

2017 澳門高中學生化學競賽試題

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總分
滿分	30	10	8	10	10	5	4	12	5	6	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	1-9	1-10	
答案											
第 1 題	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15						
答案											

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 : _____

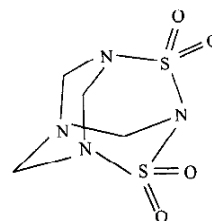
就讀學校 : _____

聯繫電話 : _____

第 1 題 (30 分)

選擇題 (每小題 2 分。每小題有 1 或 2 個選項符合題意) [請於第一頁填寫答案]

- 1-1 使用微波可以使許多化學反應大為加速，以致出現了微波化學這一學科分支。微波加速反應的奧秘可能是它能使極性溶劑迅速升溫，反應可選用的溶劑是
A · 苯 B · 氯仿 C · 四氯化碳 D · 水
- 1-2 下列分子中所有的原子共平面的是
A · SOCl_2 B · $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ C · XeO_4 D · SO_3
- 1-3 硫代硫酸鈉對攝影膠片的定影作用原理可表示為： $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{AgBr} \rightarrow \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{n-} + \text{Br}^-$ 。以下說法正確的是
A · 定影液應該酸化 B · 該反應不是氧化還原反應
C · $n = 2$ D · $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{n-}$ 的鈉鹽是水溶性的
- 1-4 將煮沸的水靜置在室溫環境中水會逐漸冷卻為室溫，這是因為
A · 系統的內能自然趨向最高 B · 系統的內能自然趨向最低
C · 系統和環境的總內能自然趨向最低 D · 系統和環境的總混亂度自發趨向最高
- 1-5 已知： $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ， $K_{\text{sp}} = 2.2 \times 10^{-20}$ 。要使 0.25mol/L CuSO_4 溶液中的 Cu^{2+} 沉澱完全，則應向溶液裡加入 NaOH 溶液，使溶液 pH 至少為
A · 4.6 B · 5.3 C · 6.7 D · 7.2
- 1-6 毒鼠強 (Te-tramine) 四亞甲基二硫四胺，其毒性極強，曾用作殺鼠劑，現已明令禁止使用。毒鼠強的分子結構見右圖。有關毒鼠強的說法正確的是
A · 可以與強酸反應 B · 分子結構中含有三個六元環
C · 分子中 N 均通過 sp^3 D · 分子中含 C、H、O、N、S，屬於雜化軌道成鍵蛋白質

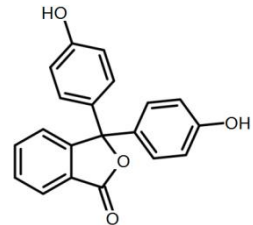


1-8 下列四種配位離子 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ； $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ； $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ； $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]^+$ 其中心離子的氧化數判斷正確的是

- A · +3；0；+2；+3 B · +2；+2；+2；+1 C · +3；0；+2；+1 D · +2；0；+3；+3

1-9 酚酞的結構簡式如圖。以下說法中正確的是

- A · 酚酞具有弱酸性， C · 酚酞的水解產物（酸作催化劑）
 用作中和滴定指示劑 能跟 4mol NaOH 相反應，生成鹽和
 時要適當控制用量 水
 B · 酚酞在一定條件下 D · 酚酞的晶狀粉末易溶于水
 能發生水解反應

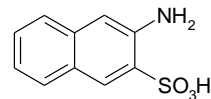


1-10 將 α -氨基乙酸和 L-苯丙氨酸混合反應生成三肽，可能生成三肽有

- A · 2 種 B · 4 種 C · 6 種 D · 8 種

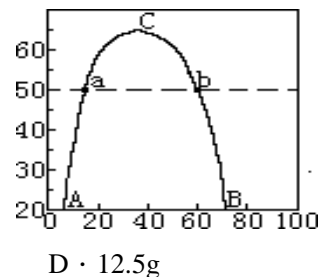
1-11 氨基萘磺酸的同分異構體中除有一種為外，還應有同分異構體的數目為

- A · 9 B · 11 C · 6.7 D · 14



1-12 右圖為水—苯酚的 T-x 圖，橫坐標為苯酚的品質百分含量，縱坐標為溫度，曲線 ACB 表示不同溫度下水與苯酚恰好達到互溶時的組成。已知液態苯酚的密度為 1.07g/cm^3 ，熔點 42°C ，點 a、b 的橫坐標分別為 12、60。則在 50°C 時，將 6g 苯酚與 14g 水混合，系統分為兩層後，苯酚溶液層溶液的質量為

- A · 6g B · 7.5g C · 10g



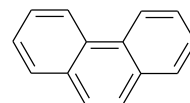
- D · 12.5g

1-13 重氮甲烷的分子式為 CH_2N_2 ，能與具有酸性的有機物發生化學反應，例如： $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_2\text{N}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{N}_2$ 。已知下列化合物都能和 CH_2N_2 反應，則其中生成的有機物不屬於酯類的是

- A · $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{OH}$ B · $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ C · $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ D · $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

1-14 菲是一種稠環芳烴。它有共振結構多少個

- A · 2 B · 3 C · 4 D · 5



1-15 a mol FeS 與 b mol FeO 投入到 v L c mol/L 的硝酸溶液中，產生 NO 氣體，若所得澄清溶液中溶質的成分可看作 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 、 H_2SO_4 ，則反應中未被還原的硝酸可能為

- A · $189(a+b)$ g B · $63(a+b)$ g C · $(a+b)$ mol D · $cv-(9a+b)/3$ mol

第 2 題 (10 分)

根據提供的資訊寫出相應的化學(離子)方程式。

2-1 使用醋酸酸化的碘化鉀和澱粉溶液檢驗食鹽是否加碘。

2-2 用 C_5H_5MgBr 與 $FeCl_2$ 為原料製備二茂鐵。

2-3 硝酸氧化六硫化四磷，產物中有 NO 、 SO_2 氣體。

2-4 強鹼性條件下 $NaBH_4$ 能使許多金屬離子還原為金屬單質，並生成 BO_2^- 。冶金工業中常用 $NaBH_4$ 處理含 Au^{3+} 的廢液。

2-5 $Hg_2(NO_3)_2$ 氨解並歧化。

第 3 題 (8 分)

硼的化合物豐富多彩，也是化學研究的熱點之一。

3-1 最簡單的硼烷是 B_2H_6 (乙硼烷)，它燃燒能放出大量的熱， $B_2H_6 + 3O_2 = 3B_2O_3 + 3H_2O$ ，它之所以沒有實際應用作火箭燃料，可能的原因是。

3-2 乙硼烷還能與氨氣反應，生成離子化合物，且陰、陽離子都有四面體結構，寫出陰、陽離子的化學式。

3-3 BF_3 是缺電子化合物，寫出 BF_3 其成鍵特點。

3-4 $(CH_3)_2N-PF_2$ 有兩個鹼性原子 P 和 N，當它與 BH_3 和 BF_3 分別形成配合物時，哪一個鹼性原子與 B 原子相結合。說明其理由。

3-5 FNO_2 能與 BF_3 反應， $FNO_2 + BF_3 = NO_2BF_4$ 預測 B-F 鍵長變化趨勢，簡述其原因。

第 4 題 (10 分)

汞是室溫下呈現液態的唯一金屬單質。汞是古代就已認知的元素之一，大多數汞來自於辰砂礦，主要用於溫度計、氣壓計、螢光燈和電池。

4-1 寫出汞原子的價電子排布式。

4-2 汞用於製造溫度計，主要利用了它的性質是。

4-3 化合物中汞常為+1 價或+2 價，而+1 價汞以二聚體形式存在，如 Hg_2Cl_2 。試用電子式表示 Hg_2Cl_2 的結構，並說明 Hg_2Cl_2 分子的形狀。

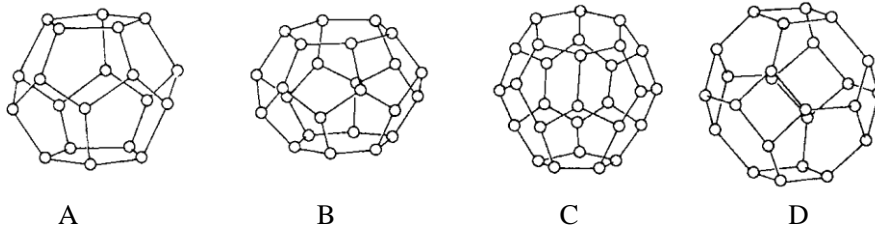
4-4 把 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 滴入滴入 KI 溶液，首先，剛滴入的溶液附近出現紅色沉澱，但一振盪便消失了。後來，繼續滴入溶液便產生紅色沉澱。試予以解釋。

4-5 空氣中汞短時間接觸容許濃度為 $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ ，急性中毒汞蒸氣濃度大於 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。已知液態汞的蒸氣壓與溫度的關係式為 $\log p = a - b/T$ $a = 7.08$ ， $b = 3190$ ， p 的單位為 kPa 。某溫度計廠一車間空間為 30m^3 ，若在 288K 時不慎打破了一根水銀溫度計灑失 500mg Hg ，試通過計算判斷在該車間工作是否會導致汞蒸汽中毒，如超標應如何簡單處置。

第 5 題 (10 分)

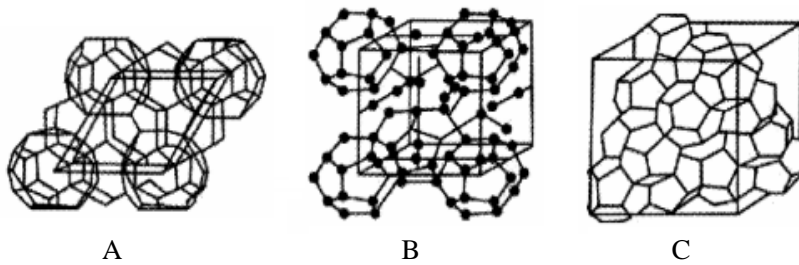
2017 年 5 月，中國首次海域天然氣水合物(可燃冰)試採成功。天然氣體水合物是一類通過 $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$ 氫鍵將 H_2O 分子結合成籠形多面體三維骨架的主體結構，在其空腔中包含作為客體的氣體小分子，形成籠形水合包合物晶體。

5-1 根據客體分子的大小和形狀，水分子可組成多種形式的主體骨架結構。現已知有很多籠形多面體結構。下圖列出了其中的四個籠形多面體的結構：



A 結構表示為 $\{5^{12}\}$ ，B 結構表示為 $\{5^{12}6^2\}$ ，C 結構表示為 $\{5^{12}6^4\}$ 。請表示出籠形多面體 D 的結構，可認為哪種正多面體削去其頂點得到 D。

5-2 天然氣水合物這種類似於冰的籠形晶體化合物，其結構有 I 型、II 型和 H 型三種。
 I 型屬立方晶胞，每個單元晶胞含有 8 個空腔，有二種形式 $\{5^{12}\}$ 和 $\{5^{12}6^2\}$ 。在立方晶胞中， $\{5^{12}\}$ 的中心處在頂角和體心位置； $\{5^{12}6^2\}$ 中心位置在面上，座標為 $(1/4, 1/2, 0)$ 、 $(3/4, 1/2, 0)$ 計 6 個。
 II 型晶體結構，每個單元晶胞含有 24 個空腔，有二種形式 $\{5^{12}\}$ 和 $\{5^{12}6^4\}$ 。
 H 型晶體結構，每個單元晶胞含有 6 個空腔，有三種形式 $\{5^{12}\}$ $\{4^35^63^6\}$ 和 $\{5^{12}6^8\}$ 。
 下圖所示出天然氣三種水合物中水骨架的結構。



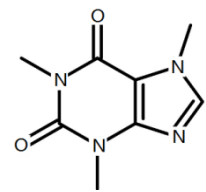
指出 ABC 分別對應結構的類型，並確定 I 型晶胞中其餘 4 個 $[5^{12}6^2]$ 中心的座標。

5-3 I 型天然氣水合物 (單元晶胞 $n\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$)， CH_4 分子包含在 $[5^{12}]$ 和 $[5^{12}6^2]$ 多面體中。若充滿全部空腔時，計算 1m^3 甲烷水合物晶體中可釋放 CH_4 的體積 (標準狀況下)。已知該晶胞參數 $a=1180\text{pm}$ 。

5-4 I 型骨架中空穴也可以容納 Ar 、 Xe 、 Cl_2 等這些氣體小分子，形成氣體水合物晶體。已知 Cl_2 的 I 型氣體水合物晶體中， Cl_2 和 H_2O 的分子數之體為 1 : 8。推測它的結構。

第 6 題 (5 分)

某退熱止痛劑為咖啡因(右圖)、鹽酸喹啉和安替比林的混合物，為測定其中咖啡因的含量，稱取試樣 1.000g ，移入 100mL 的容量瓶中，加入 50mL 水、 20mL 0.35mol/L 四碘合汞酸鉀溶液和 2mL 濃鹽酸，此時喹啉和安替比林均與四碘合汞酸根生成沉澱，加水稀釋至刻度，搖勻。將試液幹過濾，移取 40.00mL 濾液於乾燥的錐形瓶中，加入 10.00mL 0.3000mol/L 四碘合鉍酸鉀溶液，與質子化的咖啡因反應生成沉澱。幹過濾，取 20.00mL 濾液，在 $\text{pH } 3\sim 4$ 的條件下，以 0.02000mol/L EDTA 滴定至黃色消失為終點，用去 EDTA 標準溶液 30.00mL 。 $M_{\text{咖啡因}}=194.16\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。



6-1 畫出質子化咖啡因的結構。

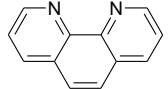
6-2 如何控制 $\text{pH } 3\sim 4$ 的條件。

6-3 計算試樣中咖啡因的品質分數。

第 7 題 (4 分)

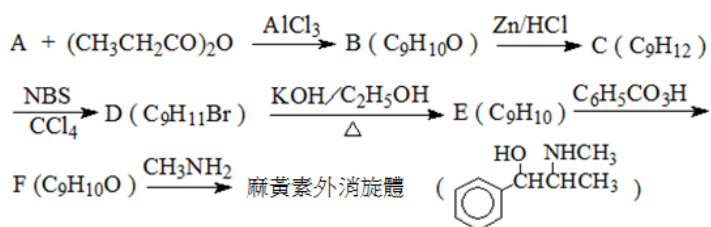
配位化合物的組成結構和性質，常可用經驗規律進行理解，試回答下列問題：

7-1 根據 18 電子規則，推算下列配合物 $V(NO)_x(CO)_2$ 中的 x 值。

7-2 V_2O_5 、 H_2O_2 、 在 KOH 中反應，生成鉀鹽，其陰離子中含 17.74% 的 V 和 27.86% 的 O ，是一種呈鏡面對稱的配離子，畫出其陰離子的結構。

第 8 題 (12 分)

麻黃素是從藥材麻黃中提取的一種生物鹼，在實驗室可以按下列路線合成合成它的外消旋體：



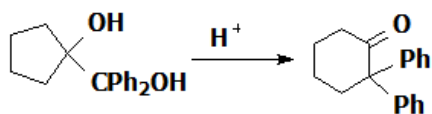
8-1 以*標出麻黃素分子中的手性碳(chiral carbon)。異構體數目。

8-2 麻黃素及 A—F 的結構式。

8-3 寫出麻黃素所有的立體異構體的費歇爾投影式(Fischer)，並系統命名。

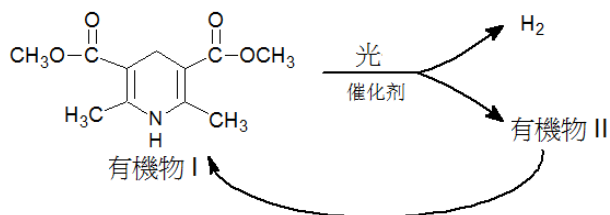
第 9 題 (5 分)

完成下列反應相應的反應歷程 (reaction mechanism)



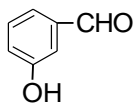
第 10 題 (6 分)

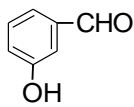
光催化制氫是化學研究的熱點之一。科學家利用含有吡啶環實現了迴圈制氫法，其示意圖如下 (僅列出部分反應條件)：



10-1 試確定有機物 II 的結構簡式。

10-2 有機物 I 可以用 $HCHO$ 與乙醯乙酸甲酯和 NH_4HCO_3 反應制得。寫出製備有機物 I 的反應方程式。



10-3 若用有機物  代替 $HCHO$ 作原料，也能進行類似的上述反應，寫出所得有機物的結構簡式。