

2026 年第 58 屆國際化學奧林匹亞競賽

國內初選筆試一題目卷

答題注意事項

- 請將『國民身分證』、『有照健保卡』或『護照』正本置於桌面上備查。
- 筆試時間：14:00 ~ 16:00 (共 120 分鐘)
- 請用 2B 軟性鉛筆畫記答案卡，答案卡若判讀不清，一律依考選部《答案卡作答注意事項》處理。
- 非選擇題作答請用藍色或黑色原子筆 (以其餘筆作答，不予計分)，可使用立可白塗改，如修改不清楚，不予計分。
- 答案卡須寫上姓名，並確認答案卡編號與考生編號一致。
- 非選擇題答案卷每一頁的上方，均需寫上姓名及編號。
- 本題目卷連同本頁共計 13 頁，總分 200 分，包含下列三類試題。
 - 一、單選題
共 24 題，題號 1~24，每題選出一個最適當的選項，依題號標示在答案卡上。每題答對得 3 分，答錯不倒扣，未作答者，不給分亦不扣分，共計 72 分。
 - 二、多選題
共 17 題，題號 25~41，每題有 5 個選項，其中至少有 1 個是正確的選項，依題號標示在答案卡上。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得 4 分；答錯 1 個選項者，得 2.4 分，答錯 2 個選項者，得 0.8 分，所有選項均未作答或答錯多於 2 個選項者，該題以零分計算。共計 68 分。
 - 三、非選擇題
共 4 題，每題 15 分，共計 60 分。答案必須寫在非選擇題答案卷之相對應區域，否則不予計分。作答時不必抄題，但必須寫出過程。
- 考生不得攜帶及使用電子計算機，呼叫器、行動電話及計時器等所有電子產品，在考試期間務必關機並置於臨時置物區。震動或響鈴，視同作弊違規。
- 計算所需之原子量，需使用下頁週期表之數值。
- 考試完畢題目卷、答案卡及答案卷一起繳交監考老師，不得攜出場外。
- 開始考試 20 分鐘後，不得進考場。考試開始 40 分鐘後才可以交卷。
- 考試題目及答案將公布於化學奧林匹亞網站 <https://tpmso.org/twicho/>。

週期表

1 H 1																2 He 4	
3 Li 7	4 Be 9											5 B 11	6 C 12	7 N 14	8 O 16	9 F 19	10 Ne 20
11 Na 23	12 Mg 24											13 Al 27	14 Si 28	15 P 31	16 S 32	17 Cl 35.5	18 Ar 40
19 K 39	20 Ca 40	21 Sc 45	22 Ti 48	23 V 51	24 Cr 52	25 Mn 55	26 Fe 56	27 Co 59	28 Ni 59	29 Cu 63.5	30 Zn 65	31 Ga 70	32 Ge 73	33 As 75	34 Se 79	35 Br 80	36 Kr 84
37 Rb 85.5	38 Sr 88	39 Y 89	40 Zr 91	41 Nb 93	42 Mo 96	43 Tc	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106.5	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 128	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57 La 139	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 196	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113					

58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

常數及公式

理想氣體常數

$$R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$= 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm/mol}\cdot\text{K}$$

亞佛加厥常數

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

浦朗克常數

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

氫原子光譜常數:

$$E_n = -2.18 \times 10^{-18} \text{ J}/n^2$$

法拉第常數

$$F = 96485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}$$

光速

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

能量轉換

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

阿瑞尼斯方程式

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

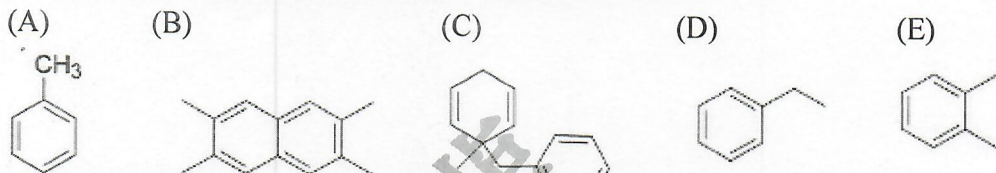
一、單選題

1. 某元素 X 之原子，其各級游離能（單位：kJ/mol）如下：
 $I_1 = 786, I_2 = 1580, I_3 = 3230, I_4 = 4360, I_5 = 16100$
根據以上數據，下列關於 X 的敘述何者最可能正確？
(A) X 最常見的氧化數為 +1
(B) X 位於週期表第 2 族
(C) X 的氧化物水溶液呈酸性
(D) X 的基態原子電子組態中，最高能階組態為 np^3
(E) X 的基態原子具有順磁性
2. 已知某化合物由碳、氫、氧組成，其元素分析結果為：C: 54.53%, H: 9.15%。取此化合物 0.100 克，將其配製成 10.0 mL 水溶液，在 27°C 時測得該溶液的滲透壓為 2.80 atm。此化合物的分子式為何？（水在 27°C 為液態，化合物不導電）
(A) $C_2H_4O_2$ (B) $C_3H_6O_2$ (C) $C_3H_6O_3$
(D) $C_4H_8O_2$ (E) $C_4H_8O_4$
3. 關於原子結構與週期性，下列敘述何者正確？
(A) 鉀原子的第一游離能大於鈣原子
(B) 鋁原子的電子親和力大於矽原子
(C) 氯原子的原子半徑小於氫原子
(D) 氮原子的電負度大於磷原子，原因是氮的原子半徑較小且有效核電荷較高
(E) 鎂離子 (Mg^{2+}) 的離子半徑大於鈉離子 (Na^+)
4. 已知以下酸解離常數 (25°C)：
HF $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$
 CH_3COOH $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
 H_2CO_3 $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}, K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$
 NH_4^+ $K_a = 5.6 \times 10^{-10}$
下列五種 0.10 M 的水溶液，何者具有最高的 pH 值？
(A) NH_4Cl (B) $NaNO_3$ (C) KF
(D) CH_3COONa (E) Na_2CO_3
5. 反應 $2A(g) + B(s) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ 達平衡時，A 的分壓為 0.5 atm。在溫度與總體積不變下，向系統中加入少量氫氣，使總壓變為原來的兩倍。下列關於此平衡系統的敘述，何者正確？
(A) 平衡常數 K_p 變為原來的兩倍
(B) 反應商 Q_p 變大，平衡向左移動
(C) 反應商 Q_p 變小，平衡向右移動
(D) A 的分壓維持 0.5 atm 不變
(E) 平衡不移動，A 的分壓變為 1.0 atm

6. C_5H_{10} 的結構異構物可分為烯烴類和環烷烴類。 C_5H_{10} 的結構異構物（不含立體異構）共有幾種？

- (A) 8 (B) 9 (C) 10 (D) 11 (E) 12

7. 某未知碳氫化合物 P，沸點： $110.6^{\circ}C$ 。完全燃燒後，生成的 CO_2 與 H_2O 的莫耳比為 7:4。與 $KMnO_4$ 反應可得苯甲酸？P 可能的結構式為何？



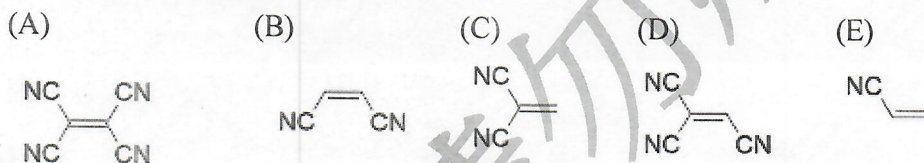
8. 有兩瓶未知的酯類化合物，分別標記為 F 與 A，分子量均為 88。將 F 與 A 分別經水解後均呈酸性，樣品分別標記為 FH 與 AH，分析 FH 與 AH 其內容物得知，均含有分子量 46 及 60 兩種。從滴定實驗推估，FH 與 AH 的 pK_a 分別為 3.7 與 4.7。從 FH 與 AH 分離出的醇，皆為一級醇。下相關描述何者正確？

- (A) F 為甲酸丙酯，A 為乙酸乙酯。
 (B) F 為甲酸丙酯，A 為丙酸甲酯。
 (C) F 為乙酸乙酯，A 為甲酸丙酯。
 (D) F 為乙酸乙酯，A 為丙酸甲酯。
 (E) F 為丙酸甲酯，A 為甲酸丙酯。

9. 下列有關酸鹼共軛關係，何項錯誤？

- (A) CN^- 為 HCN 的共軛鹼。 (B) $CH_3CO_2^-$ 為 CH_3CO_2H 的共軛鹼。
 (C) $CH_3COCH_2^-$ 為 CH_3COCH_3 的共軛鹼。 (D) $CH_3PO_3^{2-}$ 為 $CH_3PO(OH)_2$ 的共軛鹼。
 (E) $(CH_3)NH$ 為 $(CH_3)_2N^-$ 的共軛酸。

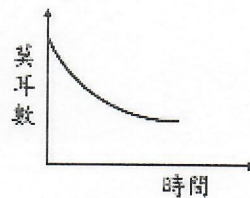
10. 下列何者為非極性分子



11. 已知在 298.15 K ，液態環己烯生成熱為 -9.1 kcal/mol ；液態環己烷生成熱為 -37.3 kcal/mol 。計算環己烯與的氫化熱。(kcal/mol:千卡/莫耳)

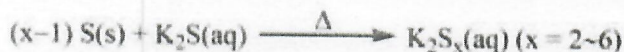
- (A) -46.4 kcal/mol 。
 (B) -28.2 kcal/mol 。
 (C) $+46.4\text{ kcal/mol}$ 。
 (D) $+28.2\text{ kcal/mol}$ 。
 (E) -339.4 kcal/mol

12. 水合氯醛 ($\text{Cl}_3\text{CCH}(\text{OH})_2$) 可由乙醇在酸性水溶液中被氯氣氧化而得，反應式如下：
 $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Cl}_3\text{CCH}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq})$ (係數未平衡) 平衡後 (均為最簡整數)，係數總和為多少？
 (A) 8 (B) 9 (C) 10 (D) 11 (E) 12
13. 在 25°C 時，以 0.50 M 之 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 滴定 10 mL 的某弱酸水溶液。達滴定終點 (可視為當量點) 時，耗去 15 mL 的滴定劑，此時溶液的 pH 值為 9.5 。試問該弱酸之 K_a 為多少？
 (A) 2.0×10^{-5} (B) 1.0×10^{-5} (C) 4.0×10^{-6} (D) 2.0×10^{-6} (E) 1.0×10^{-6}
14. 已知 HF 之 K_a 為 5.0×10^{-4} ，則 PbF_2 ($K_{sp} = 1.2 \times 10^{-8}$) 在 $\text{pH } 3.0$ 之水溶液中的溶解度為多少 M ？
 (A) 1.5×10^{-3} (B) 3.0×10^{-3} (C) 5.0×10^{-3} (D) 8.0×10^{-3} (E) 1.5×10^{-2}
15. 以 $0.20\text{ M NaOH}(\text{aq})$ 滴定 20 mL 之鹽酸和醋酸混合溶液 (初始 pH 值為 1.0)，需消耗 25 mL 滴定劑。試問醋酸的原始濃度為多少 M ？
 (A) 0.050 (B) 0.10 (C) 0.15 (D) 0.20 (E) 0.25
16. 已知 $\text{PbI}_2(\text{s})$ 在 $0.20\text{ M Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ 之溶解度為其在 $0.20\text{ M KI}(\text{aq})$ 之溶解度的 500 倍，則 PbI_2 之 K_{sp} 為多少？
 (A) 4.0×10^{-9} (B) 8.0×10^{-9} (C) 1.2×10^{-8} (D) 1.6×10^{-8} (E) 2.4×10^{-8}
17. 使用白金作為電極，電解硝酸銀水溶液；則陰極產物和陽極產物之質量比為多少？
 (A) 13.5 (B) 6.7 (C) 4.8 (D) 3.6 (E) 1.8
18. 使用白金網作為陰極，電解硫酸銅水溶液；由白金網增加之質量隨時間的變化，得知銅的析出速率為 0.192 g/min 。問電解的電流強度為多少安培？
 法拉第常數 = 96500 庫倫； $\text{Cu} = 64$
 (A) 9.65 (B) 4.83 (C) 3.86 (D) 1.93 (E) 0.96
19. 某反應中的反應物和產物有 H_2O 、 ClO^- 、 NH_4^+ 、 H^+ 、 N_2 、 Cl^- 六種物質。其中 ClO^- 的莫耳數隨反應時間變化的曲線如下圖所示。下列判斷何者正確？
 (A) 該反應的氧化產物是 Cl^-
 (B) 反應後，溶液的 pH 不變
 (C) 氧化劑與還原劑的莫耳數之比為 $2:3$
 (D) 消耗 1 莫耳還原劑，共轉移 3 莫耳電子
 (E) 此反應式平衡後，反應物與產物係數總和為 13

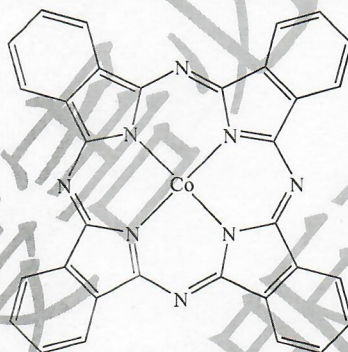


題 20-21 為題組

俊明做完實驗後，發現玻璃容器內有硫粉殘留，老師建議他用熱 KOH 溶液洗滌除去，因為硫粉和熱 KOH 溶液會進行以下反應：

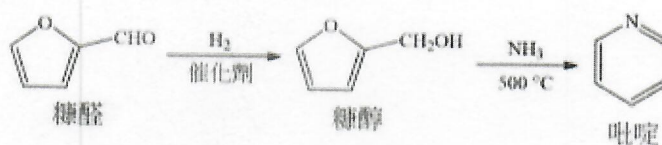


20. 若 0.480 克硫粉與 V 毫升 1.00 M 的熱 KOH 溶液恰好完全反應，且只生成 K_2S 和 K_2SO_3 ，則 V 為何？(原子量: S = 32)
 (A) 54 (B) 48 (C) 42 (D) 36 (E) 30
21. 2.560 克硫粉與 60.0 毫升 1.00 M 的熱 KOH 溶液恰好完全反應，只生成 K_2S_x 和 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，則 x 為何？
 (A) 5 (B) 4 (C) 3 (D) 2 (E) 1
22. 鈷酞菁藍被廣泛應用於光電材料、催化劑等研究領域。鈷酞菁藍的結構如下圖所示，Co 原子參與形成的均為單鍵，部分化學鍵未畫出。下列相關敘述，何者正確？



- (A) 鈷酞菁藍中三種非金屬元素的電負度大小順序為 $\text{N} > \text{H} > \text{C}$
 (B) 鈷酞菁藍中的碳原子有 sp^2 和 sp^3 兩種混成軌域方式參與鍵結
 (C) 鈷的氧化數為 4+
 (D) 鈷酞菁藍中的鈷金屬為四配位，呈平面四邊形
 (E) 鈷酞菁藍中鈷原子有 8 個 d 電子
23. 常溫下，在 20.00 mL 0.10 M 氨水中加入 0.10 M 醋酸溶液。已知 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液呈中性，下列相關敘述何者正確？
 (A) NH_4^+ 的水解平衡常數與 CH_3COOH 的解離常數相等
 (B) 升高溫度， $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液的 pH 不變
 (C) 滴定過程中， $[\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}]$
 (D) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液呈中性，因為 NH_4^+ 和 CH_3COO^- 不會水解
 (E) 當加入 20.00 mL 醋酸溶液時，溶液中水的解離程度最大

24. 吡啶又稱為氮苯，具有芳香性。吡啶的結構可視為苯分子的一個 CH 被一個氮原子取代所形成的有機化合物，廣泛用於醫藥工業。一種由糠醛合成吡啶的原理如下圖所示，下列關於下圖的有機化合物的說法，何者正確？

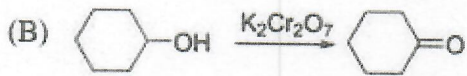


- (A) 糠醛、糠醇、吡啶分子中的所有碳原子用相同的混成軌域參與鍵結
 (B) 吡啶與苯分子中參與環內形成非定域 π 鍵的各原子所提供的電子數相同
 (C) 吡啶與苯分子有相等的電子數，但是兩物質的熔點不同，因為兩者分子的化學鍵鍵能不同所致
 (D) 糠醛、糠醇、吡啶分子中所有原子均可能共平面
 (E) 糠醛轉化成糠醇的過程中，有一個碳原子被氧化

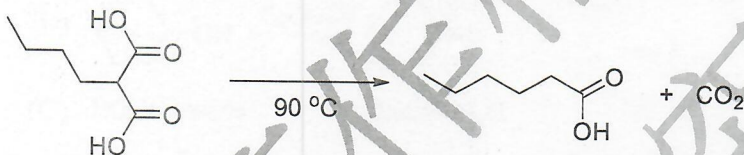
二、多選題

25. 在常溫常壓下，下列哪些物質具有導電性？
 (A) 石墨 (B) 純水 (C) 熔融的氯化鈉
 (D) 固體的氫氧化鈉 (E) 水銀
26. 下列各組物質中，哪些互為結構異構物？
 (A) 丙醛與丙酮
 (B) 乙醇與乙醚
 (C) 1-丁烯與 2-甲基丙烯
 (D) 乙酸與甲酸甲酯
 (E) 環己烷與 1-己烯
27. 下列哪些實驗操作或現象是正確的？
 (A) 配製硫酸水溶液時，應將水緩緩倒入濃硫酸中並攪拌
 (B) 鈉粒燃燒後的產物溶於水，會使廣用試紙呈藍色
 (C) 滴定时，應用待測液潤洗滴定管
 (D) 本氏液可用來檢驗醛類，加熱後會產生紅色沉澱
 (E) 可利用濾紙色層分析法分離葉綠素 a 與 b
28. 下列那些分子是直線型分子？
 (A) CO_2 (B) SO_2 (C) NO_2 (D) HCN (E) N_2O

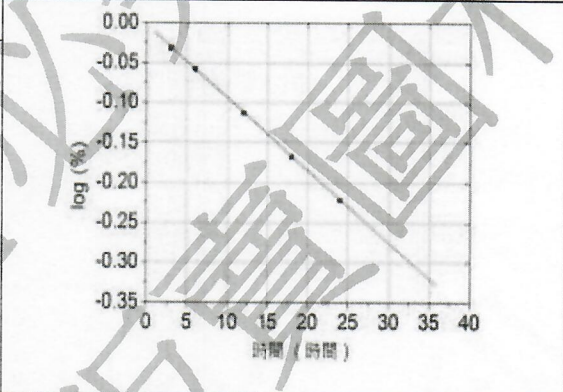
29. 下列那些反應為氧化還原反應？



30. 以下是丁基丙二酸(0.02M)在 90°C 的正己醇溶液中脫羧反應的化學動力學數據，右圖為 $\text{Log}[\text{丁基丙二酸}(\%)]$ 對反應時間作圖，下列那些正確描述反應的特性？



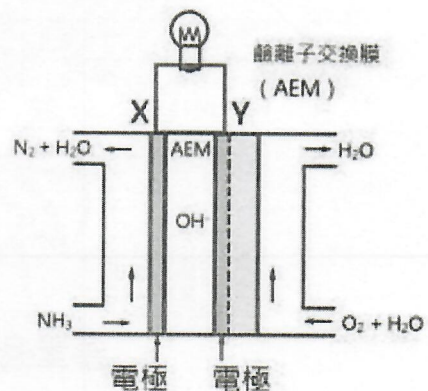
時間 (分)	丁基丙二酸 (%)	Log (%)
3	0.93	-0.03152
6	0.87625	-0.05737
12	0.77125	-0.1128
18	0.68	-0.16749
24	0.6	-0.22185



- (A) 化學反應速率方程為：反應速率 = $k \times [\text{丁基丙二酸濃度}]$
 (B) 半衰期為常數
 (C) 半衰期約估為 33 分鐘
 (D) 用正己醇稀釋至 0.01M 可延緩脫羧半衰期到 68 分鐘
 (E) 降低反應溫度可延緩脫羧所需時間

31. 右圖是燃料電池之結構，以下相關描述，那些正確？

- (A) 電子在外路由 Y 流向 X
 (B) 在 Y 電極上發生的反應 $4e^- + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{OH}^-$
 (C) 在 X 電極上發生的反應 NH_3 被氧化成 N_2 。
 (D) 在 Y 電極上會產生 OH^- ，故呈現鹼性
 (E) 在 X 電極上會產生 H^+ ，故呈現酸性



32. 已知： $pK_a(\text{HF})=3.14$ ； $pK_b(\text{NH}_3)=4.74$ ； $pK_w=14.00$ 。試問在 0.10 M 之 NH_4F 水溶液中，下列敘述或關係式，哪些正確？
- 溶液呈弱酸性
 - $[\text{NH}_3] \cong [\text{HF}]$
 - $[\text{HF}] > [\text{F}^-]$
 - $[\text{NH}_4^+] \cong [\text{F}^-]$
 - $\text{NH}_4^+ + \text{F}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HF}$ 之 pK 為 3.94
33. 在 0.24 M 之某二質子弱酸 (H_2A) 水溶液中， H_2A 之解離度為 $11/12$ ，當溶液之 pH 為 4.0 ，且 $[\text{HA}^-]/[\text{A}^{2-}] = 10$ 。下列關係式或敘述，哪些正確？
- $pK_1 = 3.0$
 - $pK_2 = 6.0$
 - $[\text{H}_2\text{A}] = [\text{A}^{2-}]$
 - $[\text{HA}^-] = 0.20\text{ M}$
 - 將 $\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$ 稀釋為 0.10 M (pH 仍維持 4.0)，則 H_2A 之解離度會增加
34. $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 可將維生素 C ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) 氧化為 $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ ，可定量維生素 C 之濃度。取 20 mL 維生素 C 水溶液，加入 2 mL 之 6 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ，再以 0.010 M $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 滴定，需消耗 16 mL 之滴定劑以達終點。下列敘述，哪些正確？
- 氧化半反應： $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
 - 滴定過程中， $[\text{Mn}^{2+}] = 2.5 [\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6]$
 - 滴定終點前、後，溶液由紫色變為無色
 - 滴定終了可生成 18.5 毫克 $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$
 - 維生素 C 之原始濃度為 0.020 M
35. 由海水提煉鎂的流程包括：在海水中加入氫氧化鈣溶液(石灰乳)，生成氫氧化鎂沉澱。氫氧化鎂沉澱經過濾、乾燥後，與鹽酸反應轉化為氯化鎂。將除水後之氯化鎂固體熔融後再進行電解，即可獲得金屬鎂。下列有關此流程之敘述，哪些正確？
- 流程中包含酸鹼、沉澱和氧化還原反應
 - 產生鎂的電極為正極
 - 陽極產生氯氣
 - 電解生成之鎂和氯氣的莫耳數相同
 - 若 1 公斤海水經上述流程得到 1.2 克鎂，則海水中含有 0.12% 的鎂離子
36. 血液的平均滲透壓約為 7.7 atm ，下列相關敘述，哪些正確？
- 為病患靜脈注射葡萄糖水溶液時，葡萄糖濃度最好約為 0.3 M
 - 若靜脈點滴水溶液中只含等莫耳數的葡萄糖和食鹽，食鹽濃度最好約為 0.15 M
 - 將人的紅血球置入 37°C 的 0.1 M 食鹽水溶液中，紅血球會皺縮
 - 剛吃飽時，血液的平均滲透壓會略升高，隨後會降低
 - 血液滲透壓的變化受鈉鹽濃度的影響大於血糖濃度

37. 以 0.10 M NaOH(aq) 分別滴定 20 mL 之 0.10 M HA ($pK_a = 3.5$) 和 20 mL 之 0.10 M HB ($pK_a = 5.0$) 水溶液。下列有關此二滴定之敘述，哪些正確？

- (A) HA 之初始 pH 值較高
- (B) 達當量點時，兩者消耗相同體積之滴定劑
- (C) 達半當量點時，溶液的 pH 值相同
- (D) 達當量點時，HA 滴定曲線之 $[H^+]$ 較高
- (E) 加入 25 mL NaOH(aq) 時，兩者的 pH 值相同

38. 利用電子組態可以描述原子和離子的特性。下列關於電子組態的敘述，哪些正確？

- (A) 基態的碳原子，其電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^2$
- (B) 激發態的 ^{10}Ne 原子，其電子組態不可能是 $1s^2 2s^2 2p^5 3p^1$
- (C) 基態的 ^{24}Cr 原子，具有 4 個未成對電子
- (D) 基態的 $^{28}\text{Ni}^{2+}$ 離子，具有 2 個未成對電子
- (E) 基態的 $^{23}\text{V}^{2+}$ 和 $^{22}\text{Ti}^{+}$ 離子，具有相同電子組態

39. 工業甲醇可從 CO 和 H_2 為原料合成，而直接以 CO_2 為原料製備甲醇則是目前的熱門研究課題之一。根據以下三個熱化學反應式：

- ① $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -90.5 \text{ kJ/mol}$
- ② $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -41.1 \text{ kJ/mol}$
- ③ $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -483.6 \text{ kJ/mol}$

下列相關敘述，哪些正確？

- (A) 若溫度不變，反應①中生成 1 莫耳 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ 時，放出的熱量大於 90.5 kJ
- (B) 以 CO_2 與 H_2 為原料合成甲醇的熱化學反應式為

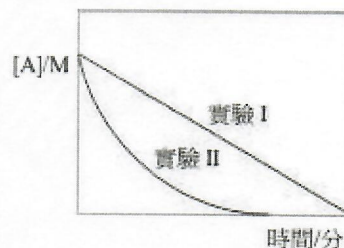
$$\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -49.4 \text{ kJ/mol}$$
- (C) 電解水產生 H_2 ，再選用高效率的催化劑，可降低 CO_2 與 H_2 合成甲醇反應的熱變化
- (D) 以 CO_2 和 H_2O 為原料合成甲醇，同時生成 O_2 ，則反應會釋放能量
- (E) 以 CO_2 和 H_2 為原料合成甲醇，碳原子和氧原子同時被還原

40. 志強為了探討催化劑對化學反應速率的影響，將某一實驗分成兩個部分進行：

實驗 I: $\text{A} \rightarrow \text{P}$ (不加催化劑)

實驗 II: $\text{A} \rightarrow \text{P}$ (加催化劑)

志強將兩個實驗反應物 A 的濃度在相同溫度和壓力下，隨時間的變化繪製於右圖中。下列關於本實驗的推論，哪些正確？



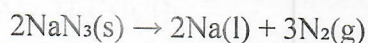
- (A) 在實驗 I 中，反應速率與 A 的濃度無關
- (B) 在實驗 I 中，反應進行所需克服的活化能比實驗 II 大
- (C) 在實驗 II 中，反應速率與 A 的濃度大小有關
- (D) 產物 P 的產率: 實驗 I < 實驗 II
- (E) 反應熱數值: 實驗 I > 實驗 II

41. 下列化合物中，哪些可進行取代反應，也可以進行加成反應？

- (A) CH_3CHCH_2
- (B) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- (C) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_3$
- (D) C_6H_6
- (E) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHCH}_2$

三、非選擇題

1. 加熱分解 $\text{NaN}_3(\text{s})$ 可迅速產生 $\text{N}_2(\text{g})$ ，反應式如下：



產生的金屬鈉會與反應器中的 $\text{KNO}_3(\text{s})$ 發生反應：



此複合反應系統常用於汽車安全氣囊。

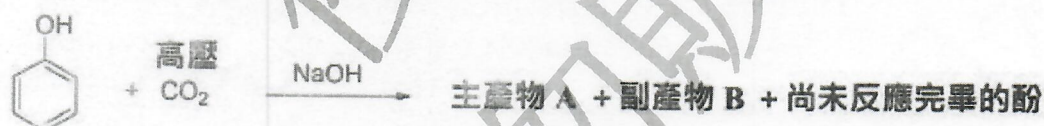
(a) 寫出兩個反應式合併後的最終平衡反應式（係數為最簡單整數比）。（6分）

(b) 若一個安全氣囊需要充滿 120 公升的氮氣（在 1.0 atm，30°C 下），計算至少需要多少公克的 NaN_3 ？（原子量：N=14.0, Na=23.0）（9分）

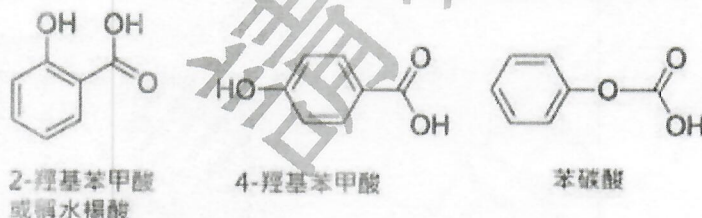
2. 酚的化學

Kolbe 反應

在 Kolbe 反應中，酚在高壓及高溫下，與氫氧化鈉及 CO_2 作用，會產生主產物 A 及少量副產物 B，並與尚未被耗盡的酚混和在一起。主產物 A 與副產物 B 均呈現兩個 pK_a 。主產物 A 的 pK_a 分別為 $\text{pK}_a^{(1)} = 2.98$ 及 $\text{pK}_a^{(2)} = 13.6$ ，熔點：158-161°C；副產物 B 的 pK_a 分別為 $\text{pK}_a^{(1)} = 4.54$ 及 $\text{pK}_a^{(2)} = 9.32$ ，熔點：213-218°C。



其中 2-羥基苯甲酸（水楊酸）、4-羥基苯甲酸、及苯碳酸為可能的產物化學結構。



回答以下有關產 Kolbe 反應的問題：

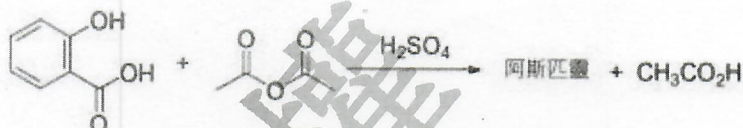
- (a) 寫出主產物 A 的化學結構式，並解釋說明之。（2分）
- (b) 寫出副產物 B 的化學結構式，並解釋說明之。（2分）

(c) 下列是將未參與反應的酚並從產物 A 和 B 移除的建議方法。指出那一個方法不可行?並解釋說明之。(3 分)

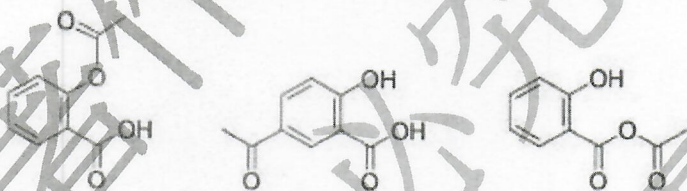
- 先用蒸餾法移除大部分的酚後，再用結晶法得到 A 和 B。
- A 和 B 可先用 KHCO_3 水溶液萃取，再將萃取出來的水溶液酸化而得到。
- A 和 B 可先用 K_2CO_3 水溶液萃取，再將萃取出來的水溶液酸化而得到。

阿斯匹靈

止痛藥阿斯匹靈可由水楊酸與醋酸酐反應而獲得。



(d) 阿斯匹靈分子式為 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ， $\text{pK}_a = 3.5$ ，下列那一個為阿斯匹靈的結構式，並解釋說明推斷的理由。(2 分)

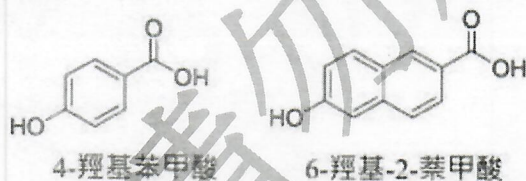


聚酚酯

聚酚酯可由酚酸單體經脫水縮合而得到。理論上，4-羥基苯甲酸與醋酸酐（催化及脫水）反應產生聚（4-羥基苯甲酸），但由於此聚酯的溶解度低，分子量在成長前便發生沉澱，因此只能得到低聚物



為解決溶解度低度的難題，文獻報導可將 4-羥基苯甲酸與 6-羥基-2-萘甲酸共聚。

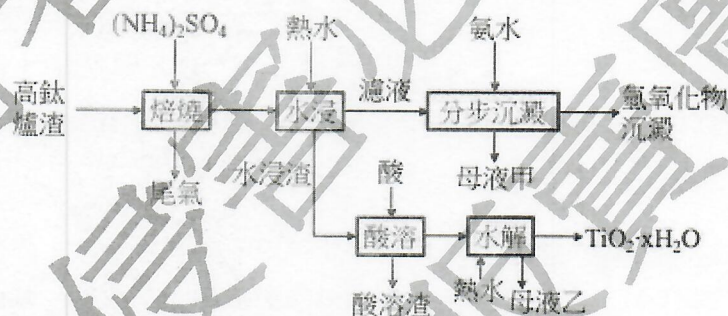


- 寫出聚（4-羥基苯甲酸）的結構式。(2 分)
- 若將 4-羥基苯甲酸與 6-羥基-2-萘甲酸混合進行縮合成雙聚體，問可有幾種雙聚體產生? 寫出所有可能產生的雙聚體的結構式。(2 分)
- 若是生成五聚體，可有幾種不同五聚體產生?(2 分)

3. 碘滴定法可用於決定 NaClO 和 NaBrO_3 混合物之重量百分比； ClO^- 和 BrO_3^- 在酸性水溶液中都可和過量之 I^- 反應生成三碘離子 (I_3^-)；以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 滴定所生成之 I_3^- ，即可決定各成分百分比。首先以 NaBrO_3 標定 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 之濃度。精稱 1.5 克 $\text{NaBrO}_3(\text{s})$ 配成 250 mL 水溶液；取 25 mL 溶液，加入過量 $\text{KI}(\text{s})$ 及足量 $\text{HCl}(\text{aq})$ 酸化；以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 滴定（以澱粉為指示劑），需消耗 20 mL 滴定劑以達終點。然後，精稱 6.6 克 NaClO 和 NaBrO_3 混合物，配成 1.0 L 水溶液；取 25 mL 溶液，加入過量 $\text{KI}(\text{s})$ 及足量 $\text{HCl}(\text{aq})$ ，以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 滴定，需消耗 16 mL 滴定劑以達終點。回答下列問題。

式量： $\text{NaBrO}_3 = 150$ ， $\text{NaClO} = 75$

- (a) 寫出 BrO_3^- 與 I^- 反應生成 Br^- 和 I_3^- 的平衡反應式。 2 分
- (b) 寫出 ClO^- 與 I^- 反應生成 Cl^- 和 I_3^- 的平衡反應式。 2 分
- (c) 寫出 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 和 I_3^- 反應生成 $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 和 I^- 的平衡反應式。 2 分
- (d) 計算 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 標準溶液之濃度。 4 分
- (e) 求原始混合物中所含 NaBrO_3 之重量百分比。 5 分
4. 利用物質的磁性差異，透過磁場的作用將混合物中具有磁性的顆粒與非磁性顆粒分離開來的技術或過程稱為「磁選」。磁選後的煉鐵高鈦爐渣主要成分有 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 以及少量的 Fe_2O_3 。為節約和充分利用資源，利用以下的流程可回收鈦、鋁、鎂等。其中「焙燒」是指在低於物料熔化溫度下完成某種化學反應的過程。



配合此技術的條件下，四種金屬離子開始沉澱和沉澱完全時的 pH 列於下表：

金屬離子	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}
開始沉澱的 pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉澱完全(濃度為 $1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$)的 pH	3.2	4.7	11.1	13.8

- (a) 「焙燒」中， TiO_2 、 SiO_2 幾乎不發生反應， Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Fe_2O_3 則轉化為相對應的硫酸鹽。寫出 Al_2O_3 轉化為 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 的反應式，並以最簡整數平衡。(3 分)
- (b) 「水浸」後「濾液」的 pH 約為 2.0，在「分步沉澱」時用氨水逐步調節 pH 至 11.6，則依次析出的金屬離子為何？(4 分)
- (c) 「母液甲」中 Mg^{2+} 濃度為多少 M？(5 分)
- (d) 「酸溶」後，將溶液適當稀釋並加熱， TiO^{2+} 水解析出 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉澱，寫出該反應的離子反應式，並以最簡整數平衡。(3 分)