

第三十八屆國際化學奧林匹亞競賽選訓營 初選試題

臺灣參加南韓 38th IChO 2006 競賽工作小組

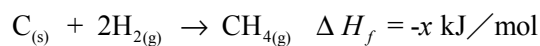
國立臺灣師範大學 化學系

第壹部分：選擇題（佔 60%）

一、單選題（每題答對得 3 分，答錯倒扣 1 分，共 30 分）

1~4 為題組

化學反應常伴隨著能量的變化，而以熱量的形式放出或吸收的能量通稱為化學反應熱 (ΔH)。反應熱又因化學反應的分類給予不同的名稱。物質 1 莫耳，由其成分元素化合生成時的反應熱稱為生成熱 (ΔH_f)，例如甲烷的生成熱：



而物質 1 莫耳完全燃燒時，所產生的熱量稱為燃燒熱 (ΔH_c)，例如甲烷的燃燒熱：

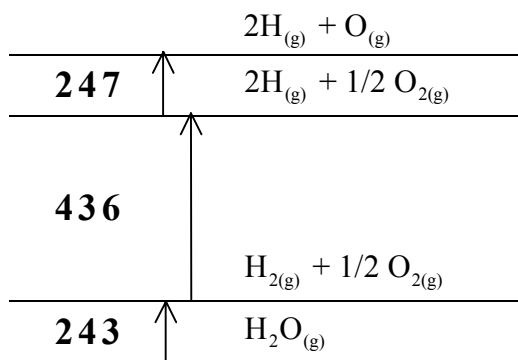
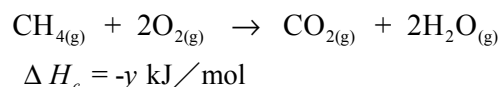
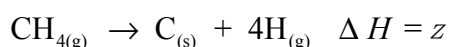


圖 1、水 1 mol 分解時的能量變化

而要切斷分子內特定的結合鍵時，所吸收的能量稱為鍵結能 (ΔH_b)，例如：



在甲烷要切斷其四個 C-H 鍵中的每一個 C-H 鍵所需的能量各不同，而在實用上常取其平均值，因此 C-H 的鍵結能是上式中總鍵結能 z 的四分之一，亦即

$$\Delta H_b = z/4。$$

下列兩個圖中的數據分別表示水與二氧化碳各 1 mol 分解時的能量變化的示意圖，其中的各數據係以 kJ 為單位所表示者。試根據此兩圖回答題 1~4 (答案要選取數據最接近者)：

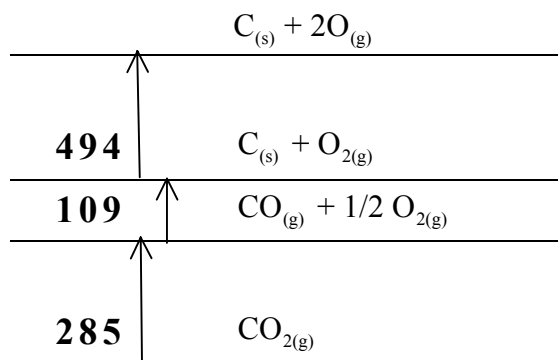


圖 2、二氧化碳 1 mol 分解時的能量變化

- 求 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的生成熱為幾 kJ/mol ?
(A) -243 (B) -247 (C) -436
(D) -463 (E) -679
- 求 $\text{CO}_{(g)}$ 的燃燒熱為幾 kJ/mol ?
(A) -109 (B) -285 (C) -394
(D) -494 (E) -603
- 求 O-H 的鍵結能為幾 kJ/mol ?
(A) 243 (B) 436 (C) 463
(D) 679 (E) 926
- 求 $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$ 的反應熱為幾 kJ ?
(A) -42 (B) 67 (C) -67
(D) 436 (E) -926
- 工業上製造硫酸常使用五氧化二釩為催化劑，而製造中的有關過程，都可用化學反應式來表示。試問下列哪一反應最難進行，須用五氧化二釩來催化？
(A) $\text{S}_{8(s)} + 8 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 8 \text{SO}_{2(g)}$
(B) $2 \text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{SO}_{3(g)}$
(C) $\text{SO}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$
(D) $\text{SO}_{3(g)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_{7(l)}$
(E) $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_{7(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$
* 表示 98% 的濃硫酸
- 一氧化氮是大氣污染物，嚴重危害人體健康。倘若化學家有能力研究出某種催化劑，使其在適當的溫壓下，能使 NO 與過量的甲氣體在密閉的反應室作用，將 NO 轉變為無害的氣體，並且可避免二次環境污染。試問最有可能的甲氣體是下列的哪一種？
(A) SO_2 (B) H_2S (C) CH_4
(D) NH_3 (E) NO_2
- 物質甲會有下列的現象或反應：
(1). 物質甲溶於稀鹽酸得乙溶液
(2). 乙溶液中加入硝酸銀並攪拌後，過濾得丙溶液
(3). 丙溶液中加入不足量的鋅粉，攪拌後過濾得沉澱丁
(4). 沉澱丁與氧反應即得物質甲
試問：物質甲是什麼？
(A) Cu (B) CuO (C) ZnO
(D) MgO (E) Mg
- 下列分子化合物中，何者的沸點最高？
(A) 丙醛 (MW = 58)
(B) 丙酮 (MW = 58)
(C) 2-丙醇 (MW = 60)
(D) 醋酸 (MW = 60)
(E) 丁烷 (MW = 58)
- 分子式為 $\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}$ 的芳香族化合物，共有幾種異構物？
(A) 2 種 (B) 3 種 (C) 4 種
(D) 5 種 (E) 6 種
- 某酯類 $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ 經水解後，所得的醇再用 KMnO_4 氧化，結果得到的酸與原水解得到的酸相同。此酯的結構為何？
(A) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
(B) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
(C) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
(D) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
(E) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

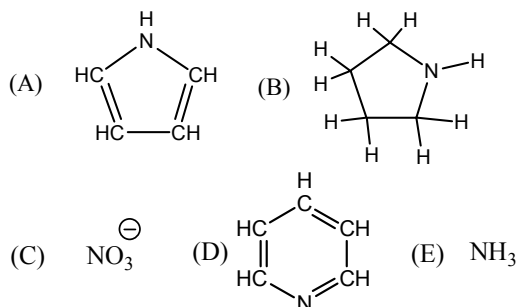
二、多選題（每題 3 分，共 30 分）

11. 某三價金屬 M 能與酸反應產生氫氣。

已知 2 莫耳的金屬 M 與某酸(H_nA , n 為小於 3(含 3)的正整數)完全反應，可得 3 莫耳的氫氣，之外可得一鹽類，則下列選項中的化學式，哪些符合題意？

- (A) MA (B) M_2A (C) M_3A_2
(D) M_2A_3 (E) MA_3

12. 下列分子或離子中氮原子的鍵結軌域，有哪些是屬於 sp^2 混成軌域？



13. 下列各反應中，不生成醇類產物的有哪些？

- (A) 丁酸丙酯的水解
(B) 在酸性條件下 2-戊烯與水的作用
(C) 丙醛與多倫試劑反應
(D) 利用鎳金屬催化丁酮與氫氣的反應
(E) 2-甲基-2-溴丙烷與水反應

14. 下列各物質中含有葡萄糖結構單元的有哪些？

- (A) 澱粉 (B) 麥芽糖 (C) 乳糖
(D) 纖維素 (E) 果糖

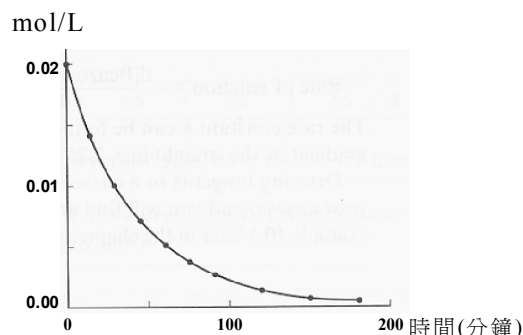
15. 下列有關碳的同素異形體的敘述，何者正確？

- (A) 目前已知有四種碳的同素異形體，即石墨、金剛石(鑽石)、碳六十、奈米碳管
(B) 奈米碳管與石墨應屬於同一種物質
(C) 碳六十是二十個六員環與十二個五員環組成的分子化合物
(D) 根據石墨的性質判斷，奈米碳管應屬電的導體
(E) 一般環境中，石墨很難轉變成金剛石是因為此反應極度吸熱 ($\Delta H > 500 \text{ KJ/mol}$)

16. 下列有關 H_2CCH_2 、 H_2CCCH_2 、及 H_2CCCCH_2 三個化合物鍵結的敘述，何者正確？

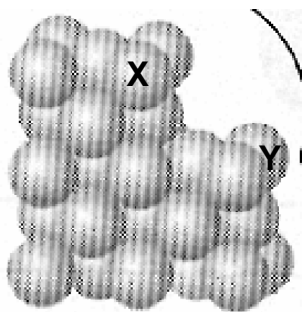
- (A) 所有不與氫原子鍵結的碳原子均為 sp 混成
(B) 所有與氫原子鍵結的碳原子均為 sp^2 混成
(C) 三個化合物中只有乙烯沒有共振結構
(D) 三個化合物的碳鍵均為直線結構
(E) 三個化合物均為平面分子

17. 在一容器中使 0.02 mol/L 過氧化物 A 發生分解，反應物濃度 A 隨時間改變的圖形如下所示，下列敘述何者正確？



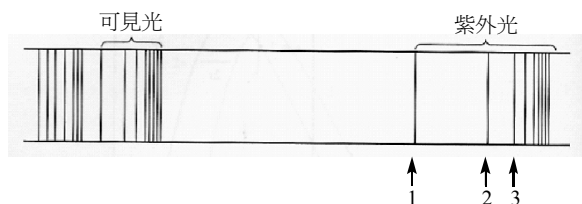
- (A) 此反應屬於一級反應
 (B) 此反應的半生期隨 A 濃度的下降而增長
 (C) 此反應的反應速率常數約為 $1 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$
 (D) 此反應的反應速率常數約為 2.0 min^{-1}
 (E) 此反應的初速率約為 $0.0004 \pm 0.0001 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$

18. 下列關於下圖中結構的敘述，何者正確？



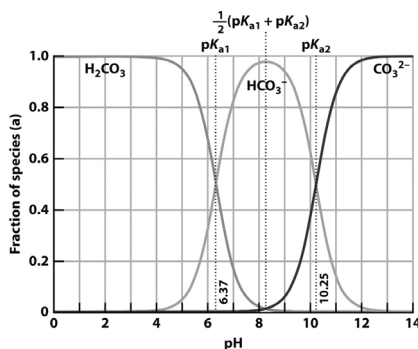
- (A) 此圖結構是依 ABCABC... 的重複順序堆積
 (B) 此圖結構屬於面心立方排列
 (C) 此圖結構屬於立方最密堆積
 (D) X 與 Y 原子可屬於相同的層
 (E) 此結構可旋轉一個適當角度，使 X 原子恰在 Y 原子的垂直上方

19. 下圖為一張氫原子放射光譜，下列敘述何者正確？



- (A) 可見光左邊的譜線區，頻率的數量級為 10^{14} Hz
 (B) 可見光區左邊的譜線基礎態皆為 $n = 3$
 (C) 紫外光區與可見光區的最左一條譜線有相同的激發態
 (D) 紫外光區與可見光區的最右一條譜線有相同的基礎態
 (E) 紫外光區最左一條譜線 1 的波長為 121.6 nm ，譜線 3 的波長為 97.3 nm ，則譜線 2 的波長約為 103 nm

20. 下圖是一水溶液在 pH 值 0~14 的範圍內， H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 三種成分平衡時的組成百分率，下列敘述何者正確？



- (A) 此圖可完全根據 1.0 M HCl 溶液滴定 1.0 M 碳酸鈉溶液的實驗數據繪出
 (B) 1.0 M HCl 溶液滴定 1.0 M 碳酸鈉溶液的當量點為中性
 (C) 當 pH 值在 6.37 及 10.25 時為碳酸鈉的緩衝溶液區
 (D) 在 pH 為 pK_{a1} 及 pK_{a2} 時，溶液中 $[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$
 (E) 二氧化碳溶在血液中多以 HCO_3^- 的形式存在

第貳部份：非選擇題

(共四大題，佔 40%)

(作答必須標明題號,提供必要之常數與資訊, 考生不得使用電子計算機, 共 40 分)

一、某有機物(液體)含有碳、氫、氧。經元素分析得碳 64.8%、氫 13.5%。爲了要知道該有機物的化學式，王同學先做了下列的實驗，以便計算出該有機物的大約分子量。

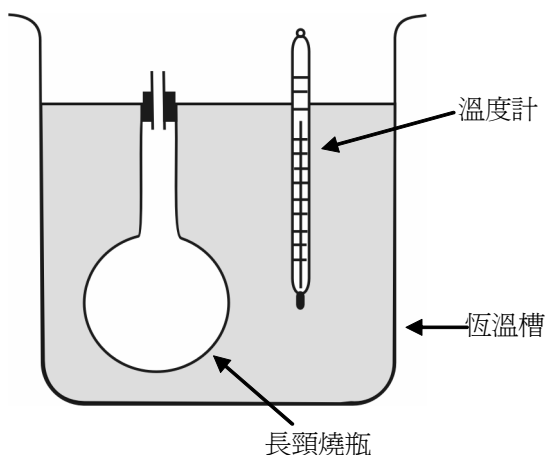


圖 1 長頸燒瓶與恆溫槽示意圖

1. 取一個長頸燒瓶，瓶口塞住一個中間有一短玻璃管的橡膠瓶塞，如圖 1 中的燒瓶，稱重得 210.50 克。
2. 在室溫 20°C 將燒瓶裝滿清水並用原來的橡皮塞塞住瓶口後，置於 92°C 的恆溫槽(水浴)一段相當長的時間，使瓶內的清水也保持 92°C 恆溫。然後取出燒瓶置於桌上。冷卻擦乾瓶子，稱重得 745.10 克。

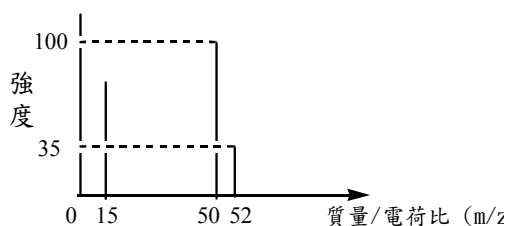
3. 倒出燒瓶內的清水，烘乾燒瓶，確認瓶內完全乾燥後，將該有機物液體約 6 毫升倒入燒瓶內，塞住橡皮塞後，再將燒瓶置於 92°C 恆溫槽，即見液體完全氣化。
4. 取出燒瓶後置於室內桌面，即見隨溫度下降，瓶底出現液滴。又將瓶外擦乾後稱重，得 211.81 克。

已知實驗當天的大氣壓爲 730mmHg，清水在 92°C 的密度爲 0.972 克/毫升。(本題的計算均要列出計算式子，儘量先約分，並了解計算的目的，可簡化計算)(15%)

- (1) 試求燒瓶在 92°C 時的容積(瓶內的體積)。(2 分)
- (2) 試求該有機物的分子量(假定當液體完全氣化後，燒瓶內的氣體全是該有機物的蒸氣)並寫出該有機物的分子式與精確分子量。(6 分)
- (3) 寫出該有機物的可能異構物(爲了簡化，除了官能基以外的 H 均應省略，例如異丙醇(2-丙醇)，應寫成 $\begin{array}{c} \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ | \\ \text{C} \end{array}$) (5 分)
- (4) 要推估該有機物的結構式，還需要再做什麼實驗(限定在高中的一般化學實驗室即可做的實驗。使用貴儀不給分)? (2 分)

(註：原子量 H=1.008 C=12.01 O=16.00)

- 二. 利用質譜儀來分析分子結構已經成為現代化學重要的技術，其原理為利用電子撞擊分子(M)使它產生陽離子團(M^+)或分子裂解產生的陽離子團在磁場飛行的差異，而偵測各種離子，下圖為氯甲烷的質譜分析。圖譜的橫座標為質量與電荷比(m/z)，縱座標為強度代表所產生粒子數的多寡。氯甲烷的質譜分析中， $m/z = 15$ 是氯甲烷經過裂解產生甲基陽離子 $[CH_3]^+$ 的訊號，而 $m/z = 50$ 與 52 則是氯甲烷陽離子 $[CH_3Cl]^+$ 的訊號。利用圖譜資料，說明自然界中氯的同位素為何？且其含量比為何？(6%) (6 分)



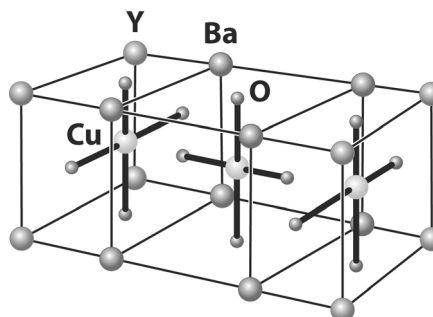
- 三. 實驗室有一瓶酚(C_6H_5OH)與環己醇($C_6H_{11}OH$)的混合物重 97 克。某學生取 0.97 克的樣品放入 50 mL 的水中，加入數滴的酚酞，用 1.0 M 的 NaOH 溶液滴定。經加入 5.0 mL 的 1.0 M NaOH 溶液後，使溶液變成桃紅色。於是學生取 48.5 克的混合物，加入 3 M NaOH 溶液 50 mL，然後加入乙醚 70 mL，經過搖晃萃取後，溶液分成兩層，分離了有機層；之後再加入乙醚 70 mL 至水層溶液萃取一次，分離後將兩次萃取的有機層合併，加熱將溶劑蒸發，得到的殘留物中卻發現

還有 8.5 克的酚。(9%) [酚的 $pK_a = 9.95$] [C = 12.0; H = 1.0, O = 16.0, Na = 23.0]

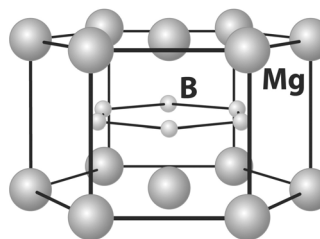
- (1) 請問此瓶藥劑中含有環己醇幾克？(3 分)
- (2) 此分離的過程，是利用何種原理？即學生為什麼要加 NaOH 溶液到混合物中再用乙醚萃取？(3 分)
- (3) 這個分離效果非常不好，其主要原因為何？(3 分)

- 四. 下圖是兩個高溫超導物質的單位晶格結構 (10%)

(A)



(B)



- (1) 決定物質 A 的化學式。(3 分)
- (2) 決定物質 B 中 Mg 及 B 原子的氧化數。(4 分)
- (3) 畫出物質 B 中硼原子部分的電子點式。(3 分)