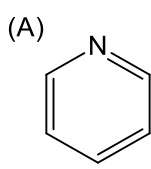
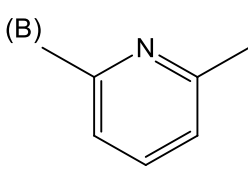
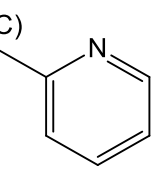
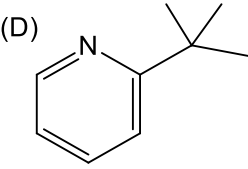


113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽筆試試題（一）

（試題共四面）

考試編號：_____

一、選擇題（單選、每題 3 分，共計 30 分）

- () 1. 以下哪個化合物在 25 °C 時，在水中具有最低的溶解度（以 mol/L 為單位）？
 (A) CaSO_4 $K_{\text{sp}} = 6.1 \times 10^{-5}$ (B) $\text{Sn}(\text{OH})_2$ $K_{\text{sp}} = 3 \times 10^{-27}$
 (C) CdS $K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-28}$ (D) $\text{Al}(\text{OH})_3$ $K_{\text{sp}} = 2 \times 10^{-33}$ 。
- () 2. 以下哪一個化合物中的過渡金屬具有 d^8 電子組態？ (A) PtCl_4^{2-} (B) $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$
 (C) $\text{Ni}(\text{CO})_4$ (D) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 。
- () 3. 一種 Cu^{2+} (Cu 原子量為 64) 的配位化合物 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_x\text{SO}_4$ ，並且已知其含有 29.92 % 的 NH_3 （重量百分比）。x 的值為？ (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 6。
- () 4. 下列何者具有最短的鍵？ (A) He_2^+ (B) HHe^+ (C) H_2^+ (D) 不確定。
- () 5. 在以下的離子中，哪一個最外層電子感受到的有效核電荷 (Z_{eff}) 最低？
 (A) F^- (B) Ne (C) Na^+ (D) Mg^{2+} 。
- () 6. 下列哪一個分子具有 T 型分子幾何結構（根據 VSEPR 理論）？
 (A) CH_4 (B) BF_3 (C) ClF_3 (D) XeF_2 。
- () 7. 以下哪一個配位化合物在加入硝酸銀 (AgNO_3) 水溶液後會形成沉澱？
 (A) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ (B) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ (C) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)\text{Cl}]\text{NO}_3$ (D) $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{CN})_6]$ 。
- () 8. 將 0.1000 克的雜環化合物吡啶 (pyridine, $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$, K_b 約為 10^{-9}) 溶解在 10 毫升的水中，並用 0.01 M 的鹽酸 (HCl) 溶液進行滴定來分析。以下哪一種指示劑較適合用於檢測滴定終點？
 (A) 溴酚藍，顏色變化的 pH 範圍為 3.0–4.6 (B) 甲基紅，顏色變化的 pH 範圍為 4.8–6.0
 (C) 溴百里酚藍，顏色變化的 pH 範圍為 6.0–7.6 (D) 麝香草酚藍，顏色變化的 pH 範圍為 8.0–9.6。
- () 9. 在水溶液中，下列何者為最強的鹼？
- (A)  (B)  (C)  (D) 
- () 10. 哪一個錯化合物是順磁性？ (A) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ (B) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ (C) $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$
 (D) $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 。

二、簡答題與計算：（配分見各題，共 70 分）

1. 請畫出下列化合物的路易士電子點並預測其形狀？ (8%)

(a) IO_4^- (b) ClO_2

2. 對於下列六個中性原子: B, F, Ne, Na, Mg, Al, 試回答下列問題。(12%)

(a) 第一游離能由大而小排列為何？

(b) 第二游離能以誰最大，誰最小？

(c) 試比較 F 及 Ne 的第三游離能大小，並解釋其原因？

3. 有一個離子 $^{50}\text{M}^{4+}$ ，含有 2 個電子在主量子數 $n=1$ ，含有 8 個電子在 $n=2$ ，含有 10 個電子在 $n=3$ 。試問：(12%)

(a) 原子序及中子數為何？

(b) 有多少電子是填在 P 軌域中？

(c) 有多少電子是填在角動量量子數 $l=2$ 中？

(d) 中性的原子之電子組態為何？

4. 有十組化學電池是由五種不同金屬(A, B, C, D, E)當作電極兩兩所組合而成(金屬片 A(s)浸在 1.00 M 的 $A^{2+}(aq)$ 水溶液中, 金屬片 B(s)浸在 1.00 M 的 $B^{2+}(aq)$ 水溶液中, 、 、 、依此類推)。此十個化學電池的組成方式及其分別之電壓值如下表所示, 若已知金屬離子 A^{2+} 的標準還原電位為 0.00 V, 而且當金屬 C 浸入 $D^{2+}(aq)$ 水溶液時, D 金屬會析出。試問這四種金屬離子(B^{2+} , C^{2+} , D^{2+} , E^{2+}) 的標準還原電位為何? (12%)

	A(s) in $A^{2+}(aq)$	B(s) in $B^{2+}(aq)$	C(s) in $C^{2+}(aq)$	D(s) in $D^{2+}(aq)$
E(s) in $E^{2+}(aq)$	0.28 V	0.81 V	0.13 V	1.00 V
D(s) in $D^{2+}(aq)$	0.72 V	0.19 V	1.13 V	
C(s) in $C^{2+}(aq)$	0.41 V	0.94 V		
B(s) in $B^{2+}(aq)$	0.53 V			

5. 將 KF 加入 BrF_3 中可以增加其導電度? 請以反應式說明其原因? (6%)

6. 已知 CsCl 晶體為體心立方, 測得 Cs^+ 與 Cl^- 間之距離為 3.58\AA , 則: ($Cs = 132.9$, $Cl = 35.5$)

(a) 此單位立方體之邊長為若干 \AA ? (3%)

(b) 每個 Cs^+ 被幾個 Cl^- 包圍? (2%)

(c) 每個 Cs^+ 被幾個 Cs^+ 包圍? (2%)

(d) CsCl 晶體密度為若干 g/cm^3 ? (3%)

7. 一般的乾電池使用鋅殼為陽極，並以碳棒為陰極，其中以氯化銨、氯化鋅與二氧化錳的混合物為電解質，試寫出陽極及陰極的半反應，並寫出全反應?(10%)

113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽筆試試題 (二)

(試題共四面)

考試編號：_____

一、選擇題：10 題(單選、每題 3 分，共計 30 分)

- () 1. 有關水的離子積常數 K_w 的敘述，下列何者錯誤？ (A) 100°C 的 K_w 值大於 50°C 的 K_w 值 (B) K_w 是一種平衡常數 (C) $\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$ (D) 在 25°C 時，酸性水溶液的 K_w 值大於鹼性水溶液的 K_w 值。
- () 2. 有關以下反應的敘述，何者錯誤？ $5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 5\text{O}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$ (A) 此反應為氧化還原反應 (B) H_2O_2 是氧化劑 (C) Mn^{2+} 在水溶液中為粉紅色 (D) 在 MnO_4^- 中，Mn 的氧化數為 +7。
- () 3. 有關氫燃料電池的敘述，何者錯誤？ (A) 氫燃料電池的全反應式為 $\text{H}_{2(g)} + 1/2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ (B) 以氫燃料電池為動力的汽車，因排放水，而不是有毒廢氣，比較符合環保概念 (C) $\text{H}_{2(g)}$ 在負極分解成 H^+ ，經由 H^+ 交換膜流入正極，與 O_2 反應產生 H_2O (D) 優點是 $\text{H}_{2(g)}$ 體積大，因此比汽油容易儲存。
- () 4. 在原電池中，正極與負極的反應特性是？ (A) 正極進行氧化反應，負極進行還原反應 (B) 正極進行還原反應，負極進行氧化反應 (C) 電流從負極流向正極，電子從正極流向負極 (D) 電極反應與電池內部離子運動無關。
- () 5. 在以食用油和甲醇製備生質柴油的酯交換反應中，加入少量 NaOH 作為催化劑。若反應中混入水分，可能發生以下哪種現象？ (A) 反應速率增加 (B) 反應生成甘油的產率提高 (C) 催化劑失效，副反應生成脂肪酸 (D) 反應無明顯變化。
- () 6. 已知 AgCl 的溶解度積常數 $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-10}$ ，則在純水中 Ag^+ 的濃度為？ (A) $1.34 \times 10^{-5} \text{M}$ (B) $1.34 \times 10^{-10} \text{M}$ (C) $1.8 \times 10^{-5} \text{M}$ (D) $1.8 \times 10^{-10} \text{M}$ 。
- () 7. 燃料電池中，能量的直接來源是？ (A) 化學鍵的斷裂 (B) 氧化還原反應釋放的化學能 (C) 電解液的導電性 (D) 外加電壓的支持。
- () 8. 三聚氰胺的分子式為 $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ，結構中含有許多氮原子。若測定其水溶液的 pH，最可能的性質為？ (A) 酸性 (B) 中性 (C) 鹼性 (D) 以上皆可能。
- () 9. 食品檢測中，二氧化硫 (SO_2) 被廣泛用作防腐劑。若需要測定食品中 SO_2 含量，常用碘量法進行滴定，其反應為： $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 滴定时，加入澱粉作為指示劑，終點的特徵顏色為？ (A) 無色 (B) 淺黃色 (C) 深藍色消失 (D) 橙紅色消失。
- () 10. 已知氯化鈣 (CaCl_2) 在水中的溶解度為 0.740 mol/L 。當溶液中共存 0.200 mol/L NaCl 時，氯化鈣的溶解度如何變化？ (A) 增加 (B) 減少 (C) 不變 (D) 無法判斷。

二、簡答題與計算：(配分見各題，共 70 分)

1. H_3PO_4 和 NaH_2PO_4 常用來準備緩衝溶液，一溶液中含有 0.6M 的 H_3PO_4 和 0.8M 的 NaH_2PO_4 ，請計算此溶液的 pH 值？ (H_3PO_4 的 $K_{a1} = 7.11 \times 10^{-3}$ ， $k_{a2} = 6.32 \times 10^{-8}$ ，

$K_{a3}=4.50\times 10^{-13}$) (10%)。

2. 某化學競賽參賽者將 50 mL 的 0.1 M 醋酸溶液與 0.05 M 氫氧化鈉滴定。當添加 25 mL 的氫氧化鈉時，求溶液的 pH 值? (醋酸的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) (8%)

3. 台中火力發電廠是亞洲最大的燃煤電廠之一，其排放的污染物（如 SO_2 和 NO_x ）對環境和人體健康影響深遠。回答以下問題：
 - (a) 寫出燃煤過程中 SO_2 (分子量 64.07) 與水和氧氣生成硫酸的化學反應方程式，並簡述酸雨對環境的主要影響? (5%)
 - (b) 若煙道氣中 SO_2 的濃度為 350 ppm，假設每日排放 $2.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ 煙道氣，計算每日排放的 SO_2 質量（標準狀況下）? (5%)
 - (c) 發電廠採用石灰漿液（主要成分為 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）吸收 SO_2 的方式減少排放。寫出反應方程式，並簡述此技術的化學原理? (5%)

4. 阿司匹林($C_9H_8O_4$; 分子量 180.16)是一種弱酸，解離常數 $K_a=3.0\times 10^{-4}$ 。某學生使用 0.100 M NaOH 滴定 0.500 g 的阿司匹林樣品，滴定至完全中和，消耗了 25.0 mL NaOH。
- 計算樣品中的阿司匹林純度? (以質量百分比表示) **(7%)**
 - 若滴定過程中，阿司匹林僅部分解離，試計算滴定前溶液的 pH? **(7%)**
5. 氫燃料電池是一種以氫氣為燃料的清潔能源技術，核心原理是通過電化學反應產生電能和水。回答以下問題：
- 簡述氫燃料電池的化學反應原理，並寫出陽極和陰極的電極反應式?**(8%)**
 - 若電池中氫氣的流量為 0.100 mol/min，運行 60 分鐘後，產生的水的質量是多少?
(8%)

6. 已知某石灰石樣品含有碳酸鈣 (CaCO_3)，將 1.00 g 樣品與 50.0 mL 的 0.1 M 鹽酸反應後，剩餘鹽酸用 0.05 M 的 NaOH 滴定需 25.0 mL。計算樣品中碳酸鈣的質量百分比？
(7%)

113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽筆試試題 (三)

(試題共五面)

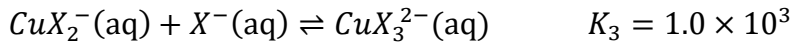
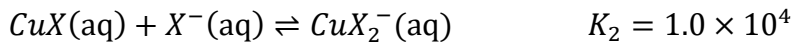
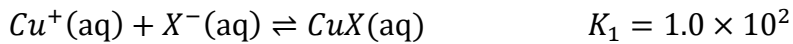
考試編號：_____

一、選擇題：10 題(單選、每題 3 分，共計 30 分)

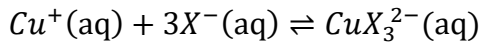
- () 1. 一份重量為 1.00 克的樣品，由鋅(莫耳質量 65.38 g/mol)和其他雜質組成。為了測定樣品中鋅的純度，將其與過量的鹽酸反應，並測量生成的氫氣量。結果顯示，樣品中鋅的重量百分含量為 84.0 %。請問，在標準狀態 (STP) 下，約產生了多少氫氣? (A) 145 毫升 (B) 289 毫升 (C) 435 毫升 (D) 580 毫升。
- () 2. 一個質量為 622.5 克的雕像，由純淨未知金屬製成，溫度為 26.00 °C。將該雕像放入 1.000 斤、溫度為 100.00 °C 的水中。最終，雕像和水達到熱平衡，溫度為 91.33 °C。已知水的比熱容為 4.184 J/(°C·g)，請問該雕像是由什麼金屬製成的?
(A) 比熱容為 0.231 J/°C·g 的銀 (B) 比熱容為 0.382 J/°C·g 的鋅
(C) 比熱容為 0.448 J/°C·g 的鐵 (D) 比熱容為 0.892 J/°C·g 的鋁。
- () 3. 以下反應 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ，已知在 800 °C 下，平衡常數 $K_p = 1.16$ 。若將 39.8 克的碳酸鈣 (CaCO_3 ，莫耳質量 100.09 g/mol) 放入一個 10.0 公升的容器中，並加熱至 800 °C。請問在達到平衡時，有多少百分比的 CaCO_3 會反應? (A) 16.5 % (B) 33.1 % (C) 49.0 % (D) 66.0 %。
- () 4. 鋁(莫耳質量 26.98 g/mol)是一種輕質且具有優異導電性和耐腐蝕性的金屬。工業上，鋁主要通過電解氧化鋁 (Al_2O_3) 來生產。現有一座生產鋁的工廠，其電解槽能以 1,000,000 安培的電流電解氧化鋁，電解效率為 85 %。如果持續電解 2.00 小時，最多能夠生產多少質量的鋁金屬? (A) 671.0 公斤 (B) 570.4 公斤 (C) 485.0 公斤
(D) 359.5 公斤。
- () 5. 燃燒 1 莫耳的以下分子，何者放熱最多? (A) 乙烷 (B) 乙烯 (C) 丙烷
(D) 丙烯。
- () 6. 下列雙原子分子何者為順磁性? (A) C_2 (B) N_2 (C) O_2 (D) F_2 。
- () 7. 以 1pm^3 為體積單位求氫原子的 1s 電子出現的機率，在何處此機率最大? (A) 原子核 (B) 距原子核 1 波耳處 (C) 距原子核 1 埃處 (D) 距原子核無窮遠處。
- () 8. 普朗克常數和下列何者相同? (A) 動量 (B) 波長的倒數 (C) 庫倫平方
(D) 角動量。
- () 9. 在下列何溫度下，氫原子 (原子量=4.00) 的方均根速率與氧分子 (分子量=32.00) 在 300 K 時的方均根速度相等? (A) 37.5 K (B) 238 K (C) 106 K (D) 75 K。
- () 10. 若反應 $\text{CH}_3\text{NC}(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CN}(\text{g})$ ，該為一級反應。在經過 10 分鐘後 $\text{CH}_3\text{NC}(\text{g})$ 的量為其起始濃度的 75 %，求該反應的速率常數? (單位： min^{-1})。($\ln(3)=1.098$ ， $\ln(4)=1.386$) (A) 0.135 min^{-1} (B) 0.0279 min^{-1} (C) 0.089 min^{-1}
(D) 0.135 min^{-1} 。

二、簡答題與計算：(配分見各題，共 70 分)

1. 將 50.0 毫升 10.0 M 的 NaX 與 50.0 毫升 2.0×10^{-3} M 的 CuNO_3 混合。假設混合溶液中的 Cu^+ 與 X^- 可能發生以下反應：



總反應式為:



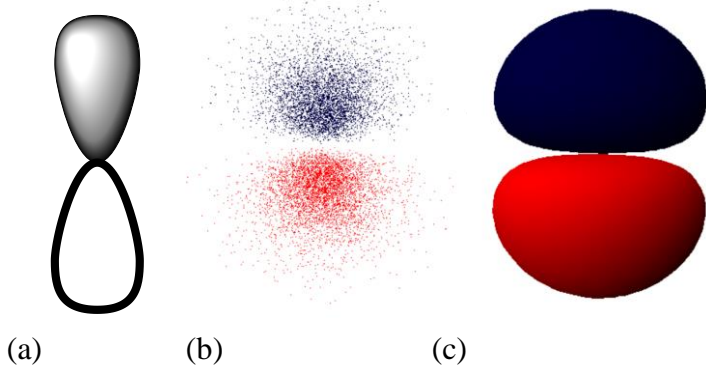
計算平衡時 CuX_3^{2-} 、 CuX_2^- 、 Cu^+ 的濃度? (9%)

2. 二甲胂酸 (Cacodylic acid) 是一種有機砷化合物，化學式為 $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2\text{H}$ ，具有弱酸性 ($\text{pK}_a = 6.19$)。雖然二甲胂酸有一定的毒性，但其穩定的酸鹼特性使其成為製備特定 pH 值緩衝溶液的理想選擇。若實驗需要製備 500.0 mL、 $\text{pH} = 6.60$ 的緩衝溶液，且為了確保實驗的準確性，需使溶液中的總有機砷濃度達到 0.25 M。某研究員計畫使用二甲胂酸和二甲胂酸鈉 (sodium cacodylate) 來調節溶液的酸鹼平衡。請問他需要稱取多少克的二甲胂酸和二甲胂酸鈉，才能製備符合上述條件的緩衝溶液? (砷的莫耳質量為 74.9 g/mol) (8%)

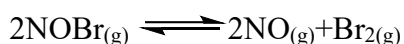
3. 在量熱計中燃燒已知質量的燃料，並測量溫度的變化，可確定燃料的燃燒熱（焓變）和標準生成熱。異辛烷（isooctane, C_8H_{18} ）是汽油的成分之一，為確定汽油「辛烷值」的參考標準。假設將 0.542 克的異辛烷放入固定體積的量熱計中，該量熱計的反應室周圍有 750 克的水，初始溫度為 $20.450\text{ }^\circ\text{C}$ 。當異辛烷的燃燒完成後，水的溫度為 $28.670\text{ }^\circ\text{C}$ 。假設水的比熱容為 $4.184\text{ J K}^{-1}\text{ g}^{-1}$ ，量熱計本身（不包括水）的熱容為 48 J K^{-1} 。請計算燃燒 1 莫耳異辛烷的焓變(ΔH)? (8%)

4. 繪出 SO_3 和 NO_4^{3-} 的路易斯及立體結構。(10%)

5. $2p_z$ 軌域常以下列幾種圖形表示，試說明這些圖與軌域電子的關係，電子在何處出現的機率最大？ $3p_z$ 軌域的圖形與 $2p_z$ 軌域有何差別？(15%)



6. 假設氣態的 NOBr 被放置在一個容器中，且該容器內部之壓力可藉由一個無摩擦力且無質量的活塞與外界壓力保持平衡。當 NOBr 在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 時會分解成 NO 與 Br_2 且其反應可由下列平衡方程式表示，(MW: $\text{NOBr}=109.91\text{ g/mole}$ ， $\text{NO}=30.01\text{ g/mole}$ ， $\text{Br}_2=159.81\text{ g/mole}$)



已知容器中起初只有 $\text{NOBr}_{(g)}$ ，且氣體之起始密度為 4.495 g/L ，而在新的平衡達到後其密度變成 4.086 g/L 。假設反應前後外界之壓力以及溫度不變，且氣體均為理想氣體，請問

- 此反應利用濃度計算之平衡常數(K_c)為何？(5%)
- 此反應利用分壓計算之平衡常數(K_p)為何？(5%)
- 若在上述反應平衡後加入 $\text{Ar}_{(g)}$ ，平衡會往哪個方向移動，此時平衡常數 K_p 會怎麼改變？(5%)
- 若有一平衡為 $a\text{A}_{(g)} + b\text{B}_{(g)} \rightleftharpoons c\text{C}_{(g)} + d\text{D}_{(g)}$ ，請試著推導出 K_p 與 K_c 間轉換之通式。(5%)

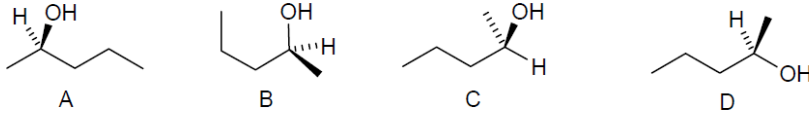
113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽筆試試題 (四)

(試題共六面)

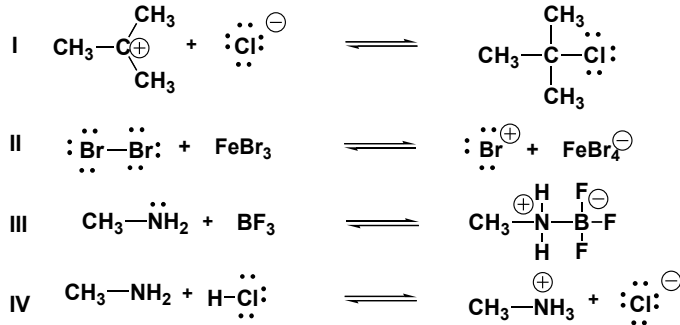
考試編號：_____

一、選擇題：10 題(單選、每題 3 分，共計 30 分)

() 1. 請問以下哪個分子的立體結構與另外四個不一樣呢？



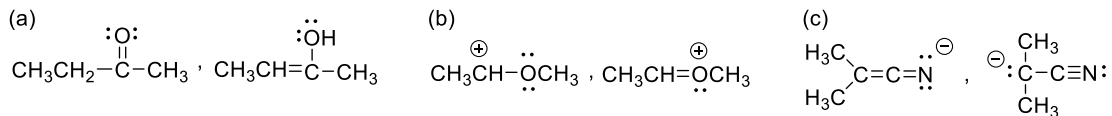
() 2. 下列反應何者著為布-洛學說(Brønsted-Lowry theory)的酸鹼反應？



(A) IV (B) I, III, IV (C) II, III (D) I, IV。

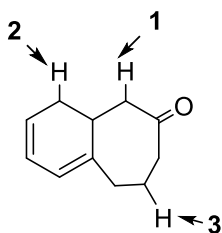
() 3. 根據電負度的判斷，您認為下列何者最具離子性？ (A) CF_4 (B) CaF_2 (C) CH_4 (D) CO_2 。

() 4. 下列哪一個選項代表一對共振形式？



(A) (a) 和 (b) (B) (b) 和 (c) (C) (a) 和 (c) (D) 全對。

() 5. 哪一個序列正確地將下列質子依照酸度遞增的順序排列？

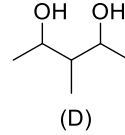
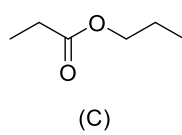
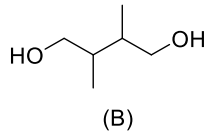
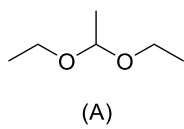


(A) $1 < 2 < 3$ (B) $2 < 3 < 1$ (C) $3 < 1 < 2$ (D) $3 < 2 < 1$ 。

() 6. 以下關於 π 分子軌域的說法哪一項是正確的？

- (A) π 分子軌道是圓柱對稱的。
 (B) π 分子軌道中大部分的電子密度集中在核間軸的上方和下方。
 (C) 當兩個原子以雙鍵連接時，這兩個鍵都是 π 鍵。
 (D) 陳述 B 和 C 都是正確的。

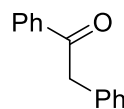
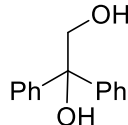
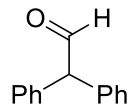
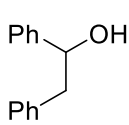
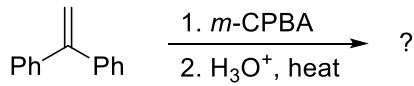
()7. 下列哪一種化合物不是實驗式為 C_3H_7O 且分子質量為 118.164 的化合物的結構異構物？



()8. 請問間二甲苯在氫核磁共振光譜 (1H NMR spectrum) 中，會有幾組訊號？

(A) 3 組 (B) 4 組 (C) 5 組 (D) 6 組。

()9. 請提供以下步驟序列的最終產物 (heat 代表加熱)？



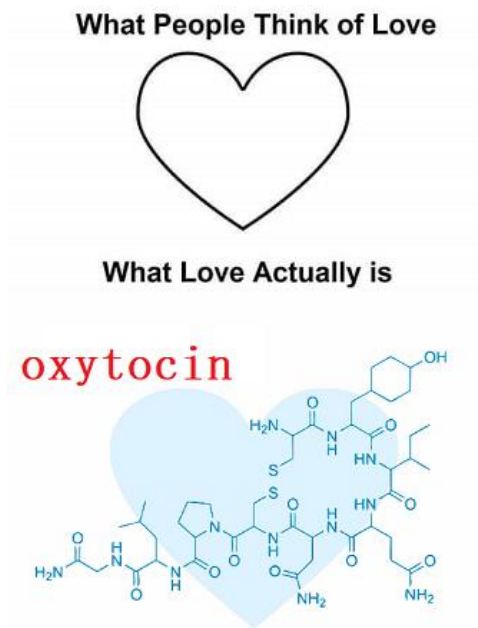
(A)

(B)

(C)

(D)

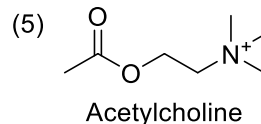
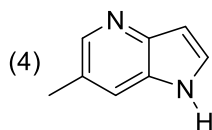
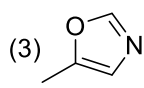
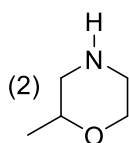
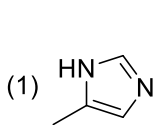
()10. 請問催產素(oxytocin)分子有幾個立體中心？



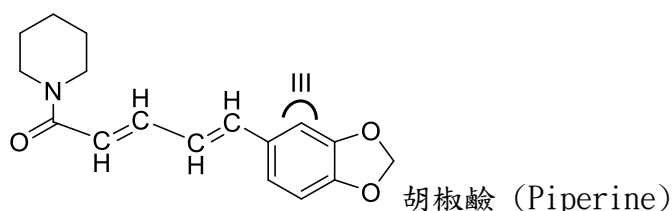
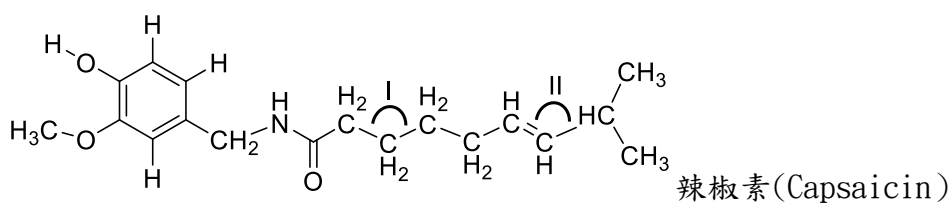
(A) 5 個 (B) 8 個 (C) 9 個 (D) 10 個。

二、簡答題與計算：(配分見各題，共 70 分)

1. 請將下面五小題的每個氮原子用路易士酸鹼的想法分類為強鹼性或弱鹼性，並解釋之。(提示：請用路易士酸鹼的想法去解釋，即氮原子上的孤對電子是否可以進行化學反應，在這裡可進行反應的，則為強鹼性)。(10%)



2. 味道嚐起來辣的食物，是因為這些食物含有一些化學成分，可以刺激痛覺神經上的特殊 TRPV 離子通道而產生。其中的化學分子包含：胡椒鹼 (Piperine)、辣椒素(Capsaicin)：

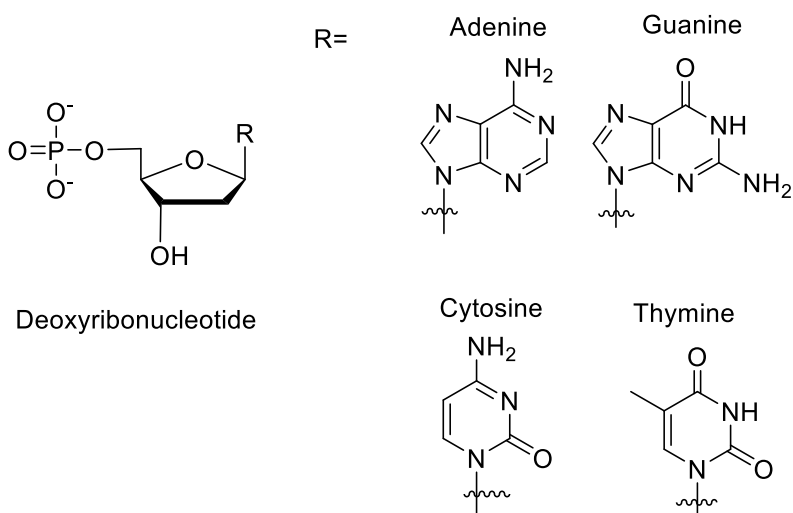


- (a) 請將兩個分子的完整路易士結構畫出來。(標記孤對電子) (4%)
- (b) 在兩個分子中各有幾個 sp , sp^2 , sp^3 混成的碳原子。請分別標記出來，並說明共幾個?(6%)
- (c) 請指出兩個化合物中的醯胺鍵?(2%)
- (d) 請問化合物中的此醯胺鍵是否能夠自由旋轉?(1%) 請解釋原因，並畫出結構式的關係? (4%)
- (e) 請試著將以上結構中標記的 I, II, III 中的 C-C-C 鍵角的大約角度寫出來。(3%)

3. 去氧核糖核酸 (DNA, Deoxyribonucleic acid) 為一種生物的高分子聚合物，其單體為去氧核糖核苷酸 (deoxyribonucleotide)。每一個去氧核糖核苷酸單體包含一個鹼基、一個去氧核糖和一個磷酸基團。鹼基的組成為：腺嘌呤 (A, Adenine)，胞嘧啶 (C, Cytosine)，鳥嘌呤 (G, Guanine) 胸腺嘧啶 (T, Thymine)，如下圖所示。

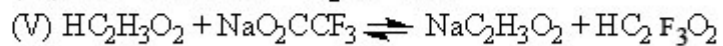
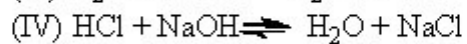
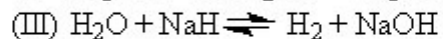
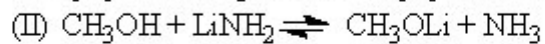
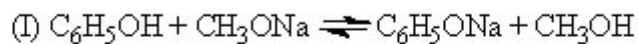
(a) 請問 DNA 的雙螺旋是使用何種化學鍵，而形成雙股螺旋？ (2%)

(b) 請畫出其各自兩兩成對的鹼基的配對的鍵結，並用虛線畫上述的鍵結。 (8%，一組 4%)

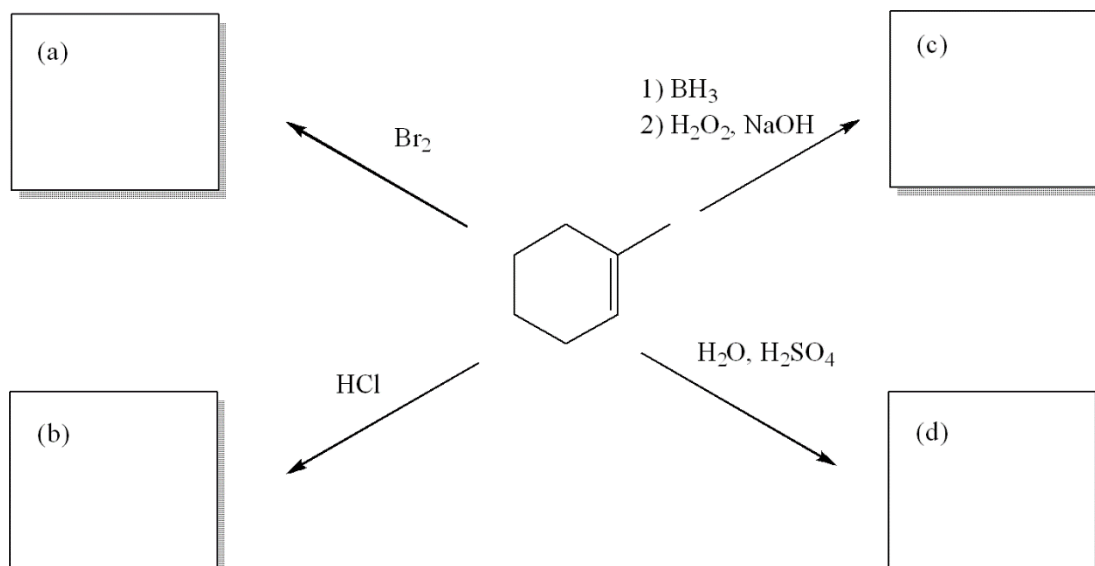


4. 以下是五個酸鹼反應，請運用 pKa 值的數據來說明哪個反應的平衡趨向左側? (9%)

Acid	pKa
$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	4.76
HO_2CCF_3	0
HCl	-2
H_2O	16
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	10
CH_3OH	16
H_2	35
NH_3	33



5. 請完成以下的反應，並判斷哪些產物具有立體中心? (12%)



6. 光學活性化合物 A 的分子式為 C_6H_{12} 。A 經硼氫化-氧化反應後得到光學活性產物 B，分子式為 $C_6H_{14}O$ 。A 在催化氫化反應後產生光學非活性產物 C，其分子式為 C_6H_{14} 。請分別畫出 A、B 和 C 的化學結構? (9%)

113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽實作一

113 年 12 月 19 日(星期四)

藉由顏色辨別滅必蝨農藥的存在

實驗競賽說明

1. 請全程穿上實驗衣、戴上安全護目鏡，遵守實驗室安全法則。
2. 請仔細閱讀所有的實驗內容及熟悉填寫格式，再開始進行實驗操作與作答。
3. 請在時間內完成實驗操作以及撰寫實驗報告，報告的撰寫應該力求具體且詳盡。
4. 實驗結束後，請將廢液倒入回收桶中，並清洗個人實驗器材。
5. 若有疑問可詢問現場監考老師並依指示處理。
6. 本份試題共 7 頁。

一、 簡介

偶氮染料是一種含有偶氮基團（ $-N=N-$ ）結構的有機化合物，因其鮮豔的顏色和良好的染色效果而在多種領域中廣泛使用。偶氮染料作為一種常見的染料類型，用途非常廣泛無論是食品、油漆、皮革、紡織品、橡膠都有使用到偶氮染料。

偶氮染料有以下的基本結構： $Ar-N=N-Ar'$ ，其中 Ar 和 Ar' 是芳香基團。含有氮—氮雙鍵結構的部分稱為偶氮基團，而在 $-N=N-$ 兩端芳香環上的取代基，則控制著這偶氮染料的顏色、水溶性和與纖維的結合能力。在進行偶氮染料合成時，可利用一含有氨基的芳香族化合物與亞硝酸鈉在低溫酸性條件下反應即可得到偶氮鹽類。當有反應性較強的芳香族化合物，如：酚或芳香胺存在時，便可以反應生成偶氮化合物(azo compound)。偶氮化合物通常具有顏色：偶氮鍵， $-N=N-$ 使附在其上的芳香環互為共軛，擴大未定域 π 電子系統，而吸收在可見光區域的光線。

在現代農業生產中，農藥的使用已成為提高農作物產量、控制病蟲害的重要手段。然而，農藥的使用帶來的另一個問題便是殘留在農作物中的化學物質，這些殘留農藥不僅對消費者的健康構成威脅，還可能對環境造成長期的負面影響。經專家研究和臨床觀察，長期食用含有農藥殘留的食物可能導致多種慢性疾病，包括癌症以及生殖和神經系統疾病。農藥殘留的檢測成為了保護消費者健康和確保農產品安全的關鍵環節。在眾多檢測方法中，化學顏色檢測法因其操作簡單、成本低廉、快速檢測等優勢，成為農藥殘留檢測領域中備受關注的技術手段。

偶氮化合物染料用途相當多，亦可以用來初步檢測特定農藥的存在，其優點為：(1)快速反應：通過顯色反應，檢測結果可以在較短的時間內獲得，特別是使用試紙或快速檢測裝置，能夠在現場進行快速篩檢，便於農產品或環境樣品的即時檢測。(2) 操作簡單：大多數檢測方法不需要複雜的儀器設備，化學反應步驟相對簡單，實驗人員容易上手，適合於常規檢測或非專業技術人員使用。(3) 成本低廉：偶氮化合物作為檢測試劑的成本較低，不需要昂貴的設備

或耗材，能夠以較低的成本進行大規模檢測。缺點為：(1)專一性不足:偶氮化合物的顯色反應可能會受到其他化學物質的干擾，導致誤檢或假陽性。某些偶氮試劑對特定類型農藥的專一性不高，需進行額外的前處理或多重檢測來提高準確性。(2)準確度有限:由於顏色變化的判斷可能會受主觀因素影響，且一些比色法的精度不如先進的儀器分析技術，可能無法提供極為精確的定量結果。(3)適用範圍有限:並非所有類型的農藥都能通過偶氮化合物進行有效檢測，對於某些特定結構的農藥，其顯色反應可能不夠靈敏或無法反應，因此必須針對性地選擇合適的檢測方法。(4)環境條件敏感:偶氮化合物的反應通常對溫度、pH 值等環境條件較為敏感，這要求檢測過程中的條件控制精確，否則可能影響結果的穩定性和再現性。

可見光分光光度計 (Visible Spectrophotometer) 是一種用來測量物質在可見光範圍內 (約 400 至 700 納米) 對特定波長光的吸收或透射程度的儀器。其基本原理是物質吸收不同波長的可見光，導致光的強度改變，通過測量這些變化可以獲得物質的濃度或結構信息。分光光度計可以從顏色的深淺，來判斷某個已知物質的濃度 (定量); 也可以用各個波長顏色被吸收的程度，所描繪出的光譜圖，來分析溶液中是否含有某種物質 (定性)。幾乎只要是樣品能夠透光，對某個波長的光線 (可見光、紫外光、近紅外光)，在不同條件下 (跟其他化合物反應，或跟顯色劑反應)，會呈現等比例的吸收值差異性，我們便能夠拿分光光度計來定性或定量。

二、 藥品和器材

(一) 共用藥品和器材

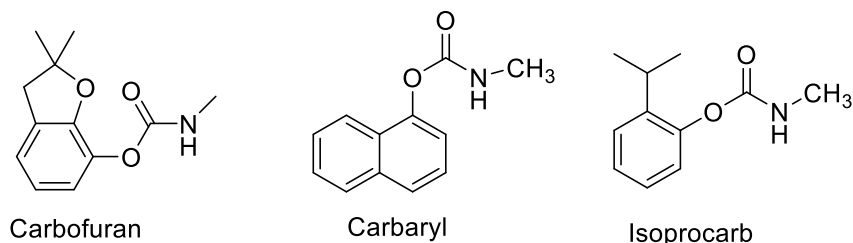
編號	名稱	編號	名稱
1	電子天秤	9	冰塊
2	1.5 M 鹽酸(一次性用量 5 mL)	10	藥勺
3	秤量紙	11	2.5 %碳酸鈉溶液 (一次性用量 6.25 毫升)
4	氯化鈉	12	亞硝酸鈉 (一次性用量 0.24 克)
5	蒸餾水	13	對胺基苯磺酸 (一次性用量 0.6 克)
6	未知樣品 A, B, C (200 PPM) (每次測試用量約 4 cc, 並置於樣本瓶中)	14	10 %氫氧化鈉溶液 (每次用量僅需 0.5 毫升)
7	比色槽	15	分光光度計
8	手套		

(二)各組器材和藥品

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	100 mL 錐形瓶	2 個	9	溫度計	1 支
2	250 mL 燒杯	1 個	10	加熱攪拌器	1 台
3	量筒(10mL)	2 支	11	冰浴盆	1 個
4	塑膠滴管	10 支	12	磁石	2 個
5	玻璃滴管	2 支	13	樣品瓶	8 個
6	乳帽	1 個	14	標籤紙	1 張
7	刷子	1 支	15	洗瓶	1 個
8	鑷子	1 支	16	A4 紙	2 張

三、實驗步驟與問題

農藥的種類相當多，其中最常被使用的農藥 Carbofuran(加保扶(好年冬)，Carbaryl (速敏，加保利)，Isoprocarb (滅必蟲) 如圖一所示，皆是氨基甲酸鹽類農藥，具有快速殺蟲效果，是一種廣泛使用的殺蟲劑和殺蟎劑，會抑制生物中的乙醯膽鹼酯酶，讓生物神經性中毒。

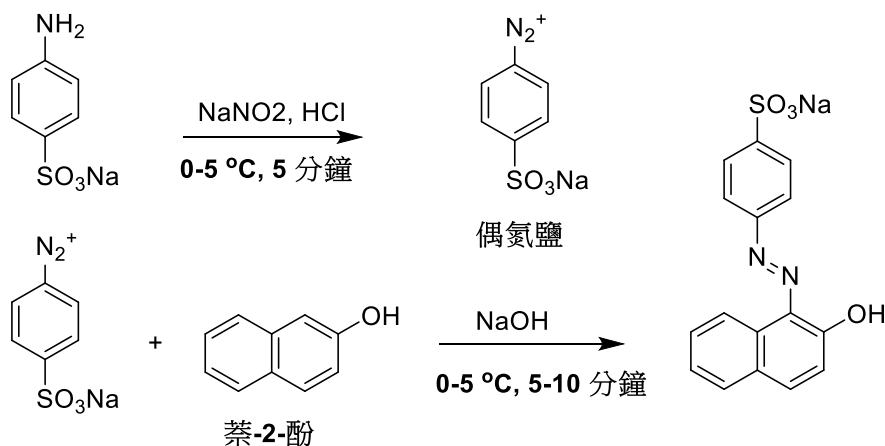


圖一、氨基甲酸鹽類農藥結構

由於氨基甲酸鹽類農藥水解的反應性質與酯類相似，但相對反應性較慢，故我們可以藉由 Scheme1 偶氮染料生成之反應方程式，將其應用於氨基甲酸鹽類農藥的檢測。

請設法檢驗三個未知樣品(A, B 及 C)中，只有一個樣品含有氨基甲酸鹽類農藥，Isoprocarb (滅必蟲)的存在，由於此作法容易造成誤判，請務必做一組對照組以增加實驗的可信度。此外，也可利用實驗室提供的簡易型分光光度計，協助判斷的依據 (助教可代為操作分光光度計)。

以下反應是一般偶氮染料的製備過程，利用對胺基苯磺酸鈉與亞硝酸鈉於低溫下進行反應後獲得偶氮鹽化合物，當加入萘-2-酚後於鹼性條件下會進行偶氮的偶合反應，便可獲得偶氮染料。



Scheme1: 偶氮染料生成之反應方程式

上述偶氮鹽的合成可依下列步驟來完成:

(提醒: 下列反應步驟提供學生參考，製作下列偶氮鹽時，請僅利用下列的藥品量一次性製作，並將製備好的偶氮鹽置於溶液中，不分離或乾燥，再依實驗需求自行分批取用偶氮鹽。)

偶氮鹽的製作:

1. 取一個乾淨的 100 毫升三角錐瓶，加入對氨基苯磺酸 (sulfanilic acid) 0.6 克，再加入 2.5% 碳酸鈉溶液 6.25 毫升，隔水加熱待完全溶解後，冰浴冷卻下，緩慢且分多次加入亞硝酸鈉 (NaNO_2) 0.24 克，攪拌或搖晃三角錐瓶直至完全溶解 (混合液 A)。
2. 取一個乾淨的 100 毫升三角錐瓶或樣品瓶，加入冰 1.5 M 鹽酸 5 毫升 (混合液 B)。
3. 將混合液 A 緩慢加入混合液 B 中，在冰浴下靜置不時搖晃約 3~4 分鐘後會有偶氮鹽大量生成 (懸浮結晶液—混合液 C)，靜置約 1~2 分鐘待固體沉澱。

*注意事項:

1. 乾燥的偶氮鹽可在震動、摩擦、加熱或電擊的條件下發生爆炸。實際操作中應避免對偶氮鹽進行乾燥，直接用含有水溶液的偶氮鹽檢測即可。特別注意不要將反應液灑出，導致乾燥偶氮鹽的產生。
2. 偶氮鹽耦合反應多在 0-5°C 進行，高於此溫時偶氮鹽易分解，導致副產物的生成。

實驗作答紙

1. 請參考上述偶氮染料生成之反應方程式，寫出欲檢驗樣品的實驗設計想法及理念。(10%)

2. 請簡述欲進行的實驗步驟(26%)。

3. 簡易說明對照組如何設計?(6%)

4. 請問生成的偶氮鹽顏色為何?利用偶氮鹽檢測各樣品產物及對照組的顏色為何?(15%)

5. 請利用分光光度計檢測各樣品與偶氮鹽結合後的吸收度及最大吸收波長。分光光度計共有三台，請根據要測定的樣品找代碼相同的分光光度計使用，要測量時再向助教拿取樣品槽裝取 3 毫升的體積，請助教幫忙測定，並完成下列表格。(12%)

樣品 測量項目	A	B	C
吸收度			
最大吸收波長			

6. 藉由偶氮檢驗法及上述分光光度計檢測結果，(1) 請判斷三個未知樣品中(A, B 及 C)，哪一個含有氨基甲酸鹽類農藥的存在? (5%) (2) 藉由這兩種方法，分別說明判斷的依據。(10%)

7. 在整個反應過程中可能會用到氫氧化鈉，請問其在反應過程中所扮演的角色是什麼?(6%)

8. 利用此化學檢測流程來確認樣品中含有氨基甲酸鹽類農藥的存在，請寫出其可能的產物為何?(10%)

113 學年度普通型高級中等學校化學科能力競賽決賽實作二

113 年 12 月 19 日(星期四)

溶液中鈣離子濃度測定

實驗競賽說明

1. 請全程穿上實驗衣、戴上安全護目鏡，遵守實驗室安全法則。
 2. 請仔細閱讀所有的實驗內容及熟悉填寫格式，再開始進行實驗操作與作答。
 3. 實驗報告均填寫於表格內，請勿撰寫於表格外，以避免遺漏評閱。
 4. 請在時間內完成實驗操作以及撰寫實驗報告，報告的撰寫應該力求具體且詳盡。
 5. 實驗結束後，請將廢液倒入回收桶中，並清洗個人實驗器材。
 6. 若有疑問可詢問現場監考老師指示處理，未告知可離開實驗試場時，請勿擅自離開。
 7. 本份試題共 8 頁。
-

一、 簡介

滴定是一種常見的化學分析方法，用於確定樣品中某一成分的濃度。此過程涉及將已知濃度的標準溶液逐漸加入待分析的溶液，並通過觀察顏色變化、生成沉澱或其他物理化學變化來確定反應的終點。常見的滴定方法包括酸鹼滴定、氧化還原滴定和螯合滴定。透過精確測量所需的標準溶液體積，可以計算樣品中目標物質的濃度。滴定廣泛應用於化學、製藥、環境科學等領域。

硬水是指含有高濃度可溶性礦物質，特別是鈣離子 (Ca^{2+}) 和鎂離子 (Mg^{2+}) 的水。這些礦物質通常來自地下水經過富含石灰岩、白雲石等岩層的過程，從而導致水中礦物質含量增加。硬水會在家庭用水設備中形成水垢，影響肥皂的清潔效率，並可能縮短熱水器或管道的使用壽命，故在水質檢測上，硬度是一項極為重要的項目。

水硬度的定義是以水中所含鈣離子和鎂離子的量而定，但分析時並不特別區分鈣、鎂離子，而且大部分硬度的造成多由土壤中碳酸鹽類沉澱物所引起，故硬度通常是以碳酸鈣的重量百萬分比 (parts per million, ppm) 表示，如:台北地區水質硬度為 50 ppm，表示每 1 公升自來水中含有 50 毫克的碳酸鈣。

二、藥品和器材

(一) 個人器材

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	滴定管架	1 座	10	玻棒	1 個
2	滴定管 (50 ml)	1 支	11	量筒 (100 ml)	1 支
3	塑膠滴管	4 支	12	量筒 (10 ml)	1 支
4	燒杯 (250 ml)	1 個	13	面紙	1 包
5	燒杯 (500 ml)	1 個	14	抹布	1 條
6	錐形瓶 (125 ml)	2 個	15	標籤紙	1 張
7	錐形瓶刷	1 支	16	牛奶	1 瓶
8	20ml 樣品瓶	3 個	17	拋棄式手套	1 雙
9	漏斗	1 個			

(二) 共用藥品和器材

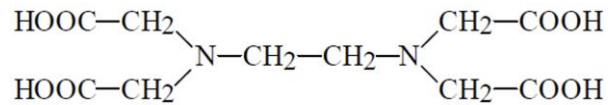
編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	電子天秤	4 台	8	EDTA-2Na	4 瓶
2	藥匙	8 支	9	0.03 M MgCl ₂	2 瓶
3	秤量紙	2 包	10	Eriochrome black T (E.B.T)	2 瓶
4	蒸餾水	4 桶	11	緩衝溶液(pH = 10)	2 瓶
5	衛生紙	4 包	12	1 M 鹽酸	2 瓶
6	碳酸鈣	4 瓶需分裝	13	擦拭紙巾	4 包
7	拋棄式手套	2 盒	14		

(三) 原子量

編號	名稱	原子量	編號	名稱	原子量
1	C	12.01	5	N	14.01
2	H	1.008	6	Na	22.98
3	O	16.00	7		
4	Ca	40.07			

三、 實驗原理與提示

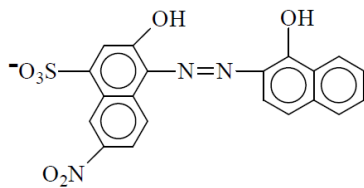
水硬度的測定常使用乙二胺四乙酸(EDTA, ethylenediaminetetraacetic acid, C₁₀H₁₆N₂O₈)進行滴定，EDTA 為一四質子酸，縮寫為 H₄Y，結構如下圖



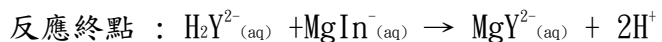
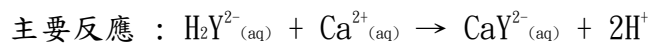
是極常應用的螯合劑，在與鈣離子螯合生成錯合物時，具有 1:1 莫耳比率的特性。

H₄Y 是難溶性晶體，Na₄Y 卻容易水解，故分析時是使用具有適度溶解度的 Na₂H₂Y·2H₂O (EDTA-2Na)。EDTA 的解離態可有五種形式存在於水溶液中(H₄Y、H₃Y⁻、H₂Y²⁻、HY⁻、Y⁴⁻)，溶液中各物種的相對量與 pH 值相關，所以滴定不同陽離子溶液時都有一定的 pH 範圍，可用緩衝溶液加以控制 pH 值。滴定鈣、鎂離子時形成的弱錯化合物陽離子需在 pH=10 的環境下進行。

本實驗所使用之指示劑為羊毛鉻黑 T (Eriochrome black T，縮寫 E.B.T)，是一種酸性染料，主要用於分析化學中，特別在螯合滴定 (Complexometric titration) 中作為金屬離子指示劑，因此被廣泛應用於金屬離子濃度的檢測。它可以與多種金屬離子 (如鋁、鐵、鎂等) 發生顯色反應，其中與鎂離子可形成穩定的紅色錯合物 MgIn⁻。



Eriochrome black T



實驗作答紙

A. 配製標定 EDTA 溶液之鈣離子標準溶液：(20%)

請用秤取 0.16g 碳酸鈣配製溶液體積為 100 ml 之鈣離子溶液，過程中請加入數滴濃鹽酸於溶液中，並計算其莫耳濃度。

a-1. 請仔細描述配製過程及數據記錄 (10%)

a-2. 請計算鈣離子標準溶液之莫耳濃度，請記錄實驗數據。(請注意有效位數) (5%)

a-3. 請描述配製鈣離子溶液時，加入濃鹽酸之用意為何？並寫出其化學平衡方程式。(5%)

B. 配製且標定 EDTA 溶液：(30%)

請將給定量之 EDTA-2Na 配製溶液體積為 250 ml 之 EDTA-2Na 水溶液，且用 a 配製之鈣離子溶液進行標定，請重複兩次，並算出 EDTA-2Na 溶液之平均莫耳濃度，以及 EDTA-2Na 之未知量(g)。

b-1. 請仔細描述 EDTA-2Na 溶液標定過程包含空白滴定及數據記錄（請每次取 5 ml 鈣離子溶液並稀釋至 25 ml 進行標定，被滴定之溶劑中請加入 5 mL 緩衝溶液、3 滴 EBT 指示劑、15 滴 0.03 M MgCl₂）(10%)

	1. EDTA-2Na 體積 (mL)	2. EDTA-2Na 體積 (mL)
空白滴定	0.9	1.3
EDTA-2Na 標定	4.9	4.6

b-2. 請計算(a) EDTA-2Na 溶液之莫耳濃度及其(b)固體重量 (10%)

b-3. 請問如何判定滴定終點並說明原理？(5%)

b-4. 空白滴定之用意為何？ (5%)

C. 以 EDTA-2Na 溶液於自來水滴定： (15%)

每次取定量 25 mL 硬水樣品進行滴定，進行兩次，並計算出硬水中鈣離子之莫耳濃度。(被滴定之溶劑中請加入 5 mL 緩衝溶液、3 滴 EBT 指示劑、15 滴 0.03 M MgCl₂)

c-1. 數據紀錄區。(5%)

	1. EDTA-2Na 體積 (mL)	2. EDTA-2Na 體積 (mL)
硬水中鈣離子之滴定		

c-2. 請計算未知硬水溶液之鈣離子莫耳濃度 (10%)

D. 以 EDTA-2Na 溶液於牛奶鈣含量滴定：(15%)

每次取定量 5 mL 牛奶樣品以蒸餾水稀釋至 25ml 進行滴定，進行兩次，並計算出牛奶中鈣離子之莫耳濃度。(被滴定之溶劑中請加入 5 mL 緩衝溶液、8 滴 EBT 指示劑、15 滴 0.03 M MgCl₂)

d-1. 數據紀錄區。(5%)

	1. EDTA-2Na 體積 (mL)	2. EDTA-2Na 體積 (mL)
牛奶中鈣離子之滴定		

d-2. 請計算牛奶之鈣離子莫耳濃度 (10%)

E. 簡答題 (20%)

e-1. 請說明為何在 EDTA 滴定中要使用 pH 值為 10 之緩衝溶液。(5%)

e-2. 請說明在使用 EDTA 滴定法檢測水樣硬度的過程中，可能會出現哪些誤差？你認為這些誤差會如何影響最終結果？有什麼方法可以減少誤差？(10%)

e-3. 請描述一種用來軟化硬水的方法，並敘述其原理。(5%)