

國際化學奧林匹亞試題 及其解答彙編 (六)

魏明通

國立臺灣師範大學科學教育中心

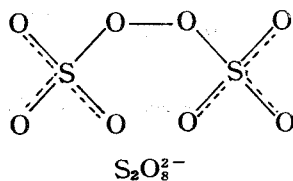
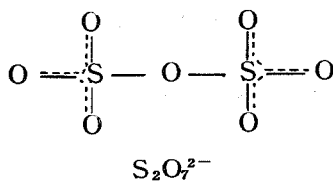
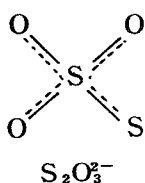
第九屆國際化學奧林匹亞試題解答

參考題解

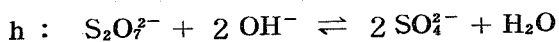
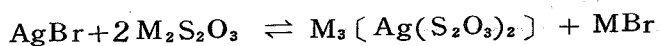
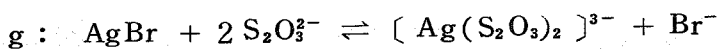
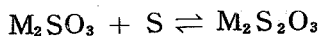
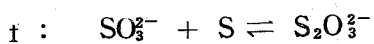
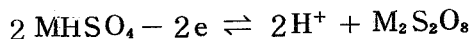
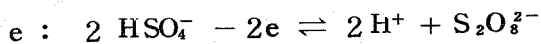
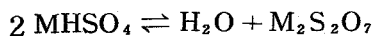
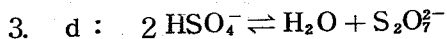
一、1.

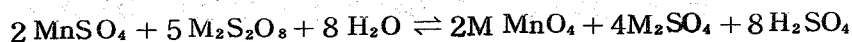
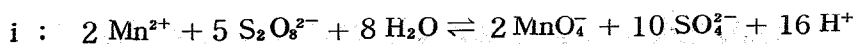
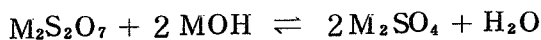
$M_2S_2O_3$	b	f	g		
$M_2S_2O_7$	c	d	h		
$M_2S_2O_8$	a	e	i		

2.



— σ -鍵 $\cdots$ π -鍵

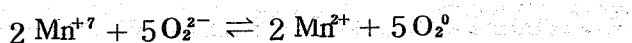
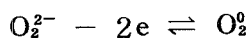
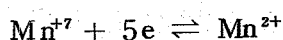




二、a. 正確的答案為1、4、7。

註：第九屆國際化學奧林匹亞國際評審委員會沒有選用第二題a，而選用第二題b。

b. 1. 正確的是(3)，根據電子轉移之平衡，



2. 氧化劑 MnO_4^-

還原劑 O_2^{2-} 或 H_2O_2

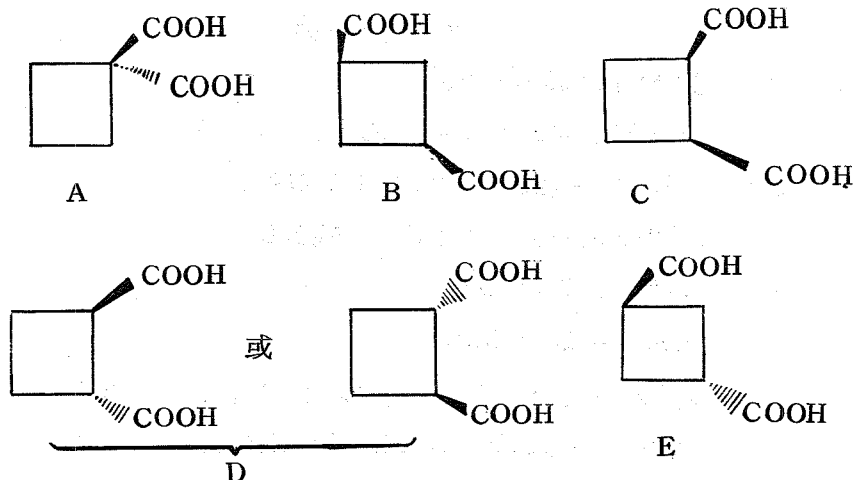
3. $V(\text{O}_2) = 112 \text{ cm}^3$

$$n(\text{O}_2) = \frac{0.112 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.005 \text{ mol}$$

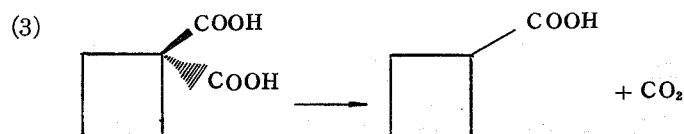
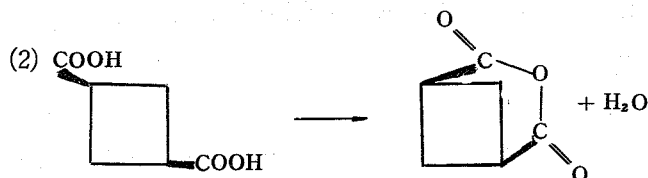
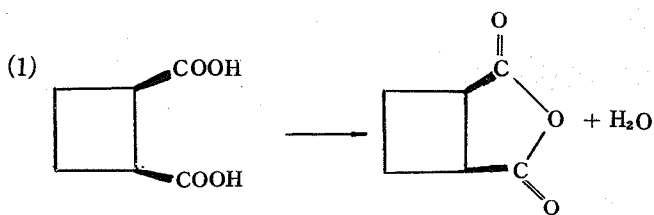
$$n(\text{KMnO}_4) = 0.005 \text{ mol} \times \frac{2}{5} = 0.002 \text{ mol}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 0.002 \text{ mol} \times 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.316 \text{ g}$$

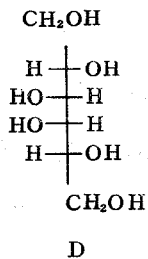
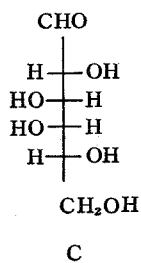
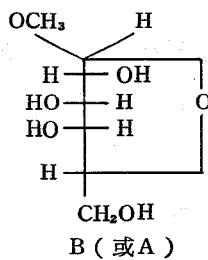
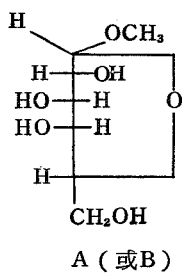
三、1.



2.



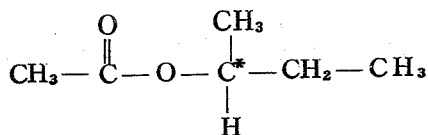
四、a. 1.

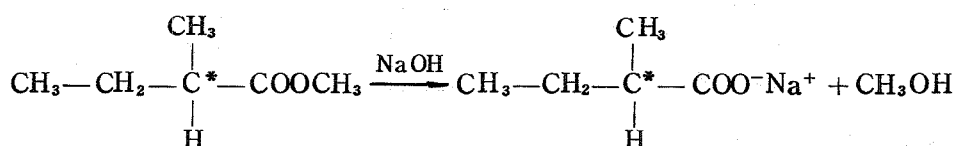
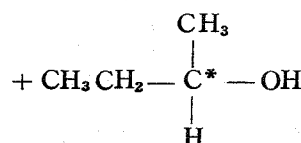
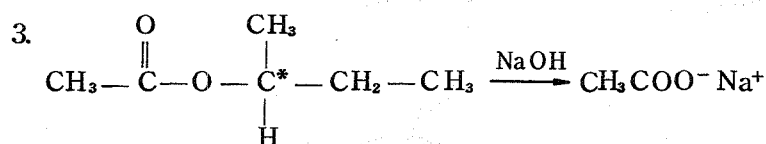
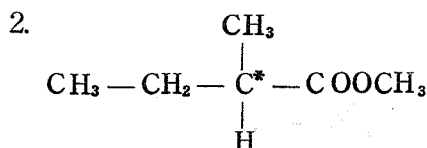


2. 在 D-同分異構體系列中，尚有另外類似的解。

註：第九屆國際化學奧林匹亞國際評審委員會沒有選用第四題 a，而選用第四題 b。

b. 1.





五、1. 設 a , b , m 各為 A , B 和 Cu 在質量平衡之總量。

$$a = n_{\text{A}^-} + n_{\text{HA}} + n_{\text{CuA}}$$

$$b = n_{\text{B}^-} + n_{\text{HB}} + n_{\text{CuB}}$$

$$m = n_{\text{Cu}^+} + n_{\text{CuA}} + n_{\text{CuB}}$$

從上式中消去沈澱的量

$$a + b - m = n_{\text{A}^-} + n_{\text{HA}} + n_{\text{B}^-} + n_{\text{HB}} - n_{\text{Cu}^+} = 0$$

因為在生成兩種固體鹽時，平衡系中 A 與 B 的總數 ($a + b$) 必須與 Cu 的總數 (m) 相等。物質的量以溶液體積除所得的商為濃度，因此：

$$[\text{A}^-] + [\text{HA}] + [\text{B}^-] + [\text{HB}] = [\text{Cu}^+] \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CuA}) = [\text{Cu}^+][\text{A}^-], [\text{A}^-] = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CuA})}{[\text{Cu}^+]} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CuB}) = [\text{Cu}^+][\text{B}^-], [\text{B}^-] = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CuB})}{[\text{Cu}^+]} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$K_{\text{a}}(\text{HA}) = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}, [\text{HA}] = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{K_{\text{a}}(\text{HA})} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$K_{\text{a}}(\text{HB}) = \frac{[\text{H}^+][\text{B}^-]}{[\text{HB}]}, [\text{HB}] = \frac{[\text{H}^+][\text{B}^-]}{K_{\text{a}}(\text{HB})} \quad \dots\dots\dots(5)$$

將(4)及(5)代入(1)式：

$$[\text{Cu}^+] = [\text{A}^-] \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HA})} \right\} + [\text{B}^-] \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HB})} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

將(2)及(3)代入(6)式：

$$[\text{Cu}^+] = \frac{K_{sp}(\text{CuA})}{[\text{Cu}^+]} \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HA})} \right\} + \frac{K_{sp}(\text{CuS})}{[\text{Cu}^+]} \times \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HB})} \right\} \quad (7)$$

$$[\text{Cu}^+] = \sqrt{K_{sp}(\text{CuA}) \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HA})} \right\} + K_{sp}(\text{CuB}) \left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HB})} \right\}}$$

由上式已知 pH, K_{sp} 及 K_a 值可計算 $[\text{Cu}^+]$ 。

六、 $n_{\text{HClO}_4} = 0.05 \text{ dm}^3 \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0.005 \text{ mol}$

$n_{\text{NaAc}} = 0.016 \text{ dm}^3 \times 0.15 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0.0024 \text{ mol}$

反應中消耗的莫耳數 $n_{\text{HClO}_4} = 0.005 \text{ mol} - 0.0024 \text{ mol} = 0.0026 \text{ mol}$,

HClO_4 為 0.1 N 故其體積

$$V = 0.0026 \text{ mol} / 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0.026 \text{ dm}^3$$

因為 $n_{\text{HClO}_4} = n_{\text{胺基乙酸}} = n_{\text{N}_2} = 0.0026 \text{ mol}$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{0.0026 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293.1 \text{ K}}{102.658 \text{ KPa}}$$

$$= 0.0617 \text{ dm}^3$$

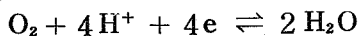
七、1. 使用與一莫耳反應變化有關的量，對於電池中發生的反應相應有：

$$\Delta G = -2.87 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

在電池中發生反應的電動勢和自由焓改變之間的關係為：

$$-\Delta G = n \cdot F \cdot E$$

其中 n 是電荷數，因為還原一分子氧需 $4e$ ，



總方程式中有 6O_2 $\therefore n = 24$

$$F = 96487 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1 焦耳為 1 伏特庫侖，因此

$$E = \frac{-(-2.87 \times 10^6) \text{ V} \cdot \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}}{24 \times 96487 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.24 \text{ Volt}$$

2. 被吸收光子的能量為使光合作用能夠進行的唯一能量來源，因此被吸收的光子數 X ，乘其能量必等於此系中能量的增加，即 $2.87 \times 10^6 \text{ J}$ 。

$$\therefore X \cdot h \cdot \nu \cdot N_A = X \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \cdot N_A = 2.87 \times 10^6 \text{ J}$$

$$X = \frac{2.87 \times 10^6 \text{ J} \cdot \lambda}{h \cdot c \cdot N_A}$$

$$= \frac{2.87 \times 10^6 \text{ J} \times 500 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.6256 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 2.9979 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$= 11.99 \div 12 \text{ mol 光子}$$

3. 游泳池的面積是 100 m^2 ，電壓 1.24 V 時電流密度等於

$$1 \text{ mA} \times 10^4 \text{ m}^{-2} = 10 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\therefore \text{總電力爲 } 1.24 \text{ V} \times 10 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2} \times 100 \text{ m}^2 = 1.24 \text{ Kw}$$

八、a. $n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} = \frac{0.652 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0233 \text{ mol}$

假設在 250°C 時，物質 A、B、C 和 D 都是理想氣體，因此根據亞佛加厥定律：

$$n_{N_2} = n_A = n_B = n_C = n_D$$

$$M_A = \frac{m_A}{n_A}, M_B = \frac{m_B}{n_B} \dots\dots$$

在一莫耳 A、B、C 或 D 中，元素 X 的質量爲：

$$A, M_A \times 0.937 = 35.45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$B, M_B \times 0.689 = 70.91 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C, M_C \times 0.851 = 177.17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$D, M_D \times 0.922 = 141.78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

因爲在一個分子的化合物中，必至少有一個 X 原子或其整倍數，所求莫耳質量最大公約數即 $35.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (平均值) 爲元素 X 的莫耳質量。

註：第九屆國際化學奧林匹亞評審委員會沒有選用第八題 a 而選用第八題 b。

b. $1. \nu = k [\text{Hb}] [\text{O}_2], k = 2.1 \times 10^6 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$$[\text{Hb}] = 8 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}, [\text{O}_2] = 1.6 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\therefore \nu = 2.688 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

因爲生成一莫耳氧血紅蛋白，需要一莫耳氧 (O_2)，故氧消耗的速率與氧血紅蛋白生成的速率相同。

$$2.(1) [\text{O}_2] = \frac{\nu}{k \cdot [\text{Hb}]}$$

$$\nu = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$k = 2.1 \times 10^6 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

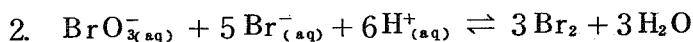
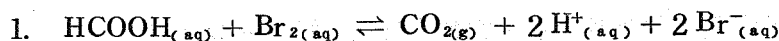
$$[\text{Hb}] = 8 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$[\text{O}_2] = 6.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

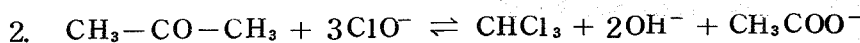
氧濃度必須增加到 $6.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

- (2) 只要部份升高空氣壓力，就可影響氧的濃度。如要氧氣濃度增加 4 倍時，即空氣壓力需增加 4 倍，惟在四大氣壓對於生物體正常生活有害。因此不能以增加壓力方式，最好呼吸含氧量較多的空氣。

九、實驗題：化學方程式為：



十、實驗題



3. 計算反應過程中放出的熱量：

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Q：反應熱 m：溶液的質量 c：參加反應溶液的比熱

Δt ：溫度差（升高的溫度）

根據所得到的數據，可計算每一莫耳反應物的 Q 值。

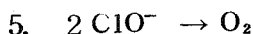
4. 混合物包括：

反應物— CH_3COCH_3 （4M 溶液，約過量 3 mL）

生成物— CHCl_3 ， OH^{-} ， $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$

使用分液漏斗分離丙酮及氯仿與水溶液中的其他物質，然後進行蒸餾。

氯仿的鑑別：臭味、密度。



$$2 \text{ mol} \rightarrow 1 \text{ mol} = 22.4 \text{ dm}^3$$