCO_3$ 有 $y \text{ mol}$ ；式量 $BaCO_3=197$ ， $CaCO_3=100$ ， $BaO=153$ ， $CaO=56$ ，則反應式為：

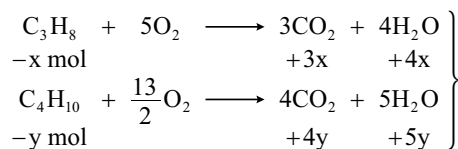


$$\Rightarrow \begin{cases} 197x + 100y = 6.94 \\ 153x + 56y = 4.74 \end{cases}$$

解得 $x=0.02$

$\therefore BaCO_3=197 \times 0.02=3.94 \text{ (克)}$

類題 3:2

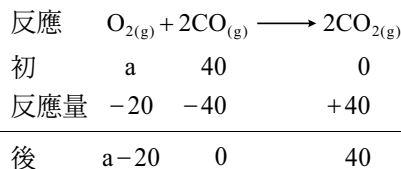


$$\Rightarrow \begin{cases} CO_2: 3x + 4y = \frac{3.74}{44} \text{ (mol)} \\ H_2O: 4x + 5y = \frac{1.98}{18} \text{ (mol)} \end{cases}$$

解得 $x=0.015$ ， $y=0.01$

$\therefore x:y=3:2$

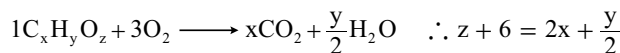
範例13 (B)



$$\therefore (a-20) + 40 = 70 \quad \therefore a = 50$$

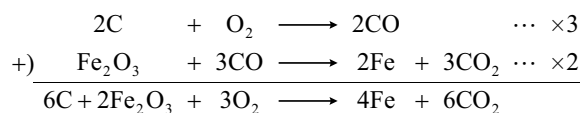
\therefore 反應前與反應後，氧的體積分別為 50 與 30

類題 (B)(D)



(B)與(D)符合上述之關係式。

範例14 42.86 公斤



$$Fe \text{ 與 } O_2 \text{ 之莫耳數比} = \frac{100 \times 10^3}{56} : \frac{x \times 10^3}{32} = 4 : 3$$

得 $x=42.86 \text{ (公斤)}$

肆 化學反應中的能量變化

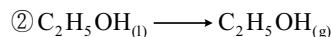
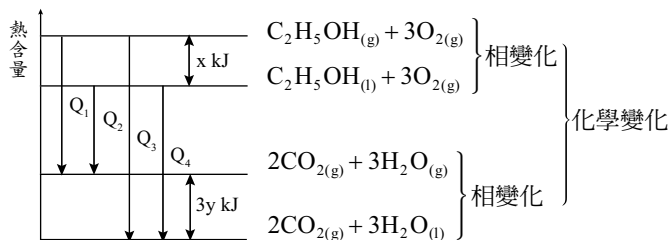
- ⑮生成物 ⑯反應物 ⑰元素單質 ⑱放熱 ⑲不燃性
 ⑳生成物 ㉑反應物 ㉒反應物 ㉓生成物

範例15 (D)

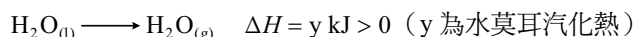
反應熱 (ΔH) = 生成物熱含量 ($H_{生}$) - 反應物熱含量 ($H_{反}$)
 $\therefore \Delta H = 200 - 500 = -300 \text{ (kJ)}$

範例16 $Q_3 > Q_4 > Q_1 > Q_2$

①若反應式相同，而相態不同之反應，欲比較其反應熱大小，常利用位能圖來解題，上述四反應的位能圖如下：



$$\Delta H = x \text{ kJ} > 0 \text{ (x 為乙醇莫耳汽化熱)}$$



③ 水的沸點 $100^\circ C$ ，乙醇沸點 $78^\circ C$ ，沸點愈高，莫耳汽化熱愈大

$$\therefore y > x, 3y > x$$

又化學變化比物理變化熱效應大，故 $Q_3 > Q_4 > Q_1 > Q_2$

類題 (B)

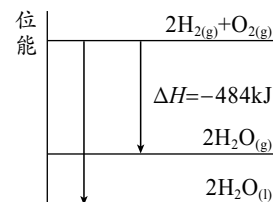
位能圖如右：

(A) $H_2O_{(g)}$ 的莫耳生成熱為

$$\frac{-484}{2} = -242 \text{ kJ/mol}$$

(C) $2H_2O_{(g)}$ 所含的能量比

$(2H_{2(g)} + O_{2(g)})$ 所含能量低 484kJ



(D)由位能圖知 $2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ $\Delta H < -484\text{kJ}$ ，能量變化更大

(E) $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \longrightarrow 2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ $\Delta H > 484\text{kJ}$

【範例17】(B)

(A) $\text{H}_{2(\text{g})}$ 的莫耳燃燒熱與 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ 的莫耳生成熱之反應式相同，故兩者反應熱同值同號

(C) $\text{C}_{(\text{s})}$ 的莫耳燃燒反應為 $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$

(D) $\text{CO}_{(\text{g})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$ ，該反應之反應熱稱為 CO 莫耳燃燒熱

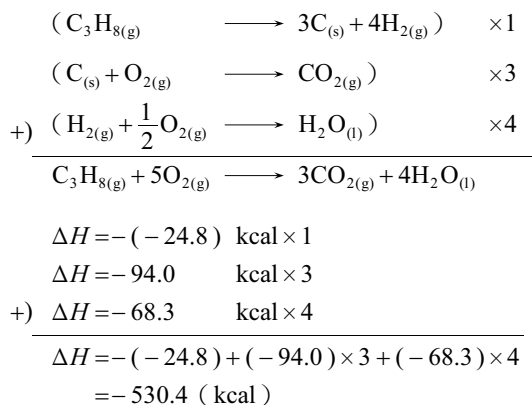
(E) CO 為可燃性氣體，標準莫耳燃燒熱不為零。

【類題】(C)

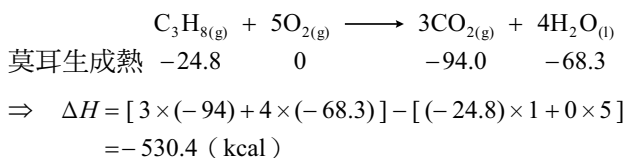
標準狀態 (25°C 、 1atm) 下，元素的莫耳生成熱定為零，如 $\text{H}_{2(\text{g})}$ 、 $\text{Fe}_{(\text{s})}$ 、 $\text{I}_{2(\text{s})}$ 、 $\text{Hg}_{(\text{l})}$ 、 $\text{O}_{2(\text{g})}$ 、 $\text{Br}_{2(\text{l})}$ 的莫耳生成熱為零；若元素具有同素異形體時，則訂最多或最穩定同素異形體為零，如碳取石墨，硫取斜方硫，磷取白磷，氧取 O_2 為零。

【範例18】(B)

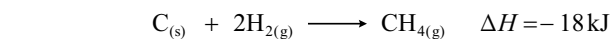
《方法一》赫斯定律



《方法二》代公式法：反應熱 = 生成物總生成熱 - 反應物總生成熱



【類題】(A)



莫耳燃燒熱 $-94 \quad -68 \quad x$

反應熱 $\Delta H =$ 反應物總燃燒熱 - 生成物總燃燒熱

$$\Rightarrow -18 = [(-94) \times 1 + (-68) \times 2] - [(x) \times 1]$$

$\therefore x = -212 \text{ (kcal)}$ ，題目問燃燒熱， ΔH 中的負值可省略

【範例19】(C)

依題意知： $\text{H}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdots \text{①}$

$2\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ $\Delta H = -196.4 \text{ kJ} \cdots \text{②}$

(A) $\frac{1}{34} \times \frac{196.4}{2} = 2.89 \text{ (kJ)}$

(B) 反應熱 $\Delta H =$ 生成物總生成熱 - 反應物總生成熱

由式② $-196.4 = (-285.8) \times 2 - (\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 莫耳生成熱}) \times 2$

$\therefore \text{H}_2\text{O}_2 \text{ 莫耳生成熱} = -187.6 \text{ (kJ)}$

(C)由式①

$$\Delta H = (\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \text{ 莫耳生成熱}) \times 2 = (-285.8) \times 2 = -571.6 \text{ (kJ)}$$

(D)放熱反應 ΔH 為負值。

【範例20】(C)

① 40 克氯化鈣溶於水放出熱量 = $\frac{40}{111} \times 82.8 \times 1000 \text{ (J)}$

② 假設暖暖包最高溫度到 $t^\circ\text{C}$ ，則 100 毫升水吸收熱量 = $100 \times 4.2 \times (t - 5)$

③ 溶解釋出的熱量 = 水溫升高吸收的熱量

$$\therefore \frac{40}{111} \times 82.8 \times 1000 = 100 \times 4.2 \times (t - 5) \quad \text{解得 } t = 76^\circ\text{C}$$

實力挑戰

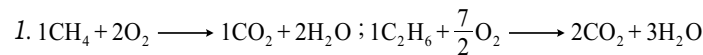
一、基礎試題

1. (A) 2. (B) 3. (D) 4. (A)(C)(D) 5. (A) 6. (A)(B)(E) 7. (D)
8. (C) 9. (B)(D)(E) 10. (B) 11. (B) 12. (D) 13. (C) 14. (A)
15. (C)(D)(E)

二、歷屆試題

1. (A) 2. (A) 3. (A)(D) 4. (C) 5. (C)(D)(E) 6. (C) 7. (D)
8. (B)(C)(E) 9. (B)(E) 10. (C) 11. (D) 12. (A)(C)(E) 13. (A) 14. (B)
15. (D) 16. (B) 17. (B)(D) 18. (B)(D) 19. (D) 20. (B) 21. (D) 22. (B)
23. (A) 24. (A) 25. (B) 26. (D) 27. (D)

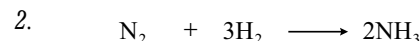
一、基礎試題



$$\begin{array}{cccccc} \text{x mol} & & 0 & 0 & \text{y mol} & & 0 & 0 \\ -\text{x} & & +\text{x} & +2\text{x} & -\text{y} & & 2\text{y} & 3\text{y} \end{array}$$

$$\therefore \text{x} + 2\text{y} = \frac{26.4}{44} ; 2\text{x} + 3\text{y} = \frac{18}{18}$$

解得 $\text{x} = 0.2$ ， $\text{y} = 0.2$ \therefore 莫耳數為 1 : 1



$$\begin{array}{ccc} \text{初} & \frac{28}{28} = 1 & \frac{8}{2} = 4 & 0 \\ \text{反} & -1 & -3 & +2 \\ \hline \text{後} & 0 & 1 & 2 \end{array}$$

\therefore 理論產量 = $2 \times 17 = 34 \text{ (克)}$

$$\therefore \text{產率} = \frac{\text{實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\% = \frac{23.8}{34} \times 100\% = 70\%$$

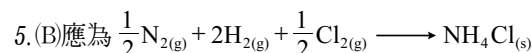
3. 設金屬 M 的原子量為 x，由反應式係數知，

消耗 MH_2 莫耳數：產生氫氣莫耳數 = 1 : 2

$$\therefore \frac{0.42}{\text{x} + 2} : \frac{448 \times 10^{-3}}{22.4} = 1 : 2, \text{ 得 } \text{x} = 40$$

4. (C) $\frac{-602}{24 + 16} = -15.1\text{kJ/g}$ (D) $\frac{100}{602} \times 24 = 4.0 \text{ 克}$

(E) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg(OH)}_2$ 呈鹼性



(C)(D) 反應物應為元素，且在標準狀況下的狀態。

6. 實驗式相同的不同分子，其各成分元素的重量百分率相等

\therefore (A)(B)(E) 實驗式均為 CH_2O ，故 C 的重量組成相同。

7. ① $W_{\text{C}} = W_{\text{CO}_2} \times \frac{12}{44} = 30.8 \times \frac{12}{44} = 8.4 \text{ (克)}$

$$W_{\text{H}} = W_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{2}{18} = 7.2 \times \frac{2}{18} = 0.8 \text{ (克)}$$

$$W_O = W_{\text{試}} - W_C - W_H = 10.8 - 8.4 - 0.8 = 1.6 \text{ (克)}$$

$$\therefore C : H : O \text{ 原子數比} = \frac{8.4}{12} : \frac{0.8}{1} : \frac{1.6}{16} = 7 : 8 : 1$$

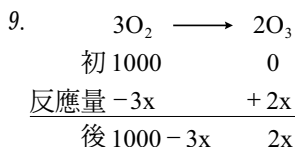
\(\therefore\) 實驗式為 $C_7H_8O = 108$

② 分子量 = 108

$$\textcircled{3} n = \frac{108}{108} = 1 \quad \therefore \text{分子式} = (\text{實驗式}) \times 1 = C_7H_8O$$

④ $Mg(ClO_4)_2$ 為乾燥劑，吸收 $H_2O_{(g)}$

8. (A) 分子式 (B) 結構式 (C) 示性式 (D) 實驗式 (E) 電子點式。



$$\therefore 1000 - 3x + 2x = 900, \text{ 得 } x = 100$$

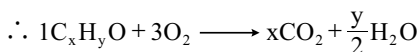
① 生成臭氧體積 = $2 \times 100 = 200$ (mL)

② 剩下氧氣 = $1000 - 3 \times 100 = 700$ (mL)

③ 同溫同壓下氣體莫耳數比 = 體積比

$$\therefore \text{反應後 } \frac{n_{O_3}}{n_{\text{混}}} = \frac{200}{900} = \frac{2}{9}$$

10. 反應式係數比 = 莫耳數比 = 氣體體積比

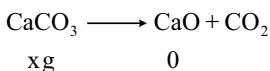


$$\therefore 1 + 2 \times 3 = 2x + \frac{y}{2} \quad \text{即 } 2x + \frac{y}{2} = 7$$

(B) 選項符合

$$11. C\% = \frac{12 \times n}{12 \times n + 1 \times 2n + 16 \times 2} \times 100\% = 54.54\% \quad \therefore n = 4$$

12. ① 設 9.12 克混合物中含 $CaCO_3$ x 克



$$x \text{ g} \quad \quad \quad 0$$

$$CaCO_3 \text{ 完全分解產生之 } CO_2 \text{ 重} = \frac{x}{100} \times \frac{1}{1} \times 44 = 0.44x$$

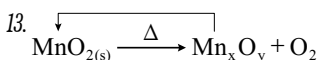
② 加熱後固體減輕的重量即為產生氣體的重量

$$\therefore 0.44x = (9.12 - 6.04)$$

$$\therefore x = 7 \text{ (g)}$$

③ 原混合物中 $CaCO_3$ 的重量百分率 (%)

$$= \frac{7}{9.12} \times 100\% \approx 77\%$$



$$MnO_2 \text{ 中含 Mn 重} = 2.61 \times \frac{55}{55 + 16 \times 2} = 1.65 \text{ (克)}$$

$$\therefore \text{產物固體中含 O 重} = 2.29 - 1.65 = 0.64 \text{ (克)}$$

$$\therefore \text{產物固體中 Mn 與 O 之原子數比} = \frac{1.65}{55} : \frac{0.64}{16} = 3 : 4$$

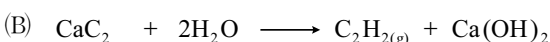
\(\Rightarrow\) 化學式為 Mn_3O_4

14. (B) 吸熱反應時，外界須供給能量，此反應亦可能發生，如水的蒸發

(C) 反應熱與反應的路徑無關

(D) 為熱含量變化的表現。

15. (A) $CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$ ，係數總和為 5



$$= 1.5 \text{ mol} \quad = 4 \text{ mol}$$

(限量試劑)

$$\therefore \text{理論上可生成乙炔} = 1.5 \times \frac{1}{1} = 1.5 \text{ (mol)}$$

$$(C) \text{反應需 } H_2O = 1.5 \times \frac{2}{1} \times 18 = 54 \text{ (克)}$$

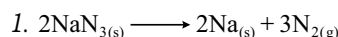
$$\text{故剩下 } H_2O = 72 - 54 = 18 \text{ (克)}$$

$$(D) \text{產生乙炔在 S.T.P. 下體積} = 1.5 \times 22.4 = 33.6 \text{ (升)}$$

$$(E) \frac{22.4}{22.4} = 1 \text{ (mol)}$$

$$\therefore \text{產率} = \frac{\text{實際產量}}{\text{理論產量}} \times 100\% = \frac{1}{1.5} \times 100\% = 66.7\%$$

二、歷屆試題



$$\text{生成 } N_2 \text{ 在常溫、常壓下的體積} = \frac{13.0}{65} \times \frac{3}{2} \times 24.5 = 7.35 \text{ (升)}$$

2. 每莫耳 NaN_3 分解放熱 21.7 kJ

$$\therefore 2 \text{ mol } NaN_3 \text{ 分解放熱} = 21.7 \times 2 = 43.4 \text{ (kJ)}$$

$$\text{故熱化學反應式為 } 2NaN_3(s) \longrightarrow 2Na(s) + 3N_2(g) + 43.4 \text{ kJ}$$

$$\text{或 } 2NaN_3(s) \longrightarrow 2Na(s) + 3N_2(g) \quad \Delta H = -43.4 \text{ kJ}$$

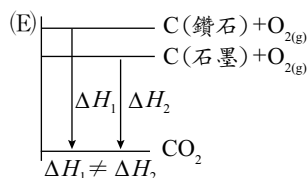
3. (A) $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

(B) 石墨標準莫耳燃燒熱 = CO_2 標準莫耳生成熱 = -94 (kcal)

(C) 氫氣標準莫耳燃燒熱 = H_2O 標準莫耳生成熱 = -68 (kcal)

(D) $\Delta H = \text{生成物總生成熱} - \text{反應物總生成熱}$

$$= [(-94) \times 3 + (-68) \times 4] - [(-23) \times 1] = -531 \text{ (kcal)}$$



4. $\Delta H = \text{生成物總生成熱} - \text{反應物總生成熱}$

$$\therefore 463.6 = [3 \times (-393.6)] - [x \times 2], \text{ 得 } x = -822.2 \text{ (kJ)}$$

5. 反應式 $2NH_3 + CO_2 \longrightarrow (NH_2)_2CO + H_2O$

$$\frac{34}{17} = 2 \quad \frac{66}{44} = 1.5$$

$$\therefore \text{反應所需 } CO_2 \text{ 重} = 2 \times \frac{1}{2} \times 44 = 44 \text{ (克)}$$

$$\text{故剩餘 } CO_2 \text{ 重} = 66 - 44 = 22 \text{ (克)}$$

$$\text{生成 } (NH_2)_2CO \text{ 重} = 2 \times \frac{1}{2} \times 60 = 60 \text{ (克)}$$

$$\text{生成 } H_2O \text{ 重} = 2 \times \frac{1}{2} \times 18 = 18 \text{ (克)}$$

6. 產物有 CO_2 與 H_2O ，表 X 中含 C、H 元素，故(A)(B)不符

(C) $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ ，符合題意

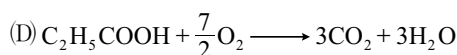
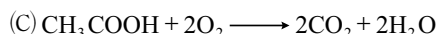
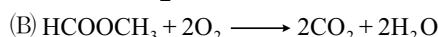
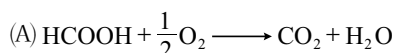
(D) $CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ ，不符合題意

(E) $C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ ，不符合題意。

7. $W_C = 6.6 \times \frac{12}{44} = 1.8$ (克)， H 重 = $2.2 - 1.8 = 0.4$ (克)

$$\therefore C : H \text{ 原子莫耳數比} = \frac{1.8}{12} : \frac{0.4}{1} = 3 : 8 \quad \therefore \text{實驗式為 } C_3H_8$$

8. 1 mol 甲烷燃燒需 2 mol O_2 ，



9. (A) 必須使用無水的過氯酸鎂來吸收水蒸氣

(C) 化合物的含氧量 = 試樣重 - 二氧化碳中碳重 - 水蒸氣中氫重

(D) 由元素分析實驗，僅能求得化合物的實驗式，若要求分子式需再測量分子量。

10. 三聚氰胺 (C₃H₆N₆) 中含 N% = $\frac{14 \times 6}{126} \times 100\% = 66.7\%$

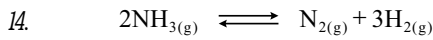
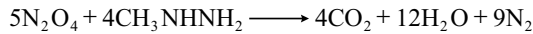
$\frac{66.7\%}{16.6\%} \approx 4$ (倍)

11. $V_{CO_2} = (\frac{3.42}{342} \times 50\%) \times \frac{4}{1} \times 22.4 \times 10^3 = 448$ (mL)

12. (B) 網狀固體可用結構式來表示其組成原子的排列情形

(D) 從分子式無法得知組成原子的連接順序。

13. 利用觀察法平衡，設 CH₃NHNH₂ 的係數為 1，依 C → H → O → N 順序平衡，再將係數化成最簡整數得

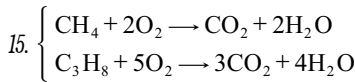


初	2	0	0
反應量	-2x	+x	+3x
後	2-2x	x	3x

$2 - 2x + x + 3x = 3$

得 $x = 0.5$

\therefore 氮分解百分率 (%) = $\frac{0.5 \times 2}{2} \times 100\% = 50\%$



\therefore 同溫、同壓、同體積的 CH₄ 與 C₃H₈，兩者莫耳數相同

\therefore 依燃燒反應式知，兩者燃燒時耗氧量比為 2 : 5，

$\frac{5}{2} = 2.5$ 倍

16. 設 $X = N_a O_b$

依原子不滅知 $\begin{cases} N : 4 = n \times a \\ O : 12 = 2 + n \times b + 2 \end{cases}$ 解得 $\frac{a}{b} : \frac{1}{2}$

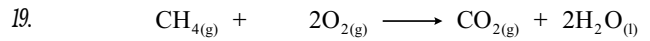
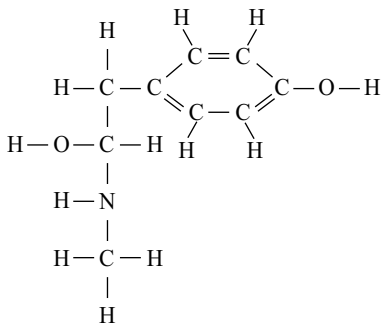


初	$\frac{4.24}{106}$	0.4×0.1	0	0	0
	= 0.04mol	= 0.04mol			
		(限量試劑)			
反應量	-0.02	-0.04	+0.04	+0.02	+0.02
後	0.02	0	0.04	0.02	0.02

完全反應後，可產生 CO₂ 重 = $0.02 \times 44 = 0.88$ (克)
反應後剩下 Na₂CO₃ 共 0.02 mol

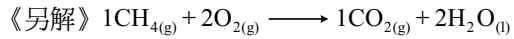
② 本反應為酸鹼中和反應

18. 碳、氫、氧、氮四種元素的價數分別為 4、1、2、3，依鍵結原理知其分子結構如下，其分子式為 C₉H₁₅O₂N



反應前	$\frac{1.6}{16}$	$\frac{8}{32}$	0	0
	= 0.1mol	= 0.25mol		
	(限量試劑)			
反應量	-0.1	-0.2	+0.1	+0.2
反應後	0	0.05	0.1	0.2

\therefore 反應後容器內分子總莫耳數 = $0 + 0.05 + 0.1 + 0.2 = 0.35$ mol

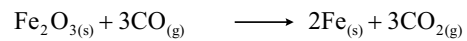
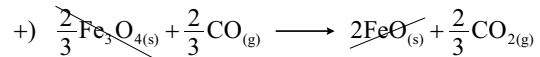
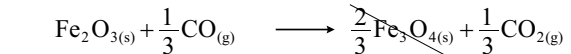


上式反應式中，分子反應物係數和等於分子生成物係數和

\therefore 反應後容器內所含分子總莫耳數不變，即

$\frac{1.6}{16} + \frac{8}{32} = 0.35$ mol

20. 式 I $\times \frac{1}{3}$ + 式 II $\times (-2)$ + 式 III $\times \frac{2}{3}$ ，即：



$\Delta H = -48.5$ (kJ) $\times \frac{1}{3}$

$\Delta H = -11$ (kJ) $\times (-2)$

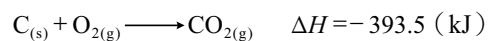
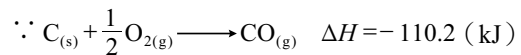
+) $\Delta H = 22$ (kJ) $\times \frac{2}{3}$

$\Delta H = 20.5$ (kJ)

21. 碳的莫耳數 = $\frac{12}{12} = 1.0$ (mol)

產生 CO 莫耳數 = $\frac{7}{12 + 16} = 0.25$ (mol)

產生 CO₂ 莫耳數 = $\frac{33}{12 + 16 \times 2} = 0.75$ (mol)



\therefore 碳不完全燃燒共放熱

= $(-110.2) \times 0.25 + (-393.5) \times 0.75 \approx 322.7$ (kJ)

22. 儀器上變化量 0.80，即呼氣中酒精濃度 0.4 mg/L

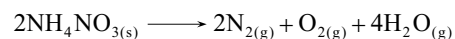
血液中酒精濃度 = 呼氣中酒精濃度 $\times 2100$

= $0.4 \times 2100 = 840$ mg/L

$\therefore C_M = \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶液體積 (L)}} = \frac{840 \times 10^{-3}}{1} \approx 0.018$ (M)

23. $\therefore 0.40 > 0.25$ \therefore 是超過法令標準

24. 硝酸銨受熱完全分解的反應式：



如何判斷哪些 O 有參與氧化還原？哪些沒有？因本反應只有 H 的氧化數不變，未涉及氧化還原反應，所以平衡係數時，可先平衡左右兩邊的氮原子數。1 個 NH₄NO₃ 扣除生成 2 個 H₂O 的 O，剩下 1 個 O，即生成 $\frac{1}{2}$ O₂。由反應式係數得知，2 mol 的硝酸銨分解最多產生 7 mol 的氣體（包含 2 mol 的 N₂、1 mol 的 O₂、與 4 mol 的 H₂O，400°C 時，水是氣態）。

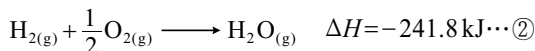
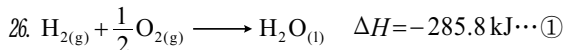
式量 $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 80.0$ 。40.0 克硝酸銨完全分解可以產生氣體

$$\text{莫耳數} = \frac{40.0}{80.0} \times \frac{7}{2} = 1.75 \text{ (mol)}$$

25 根據題意，每 1.00 克 $\text{MgC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，含 0.76 克 MgC_2O_4 ，與 0.24 克 H_2O 。由 $\text{MgC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 化學式得莫耳數比 $\text{MgC}_2\text{O}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1 : n$ 。

$$\text{將實驗數據代入 } \frac{0.76}{112} : \frac{0.24}{18} = 1 : n$$

⇒ 得 $n=2$



②式減①式，得 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \quad \Delta H = 44 \text{ (kJ)}$

1 mol 的水汽化為水蒸氣，需吸熱 44 (kJ)

所以 1.0 克的水汽化為水蒸氣，需吸熱 $44 \times \frac{1.0}{18.0} = 2.4 \text{ (kJ)}$

27 設需要硝酸溶液 x 毫升，根據反應式係數，Cu 與 HNO_3 反應的莫耳數比為 1 : 4

$$\text{列式如下：} \frac{6.35}{63.5} : 2.00 \times \frac{x}{1000} = 1 : 4$$

⇒ 得 $x=200$ (毫升)

單元

4

化學與能源

壹 化石燃料

- ① 固態 ② 乾餾 ③ 液態 ④ 烷類 ⑤ 沸點 ⑥ 分餾 ⑦ 丙烷
⑧ 丁烷 ⑨ 氣態 ⑩ 甲烷 ⑪ 乙烷 ⑫ 熱值 ⑬ 氫氣 ⑭ 震爆
⑮ 正庚烷 ⑯ 異辛烷 ⑰ 烷烴 ⑱ 烯烴 ⑲ 芳香烴
⑳ 四乙基鉛 ㉑ 甲基三級丁基醚 ㉒ 觸媒轉化器

範例 1 (C)

(C) 氣態產物為煤氣，主要成分為 H_2 與 CH_4 ，水煤氣為 H_2 與 CO 之混合氣體。

類題 (B)

(B) 天然氣是甲烷、乙烷的混合氣體。

範例 2 (C)

(A) 原油分餾出來的餾分，仍為混合物，若收集的沸點範圍愈小，產物純度愈高

(B) 愈下層產物沸點愈高

(D) 石油醚是屬於 5 ~ 6 個碳的烷類。

類題 (B)

石油餾分的沸點高低順序：柴油 > 汽油 > 石油醚 > 石油氣 (碳數愈多，沸點愈高)。

範例 3 (C)

煤乾餾之產物：氣態 (煤氣)、液態 (煤塔)、固態 (煤焦)，而水煤氣是高溫碳通過水蒸氣的產物，是 CO 與 H_2 莫耳數比為 1 : 1 的混合氣體。

類題

- (1) CH_4 、 C_2H_6 (2) C_3H_8 、 C_4H_{10} (3) H_2 、 CH_4 (4) H_2 、 CO

範例 4 (1)(A) (2)(A)

$$\text{燃料的熱值 (kcal/g)} = \frac{\text{莫耳燃燒熱 (kcal/mol)}}{\text{分子量 (g/mol)}}$$

∴ 熱值分別為：

$$\text{氫氣 } \text{H}_2 = \frac{-68}{2} = -34, \text{ 甲烷 } \text{CH}_4 = \frac{-208}{16} = -13$$

$$\text{丙烷 } \text{C}_3\text{H}_8 = \frac{-526}{44} = -11.95, \text{ 乙醇 } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \frac{-328}{46} = -7.13$$

$$\text{汽油} = \frac{-1299}{114} = -11.39$$

類題 (A)

化石燃料中熱值大小比較：

氣體 (天然氣) > 液體 (汽油) > 固體 (無煙煤)，且氫氣具有最大燃燒熱值。

範例 5 (C)

設此天然氣 100g，則甲烷重 80g，乙烷重 15g

$$\text{① 莫耳數：甲烷} = \frac{80}{16} = 5 \text{ 莫耳，乙烷} = \frac{15}{30} = 0.5 \text{ 莫耳}$$

$$\text{② 天然氣完全燃燒共放熱：} 5 \times 890 + 0.5 \times 1560 = 5230 \text{ (kJ)}$$

$$\text{③ 天然氣燃燒熱值} = \frac{5230}{100 \times 10^{-3}} = 52300 \text{ (kJ/kg)}$$

類題 (B)(D)(E)

$$\text{① 熱值 (kcal/g)} = \frac{\text{莫耳燃燒熱 (kcal/mol)}}{\text{分子量 (g/mol)}} = \frac{\text{總燃燒熱 (kcal)}}{\text{總質量 (g)}}$$

物質	H_2	CO	CH_4	水煤氣
熱值 (kcal/g)	$\frac{69.4}{2} = 34.7$	$\frac{74.0}{28} = 2.64$	$\frac{213.3}{16} = 13.3$	$\frac{69.4 + 74.0}{2 + 28} = 4.78$

∴ 熱值大小： $\text{H}_2 > \text{CH}_4 > \text{水煤氣} > \text{CO}$

$$\text{② 水煤氣莫耳燃燒熱} = \frac{69.4 + 74.0}{1 + 1} = 71.7 \text{ (kcal/mol)}$$

∴ 莫耳燃燒熱： $\text{CH}_4 > \text{CO} > \text{水煤氣} > \text{H}_2$

範例 6 (D)

(A) 辛烷值高 ⇒ 抗震能力佳 ⇒ 震爆愈小

(B) 異辛烷因支鏈多，產生的震爆較小，故訂其辛烷值為 100

(C) 含鉛汽油是添加四乙基鉛 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$

$$\text{(D) 辛烷值} = 100 \times 92\% + 0 \times 8\% = 92 \text{。}$$

類題 (B)(C)(D)

(A) 辛烷值可超過 100，亦可小於 0

$$\text{(E) 辛烷值} = 25 \times 10\% + 100 \times 90\% = 92.5 \text{。}$$

貳 電池

② 氧化還原 ④ 氧化 ⑤ 流出 ⑥ 還原 ⑦ 流入 ⑧ 陽極

⑨ 陰極 ⑩ 勒克朗社 ⑪ 氧化劑 ⑫ 去極劑 ⑬ 鉛酸電池

⑭ PbSO_4

範例 7 (D)

(D) 電池負極產生的陽離子經由內電路 (燒杯水溶液與鹽橋) 傳至正極。