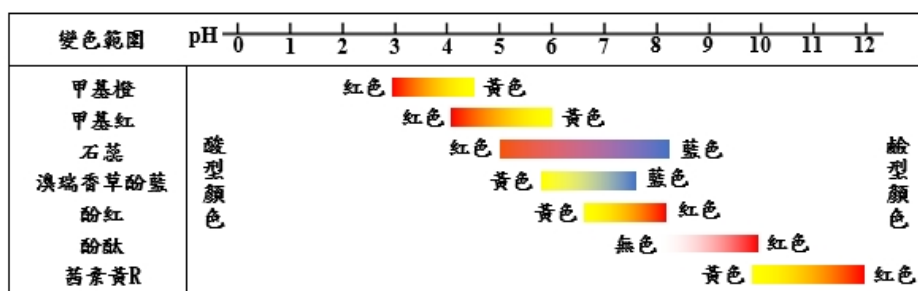


拾肆、競賽試題及參考答案

筆試(一)

壹、選擇題題目 (共計 30%)

- 將 0.1 mol 的 HCl 加入下列溶液中，何者的 pH 值變化最小？
 - 純水 1.0 L
 - 0.1 M、1.0 L 的 NaOH 溶液
 - 2.0 M 的 H_2CO_3 與 2.0 M 的 NaHCO_3 混合成溶液 1.0 L
 - 2.0 M 的 H_2CO_3 與 1.0 M 的 NaHCO_3 混合成溶液 1.0 L
 - 0.1 M 的 H_2CO_3 與 0.1 M 的 NaHCO_3 混合成溶液 1.0 L
- 現有 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 H_2SO_4 和 HNO_3 四瓶試劑，下列何種試藥能將四者區分？
 - $\text{Ba}(\text{OH})_2$
 - NaOH
 - HCl
 - Na_2S
 - NaCl
- 實驗桌上的 10 杯等濃度、等體積的溶液，若兩兩相互混合，則哪一組溶液所含的離子數量最多？
 - $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl}$
 - $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl}$
 - $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$
 - $\text{BaCl}_2 + \text{CuSO}_4$
 - $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH}$
- 參考附表，在室溫下將兩滴溴瑞香草酚藍指示劑，滴入一杯 $[\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M}$ 之小蘇打水溶液後，溶液應呈現何種顏色？再滴入兩滴酚紅，溶液又會呈現何種顏色？



- 藍，紅
 - 紅，紫
 - 藍，綠
 - 紅，綠
 - 藍，紫
- 在 25°C 時，設 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 之 K_{sp} 值為 K_1 ， $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之 K_{sp} 值為 K_2 ，今同時將上述兩種氫氧化物溶於水，而達成飽和時，溶液中 $[\text{OH}^-]$ 為何值？（ H_2O 產生的 OH^- 可忽略不計）

$$(A) \sqrt{\frac{K_1 + K_2}{2}} \quad (B) \sqrt[3]{\frac{K_1 + K_2}{4}} \quad (C) \sqrt[3]{2(K_1 + K_2)} \quad (D) \frac{\sqrt[3]{K_1} + \sqrt[3]{K_2}}{2} \quad (E) \sqrt[3]{\frac{K_1 + K_2}{2}}$$

6. 昔人確實認為銀製品可用於驗毒。唐人所著《外台秘要》中，對此有明確記載：「取銀匙若箸或釵含之，經宿，色黑即是，不黑者非。」，其中主要的原理為：
 $aAg + bH_2S + cO_2 \rightarrow dAg_2S + eH_2O$
 請問下列敘述何者**不正確**
- (A) $d = e$
 (B) H_2S 與 Ag 進行氧化還原反應
 (C) 生成物 Ag_2S 是黑色固體
 (D) 在缺氧狀態下，所得反應為 $2Ag + H_2S \rightarrow Ag_2S + H_2$
 (E) H_2S 在室溫下是氣體
7. 請問下列有關氧化還原反應的敘述何者**不正確**?
- (A) 銅像上出現的銅綠的組成為 $Cu_2(OH)_2CO_3$
 (B) 鐵質菜刀生鏽，其鐵鏽的成分為 Fe_2O_3
 (C) 氧化還原反應可能只有一種的元素的價數發生變化
 (D) 反應中所有的元素的價數均發生變化
 (E) 化學電池在放電過程中，氫氧燃料電池中的陰極與陽極重量均不改變
8. 下列哪個反應**雙氧水**的角色為**還原劑**?
- (A) 高錳酸鉀溶液與雙氧水反應
 (B) 碘化鉀溶液與雙氧水反應
 (C) 硫化氫與雙氧水反應
 (D) 苯酚與雙氧水反應
 (E) 亞鐵離子與雙氧水反應
9. Ag 、 Cu 、 Co 和 Zn 的標準還原電位分別為 $+0.799$ 、 $+0.337$ 、 -0.277 和 $-0.762V$ 。以下哪種電池會有最大的電池電動勢?
- (A) $Zn | Zn^{2+} (1 M) || Cu^{2+} (1 M) | Cu$
 (B) $Zn | Zn^{2+} (1 M) || Ag^+ (1 M) | Ag$
 (C) $Cu | Cu^{2+} (1 M) || Ag^+ (1 M) | Ag$
 (D) $Zn | Zn^{2+} (1 M) || Co^{2+} (1 M) | Co$
 (E) $Co | Co^{2+} (1 M) || Zn^{2+} (1 M) | Zn$
10. 以 Pt 電極電解下列水溶液，何項反應後溶液的 pH 值會逐漸變小?
- (A) 濃食鹽水
 (B) Na_2SO_4
 (C) $AgNO_3$
 (D) KI
 (E) H_2O

(一) 評量之關鍵概念：

1. 評量應考人判定 pH 值、指示劑、氧化還原的原理。
2. 評量應考人對於電化學電池的能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
	分數	3	0
1-10	內容	答案正確	內容錯誤

(三) 參考答案內容：

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	A	E	E	C	B	D	A	B	A

貳、問答題及計算題（共計 70%）（需寫出計算過程）

1. 試判斷下列鹽類水溶液的酸鹼性。

(1) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (2%)

(2) NaF (2%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人判斷鹽類酸鹼性的能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
1-2	分數	2	0
	內容	答案正確	內容錯誤

(三) 參考答案內容：

(1) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶於水會產生 Pb^{2+} 和 NO_3^- 。 NO_3^- 幾乎不會水解； Pb^{2+} 水解後呈酸性，所以 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液呈弱酸性。

(2) NaF 溶於水會產生 Na^+ 和 F^- 。 Na^+ 幾乎不會水解； F^- 水解後呈鹼性，所以 NaF 水溶液呈弱鹼性。

2. 25°C 下，將 0.10 M HNO_2 溶液 50.0 mL 與 0.10 M NaOH 溶液 10.0 mL 混合後，配製緩衝溶液： $(25^\circ\text{C}$ 下， HNO_2 的 $K_a = 4.50 \times 10^{-4}$ ，)

(1) 酸鹼中和後， HNO_2 的濃度為何？生成多少莫耳 NaNO_2 ？(4%)

(2) 此緩衝溶液的 pH 為多少？(3%)

(3) 若在此緩衝溶液中加入 0.5 mmol 的 HCl (假設體積不變)，溶液 pH 會變成多少？(3%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人緩衝溶液 pH 值的計算能力。

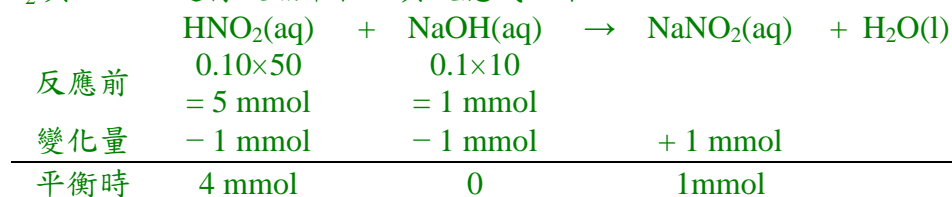
(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	4	3	2	0-1

	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(2)	分數	3	2	1	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(3)	分數	3	2	1	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

(1) O_2 與 $NaOH$ 進行酸鹼中和，其反應式如下：



$$[\text{HNO}_2] = 0.067 \text{ M}, \quad [\text{NO}_2^-] = 1 \text{ mmol}$$

(2) 酸鹼中和後，溶液的體積為 $10 + 50 = 60 \text{ mL}$ ， $[\text{HNO}_2]$ 為 $\frac{4}{60} \text{ M}$ ， $[\text{NO}_2^-]$ 為 $\frac{1}{80} \text{ M}$ 。



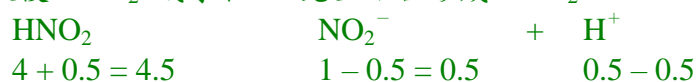
$$\text{將平衡時濃度代入平衡常數表示式 } K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

$$\text{可得：} 4.50 \times 10^{-4} = \frac{x \times \frac{1}{60}}{\frac{4}{60}} = \frac{x \times 1}{4}$$

$$\text{得 } x = 1.80 \times 10^{-3}, \text{ 即 } [\text{H}^+] = 1.80 \times 10^{-3} \text{ (M)},$$

$$\text{pH} = -\log(1.80 \times 10^{-3}) = 2.74$$

(3) 加入 0.5 mmol 鹽酸後， NO_2^- 幾乎和 H^+ 完全結合形成 HNO_2



物質濃度

$$\text{將上述物質濃度帶入：} K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]},$$

$$4.50 \times 10^{-4} = \frac{x \frac{0.5}{60}}{\frac{4.5}{60}} = \frac{x \times 0.5}{4.5}$$

得 $x = 4.05 \times 10^{-3}$ ，即 $[\text{H}^+] = 4.05 \times 10^{-3} \text{ (M)}$ ，

$$\text{pH} = -\log(4.5 \times 10^{-4}) = 2.39$$

3. 將石英與石墨共熱至 3000°C 可製得矽晶體 ($\text{Si}_{(s)}$)，並產生一氧化碳。試回答下列問題：
- (1) 寫出反應式 (需平衡係數) (3%)
- (2) 反應時，氧化劑與還原劑的質量比為何？(假設反應物均完全耗盡) ($\text{C}=12$ 、 $\text{O}=16$ 、 $\text{Si}=28$) (3%)

(一) 評量之關鍵概念：

1. 評量應考人化學方程式。
2. 評量應考人判定氧化還原的概念。

(二) 評分項目及標準：

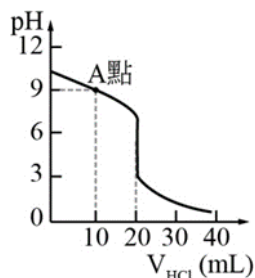
子題	等級	優	可	差
	分數	3	1	0
(1)	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	1	0
(2)	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



(2) 氧化劑為 SiO_2 (失氧)，還原劑為 C (得氧)，質量比 = $(1 \times 60) : (2 \times 12) = 5 : 2$

4. 將 1.5 g 之某一元弱鹼溶成 100.0 mL 水溶液，加數滴指示劑，以 0.5 M 的 $\text{HCl}(\text{aq})$ 滴定並使用 pH 測定儀測定的結果如附圖，回答(1)~(3)題：



- (1) 該鹼之分子量為何?(3%)
- (2) 若 A 點之 pH 值為 9.0，則該鹼之 K_b 為若干?(3%)
- (3) 滴定之前溶液之 pH 值為若干?(3%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人酸鹼平衡滴定的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	3	2	0-1
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	2	0-1
(2)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	2	0-1
(3)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

$$(1) \text{ 設一元弱鹼之分子量} = M \text{ g/mol, 則 } \frac{1.5}{M} \times 1 = 0.5 \times \frac{20.0}{1000} \times 1 \Rightarrow M = 150 \text{ g/mol}$$

$$(2) \text{ 點為半當量點, 故其 } \text{pOH} = \text{p}K_b = 14.0 - 9.0 = 5.0 \Rightarrow K_b = 1.0 \times 10^{-5}$$

$$(3) [\text{BOH}] = \frac{1.5}{150} \times \frac{1}{100 \times 10^{-3}} = 0.1 \text{ M, 則 } [\text{OH}^-] = \sqrt{0.1 \times 10^{-5}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\Rightarrow \text{pOH} = 3.0, \text{ 故 } \text{pH} = 11.0$$

5. 煉製鐵礦時，主要以焦炭將氧化鐵還原成鐵及生成二氧化碳，試回答下列問題：(Fe=56，C=12，O=16)

(1) 寫出此化學反應式（需平衡）：_____。(3%)

(2) 若 5kg 的鐵礦中含 40% 的氧化鐵(Fe₂O₃)，假設完全反應，至少需_____ kg 的焦炭可將其完全還原。(3%)

(一) 評量之關鍵概念：

1. 評量應考人氧化還原滴定的原理及其應用。
2. 評量應考人沈澱的的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	3	2	1
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	2	1
(2)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

$$(1) \text{Fe}_2\text{O}_3 = 160, n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{10 \times 10^3 \times 40\%}{160} = 12.5$$

$$\Rightarrow n_{\text{Fe}} = 2n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 12.5 \times 2 = 25(\text{mol}),$$

$$W_{\text{Fe}} = 25 \times 56 \times 10^{-3} = 1.4(\text{kg}).$$

$$(2)n_C = \frac{3}{2}n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{3}{2} \times 12.5 = 18.75(\text{mol}), W_C = 18.75 \times 12 \times 10^{-3} = 0.225(\text{kg}).$$

6. 鋰離子電池是一種充電電池，主要依靠鋰離子在正極和負極之間移動來工作。如果我們使用正極為錳酸鋰 (LiMnO_2)，負極為石墨狀碳材 (LiC_6)，請寫出放電時候正極與負極的半反應式。(6%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人電池的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	6	3	1
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



7. 已經知道五價無機砷酸有三個 pK_a 值，分別為 2.24、6.69 與 11.5，請寫出在水中的解離方程式。(6%)

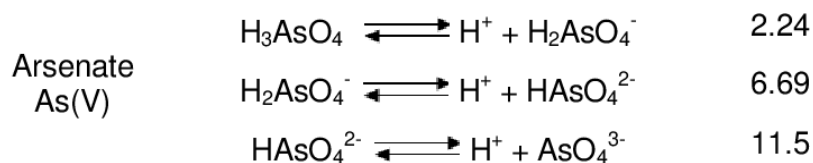
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人三質子酸解離的原理及應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	6	3	0
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



8. 請說明為何鹽橋內都要填入飽和濃度的 KCl ，而不選擇其他高濃度的鹽類。(5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人電池裝置原理及應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
----	----	---	---	---

	分數	5	2	0
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

Saturated KCl is used in a salt bridge because K^+ and Cl^- have similar mobilities. Junction potentials at the two interfaces of a KCl salt bridge are slight.

飽和 KCl 用於鹽橋，因為 K^+ 和 Cl^- 具有相似的電遷移率。因此 KCl 鹽橋的兩個界面處的接合電位很小，可以量測到準確的電位。

9. 為何不能直接將含 NaCl 的溶液，如海水，電解達到產生氫氣目的，請用化學反應式說明？(5%)

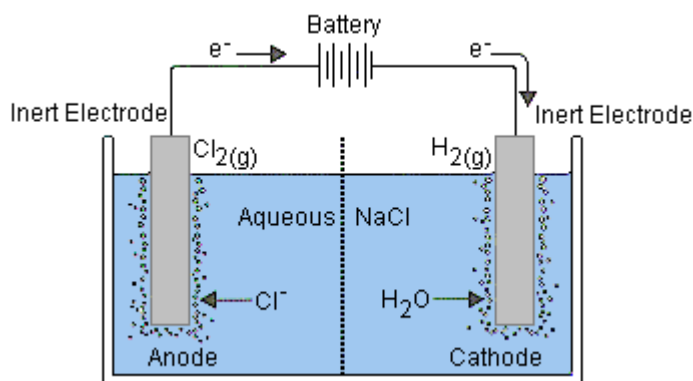
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人電池裝置原理及應用。

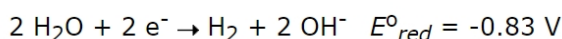
(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5	2	0
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

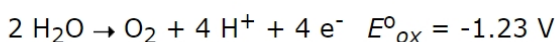
(三) 參考答案內容：



Cathode (-):



Anode (+):



10. 請問你如何組裝電化學裝置確定 Mg^{2+}/Mg 的標準還原電位？(5%)

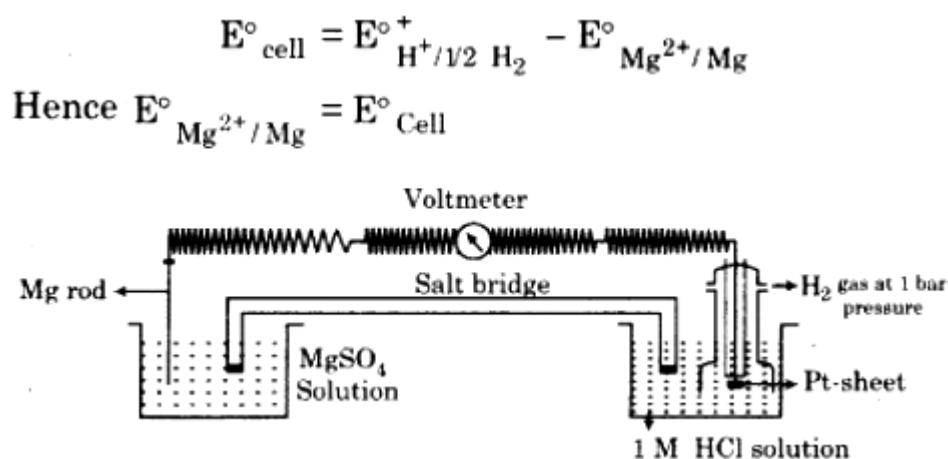
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人電池裝置原理及應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5	2	0
(1)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



11. 三個電解池 A、B、C 分別含有 ZnSO_4 、 AgNO_3 和 CuSO_3 溶液。如果將它們串聯起來，並且通過 1.5 安培的穩定電流，直到 1.45 克銀沉積在電解池 B 的陰極，請問需要施加多久的電流？在同樣狀況下，沉積在電解池 C 的銅和電解池 A 的鋅的質量是多少？(Zn 原子量為 65.3，Ag 原子量為 108，Cu 原子量為 63.5；一莫耳電子電量為 96500 庫倫) (8%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人電池裝置原理及應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	4	2	1	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(2)	分數	4	2	1	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

Cell B: $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$ at cathode.

1 mole (108 g) of Ag is deposited by 96500 C.

1.45 g of Ag will be deposited by $(96500 \times 1.45) / 108 = 1295.6$ C.

$Q = It$

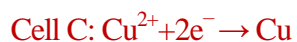
$1295.6 = 1.5 \times t$

t=864s



2 moles of electrons (2×96500 C of current) produces 1 mole (65.3 g) of zinc.

1295.6 C of electricity will deposit $(65.3 \times 1295.6) / (2 \times 96500) = 0.438$ g of zinc



2 moles of electrons (2×96500 C) of current will produce 1 mole (63.5 g) of Cu.

1295.6 C of current will deposit $(63.5 \times 1295.6) / (2 \times 96500) = 0.426$ g of copper

Saturated KCl is used in a salt bridge because K^{+} and Cl^{-} have similar mobilities. Junction potentials at the two interfaces of a KCl salt bridge are slight.

飽和 KCl 用於鹽橋，因為 K^{+} 和 Cl^{-} 具有相似的電遷移率。因此 KCl 鹽橋的兩個界面處的接合電位很小，可以量測到準確的電位。

筆試(二)

1. 波耳氫原子模型主要基於兩個假設:

a. 電子可以在一些特定軌道上穩定地環繞原子核作圓周運動，這些特定軌道具有不同半徑 r ，且特定軌道的圓周長必須符合 $2\pi r_n = n\lambda_e$ 類似駐波條件， $n = 1, 2, 3, \dots$ ； λ_e 代表電子的物質波長。而根據將粒子性與波動性結合的德布羅依關係式(de Broglie relation)

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v}, \quad h \text{ 為普朗克(Planck)常數；} m_e v \text{ 為電子以質量 } m_e \text{ 速度 } v \text{ 運動時所具有的動量。}$$

b. 經由吸收或釋放特定能量的光子，電子可以躍遷到其它特定能量的軌道上。

在上述假設下，波耳推算出氫原子內唯一的電子在不同軌道的相對能量

$$E_n = \frac{-k}{n^2}, \quad k \text{ 指電子從 } n = 1 \text{ 至 } n = \infty \text{ 軌道所需能量，又稱為游離能。本題要你實際推演出}$$

此能量方程式：

(1) 電子圓周運動的作用力來源是原子核與電子的庫侖力 $F = \frac{-e^2}{r^2}$ (注意此處使用 cgs-esu

單位制表示式，庫侖常數為 $1 \text{ erg cm esu}^{-2}$ ，因此不必特別寫明， e 是一個質子的電荷量或一個電子的負電荷量，

$e = 4.803204 \times 10^{-10} \text{ esu} = 1.602176 \times 10^{-19} \text{ C}$)。對於隨著電子一起轉動的觀察者而言，電子是靜止的，根據牛頓定律，電子受到的庫侖力與假想的「離心力」大小相

等方向相反，利用合力為零，離心加速度公式為 $a = \frac{-v^2}{r}$ ，以及模型基本假設。(10%)

首先推導出氫原子特定軌道半徑公式

$$r_n = n^2 a_0, \quad a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e e^2} \quad (a_0 = 0.5292 \text{ \AA} \text{ 稱之波耳半徑})$$

(2) 利用電子總能為動能與庫侖位能的和，即 $E = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{e^2}{r}$ 。(10%)

$$\text{推導出氫原子量子總能 } E_n^H = \frac{-e^2}{2a_0 n^2}$$

(3) 計算一莫耳氫原子以仟焦耳為單位之 k 值。(5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對波耳氫原子模型的原理及應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	8-10	5-7	2-4	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(2)	分數	8-10	5-7	2-4	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(3)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

Subject : No. : 1
Date :

I. (a) $\overset{\text{方向相反}}{\text{合力為零}} \xrightarrow{\text{變号}} -\frac{e^2}{r^2} + m_e \frac{v^2}{r} = 0$

$$\frac{e^2}{r^2} = m_e \frac{v^2}{r}$$

大小相等

$$r = \frac{e^2}{m_e v^2}$$

假設(1)

$$2\pi r_n = n\lambda_e, n=1,2,3,\dots$$

$$= n \frac{h}{m_e v}$$

代
入

$$v = \frac{nh}{2\pi m_e r_n}$$

$$v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e^2 r_n^2}$$

$$r_n = \frac{e^2}{m_e \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e^2 r_n^2}}$$

$$1 = \frac{4\pi^2 m_e e^2}{n^2 h^2} r_n$$

$$r_n = n^2 \left(\frac{h^2}{4\pi^2 m_e e^2} \right)$$

$$= n^2 a_0$$

$$(b) \quad E = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{e^2}{r}$$

$$-\frac{e^2}{r^2} + m_e \frac{v^2}{r} = 0 \quad \text{合力為零} \quad \text{代}$$

$$m_e v^2 = \frac{e^2}{r}$$

$$E = -\frac{1}{2} \frac{e^2}{r_n}$$

$$\text{由(a)} \quad r_n = n^2 a_0 \quad \text{代}$$

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{e^2}{a_0} \frac{1}{n^2} = -\frac{e^2}{2a_0 n^2}$$

$$(c) \quad E_n = -\frac{e^2}{2a_0} \frac{1}{n^2} = -\frac{k}{n^2}$$

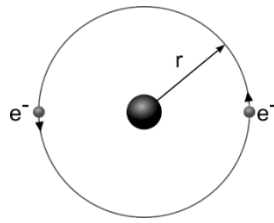
$$k = \frac{e^2}{2a_0}$$

$$= \frac{1 \text{ erg} \cdot \text{cm} \cdot \text{esu}^{-2} \cdot (4.803204 \times 10^{-10})^2 \text{ esu}^2}{2 \cdot 0.5292 \times 10^{-8} \text{ cm}} \quad (\text{\AA})$$

$$= 2.18 \times 10^{-11} \text{ erg/Atom}$$

$$k = 2.18 \times 10^{-11} \text{ erg/Atom} \times 10^{-7} \frac{\text{J}}{\text{erg}} \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{J}} \\ \times 6.02 \times 10^{23} \text{ Atom/mole} = 1312.2 \text{ kJ/mole}$$

2. 假如你是波耳先生，企圖由一個電子的氫原子推廣到二個電子的氦原子，你想像了下图之電子運動模型：考慮兩個電子會互相排斥，要相隔愈遠愈好，因此兩者相對位置是在圓周直徑的兩端，且保持同方向進行等速圓周運動，核電荷應為 $+2e$ ，仿照上一題處理氫原子的方法，用牛頓力學考慮旋轉參考系運動粒子之總受力情況，並摻雜電子具有物質波長以及軌道圓周長須符合波長整數倍等量子化條件，



(1)推導出氦的電子軌道半徑是氫原子半徑的 $\frac{4}{7}$ ，即 $r_n^{He} = \frac{4}{7}n^2 a_0$ (庫侖力較強，半徑比較小是合理的)。(10%)

(2)列出氦原子總能(E^{He})所包含的動能與位能共五個項。(5%)

(3)推導氦原子量子總能(E_n^{He})是氫原子量子總能(E_n^H)的幾分之幾倍?(10%)

(一)評量之關鍵概念：

評量應考人對波耳氫原子模型延伸應用的能力。

(二)評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	8-10	5-7	2-4	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。
(2)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。
(3)	分數	8-10	5-7	2-4	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。

(三)參考答案內容：

II. (a) ^{任一電子}所受合力為零 $+m_e \frac{v^2}{r} - \frac{2e^2}{r^2} + \frac{e^2}{(2r)^2} = 0$

離心力 庫倫引力 庫倫斥力

$$+ \frac{m_e v^2}{r} - 2 \frac{e^2}{r^2} + \frac{1}{4} \frac{e^2}{r^2} = 0$$

$$\frac{7}{4} \frac{e^2}{r^2} = \frac{m_e v^2}{r}$$

$$r = \frac{7}{4} \frac{e^2}{m_e v^2}$$

$$r_n = \frac{7}{4} \frac{e^2}{m_e \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e^2 r_n^2}}$$

$$1 = \frac{7}{4} \frac{4\pi^2 m_e e^2}{n^2 h^2} r_n$$

$$r_n^{\text{He}} = \frac{4}{7} n^2 \left(\frac{h^2}{4\pi^2 m_e e^2} \right)$$

$$= \frac{4}{7} n^2 a_0 = \frac{4}{7} r_n^{\text{H}}$$

$$(b) E^{\text{He}} = \frac{1}{2} m_e v^2 + \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{2e^2}{r} - \frac{2e^2}{r} + \frac{e^2}{2r}$$

$$(c) E^{\text{He}} = m_e v^2 - \frac{7e^2}{2r}$$

$$\text{合力為零} + \frac{m_e v^2}{r} - \frac{2e^2}{r^2} + \frac{1}{4} \frac{e^2}{r^2} = 0$$

$$m_e v^2 = \frac{7}{4} \frac{e^2}{r}$$

$$E_{\text{He}} = \frac{7}{4} \frac{e^2}{r} - \frac{7}{2} \frac{e^2}{r}$$

$$= -\frac{7}{4} \frac{e^2}{r}$$

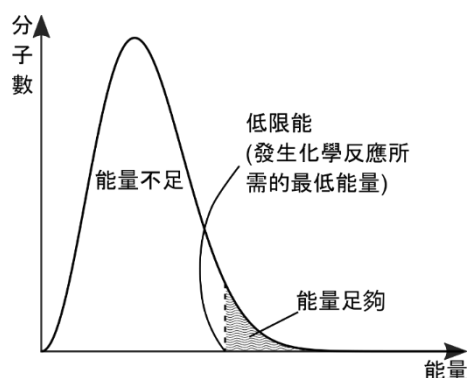
$$\text{代入 (a) 的 } r_n, E_n^{\text{He}} = -\frac{7}{4} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{7}{4} \frac{e^2}{\frac{4}{7} n^2 a_0}$$

$$= -\frac{49}{16} \frac{e^2}{a_0} \frac{1}{n^2}$$

$$= +\frac{49}{8} \left(-\frac{e^2}{2a_0 n^2} \right)$$

$$= \frac{49}{8} E_n^{\text{H}}$$

3. 化學反應的發生仰賴反應粒子相互碰撞，能發生反應的碰撞稱為有效碰撞，有效碰撞的一項條件是唯有超過低限能的粒子碰撞才可能反應。於是課本中會出現下列的粒子動能分布曲線圖：



這個曲線圖的理論根據是馬克士威-波茲曼分布(Maxwell-Boltzmann velocity distribution)，它是一個描述一定溫度下微觀氣體粒子運動速度的**機率分布**，其數學表達式如下：

$$f(v)dv = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{1}{2}mv^2/k_B T} dv,$$

v 為粒子運動速度， $f(v)$ 稱為速度分布函數， $f(v)dv$ 代表發現一個分子其速度是介於 v 與 $v + dv$ 之間的機率。 m 為一個粒子的質量， k_B 為波茲曼常數， T 為氣體之溫度。

(1) 若粒子運動之動能 $\varepsilon = \frac{1}{2}mv^2$ ，利用變數變換將 $f(v)dv$ 轉換成 $f(\varepsilon)d\varepsilon$ 。

證明

$$f(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{2\pi}{(\pi k_B T)^{3/2}} \varepsilon^{1/2} e^{-\varepsilon/k_B T} d\varepsilon \quad (5\%)$$

(2) 定性地在函數對自變數 ε 的座標圖上(ε 從0到 ∞)個別先畫出 $g(\varepsilon) = \varepsilon^{1/2}$ 與

$h(\varepsilon) = e^{-c\varepsilon}$ (c 為常數， $c = \frac{1}{k_B T}$)的曲線模樣，再定性地畫出複合函數 $g(\varepsilon)h(\varepsilon)$ 出現極值的曲線模樣。(5%)

(3) 因為 $f(\varepsilon) \propto g(\varepsilon)h(\varepsilon)$ 此時應可看出課本粒子動能分布曲線圖之由來。但注意差別是這裡縱軸 $f(\varepsilon)$ 代表機率密度而非粒子數，請你回答 $f(\varepsilon)$ 曲線下總面積即 $\int_0^\infty f(\varepsilon)d\varepsilon$ 的值為多少?理由為何?(5%)

(4) 定性地畫出不同溫度 T_1 與 T_2 ($T_1 < T_2$)的兩條 $f(\varepsilon)$ 曲線在同一張圖上，說明與解釋 T_2 曲線相對於 T_1 曲線之差別。(5%)

(5) 如何用上圖解釋溫度升高會讓反應速率增快。(5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對微積分變數變換、作圖和了解分布曲線圖的能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。

(2)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。
(3)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。
	分數	5	3-4	2	0-1
(4)	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。
	分數	5	3-4	2	0-1
(5)	內容	列式及答案正確。	列式正確及答案有誤。	列式及答案不完整。	內容不清楚或錯誤。

(三) 參考答案內容：

$$\text{III. (a)} \quad \varepsilon = \frac{1}{2} m v^2, \quad v = \left(\frac{2\varepsilon}{m} \right)^{1/2}$$

$$d\varepsilon = m v dv$$

$$dv = \frac{d\varepsilon}{m v} = \frac{d\varepsilon}{(2m\varepsilon)^{1/2}}$$

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{1}{2} m v^2 / k_B T} dv$$

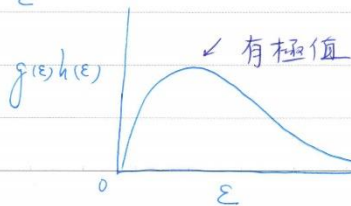
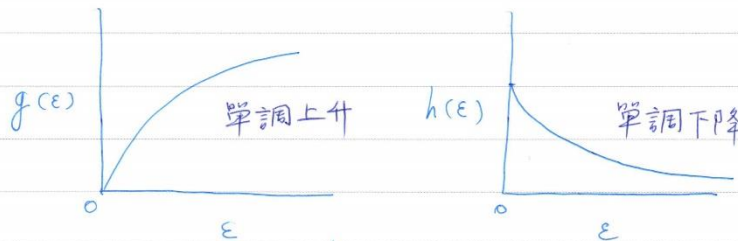
$$f(\varepsilon) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} \frac{2\varepsilon}{m} e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} \frac{d\varepsilon}{(2m\varepsilon)^{1/2}}$$

$$= 4\pi \left(\frac{1}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} 2^{1/2} \varepsilon^{1/2} e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} d\varepsilon$$

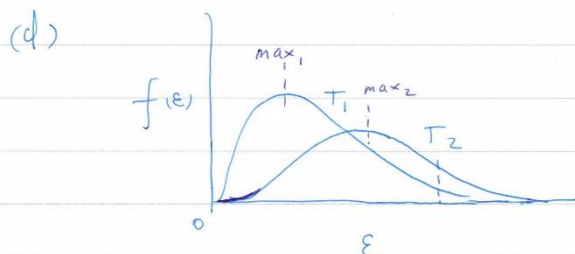
$$= \frac{\pi}{(\pi k_B T)^{3/2}} 4 \cdot \frac{1}{2^{3/2}} \cdot 2^{1/2} \varepsilon^{1/2} e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} d\varepsilon$$

$$= \frac{2\pi}{(\pi k_B T)^{3/2}} \varepsilon^{1/2} e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} d\varepsilon$$

(b)



(c) $\int_0^{\infty} f(\epsilon) d\epsilon = 1$ 代表總機率

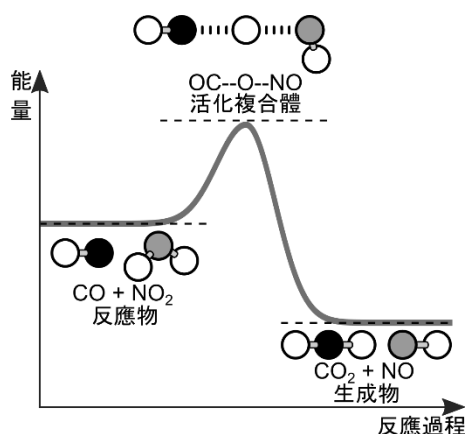


差別：① 極大值往高動能方向移動
② 曲線變得扁平，分布變寬

解釋：① $h(\epsilon) = e^{-\epsilon/kT}$ ， T 上升使指數遞減函數衰退變緩，造成 $g(\epsilon)h(\epsilon)$ 之極值向高 ϵ 移動
② 為保持曲線下總面積相同（總機率守恆），高溫_之曲線必須變低拉寬

(e) 溫度升高由分布曲線變化得知粒子平均動能變大，超過低限能粒子變多，有效碰撞次數變多，反應速率變快。
單位時間內

4. 下圖為一氧化碳與二氧化氮反應形成二氧化碳與一氧化氮的反應能量圖。



具足夠能量的一氧化碳與二氧化氮以適當位向碰撞後(譬如 $OC+ONO \rightarrow OCO + NO$ 可以反應，但 $CO+ONO$ 卻不可以)，形成一種能量位於最大值，非常不穩定，存在時間極短，而很難被偵測與證實的活化複合體 (activated complex)。活化複合體是一種處於反應物原有化學鍵尚未完全斷裂，而新的化學鍵正逐漸形成的過渡物質，為了使反應過程順暢，活化複合體的幾何結構也非常關鍵。儘管活化複合體很難被觀察到，但化學家還是可以去猜測合理的活化複合體結構。

本題以乙酸乙酯分解成乙酸及乙烯的反應 $CH_3COOC_2H_5 \rightarrow CH_3COOH + C_2H_4$ 為例，請運用想像力提供一個最合理的活化複合體分子結構(要畫出化學鍵，其中將斷裂或將形成的鍵，用虛線表示並標明是斷鍵或是成鍵)。(10%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於化學反應中活化複合體的幾何結構的了解。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	8-10	5-7	2-4	0-1
(1)	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

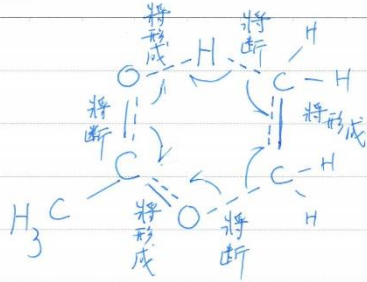
(三) 參考答案內容：

Subject :

No. : 7

Date :/...../.....

IV



5. 凡得瓦方程式(van der Waals equation)是荷蘭物理學家凡得瓦提出的一種真實氣體狀態方程式。凡得瓦方程式是對理想氣體狀態方程式的一種修正，特點在於將被理想氣體模型所忽略的氣體分子自身大小和分子之間的交互作用力考慮進來。凡得瓦方程式寫成 $\left[P + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right] (V - nb) = nRT$ ，其中 P , V , T 分別代表氣體的壓力、體積與溫度； R 為氣體常數； a 為修正壓力的凡得瓦常數； b 為修正體積的凡得瓦常數，不同的氣體有不同的凡得瓦常數值。
- (1) 利用凡得瓦方程式計算佔據體積 0.25 L 容器，溫度為 273.15 K，一莫耳的 CH_{4(g)} 之壓力 P_{VDW} 大小 (用 bar 作單位)，並與用理想氣體方程式所預測的壓力值 P_{id} 做比較， $P_{VDW} > P_{id}$ 還是 $P_{VDW} < P_{id}$ 呢? (5%)
 (甲烷凡得瓦常數 $a = 2.3026 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}$ ， $b = 0.043067 \text{ L mol}^{-1}$ ， $R = 0.083145 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)
- (2) 當容器體積縮小為 0.05 L，重複上題的計算， $P_{VDW} > P_{id}$ 還是 $P_{VDW} < P_{id}$ 呢? (5%)
- (3) 為什麼(1)與(2)用凡得瓦方程式所得到壓力值比用理想氣體方程式所預測的值一個比較小一個比較大? (5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人理想氣體和真實氣體狀態方程式的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
(1)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(2)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤
(3)	分數	5	3-4	2	0-1
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

$$V. (a) \quad P_{VDW} = \frac{nRT}{V-nb} - a\left(\frac{n}{V}\right)^2$$

$$= \frac{0.083145 \cdot 273.15}{0.25 - 0.043067} - 2.3026 \frac{1}{(0.25)^2}$$

$$= 109.75 - 36.84$$

$$= 72.91 \text{ bar}$$

$$P_{id} = \frac{nRT}{V} = 90.84 \text{ bar}$$

$$P_{id} > P_{VDW}$$

$$(b) \quad P_{VDW} = \frac{0.083145 \cdot 273.15}{0.05 - 0.043067} - 2.3026 \frac{1}{(0.05)^2}$$

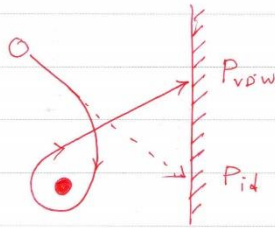
$$= 3275.79 - 921.04$$

$$= 2354.75 \text{ bar}$$

$$P_{id} = \frac{0.083145 \cdot 273.15}{0.05} = 454.22$$

$$P_{VDW} \gg P_{id}$$

(C) 容器体积大时, 分子间距离较远, 分子间作用力以吸引力为主 (如偶极-偶极作用或凡得瓦力), 因吸引力之牵制, 气体分子撞擊器壁所产生的平均压力较不考虑有作用力的理想气体要小.



容器体积小, 分子间距离十分靠近, 分子间电子云彼此斥力变得重要, 且 $\frac{nRT}{V-nb}$ 项分母变得很小, 使 $\frac{nRT}{V-nb}$ 变得很大, 压力因此比 $\frac{nRT}{V}$ 的值大许多!

筆試(三)

壹、單選選擇題 (20%，每題 2%)

- 下列分子中何者具有最長的鍵結？
 - C_2
 - N_2^+
 - O_2
 - O_2^{2-}
- 在化合物 $[Cu(NH_3)_4]CO_3$ 中，Cu 離子的 3d 軌域具有幾個電子？
 - 6
 - 7
 - 8
 - 9
- 下列何種鹽類溶於水時，會呈鹼性？
 - $NaNO_3$
 - CH_3COONa
 - $NaCl$
 - NH_4Cl
- 下列何者不具有正四面體之形狀？
 - XeF_4
 - CCl_4
 - SiF_4
 - CH_4
- 下列化合物何者有最高的沸點？
 - Cl_2
 - HCl
 - N_2
 - Ne
- 下列何離子有最小的半徑？
 - F^-
 - Na^+
 - Mg^{2+}
 - Al^{3+}
- N_2O_4 分子中的氮原子的氧化數是多少？
 - +1
 - +2
 - +3
 - +4
- 下列何者為順磁性分子？

- (A) O₃
- (B) NO₂
- (C) CO
- (D) HO⁻

9. 下列何者為直線型結構?

- (A) HOCl
- (B) N₃⁻
- (C) SO₂
- (D) O₃

10 乙炔分子中的兩個碳原子是以何種混成軌域鍵結?

- (A) sp
- (B) sp²
- (C) sp³
- (D) sp³d

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於課本中基本無機化學理論及例子的瞭解程度

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
	分數	2	0
1-10	內容	答案正確	內容錯誤

(三) 參考答案內容：

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	B	D	B	A	A	D	D	B	B	A

貳、簡答題及題組題 (80%)

一、簡答題 (55%，每題 5%)

1. 金屬化合物 MA₃B₃ 具有八面體結構，畫出所有可能的立體結構。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

mer- and fac- of Oh

2. 請解釋為何 C_2H_4 為一平面結構而 N_2H_4 則不是一個平面結構。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

In ethylene, carbon has p orbitals not involved in sigma bonding. These orbitals interact to form a pi bond between the carbons, resulting in planar geometry. In hydrazine each nitrogen has a steric number of 4, and there is sigma bonding only; the steric number of 4 requires a three dimensional structure

3. 畫出以下分子的路易士結構和其幾何形狀。(每個分子的第一個原子為中心原子)



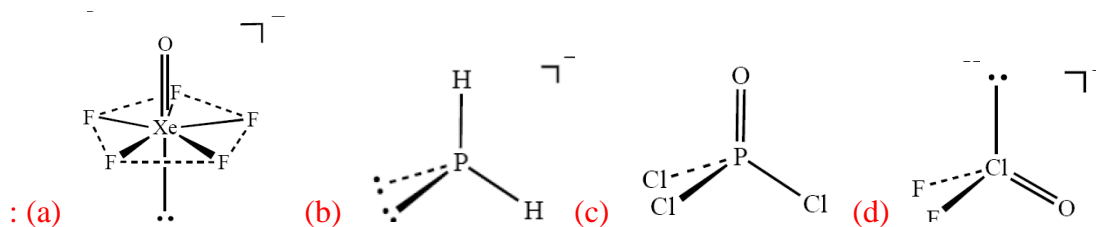
(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



4. 試解釋為何 PCl_3 和 PCl_5 都存在，而 NCl_5 不存在。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

N 為第二週期元素應該遵守八偶體規則。NCl₃ 遵守八偶體規則，而 NCl₅ 不遵守八偶體規則，所以不存在。P 為第三週期元素可以超越八偶體規則，PCl₅ 可以存在。

5. 胃藥中常使用氧化鎂做為制酸劑，氧化鎂能中和過多的胃酸，請寫出氧化鎂與水的反應。

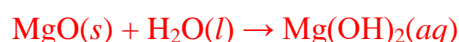
(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



6. 一條溼的彩布條放在氯氣中，其顏色(有機染料)會逐漸褪去，試以化學式說明其原因。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



7. 無水 HF(l) 與無水 SbF₅(l) 作用，形成一超級酸 [H₂F][SbF₆]，試寫出其反應式。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
----	----	---	---	---	---

	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



8. 請解釋為何無水 H_2SO_4 和 H_3PO_4 都具有高導電性。

(一) 評量之關鍵概念：

觀念正確且能正確寫出相關化學反應式

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

$2\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{H}_3\text{SO}_4^+ + \text{HSO}_4^-$ and $2\text{H}_3\text{PO}_4 \leftrightarrow \text{H}_4\text{PO}_4^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ form enough ions to allow conductance in the pure acids

9. 在一系列分子 PF_3 、 PCl_3 及 PBr_3 中發現，其 X-P-X 的鍵角有著 $\text{F-P-F} < \text{Cl-P-Cl} < \text{Br-P-Br}$ 的趨勢，試問原因為何？

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於各原子間電負度的差異造成鍵結電子對於鍵角的影響及原子半徑對於鍵角的影響

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

- (1) 外部原子電負度越大，鍵結的電子越靠近外部原子，使得 X-P-X 鍵角變小
- (2) 外部原子的半徑大小造成

10. 混成軌域理論無法解釋分子(或化合物)和光作用之後的何種現象？

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於原子及分子軌域的概念

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

無法解釋電子吸收能量躍遷到激發態後，發出光回到基態；或無法解釋可見光譜(比色計或光譜儀)的機制

11. 金屬錯合物的中心金屬會因為周遭的配位環境改變而產生不同的顏色，其中以反式及順式-氯化二氯雙二胺基乙烷鈷(III)金屬錯合物為例($[\text{Co}^{\text{III}}(\text{en})_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$; 二胺基乙烷: ethylene diamine, 簡稱 en)，順式為紫色而反式為綠色，試以晶場理論解釋順式及反式金屬錯合物顏色上的差異？

(一) 評量之關鍵概念：

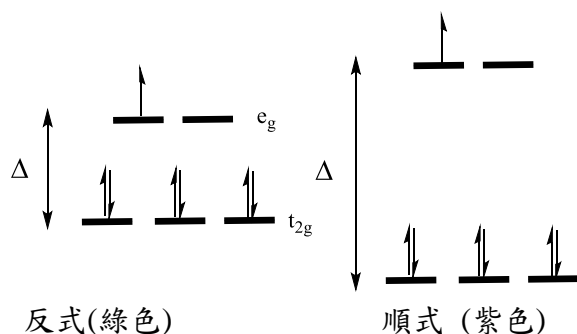
評量應考者對於金屬錯合物有不同顏色背後科學原理的理解

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

順式結構的 d 軌域 t_{2g} 和 e_g 間的晶場能分裂能量差大於反式結構，因此化合物吸收短波長(高能量)的光進而看到呈現出互補色的化合物



二、題組 (25%，每題 5%)

1. 氮氣對於地球上的生物扮演著非常重要的角色，植物可利用其含氮原子的衍生物來促進生長而人類則是利用其在工業上的用途。其中，在工業上利用奧士華法製備硝酸，其製備過程中的一個步驟是利用氮為原料結合鉑銨合金觸媒，在高溫高壓下與氧氣反應生成一氧化氮氣體。試問：

(1) 上述的反應方程式為何？

(2) 其含氮原子的化合物中氮的氧化數各為何？

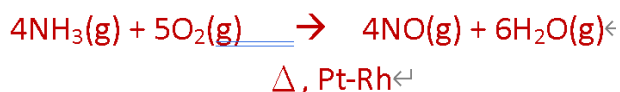
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於化學反應方程式及原子在分子中具有氧化數概念

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



2. 承上題，一氧化氮分子不穩定，在特定條件下兩個一氧化氮分子會進行自身氧化還原反應產生其他兩個含氮原子的化合物(N_xO 及 NO_y)，試問其反應方程式為何？且其產物中氮原子的氧化數各為多少？

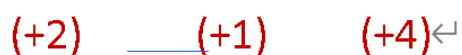
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於化學反應方程式及原子在分子中具有氧化數概念

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



3. 承上題，9 g 的一氧化氮分子在上述的反應中氮原子總共會得到和失去幾 mole 的電子？

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於化學反應方程式中電子得失及化學劑量計算概念

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

$$9/30 = 0.3 \text{ mole}, \leftarrow$$

$$\text{得到 } 0.3 \text{ mole} \times \frac{2}{3} \times 1 \text{ 電子} = 0.2 \text{ mole},$$

$$\text{失去 } 0.3 \text{ mole} \times \frac{1}{3} \times 2 \text{ 電子} = 0.2 \text{ mole}$$

4. 承上題，一氧化氮分子需要符合何種條件下其電子組態會與氧氣相同，試以分子軌域理論解釋。(只需討論 p 軌域)

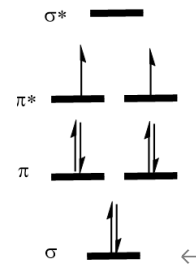
(一) 評量之關鍵概念：

評量應考者對於分子的電子組態及分子軌域中電子所在位置概念

(二) 評分項目及標準：

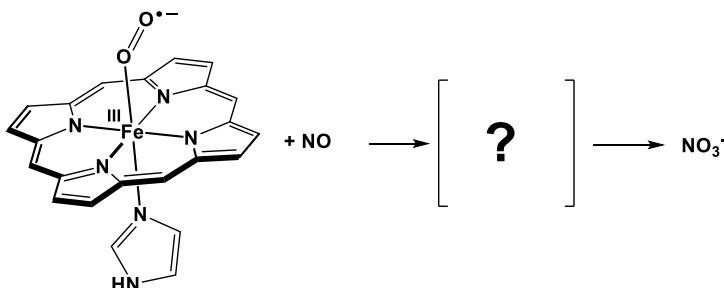
子題	等級	優	良	可	差
	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



需要得到一個電子填到 pi* orbital 上即可和氧氣的電子組態相同

5. 承上題，在生物體中的一氧化氮雙加氧酶(NOD)的活性中心跟紅血球內血紅素很像，也是以大環分子”卟啉”及”咪唑”的鐵錯合物為主體，但不同的是此 NOD 是利用中心金屬二價鐵與氧氣進行結合，形成三價鐵超氧化物後，再與一氧化氮分子進行反應進而形成穩定的硝酸鹽產物，如圖所示。試問，括號中間號產生的過渡態分子結構可能為何?(答案僅考慮氧原子和氮原子的部分即可)



(一) 評量之關鍵概念：

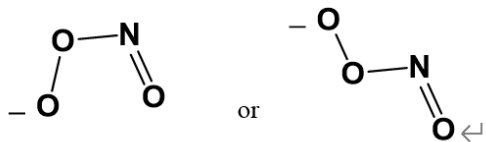
評量應考者對於課本內容延伸的觀念，路易斯結構畫法及推測

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
----	----	---	---	---	---

	分數	5	3-4	2	0
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

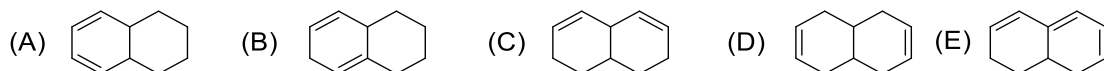


筆試(四)

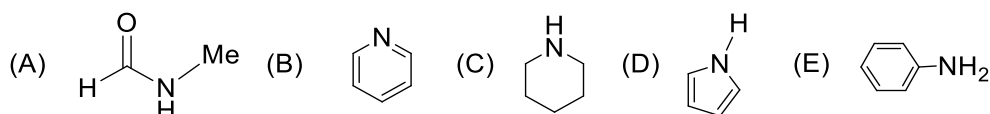
壹、選擇題

一、單選題(12%)

1. 下列何者化合物在紫外光可見光區的吸收波長(λ_{\max})會是最長?



2. 下列含氮化合物何者的鹼性最強?



3. 將含有苯胺(1 g)與苯甲酸甲酯(1 g)的混合物溶於乙醚 (50 mL)放置於分液漏斗中，然後用 2 M 的鹽酸水溶液(30 mL)進行萃取，靜置後將下層流出；然後再加入 2 M 的鹽酸水溶液 (30 mL)於分液漏斗中的溶液再一次進行萃取，待靜置後取上層溶液進行濃縮，將溶劑完全移除後，所得的物質主要成分為：

- (A) 苯甲酸
- (B) 苯胺
- (C) 氯化苯銨
- (D) 苯甲酸甲酯
- (E) 苯甲醯胺

4. 下列有關各化合物的沸點比較，何者錯誤?

- (A) 乙醇 > 乙醚
- (B) 水 > 丙酮
- (C) 正丙醇 > 異丙醇
- (D) 對二氯苯 > 鄰二氯苯
- (E) 乙酸 > 乙酸乙酯

5. 下列有關於聚乙炔的敘述，何者正確?

- (A) 是一種分子結構龐大的絕緣體，可用於包覆電線
- (B) 結構中每個碳原子的混成軌域為 sp
- (C) 具有 $(-C\equiv C-C\equiv C-)_n$ 的共軛結構
- (D) 具有幾何異構物
- (E) 由乙烯單體經加成聚合而成

6. 下列有機化合物中，何者沒有順反異構物?

- (A) 2-戊烯
- (B) 2-甲基-2-戊烯
- (C) 1-氯-1-丁烯
- (D) 1,2-二氯乙烯
- (E) 2-丁烯-1-醇

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中化學教材內容的熟悉度。

評量應考人對於各種有機化合物的結構特性之判斷能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
	分數	2	0
1-6	內容	答案正確。	內容錯誤。

(三) 參考答案內容：

題號	1	2	3	4	5	6
答案	E	C	D	D	D	B

二、多選題(18%)

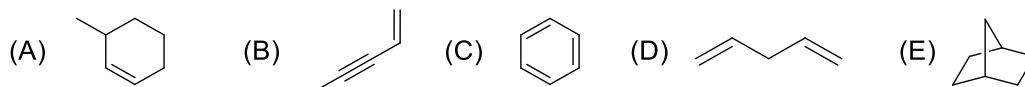
1. 就五個化合物純水、乙醇、丙酮、乙醚與醋酸的性質，下列各項陳述哪些正確？

- (A) 常壓下，沸點高低：醋酸 > 純水 > 乙醇 > 丙酮 > 乙醚
- (B) 乙醇與丙酮皆可與水以任何比率互溶
- (C) 分子間具有氫鍵作用的有純水、乙醇和丙酮
- (D) 乙醚的分子量最大，所以其沸點最高
- (E) 在常壓室溫下，丙酮最容易揮發

2. 界面活性劑在水中會聚集形成微胞現象，下列何者適合做為界面活性劑？

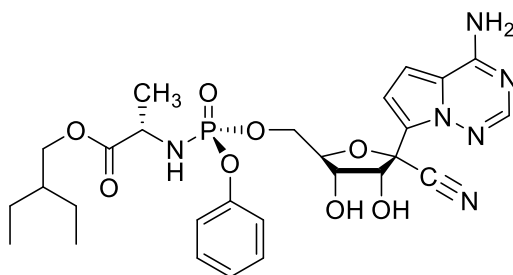
- (A) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COO}^-\text{Na}^+$
- (B) $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{Cl}^-$
- (C) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- (D) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{O}(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$
- (E) $\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}^-\text{K}^+$

3. 下列何者化合物能使溴水在常溫下退色？



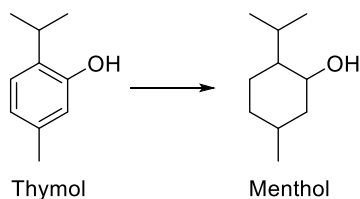
4. 抗新冠藥物瑞德西韋 (Remdesivir) 的化學結構如下圖所示，有關該分子之敘述，哪些正確？

- (A) 含有四個胺基酸片段
- (B) 含有十三個碳原子具有 sp^2 的混成軌域
- (C) 含有五個不對稱碳中心
- (D) 含有四個二級醇
- (E) 含有一個羧基



抗新冠藥物瑞德西韋 (Remdesivir)

5. 下列有關從百里酚(Thymol)製備薄荷醇(Menthol)之反應式的敘述，哪些正確？



- (A) 百里酚(Thymol)溶於酒精後加入氯化鐵(FeCl_3)後會產生紫色錯合物
 (B) 百里酚(Thymol)經由還原反應得到薄荷醇(Menthol)
 (C) 薄荷醇(Menthol)含有四個不對稱碳中心
 (D) 薄荷醇(Menthol)在適當條件下與二鉻酸鉀可反應生成酮類化合物
 (E) 百里酚(Thymol)在氫氧化鈉水溶液中的溶解度小於薄荷醇(Menthol)

6. 下列各組合中，哪些是共軛酸鹼對？

- (A) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$
 (B) H_2SO_3 , HSO_3^-
 (C) H_2PO_2^- , HPO_2^{2-}
 (D) $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$
 (E) H_3O^+ , H_2O

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學教材及其相關知識的熟悉度。

評量應考人對於各種有機化合物的結構特性之判斷能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
1-6	分數	3	0
	內容	答案正確	內容錯誤

(三) 參考答案內容：

題號	1	2	3	4	5	6
答案	A、B.	A、B	A、B、D	B、C	A、B、D	A、B、D、E

貳、綜合題 (70%)

1. 甲烷水合物，又稱可燃冰，海洋生態圈中是常見的成分，通常出現在深層的海床結構中，是因地理斷層深處的氣體遷移，經沉澱、結晶等作用所形成；在高壓下，甲烷水合物在 18°C 的溫度下仍能維持穩定的固態結構。一般的甲烷水合物組成份(CH₄)₄(H₂O)₂₃ 約為 1 莫耳的 CH₄ 及 5.75 莫耳的 H₂O 的組成，密度大約在 0.9 g/cm³。請問可燃冰在何種狀態下可以方便當作燃料？請簡要描述甲烷水合物的可能組成結構？(5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於有機化合物結構特性的判斷能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5	4-2	1-0
	內容	說明清楚完整	說明部份有誤	內容不清楚或錯誤

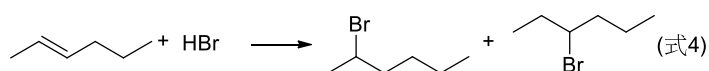
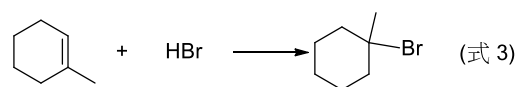
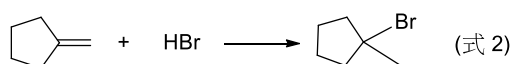
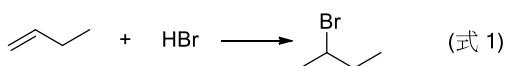
(三) 參考答案內容：

在常壓常溫下可燃冰結構就會崩解甲烷分子溢出就可作燃料使用

甲烷分子鎖在 12 面體或 14 面體的冰晶結構中

<<與下一甲烷分子的晶格共用一平面>>

2. 小明同學在探討了溴化氫與不同烯類的加成反應得到下列的結果：



式 1 ~ 式 3 的反應均得到單一產物，唯反-2-己烯的反應出現兩種產物(式 4)。請依據這些觀察，歸納出這個反應的規律性(或選擇性)，並就此類反應提出一個合理的反應機制。

又溴化氫與苯乙烯反應會生成何種產物？(10%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學以及其延伸內容的熟悉度。

評量應考人是否充分理解「馬可尼可夫法則」在製備鹵烷類化合物時的應用。

(二) 評分項目及標準：

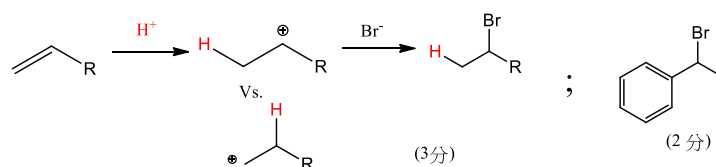
子題	等級	優	良	可	差
	分數	10	9-6	5-2	1-0

	內容	列式及答案皆正確	列式正確但答案不完整或有誤	列式及答案不完整或有誤	內容不清楚或錯誤
--	----	----------	---------------	-------------	----------

(三) 參考答案內容：

馬可尼可夫法則：質子加成在少取代的雙鍵碳上，使產生較穩定的碳陽離子(carbocation)，然後溴離子再接在帶正電的碳上，形成產物。(3分)

式4的反應物所生成的碳陽離子皆為 2° ，所以沒有選擇性。(2分)



3. 氰酸(H-O-C≡N)與異氰酸(H-N=C=O)是異構物。請分析兩者碳原子分別是用何種混成軌域建立鍵結的；又兩者經解離後形成對應的陰離子是何種關係？(5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中必修化學與選修有機化學的熟悉度。

評量應考人對於有機化合物結構特性的判斷能力。

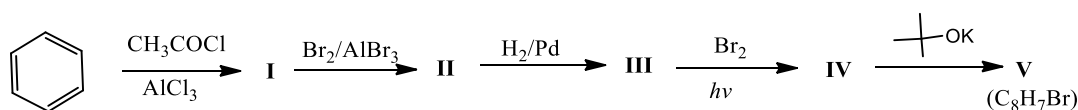
(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5	4-2	1-0
	內容	說明清楚完整	說明部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

兩者都是 sp 混成軌域；解離的陰離子，互為共振結構，同一物種。

4 依據下反應流程，寫出 I~V 的結構，其中 V 的分子式為 C₈H₇Br。(10%)



(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學以及其延伸內容的熟悉度。

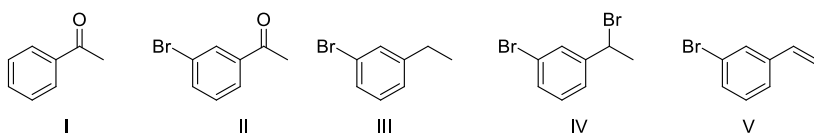
評量應考人是否熟悉各種有機化學中的化學反應，以及各種化學試劑對於官能基轉換的使用時機。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	10	9-6	5-2	1-0
	內容	列式及答案皆	列式正確但答	列式及答案不	內容不清楚或

		正確	案不完整或有誤	完整或有誤	錯誤
--	--	----	---------	-------	----

(三) 參考答案內容：



5 在相同的條件下，下列三個化合物進行水解的反應活性大小順序為何? $C_2H_5COOC_2H_5$ 、 $C_2H_5CONH_2$ 、 $(C_2H_5CO)_2O$ (5%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學及其延伸內容的熟悉度。

評量應考人對於羰基化合物結構特性與化學反應性的判斷能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	差
	分數	5	0
	內容	排序正確。	排序錯誤。

(三) 參考答案內容：



6. 已知一重量為 6.0 g 的有機化合物，以燃燒分析法先通過氧化銅(CuO)燃燒管經純氧完全燃燒，再依序通過兩個分別裝有過氯酸鎂($Mg(ClO_4)_2$)以及氫氧化鈉(NaOH)的 U 型吸收管後，得知此化合物僅含有碳、氫、氧三種元素，且裝有過氯酸鎂的 U 型管增重 7.2 g，裝有氫氧化鈉的 U 型管增重 13.2 g，若已知該化合物之分子量為 60，試回答下列問題：

(1) 請問該化合物的實驗式及分子式分別為何? (5%)

(2) 寫出該化合物所有可能之結構及其中文命名。(5%)

(3) 承上題，哪一結構之化合物可與鈉金屬(Na)反應產生氫氣?(2%)

(4) 哪一結構之化合物可與過錳酸鉀進行氧化反應生成具有羧基的化合物?(2%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學的熟悉度。

評量應考人是否充分理解燃燒分析法的原理及使用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	14	12-6	5-3	2-0
	內容	列式及答案皆正確	列式正確但1部分答案不完整	列式及答案不完整或有誤	內容不清楚或錯誤

			或有誤		
--	--	--	-----	--	--

(三) 參考答案內容：

一、由燃燒產物推知化合物的氫重 WH 與碳重 WC

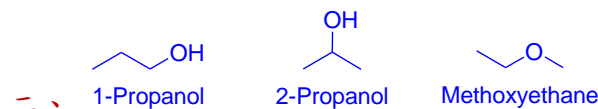
含過氯酸鎂的吸收管收集 $H_2O \rightarrow WH = 7.2 \times (2.0/18) = 0.8 \text{ g}$

含氫氧化鈉的吸收管收集 $CO_2 \rightarrow WC = 13.2 \times (12/44) = 3.6 \text{ g}$

$WO = W \text{ 樣品} - WH - WC = 6 - 0.8 - 3.6 = 1.6 \text{ g}$

$C : H : O = (3.6/12.0) : (0.8/1.0) : (1.6/16.0) = 3 : 8 : 1$

實驗式為 C_3H_8O ，式量為 60，故實驗式及分子式皆為 C_3H_8O



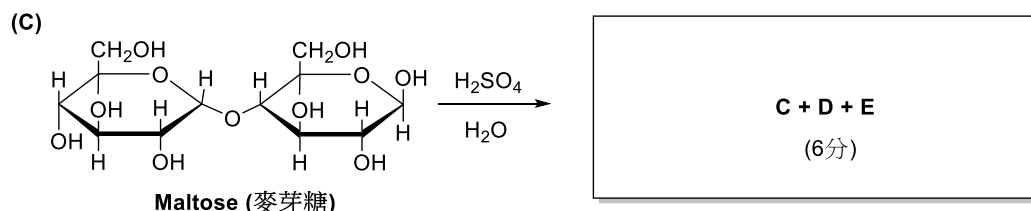
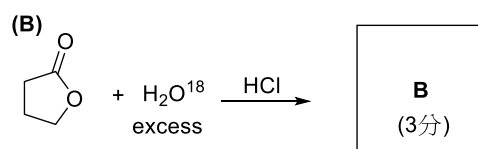
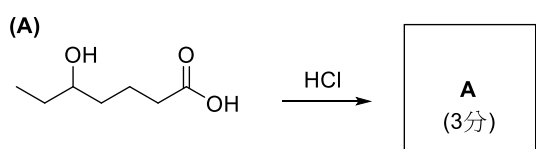
1-丙醇

2-丙醇

甲乙醚

三、具有 $-OH$ 官能基者，1-丙醇與 2-丙醇皆可與鈉金屬(Na)反應產生氫氣四、具有一級醇類官能基者，1-丙醇可與過錳酸鉀進行氧化反應生成丙酸

7. 寫出下列化學反應式的主要產物，並回答後續問題。(16%)



請問上述化學反應式(A)~(C)中，哪一個反應的產物加入多倫試劑後會產生銀鏡反應，試解釋原因?(4%)

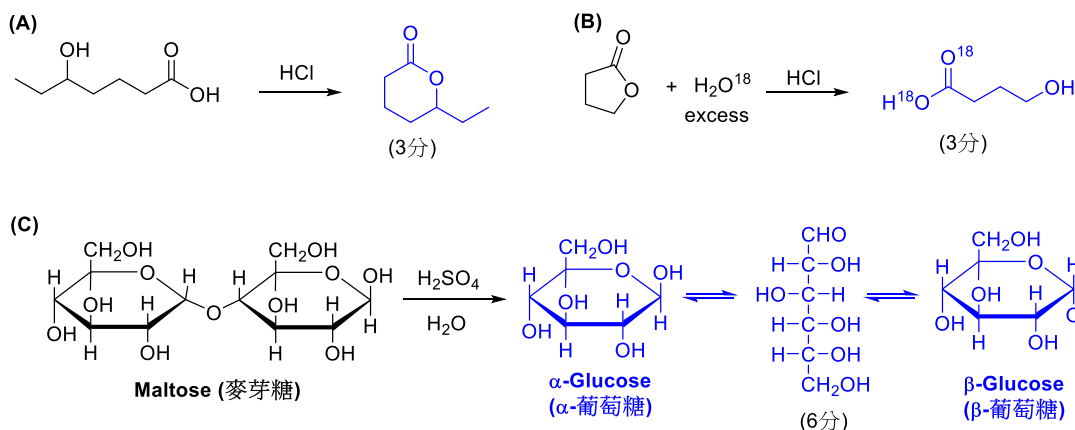
(一) 評量之關鍵概念：

1. 評量應考人對於高中選修有機化學及其延伸內容的熟悉度。
2. 評量應考人對於有機化學反應的判斷能力。

(二) 評分項目及標準：

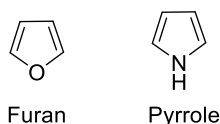
子題	等級	優	良	可	差
	分數	16	13-9	5-3	2-0
	內容	列式及答案皆正確	部分列式與答案不完整或有誤	列式及答案不完整或有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



反應式 (C) 的產物加入多倫試劑後會產生銀鏡反應，因為無論是 α -葡萄糖還是 β -葡萄糖皆為環狀結構的醛糖，具有還原性，可在 α -葡萄糖與 β -葡萄糖相互轉換過程中，產生具有醛基的直鏈型葡萄糖結構。

8. 已知呋喃(Furan) 與吡咯 (Pyrrole)皆為芳香性化合物，試解釋為何吡咯的離域能 (Delocalized energy)大於呋喃? (吡咯離域能為 21 kcal/mol; 呋喃為 16 kcal/mol) (5%)



(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人對於高中選修有機化學以及其延伸內容的熟悉度。

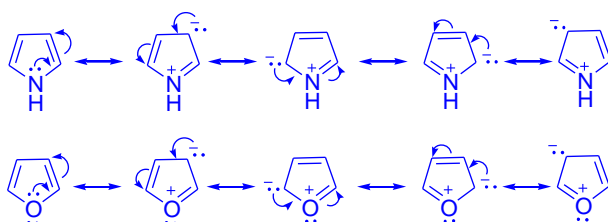
評量應考人對於原子的電負度與離域能之間的理解力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5	4-2	0
	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

因為呋喃 (Furan) 其環內氧原子的電負度 (Electronegativity) 比吡咯 (Pyrrole) 的氮原子高，對於孤對電子的吸引力較強，所以其氧原子上的孤對電子較不容易離域。另外，由下方共振結構式也可看出，在呋喃 (Furan) 與吡咯 (Pyrrole) 的共振結構式中，其環內的氧原子與氮原子皆會帶正電荷，然而氧原子由於電負度較高，不喜歡以缺電子的狀態存在，因此當其孤對電子離域後，氧原子呈現帶正電荷狀態時，其結構之穩定性會降低。



實驗操作考試(一)

題目：次氯酸鈉濃度的分析

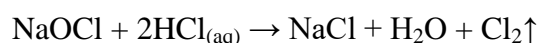
注意：

1. 進入實驗競賽場地，請著實驗衣及相關安全器具，並於試題封面填寫編號。請所有同學在操作實驗時，一定要全程穿實驗衣、戴手套及護目鏡。
2. 檢查您桌上的藥品及器材是否齊全，若不齊全，請舉手請監試人員補齊；若已齊全，則請坐好，靜待評審老師宣佈實驗開始。
3. 本試題可使用工程型計算機。

壹、實驗說明：

新冠肺炎(COVID-19)疫情蔓延，除了配戴口罩，環境的消毒工作也不能少。疾管署建議將市售的氯系漂白水稀釋一百倍後作為消毒水使用。市售的氯系漂白水的主要成分是次氯酸鈉。次氯酸鈉，化學式 NaOCl，莫耳質量為 74.42 g/mol，是鈉的次氯酸鹽。主要用作漂白劑或消毒劑，汙水淨化系統及游泳池中的消毒劑皆含有次氯酸鈉。

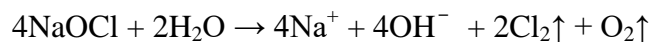
次氯酸鈉與鹽酸反應會放出有毒的氯氣，因此使用相關製品時應注意避免混合：



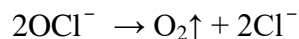
次氯酸鈉在較熱的條件下易分解成氯化鈉及氯酸鈉：



在水中，也會緩慢發生以下反應：



次氯酸根離子是不穩定的離子，它會在光照下分解：



以上三種分解均會發生，屬於競爭反應。為延長保存期，次氯酸鈉應避光、低溫保存。

小明進入實驗室，發現藥品置放架上有一瓶已開封的次氯酸鈉溶液，無法知道次氯酸鈉溶液的正確濃度。實驗室有 5 種藥品，分別是硫代硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)、碘化鉀(KI)、1.0 M 鹽酸(HCl)溶液、碘酸鉀(KIO_3)及澱粉溶液。老師建議小明可使用氧化還原滴定法測定次氯酸鈉溶液的濃度。

小明依照以下方法做定量分析：

- (1) 先將次氯酸鈉溶液稀釋 100 倍。
- (2) 再將次氯酸鈉與過量的碘化鉀(KI)在酸性下反應生成碘(I_2)。
- (3) 最後用標準的硫代硫酸鈉溶液滴定釋出的碘，便可間接求得次氯酸鈉的含量

貳、藥品：

名稱	容量	數量
未知濃度的 NaOCl 溶液 (已稀釋 100 倍)	約 100 mL	1 瓶
硫代硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, MW = 248.19 g/mol)		1 包
碘酸鉀 (KIO_3 , MW = 214.00 g/mol)		1 包
碘化鉀 (KI, MW = 166.00 g/mol)		1 包

1.0 M 鹽酸(HCl)溶液	約 50 mL	1 瓶
澱粉指示劑	約 20 mL	1 瓶

參、器材：

一、個人使用器材

名稱	數量	名稱	數量
250 mL 定量瓶	1 支	滴定管	1 支
500 mL 燒杯	1 個	滴定管架(滴定管夾、鐵架)	1 組
250 mL 燒杯	1 個	玻璃漏斗	1 支
125 mL 錐形瓶	4 個	刮杓	1 支
安全吸球	1 個	工程用計算機	1 台
25 mL 吸量管	1 支	標籤紙	5 小張
10 mL 吸量管	2 支	洗滌瓶(已裝滿蒸餾水)	1 支
25 mL 量筒	1 支	個人安全防護用具 (護目鏡、實驗衣、塑膠手套)	每人 1 套
塑膠滴管	1 支		

二、共用器材：天平、秤量紙、衛生紙、廢液桶

肆、常見的還原半反應：

半反應	E° (V)
$I_2 + 2e^{-} = 2I^{-}$	+0.62
$IO_3^{-} + 6H^{+} + 5e^{-} = \frac{1}{2}I_2 + 3H_2O$	+1.18
$IO_3^{-} + 2Cl^{-} + 6H^{+} + 4e^{-} = ICl_2^{-} + 3H_2O$	+1.24
$OCl^{-} + 2H^{+} + 2e^{-} = Cl^{-} + H_2O$	+1.48
$OCl^{-} + H_2O + 2e^{-} = Cl^{-} + 2OH^{-}$	+0.81
$SO_4^{2-} + 4H^{+} + 2e^{-} = H_2SO_3 + H_2O$	+0.17
$S_4O_6^{2-} + 2e^{-} = 2S_2O_3^{2-}$	+0.08
$S_2O_8^{2-} + 2e^{-} = 2SO_4^{2-}$	+2.01

伍、實驗步驟：

一、配製 250 mL 0.02 M 硫代硫酸鈉溶液：

稱約 1.241 g 硫代硫酸鈉並記錄之，將其置入 250 mL 定量瓶中，加入 250 mL 蒸餾水溶解。

二、硫代硫酸鈉溶液的標定：

- 稱約 0.021 g 乾燥的碘酸鉀並記錄之，將其置入 125 mL 錐形瓶中，加入 25 mL 蒸餾水溶解。
- 於 25 mL 碘酸鉀溶液中，加入 1.0 g 碘化鉀，搖晃均勻，溶液呈現深棕色。
- 加入 6 mL 濃度為 1.0 M 鹽酸，搖晃均勻，靜置 3 分鐘。

問題一：請寫出此反應方程式並平衡。(5%)

- 以硫代硫酸鈉溶液滴定碘酸鉀溶液至溶液顏色變為淡黃時，才加入 2 mL 的澱粉指示劑，此時溶液呈現深藍色。繼續以硫代硫酸鈉溶液滴定，直到溶液由藍色變為無色，即達滴

定終點。(提示:可先估算滴定所需硫代硫酸鈉溶液的體積,以節省滴定的時間)

問題二:請寫出此反應方程式並平衡。(5%)

(一) 評量之關鍵概念:

評量應考人氧化還原滴定的原理。

評量應考人對於硫代硫酸鈉溶液標定的能力。

(二) 評分項目及標準:

子題	等級	優	可	差
	分數	5	2-4	0-1
(一)	內容	列式及答案正確	答案部分錯誤	內容不清楚或錯誤
	分數	5	2-4	0-1
(二)	內容	列式及答案正確	答案部分錯誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容:



三、次氯酸鈉溶液的測定:

1. 以吸量管吸取 25 mL 未知濃度的次氯酸鈉溶液置入 125 mL 錐形瓶中,加入 1.0 g 碘化鉀,搖晃均勻。
2. 加入 6 mL 濃度為 1.0 M 鹽酸,搖晃均勻,靜置 3 分鐘。

問題三:請寫出此反應方程式並平衡。(5%)

2. 以硫代硫酸鈉溶液滴定至溶液顏色變為淡黃時,才加入 2 mL 的澱粉指示劑,此時溶液呈現深藍色。繼續以硫代硫酸鈉溶液滴定,直到溶液由藍色變為無色,即達滴定終點。

問題四:請寫出此反應方程式並平衡。(5%)

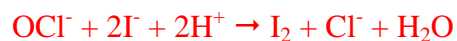
(一) 評量之關鍵概念:

評量應考人次氯酸鈉溶液的測定的能力。

(二) 評分項目及標準:

子題	等級	優	可	差
	分數	5	2-4	0-1
(三)	內容	列式及答案正確	答案部分錯誤	內容不清楚或錯誤
	分數	5	2-4	0-1
(四)	內容	列式及答案正確	答案部分錯誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：



實驗結果：

標定硫代硫酸鈉溶液(25%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人操作天平、微量吸量管及滴定管的能力。

評量應考人判定滴定終點的能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	20-25	14-20	6-13	0-5
	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
稱量之 KIO_3 重 (g)			0.022			
KIO_3 溶液的莫耳數 (mol) 及 計算過程						
滴定管讀數 (mL)	初	末				
滴定 KIO_3 溶液 所需 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的體積 (mL)			30.9			
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的體積莫耳濃度 (M) 及 計算過程						
平均 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的體積莫耳濃度 (M) 及 計算過程			$(0.22/214) \times 6 = C \times (30.9/1000)$ $C = 0.02 \text{ M}$			

測定未知樣品中次氯酸鈉的含量(40%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人操作天平、微量吸量管及滴定管的能力。

評量應考人判定滴定終點的能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
----	----	---	---	---	---

	分數	30-40	20-29	10-19	0-9
(二)	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
滴定管讀數(mL)	初	末				
滴定次氯酸鈉溶液所需 Na ₂ S ₂ O ₃ 的體積 (mL)						
平均滴定次氯酸鈉溶液所需 Na ₂ S ₂ O ₃ 的體積 (mL) 及 計算過程			17.1			
未知樣品中次氯酸鈉的含量百分率(%) 及 計算過程(其中, NaOCl 溶液: MW = 74.44 g/mol, D = 1.11 g/cm ³)			$\frac{\left(\frac{17.1}{1000}\right) \times 0.02 \times 0.5 \times 74.44}{1 \times 25 \times 1.11} \times 100\%$ $= 0.0459\%$			
原始藥品瓶中次氯酸鈉的含量百分率(%) 及 計算過程			4.59%			

問題回答 (15%)

1. 實驗步驟二中，

(a) 第 2 步溶液呈現深棕色以及

(b) 第 4 步溶液呈現深藍色，試問分別是甚麼物質產生這兩個顏色？

(c) 以硫代硫酸鈉溶液作滴定反應時，為什麼不能提早加入澱粉指示劑？(9%)

(a) 深棕色	
(b) 深藍色	
(c)	

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人氧化還原滴定的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	3	2	0-1
(一)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	2	0-1
(二)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤
	分數	3	2	0-1
(三)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

溶液中的 I_2 和過量的 KI 形成棕色的 I_3^-

I_3^- 和澱粉的錯合物。

在高濃度 I_2 的溶液中，澱粉會分解。所以要在接近滴定終點時再加入澱粉指示劑。

2. 配置好的硫代硫酸鈉溶液為什麼不能直接滴定次氯酸鈉溶液，還需要以碘酸鉀溶液標定？

(6%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人氧化還原滴定的原理及其應用。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	可	差
	分數	5-6	2-4	0-1
(一)	內容	說明清楚完整	說明一部份有誤	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

硫代硫酸鈉不是一級標準品，所以配置好的硫代硫酸鈉溶液須以一級標準品標定，才能得知硫代硫酸鈉溶液的正確濃度。碘酸鉀為一級標準品，可以用於標定硫代硫酸鈉溶液。

實驗操作考試(二)

注意：

1. 實驗進行中，請全程穿上**實驗衣**、**戴上口罩**及**戴上安全護目眼鏡**，秤取藥品及共用溶液請務必排隊，共用藥品請確實依照題目所寫的量，嚴禁過量取用。
2. 請遵守實驗安全法則操作實驗，並請注意監考老師的說明、指示與提醒。
3. 本實驗需用到高溫熱水加熱，因此步驟中有要求**戴上棉布手套**時請務必戴上，未遵守者將會被登記及扣分！
4. 實驗桌上之實驗藥品及器材均絕對足夠使用，若因個人因素不慎造成器材藥品短缺時，可請求補充，但將視考題要求扣減成績。
5. 實驗結束後，將剩餘藥品及廢液倒入廢水桶中並清洗藥瓶及實驗器材，另將其依序分類並放置於指定區域內，若有疑問可詢問現場監考老師指示處理。
6. 可使用計算機，本實驗相關原子之原子量，Fe: **55.85**, S: **32.07**, N:**14.01**, O: **16.00**, H: **1.01**

壹、實驗器材：

一、個人藥品及器材：

名稱	數量	名稱	數量
溫度計(-10~110°C)	1	塑膠滴管 (3 mL)	4
固定鐵架	1	塑膠括勺	1
鐵環	1	玻棒	1
玻璃漏斗	2	紙杯 (小)	1
濾紙 (No.1, 110 mm)	10	紙杯 (大)	1 (先放置於前台)
錐形瓶 50 mL	2	保麗龍杯	2 (先放置於前台)
燒杯 50 mL	2	塑膠杯蓋	1 (先放置於前台)
燒杯 250 mL	2	可彎吸管	2 支
燒杯 100 mL	3	棉質手套	1 雙
蒸發皿	2	乳膠手套	1 雙
量筒 10 mL	2	洗滌瓶	1
量筒 100 mL	1	硫酸銅固體	1 袋
試管	2	3.0 M 硫酸水溶液 (11 mL)	1 瓶
稱量紙	10	KSCN 水溶液 (11 mL)	1 瓶
標籤紙	10	3.0 M 鹽酸水溶液 (2 mL)	1 瓶
鋁箔紙	1		

二、共用藥品及器材：

鐵粉(Fe powder)、硫酸銨、天平、加熱板、鋁箔紙、無塵紙、衛生紙、蒸餾水、廢液桶

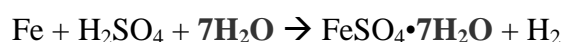
貳、原理及目的：

莫爾鹽 (Mohr's Salt) 是以德國科學家卡爾·弗里德里希·莫爾 (Karl Friedrich Mohr) 的名字命名的，其化學名稱為硫酸亞鐵銨 (ammonium iron(II) sulfate)，是一種外觀為淺藍綠色無機化合物，化學式為 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。已知該化合物含有兩種主要陽離子，即銨陽離子 (NH_4^+) 和亞鐵陽離子 (Fe^{2+})，因此莫爾鹽可歸類為硫酸銨和硫酸亞鐵所形成的複鹽。莫爾

鹽是一種常見的實驗室試劑，因為它很容易結晶且其晶體在空氣中不易氧化，因此比一般亞鐵鹽穩定及容易保存。在分析化學中常代替硫酸亞鐵作為氧化還原滴定的還原劑及標準溶液，例如將酸化之水樣品加入過量之重鉻酸鉀溶液迴流煮沸，剩餘之重鉻酸鉀，以硫酸亞鐵銨溶液滴定，由消耗之硫酸亞鐵銨體積即可求得水樣品中化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)。

實驗室製備少量硫酸亞鐵銨的方法分為兩步驟：

(一) 先合成硫酸亞鐵七水合物，最常用的方法是將鐵粉與稀硫酸反應來製備，化學反應式如下：



(二) 將硫酸亞鐵與等當量的硫酸銨混合，利用複鹽的溶解度比反應物鹽的溶解度小的特性，經再結晶製得硫酸亞鐵銨，化學反應式如下：



此方法受到反應溫度的影響很大，主要是影響產率與純度，溫度高雖然反應性更好而產率高但容易與空氣中氧氣反應形成 Fe^{3+} 的不純物。因此本實驗操作考試(二)的目的在於探討溫度對製備摩爾鹽的產率及純度之影響。同學們將在高低二種溫度下合成硫酸亞鐵銨，最後得到產率並利用 KSCN 及 HCl 溶液判斷哪種溫度所得到的產物純度較高。

參、實驗步驟：

- 1 分別將二個 50 mL 錐形瓶、二根試管及二個蒸發皿貼上寫上”高溫-考生編號”與”低溫-考生編號”標籤紙。
- 2 至公用藥品區秤取 0.50 g 鐵粉二份。
- 3 將夾鏈袋硫酸銅固體全部分別倒入小紙杯，再加入 150 mL 蒸餾水後，用玻棒攪拌至全部溶解。
- 4 開始進行 Part A 與 Part B 實驗。

Part A：高溫水浴合成硫酸亞鐵銨：

- 1 將 0.50 g 鐵粉倒入”高溫”錐形瓶中。
- 2 戴上棉布手套（請務必戴上以免燙傷！），請至公用區域找監試人員取一杯內有熱水之保麗龍杯裝置，注意！回程嚴禁快走或奔跑，請以一般速度小心走回實驗桌。



圖一 簡易氣體吸收裝置

- 3 取 5.0 mL 的 3.0 M 硫酸水溶液加入到錐形瓶中，並馬上依照圖一所示，用塑膠杯蓋、鋁箔紙、吸管及硫酸銅水溶液製作簡易氣體吸收裝置，並開始計時 10 分鐘。

數據						濾紙張數			
單位	g	°C	°C	mL	g	張	g	%	-
理論值	0.5			5	1.18	X	3.5	100	淡橙色
實際值	~0.5	~90	~72	5	1.18	2~4	~1.7357	~49.59	淡橙色

Part B (32%)

項目	鐵粉	反應開始時水溫	反應結束時水溫	3.0 M 硫酸	硫酸銨固體	包覆擠壓固體使用濾紙張數	產物重量	產率	Part C 之顏色變化
數據									
單位	g	°C	°C	mL	g	張	g	%	-
理論值	0.5			5	1.18	X	3.5	100	淡橙色
實際值	~0.5	~69	~63	5	1.18	2~4	~0.7053	~20.15	淡橙色

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人解讀實驗紀錄項目之能力。

評量應考人紀錄實驗數據之能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	25-32	14-24	6-13	0-5
一	內容	答案正確	答案有些許誤差 (<5%)	答案有較大誤差 (<10%)	空白或內容不清楚或錯誤 (>10%)

(三) 參考答案內容：

已列於表格中。

二、比較 Part C 二種溫度得到的產物，哪一個的顏色較深?請解釋? (12%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人是否了解顏色是因為部分 Fe(II) 被空氣氧化成 Fe(III) 所造成，且濃度與溫度成正比。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	10-12	7-9	4-6	0-3

二	內容	答案與解釋完全正確	答案正確但解釋不夠完整	答案正確但解釋錯誤	答案及解釋皆錯誤
---	----	-----------	-------------	-----------	----------

(三) 參考答案內容：

高溫的顏色較深，因為溫度越高，Fe(II)被空氣氧化成 Fe(III)的濃度越高。

三、使用硫酸銅水溶液吸收裝置是因為要吸收鐵粉含有的少量雜質與硫酸反應後產生的氣體，若不吸收此氣體實驗過程會有很重的味道，請問最有可能是何種雜質？形成何種氣體？請寫出吸收反應的化學反應式？(12%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人是否了解鐵礦含有微量硫化物雜質，會進一步與鹽酸形成有臭雞蛋味的硫化氫。

評量應考人寫化學反應方程式之能力。

(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	10-12	7-9	4-6	0-3
三	內容	列式及答案正確	列式正確及答案有誤	列式及答案不完整	內容不清楚或錯誤

(三) 參考答案內容：

Sulfide 或 硫化物

H₂S 或 硫化氫



四、依照你的實驗結果，你覺得哪種溫度比較適合合成莫爾鹽，請解釋？(12%)

(一) 評量之關鍵概念：

評量應考人能否從實驗數據來判斷如何應用。

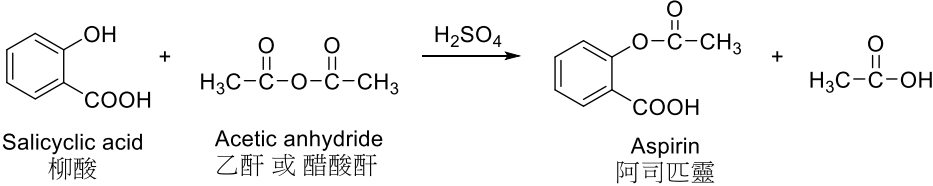


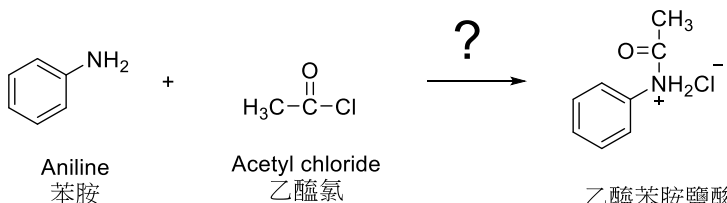
(二) 評分項目及標準：

子題	等級	優	良	可	差
	分數	10-12	7-9	4-6	0-3
四	內容	說明合理清楚正確	說明合理清楚但不完全正確	說明合理但不完全清楚或不完全正確	說明不合不合理清楚且錯誤

(三) 參考答案內容：

高溫產率高但純度低，低溫產率低但純度高，因此端看要進一步應用的莫爾鹽是一定要高純度或低純度便可。

口試

組別	題目
有機化學	<p>分子間的作用力有那些？又如何發生？這些分子間作用力的大小一般的關係如何？</p>
	<p>分子(分子量)大小與形狀是否會影響作用力的大小，舉例說明。</p>
	<p>血紅素是含有鐵基質的蛋白質，分子量約 67000。能否描述一下這樣的蛋白質在生理酸鹼值下會有那些作用力存在使其呈現具有功能性的構型。</p>
	<p>阿司匹靈的製備可使用柳酸與乙酐或乙醯氯進行乙醯化反應(acetylation)製備而成，試問為何目前在實驗室的製備大部分都使用乙酐？</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Salicylic acid 柳酸</p> <p>Acetic anhydride 乙酐 或 醋酸酐</p> <p>Aspirin 阿司匹靈</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Salicylic acid 柳酸</p> <p>Acetyl chloride 乙醯氯</p> <p>Aspirin 阿司匹靈</p> </div> </div>
<p>乙醯苯胺在醫藥上可作為鎮痛劑，而其製備方式可利用苯胺與乙醯氯進行乙醯化反應(acetylation)而得到乙醯苯胺，試問在此製備過程中，如果要得到產率為 100%的乙醯苯胺產物，反應過程中所使用的苯胺與乙醯氯的理論當量數比例為何？試解釋說明。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Aniline 苯胺</p> <p>Acetyl chloride 乙醯氯</p> <p>Acetanilide 乙醯苯胺</p> </div> </div>	
<p>承上題，試解釋為何在上述反應中，鹽酸會優先與苯胺反應生成苯胺鹽酸鹽副產物，而不是反應中生成的乙醯苯胺優先與鹽酸反應產生乙醯苯胺鹽酸鹽副產物？</p>	
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Aniline 苯胺</p> <p>Acetyl chloride 乙醯氯</p> <p>乙醯苯胺鹽酸鹽</p> </div> </div>	

<p>物理化學</p>	<p>托爾斯泰的戰爭與和平小說中描寫 1812 年拿破崙征俄潰敗大撤退的場景，法軍由四十萬最後剩下一萬人活著回來。潰敗原因很多，但有一個理論或傳言指出原因是法軍軍服的錫製鈕扣。請問是否聽過這個理論?這個理論之根據是錫的同素異形體，請問同素異形體的英文是什麼?這個同素異形體轉變的關鍵因素為何?請你推測鈕扣究竟發生什麼變化?</p> <p>自發的反應或變化通常傾向是放熱過程 $H < 0$，但未必竟然。可否舉一反例?室溫下冰會自發地融化，但卻是吸熱過程，如何解釋此自發現象?它暗示了什麼?</p> <p>石墨與鑽石都是碳的同素異形體，在常溫常壓下石墨是較穩定的相，但為什麼人們貴重戒指上的鑽石卻未觀察到轉變成石墨?</p>
<p>分析化學</p>	<p>COVID-19 疫情期間，環境消毒極為重要，常用的殺菌劑有酒精和含氯消毒水。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 說明一下殺菌的酒精何種%濃度為最佳的比例? 2. 75%酒精具有什麼殺菌功能? 3. 為什麼酒精的濃度高於 75% 為什麼殺菌效果變差? 4. 二氧化氯 ClO_2 消毒滅菌原理? 5. 二氧化氯的製備方法有許多種，酸製法是常用的一種方式：以亞氯酸鹽放入稀硫酸中，生成物為二氧化氯、氯離子及水。請寫出化學反應式並說明氧化劑及還原劑分別為何? <p>二氧化碳是一種重要的溫室氣體，來源有燃燒化石燃料、呼吸、砍伐森林或火山噴發。它是一種無色的氣體，密度大約比乾燥空氣高 53%，由兩個氧原子和一個碳原子結合而成。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請問如何檢測二氧化碳? 2. 如果要準確定量空氣中的二氧化碳? 3. 二氧化碳和甲烷已經證實是地球溫室效應的元凶之一。 4. 為何地表溫度隨著這兩種氣體濃度增加而上升? 5. 請問有任何解決的方法嗎?
<p>無機化學</p>	<p>零價金屬 Ni 的電子組態為何?</p> <p>失去一個電子的金屬 Ni^{+1} 的電子組態為何?其理由為何?</p> <p>氮分子中 p orbital 形成地的 Sigma bond 能量比 pi 鍵結能量，而氧分子的 sigma bond 能量卻比 pi 鍵還低，為什麼?</p> <p>請問何謂奈米材料的量子尺寸效應?</p> <p>請問何謂化學氣相沉積法?</p>