

2022/2023 學年澳門高中學生化學競賽

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9		總分
滿分	30	10	10	10	10	8	6	8	8		100
得分											
評卷人											

第 1 題	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
答案								
第 1 題	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15	
答案								

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>H 1.008</td> <td colspan="15"></td> <td>He 4.003</td> </tr> <tr> <td>Li 6.941</td> <td>Be 9.012</td> <td colspan="10"></td> <td>B 10.81</td> <td>C 12.01</td> <td>N 14.01</td> <td>O 16.00</td> <td>F 19.00</td> <td>Ne 20.18</td> </tr> <tr> <td>Na 22.99</td> <td>Mg 24.31</td> <td colspan="10"></td> <td>Al 26.98</td> <td>Si 28.09</td> <td>P 30.97</td> <td>S 32.07</td> <td>Cl 35.45</td> <td>Ar 39.95</td> </tr> <tr> <td>K 39.10</td> <td>Ca 40.08</td> <td>Sc 44.96</td> <td>Ti 47.88</td> <td>V 50.94</td> <td>Cr 52.00</td> <td>Mn 54.94</td> <td>Fe 55.85</td> <td>Co 58.93</td> <td>Ni 58.69</td> <td>Cu 63.55</td> <td>Zn 65.39</td> <td>Ga 69.72</td> <td>Ge 72.61</td> <td>As 74.92</td> <td>Se 78.96</td> <td>Br 79.90</td> <td>Kr 83.80</td> </tr> <tr> <td>Rb 85.47</td> <td>Sr 87.62</td> <td>Y 88.91</td> <td>Zr 91.22</td> <td>Nb 92.91</td> <td>Mo 95.94</td> <td>Tc 98.91</td> <td>Ru 101.1</td> <td>Rh 102.9</td> <td>Pd 106.4</td> <td>Ag 107.9</td> <td>Cd 112.4</td> <td>In 114.8</td> <td>Sn 118.7</td> <td>Sb 121.8</td> <td>Te 127.6</td> <td>I 126.9</td> <td>Xe 131.3</td> </tr> <tr> <td>Cs 132.9</td> <td>Ba 137.3</td> <td>La-Lu</td> <td>Hf 178.5</td> <td>Ta 180.9</td> <td>W 183.9</td> <td>Re 186.2</td> <td>Os 190.2</td> <td>Ir 192.2</td> <td>Pt 195.1</td> <td>Au 197.0</td> <td>Hg 200.6</td> <td>Tl 204.4</td> <td>Pb 207.2</td> <td>Bi 209.0</td> <td>Po [210]</td> <td>At [210]</td> <td>Rn [222]</td> </tr> <tr> <td>Fr [223]</td> <td>Ra [226]</td> <td>Ac-Lr</td> <td>Rf</td> <td>Db</td> <td>Sg</td> <td>Bh</td> <td>Hs</td> <td>Mt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	H 1.008																He 4.003	Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18	Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95	K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.61	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80	Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc 98.91	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3	Cs 132.9	Ba 137.3	La-Lu	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.9	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po [210]	At [210]	Rn [222]	Fr [223]	Ra [226]	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt										相對原子質量 克/摩爾
H 1.008																He 4.003																																																																																																														
Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18																																																																																																													
Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95																																																																																																													
K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.61	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80																																																																																																													
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc 98.91	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3																																																																																																													
Cs 132.9	Ba 137.3	La-Lu	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.9	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po [210]	At [210]	Rn [222]																																																																																																													
Fr [223]	Ra [226]	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																																																																																																																						

考生姓名 : _____

考生編號 : _____

學生證編號 : _____

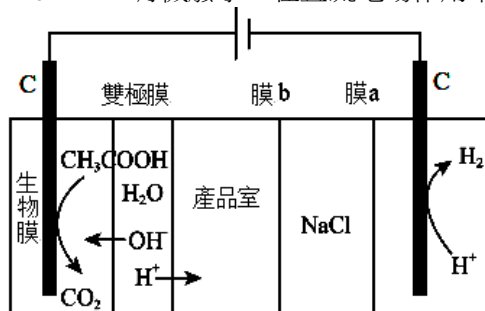
就讀學校 : _____

聯繫電話 : _____

第 1 題 選擇題（每小題 2 分。每小題有 1-2 個選項符合題意）（30 分）請於第一頁填寫答案

1-1. 科技成就大多數與化學密切相關。下列有關說法正確的是

- A · 港珠澳大橋水下鋼柱鑲鋁塊防腐的方法為“外加電流陰極保護法”
- B · “中國天眼”FAST 傳輸資訊用的光導纖維的主要成分是矽酸鹽
- C · 高鐵“復興號”車廂連接關鍵部位使用的增強聚四氟乙烯板屬於高分子材料
- D · “蛟龍”號載人潛水器的外殼使用的耐超高壓的鈦合金，屬於金屬材料

 1-2. 電化學處理有機廢水可使海水淡化並獲得酸和堿。現以 NaCl 溶液模擬海水，以下圖裝置處理含 CH₃COOH 有機廢水，在直流電場作用下，雙極膜間的水解離成 H⁺和 OH⁻。下列說法正確的是


- A · 膜 a 為陽離子交換膜，膜 b 為陰離子交換膜
- B · 產品室生成的物質為氫氧化鈉
- C · 當產生 11.2L-H₂ 氣體時，理論上可處理模擬海水中 23g Na⁺
- D · 陽極反應式為： $\text{CH}_3\text{COOH} + 8\text{OH}^- + 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

1-3. 氣態中性基態原子的核外電子排布發生如下變化時，吸收能量最多的是

- A · $1s^22s^1 \longrightarrow 1s^2$
- B · $1s^22s^2 \longrightarrow 1s^22s^1$
- C · $1s^22s^22p^1 \longrightarrow 1s^22s^2$
- D · $1s^22s^22p^2 \longrightarrow 1s^22s^22p^1$

 1-4. 取相同品質的 H₂O 和 D₂O 分別與少量金屬鉀完全反應，若電子轉移數目相同，則下列敘述中有關物理量不相等的是

- A · 反應消耗 H₂O 和 D₂O 的物質的量
- B · 產生氣體在相同條件下的體積
- C · 反應後所得溶液溶質的品質分數
- D · 參加反應金屬鉀的品質

1-5. 下列說法不正確的是

- A · H₂O 的沸點高於 H₂S，是因為 O 的非金屬性大於 S
- B · NaHSO₄ 固體溶於水，既有離子鍵的斷裂，又有共價鍵的斷裂
- C · 由於二氧化碳的碳氧鍵斷裂時會釋放大量的熱量，由此可利用乾冰製造舞臺“霧境”
- D · N₂、CO₂ 和 PCl₃ 三種物質都存在共價鍵，它們都是由分子構成的物質，且均滿足 8 電子穩定結構

1-6. 新型冠狀病毒是一種被脂質和核蛋白外殼保護層覆蓋著的正鏈單股 RNA。對紫外線和熱敏感。醫用酒精、含氯消毒劑、過氧乙酸和氯仿等脂溶劑均可有效滅活病毒。下列有關說法正確的是

- A · 過氧乙酸為強氧化劑。高濃度藥液具有強腐蝕性、刺激性，如不慎濺到皮膚上應立即用水沖洗
- B · 84 消毒液與酒精不可混用，因為兩者混用會發生燃燒
- C · 醫用消毒酒精是 75% 的乙醇溶液
- D · 三聚異氰尿酸(C₃N₃O₃Cl₃)是一種液體含氯消毒劑，相比於“84”(有效氯含量約 60 g/L) 消毒液，它有效氯含量更高、釋放時間更長

1-7. 製備光氣的反應按下式進行： $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$

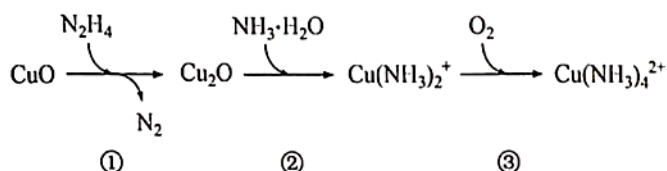
實驗測得下列數據：

實驗順序	初濃度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$		初速度/ $10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
	CO	Cl ₂	
1	0.100	0.100	12
2	0.100	0.050	4.26
3	0.050	0.100	6.0
4	0.050	0.050	2.13

則該反應的總反應級數是

- A · 1.5 B · 2
 C · 2.5 D · 3 E · 以上皆非

1-8. 聯氨可用於處理鍋爐水中的溶解氧防止被腐蝕，其中一種反應機理如圖所示。下列敘述正確的是

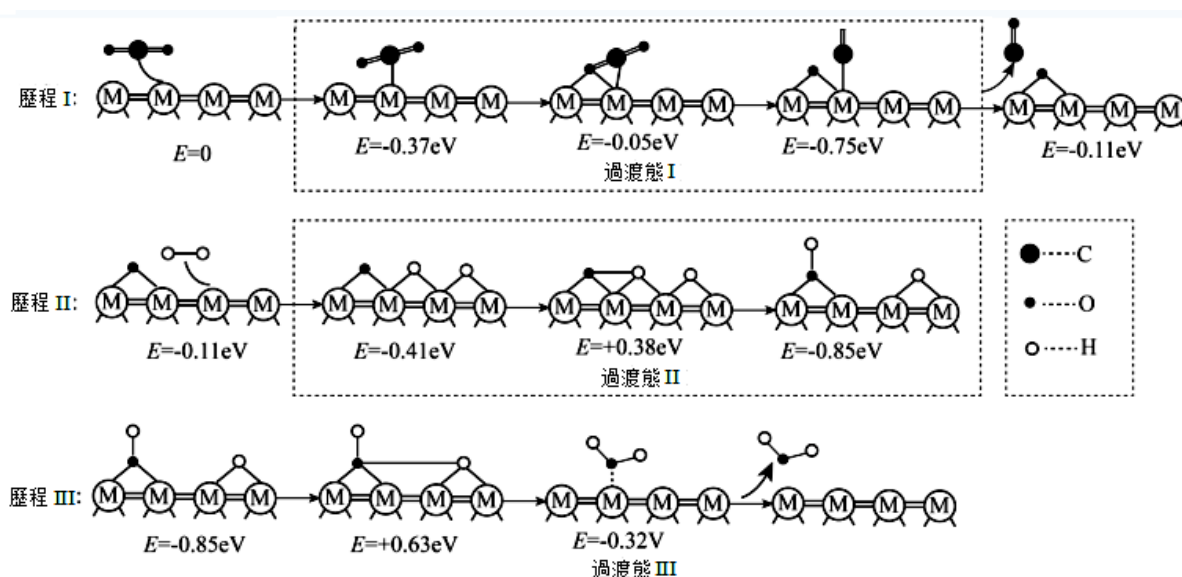


- A · 常溫下聯氨為液體 B · 2 mol N₂H₄ 可處理水中 1 mol O₂
 C · [Cu(NH₃)₄]²⁺ 中存在離子鍵、共價鍵 D · N₂H₄ 與 NH₃ 均為極性分子

1-9. 草酸是二元弱酸，已知： $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.4 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2}(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = 5.4 \times 10^{-5}$ 室溫下，用 0.2000 mol·L⁻¹ NaOH 溶液滴定 20.00 mL 0.1000 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄ 溶液至終點。對於滴定過程中的下列描述正確的是

- A · 當滴入 10.00 mL NaOH 溶液時，混合溶液的 pH 可能大於 7
 B · 溶液中，始終存在 $c(\text{Na}^+) < c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
 C · 選擇酚酞作指示劑，滴定終點時溶液可能呈紅色
 D · 溶液中 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) / c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 一直減小

1-10. 在合適的金屬催化劑作用下，可以實現逆水煤氣變換反應： $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。反應的微觀過程和相對能量(E)如下圖所示，“*”代表在催化劑表面被吸附。



下列說法錯誤的是

- A · 歷程 I 反應的方程式可表示為 $\text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{O}^*$
- B · 歷程 II 不能決定總反應的反應速率
- C · 歷程 III 涉及 CO_2 的生成
- D · 金屬催化劑使整個反應的 ΔH 減小

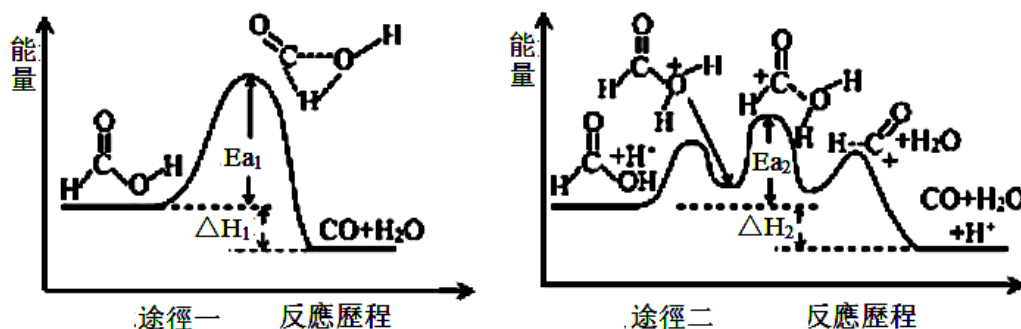
1-11. +5 價 V 在不同 pH 下微粒的化學式不同，其微粒與 pH 關係如表所示。

含鈦元素的不同微粒	VO_2^+	VO_3^-	$\text{V}_2\text{O}_7^{4-}$	VO_4^{3-}
pH	4~6	6~8	8~10	10~12

另外，V 價態不同在溶液中顏色不同，如 V^{2+} (紫色)、 V^{3+} (綠色)、 VO^{2+} (藍色)、 VO_2^+ (黃色)、 VO_4^{3-} (無色)、 $\text{V}_5\text{O}_{14}^{3-}$ (紅棕色) 等。下列說法正確的是

- A · VO_3^- 轉化為 $\text{V}_2\text{O}_7^{4-}$ 的離子反應為 $2\text{VO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{V}_2\text{O}_7^{4-} + 2\text{H}^+$
- B · 含 VO_2^+ 的溶液中滴加氨水有 NH_4VO_3 沉澱產生，該過程 V 元素被還原
- C · 酸性 VO_2^+ 滴加燒鹼溶液，溶液顯紅棕色時離子反應為 $5\text{VO}_2^+ + 8\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{V}_5\text{O}_{14}^{3-} + 4\text{H}_2\text{O}$
- D · 紫色 VSO_4 溶液中滴加酸性高錳酸鉀，溶液顏色出現綠色 \rightarrow 藍色 \rightarrow 黃色，過程均失去 1 mol 電子

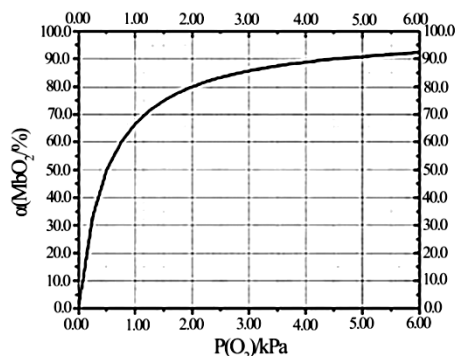
1-12. 甲酸常被用於橡膠、醫藥等工業。在一定條件下可分解生成 CO 和 H_2O 。在有、無催化劑條件下的能量與反應歷程的關係如圖所示。下列說法錯誤的是



- A · 途徑一未使用催化劑，途徑二比途徑一甲酸平衡轉化率高
- B · $\Delta H_1 > \Delta H_2$, $E_{a1} > E_{a2}$
- C · 途徑二 H^+ 參與反應，通過改變反應途徑加快反應速率
- D · 升高溫度，可以提高 CO 單位時間的產率

1-13. 肌紅蛋白 (Mb) 是由肽鏈和血紅素輔基組成的可結合氧的蛋白，廣泛存在於肌肉中。肌紅蛋白與氧

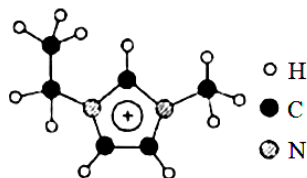
氣的結合度 (α) 與氧分壓 $P(\text{O}_2)$ 密切相關，存在平衡： $\text{Mb}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[k_B]{k_A} \text{MbO}_2(\text{aq})$ (a) 其中， k_A 和 k_B 分別是正向和逆向反應的速率常數 (正向反應速率 $v_{\text{正}} = k_A(\text{Mb})P(\text{O}_2)$ ；逆向反應速率 $v_{\text{逆}} = k_B(\text{MbO}_2)$)。37°C，反應達平衡時測得的一組實驗數據如圖所示。



下列有關說法正確的是

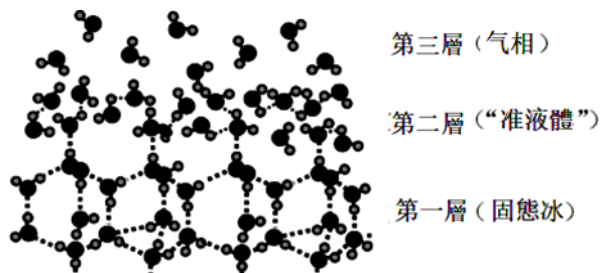
- A · 37°C 下反應(a)的平衡常數 $K = 2.00 \text{ kPa}^{-1}$
- B · 若空氣中氧分壓為 20.0 kPa，則人正常呼吸時 Mb 與氧氣的最大結合度為 97.6%
- C · 已知 $k_B = -60 \text{ s}^{-1}$ ，則 $k_A = 1.2 \times 10^2 \text{ s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$
- D · 當保持氧分壓為 20.0 kPa，結合度達 50%所需時間就取決於肌紅蛋白的初始濃度

1-14. 某離子液體中的陽離子 EMIM 結構如圖所示。下列有關離子液體或 EMIM⁺說法錯誤的是



- A · EMIM⁺與 Cl⁻形成的離子液體可導電
- B · EMIM⁺中存在大 π 鍵
- C · 離子液體中存在陰、陽離子間的靜電作用，由於陰陽離子大小差異較大，因此強度不大
- D · EMIM⁺中存在 5 種不同環境的氫原子

1-15. “冰面為什麼滑？” ，這與冰層表面的結構有關(如圖)。下列有關說法正確的是



- A · 由於氫鍵的存在，水分子的穩定性好，高溫下也很難分解
- B · 第一層固態冰中，水分子間通過氫鍵形成空間網狀結構
- C · 第二層“准液體”中，水分子間沒有氫鍵
- D · 當高於一定溫度時，“准液體”中的水分子與下層冰連接的氫鍵斷裂，產生“流動性的水分子”，使冰面變滑

第 2 題 (10 分)

根據提供的資訊寫出相應的方程式

2-1. 酸化的重鉻酸鉀和乙醇反應。

2-2. N₂O₃ 與濃硫酸反應生成酸式鹽及硫酸的一水合物。

2-3. 仲鎢酸銨是一種同多酸鹽，仲鎢酸根含 12 個 W 原子，帶 10 個負電荷。濃縮鎢酸銨(NH₄)₂WO₄ 溶液，溶解度較小的五水仲鎢酸銨從溶液中結晶出來。

2-4. 在高錳酸鉀溶液加入 NaOH 溶液，微熱，得到透明的綠色溶液。

2-5. 用 ZnSO_4 、 H_3PO_4 、尿素合成磷酸鋅的四水合結晶（非氧化還原反應），該反應產物中並無氨氣，而有另外一種常見氣體產生。

第 3 題（10 分）

簡要回答下列問題

3-1. 為什麼 CCl_4 不能水解而 SiCl_4 可以水解。

3-2. 請解釋 NH_3 的鍵角大於 PH_3 的鍵角原因。

3-3. 請從成鍵情況解釋 SF_6 是絕緣性能良好的液體。

3-4. 甲烷與氯氣的反應屬於自由基反應，當加入 I_2 後對甲烷的氯化反應有抑制作用，請解釋原因。

3-5. 反應 $\frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$ 在 298K、101 kPa 下能自發進行。

（已知： $\Delta_f G_m^{\circ, 298}(\text{NH}_3) = -16.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ）

第 4 題（10 分）

金屬銅的理想堆積模型為面心立方緊密堆積（CCP），銅的原子半徑為 128.0 pm。

4-1. 請畫出金屬銅的晶胞（○表示 Cu 原子）示意圖，並塗黑有代表性的 1 個 (1,1,1) 面上的 Cu 原子。並寫出銅原子座標。

4-2. 計算銅單晶的晶體密度和空間佔有率。

- 4-3. 在 1 個盛有 CuSO_4 溶液的電解槽內電鍍銅，其中陰極經過特殊處理，只有 (1,1,1) 面暴露在電解質溶液中，其餘各面均被保護。此面面積為 100 cm^2 ，電鍍時電流恒為 1 A 。 Cu^{2+} 在此面上做恒速率均勻沉積，2 分鐘後， Cu 原子恰好在某層陰極上沉積完畢，求此時已沉積的多少層 Cu 原子。

第 5 題 (10 分)

鐵的重要絡合物有六氰合鐵絡合物：亞鐵氰化鉀 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (俗名黃血鹽) 和鐵氰化鉀 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (俗名赤血鹽)

- 5-1. 製備赤血鹽 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 不能直接用 Fe^{3+} 離子與 CN^- 直接作用而得，而是採用氧化劑如 H_2O_2 將黃血鹽氧化為赤血鹽。為什麼？

- 5-2. 曬圖方法是把圖紙覆蓋在用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ 混合物浸過共乾燥的紙上。在強光下曝曬一會，再把紙浸入水中，原先圖紙上有線條的部分在紙上為無色，原圖上無線條的部分呈現藍色，曬圖時呈現藍色發生的化學反應方程式。

- 5-3. 向 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的溶液中加入硝酸並加熱，然後用碳酸鈉中和多餘的硝酸，除去溶液中的硝酸鉀，濃縮結晶，析出一種鮮紅色的反磁性水合二鈉鹽 X 。 X 的陰離子是單核六配位離子，具有一根四重軸，但沒有對稱中心，其配體有兩種。

- 5-3-1. 指出 X 中心離子的價電子組態、自旋態 (高或低) 和氧化態。

- 5-3-2. 將 X 在 120°C 下分解，失重的品質分數為 12.1% 。通過計算和推理給出 X 的化學式。

第 6 題 (8 分)

在 -30°C 時，亞硫醯氯和疊氮化鈉反應生成無色晶體 $[\text{NS}(\text{O})\text{Cl}]_3$ ，該晶體組成的環狀三聚體。

- 6-1. 畫出 $[\text{NS}(\text{O})\text{Cl}]_3$ 可能的兩種立體異構體。

- 6-2. $[\text{NS}(\text{O})\text{Cl}]_3$ 和 SbF_3 反應生成無色液體 X 。將 1.00 g X 加入到過量的醋酸鋇水溶液中得到 3.96 g 沉澱。確定 X 的化學式，並寫出反應方程式。

6-3. X 能和典型的親核試劑-甲胺發生取代反應。寫出 X 和過量的甲胺之間反應產物的化學式。

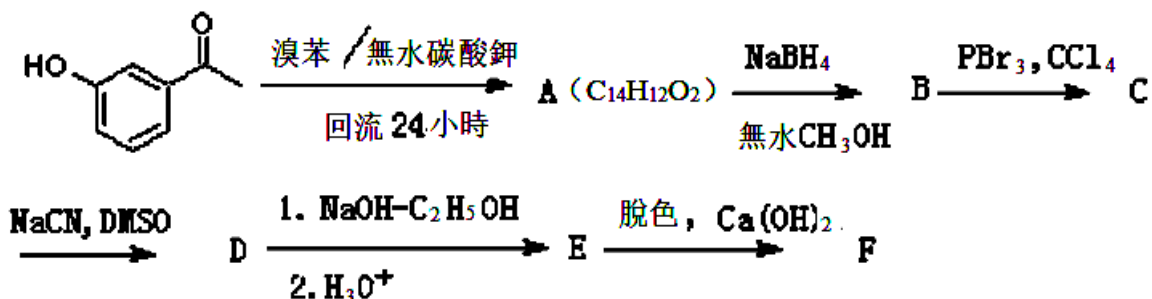
6-4. X 的一種等電子體，在痕量水存在下會變成聚合物 Y。將 1.00 g 的 Y 溶解在水中，將所得溶液加入到過量的乙酸鋇溶液後，生成 2.91 g 沉澱。確定 Y 的化學式和結構。

第 7 題 (6 分)

為分析矽酸岩中鐵、鋁、鈦含量，稱取試樣 0.6050 g。除去 SiO_2 後，用氨水沉澱鐵、鋁、鈦為氫氧化物沉澱。沉澱灼燒為氧化物後重 0.4120 g；再將沉澱用 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 熔融，浸取液定容於 100 mL 容量瓶，移取 25.00 mL 試液通過鋅汞還原，此時 $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ， $\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Ti}^{3+}$ ，還原後用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定。滴定时消耗了 $0.01388 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 10.05 mL；另移取 25.00 mL 試液用 SnCl_2 還原 Fe^{3+} 後，再用上述 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定，消耗了 8.02 mL。計算試樣中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 TiO_2 的品質分數。

第 8 題 (8 分)

苯氧布洛芬鈣(F)有多種合成方法，以下是其中一種：



8-1. 反應工藝最後一步脫色所用的常見物質是。

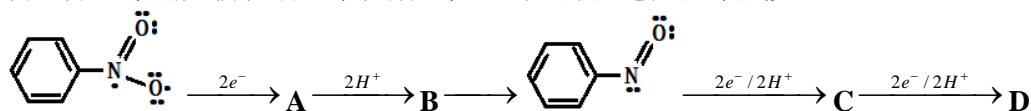
8-2. 寫出 A、B、C、D、E、F 的結構簡式。

8-3. 指出 A、B、C、D、E 中哪些具有旋光異構體。

8-4. 寫出 A 的系統命名。

第 9 題 (8 分)

於實驗室，硝基苯可用金屬加鹽酸還原為苯胺，但硝基苯在自然界中難以還原，一般通過電解法還原再去除。某研究發現硝基苯在銅電極上的還原反應分如下幾步：



9-1. 從結構上看，為什麼硝基苯很穩定。

9-2. 寫出 A~D 各物質的結構簡式（參照流程中硝基苯的式樣）。

9-3. 寫出硝基苯在銅電極上的總反應方程式。

9-4. 在硝基苯的還原中，除得到最終產物 D 外，還可能得到相對穩定的副產物名稱。

【完】