

國立中央大學化學學系

114 學年度大學個人申請

第二階段指定項目甄試

試題本

<未宣布開始作答前，請勿翻閱>

## 一、單一選擇題（每題 3 分，共計 72 分），答錯不倒扣

1. 液氮有下列哪一種類型的分子間作用力？

I. 偶極-偶極作用力

II. 氫鍵

III. 倫敦（分散）作用力

(A) I only (B) I and III only (C) II and III only (D) I and II only (E) I, II, and III

2. 在  $n=4$  量子殼，最多可充填多少電子？

(A) 8 (B) 18 (C) 14 (D) 16 (E) 32

3. 在  $25^{\circ}\text{C}$ ，一封口的燒瓶含有各 1g 的  $\text{N}_2$ ， $\text{O}_2$ ， $\text{CO}_2$ ，Ar 及 He。以下哪一種敘述是錯誤？

(A) 相對於其它氣體，He 有最大的分壓。

(B) 相對於其它氣體，He 有最高的平均速度。

(C) 相對於其它氣體， $\text{CO}_2$  有最高的平均動能。

(D) 相對於其它氣體，He 有最寬廣的速度分布。

(E) 相對於其它氣體，He 行為最接近理想氣體。

4. 食品中常見的營養添加劑如紅蘿蔔素、維他命 E、大蒜素等，具備抗氧化作用，能增強食品的抗氧化能力，延長保存期限，並有助於維持人體健康。以泡麵為例，其製作過程中經過脫水處理，基本上已無水分，因此不需額外添加防腐劑。然而，由於泡麵中含有脂肪，容易發生氧化反應，為防止脂肪氧化，會添加維他命 E 作為抗氧化劑。

那麼，在以下選項中的哪一種物質，其作用與泡麵中所添加的維他命 E 相同？

(A) 將鹽酸滴入大理石中，產生二氧化碳氣體。

(B) 將氯氣通入溴化鈉水溶液中的氧還原反應。

(C) 鎂與二氧化碳會反應生成氧化鎂和碳。

(D) 人體的血紅素中含有亞鐵離子，若誤食硝酸鹽則導致亞鐵離子轉化成鐵離子而中毒，服用維生素 C 則可解毒。

(E) 以上皆非。

5. 若  $\text{A}_2$ ， $\text{B}_2$ ，和  $\text{C}_2$  三個同核雙原子分子之鍵解離能分別如下： $(\text{A} - \text{A}) = 590 \text{ kJ/mol}$ ， $(\text{B} - \text{B}) = 600 \text{ kJ/mol}$ ， $(\text{C} - \text{C}) = 610 \text{ kJ/mol}$ 。關於分子振動頻率(vibrational frequencies)的高低排序應為：

(A)  $\text{A}_2 = \text{B}_2 = \text{C}_2$

(B)  $\text{A}_2 > \text{B}_2 > \text{C}_2$

(C)  $\text{A}_2 < \text{B}_2 < \text{C}_2$

(D)  $\text{A}_2 < \text{B}_2 = \text{C}_2$

(E) 無法決定

6. 較大的活化能意味著該反應具有下列哪一項特徵？

- (A) 它是自發性的。
- (B) 它是高度吸熱的。
- (C) 它處於平衡狀態。
- (D) 它反應非常快。
- (E) 它具有高度的溫度依賴性(temperature-dependent)的速率常數。

7. 下列哪一個分子的鍵能最大？

- (A)  $\text{N}_2$  (B)  $\text{O}_2$  (C)  $\text{F}_2$  (D)  $\text{Cl}_2$  (E)  $\text{Br}_2$

8.  $\text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 3/2 \text{O}_2(\text{g})$

對於上述反應，在 298 K 時， $\Delta G^\circ = -165 \text{ kJ}$ 。此反應的平衡常數  $K_p$  為

- (A)  $2.7 \times 10^{-29}$  (B)  $2.7 \times 10^{-20}$  (C) 0.94 (D) 1.1 (E)  $3.7 \times 10^{28}$

9. 食鹽 ( $\text{NaCl}$ ) 和鹽酸 ( $\text{HCl}$ ) 都是常見的含氯化學物質，但它們在性質上有很大不同。食鹽在室溫下為固體，需高溫才能熔化；而  $\text{HCl}$  則是氣體，溶於水會形成強酸性溶液。下列哪一項最能解釋為何  $\text{NaCl}$  的熔點遠高於  $\text{HCl}$ ？

- (A)  $\text{NaCl}$  具有強氫鍵，因此需要較多能量斷裂。
- (B)  $\text{NaCl}$  為離子化合物，而  $\text{HCl}$  為共價分子化合物。
- (C)  $\text{NaCl}$  的極性共價鍵比  $\text{HCl}$  更強。
- (D)  $\text{NaCl}$  含有較多電子，導致較強的倫敦色散力。
- (E)  $\text{NaCl}$  屬於像鑽石或石英那樣的網狀共價固體。

10. 某種用於消毒劑的家用化學品，其化學式為  $\text{CH}_2\text{O}$ 。了解其分子幾何結構有助於預測其與親核試劑的反應方式。下列哪一個分子具有與  $\text{CH}_2\text{O}$  相似的分子幾何結構與碳原子混成軌域？

- (A) 甲烷 ( $\text{CH}_4$ )。
- (B) 乙炔 ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )。
- (C) 二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )。
- (D) 乙烯 ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )。
- (E) 氨 ( $\text{NH}_3$ )。

11. 一個剛性容器中含有兩種理想氣體的混合物：氦氣 ( $\text{He}$ ) 和氮氣 ( $\text{N}_2$ )，總壓為  $P_{\text{total}}$ 。如果氦氣的莫耳數是氮氣的兩倍，下列哪個表達式代表氦氣的分壓 ( $P_{\text{He}}$ )？

- (A)  $\frac{1}{3} P_{\text{total}}$  (B)  $\frac{2}{3} P_{\text{total}}$  (C)  $\frac{1}{2} P_{\text{total}}$  (D)  $2 P_{\text{total}}$  (E)  $\frac{1}{4} P_{\text{total}}$ 。

12. 一家製藥公司正在設計一種新的止痛藥。在合成過程中，他們需要將一個一級醇轉化為羧酸。下列哪一種試劑最適合進行此轉換？

- (A)  $\text{H}_2$  與  $\text{Pd/C}$
- (B) PCC (吡啶氯鉻酸鹽)
- (C) 酸性條件下的過錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ )
- (D) 氫化硼鈉 ( $\text{NaBH}_4$ )
- (E) 氫化鋁鋰 ( $\text{LiAlH}_4$ )

13. 一位化學家正在分析兩種用於商業產品的  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  樣品。其中一種被用於香水中，具有愉悅的香味；另一種則被用作消毒劑。儘管它們具有相同的分子式，但兩者的沸點與化學反應性明顯不同。下列哪一項最能解釋這兩種化合物之間的差異？

- (A) 它們是位置異構物，具有不同的官能基。
- (B) 它們是結構異構物；一個是醇類，一個是醚類。
- (C) 它們是幾何異構物；一個為順式，另一為反式。
- (D) 它們是對映異構物，具有相反的旋光性。
- (E) 它們是同一種化合物但處於不同物理狀態。

14. 一位學生探討在 400 K 下、1.00 mol 氣體的行為，並測量其在不同體積下的壓力。根據下表，下列何者最能解釋體積變化時出現的偏差？

| 體積 (L) | 實測壓力 (atm) | 理論壓力 (atm) |
|--------|------------|------------|
| 10.0   | 3.28       | 3.28       |
| 5.0    | 6.57       | 6.56       |
| 2.0    | 16.5       | 16.4       |
| 1.0    | 32.1       | 32.8       |

- (A) 因為實測壓力等於預測壓力，氣體為理想氣體。
  - (B) 壓力略低於理論值，因分子間存在吸引力。
  - (C) 分子體積會導致壓力上升。
  - (D) 氣體被壓縮至液化。
  - (E) 因為溫度上升，所以壓力下降。
15. 下列哪一項敘述最能解釋為什麼在相同莫耳濃度下， $\text{MgCl}_2$  水溶液的沸點升高幅度通常會比  $\text{NaCl}$  水溶液的沸點升高幅度大？
- (A)  $\text{MgCl}_2$  的溶解是放熱過程，而  $\text{NaCl}$  的溶解是吸熱過程。
  - (B)  $\text{MgCl}_2$  的摩爾質量比  $\text{NaCl}$  的摩爾質量大。
  - (C) 在水中  $\text{MgCl}_2$  解離產生的離子總數比  $\text{NaCl}$  解離產生的離子總數多。
  - (D)  $\text{MgCl}_2$  的離子鍵比  $\text{NaCl}$  的離子鍵更強。
  - (E) 在水中  $\text{MgCl}_2$  的離子間作用力比  $\text{NaCl}$  的離子間作用力弱。

16. Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) is a commonly used plasticizer, mainly added to polyvinyl chloride (PVC) plastics to increase their flexibility. However, DEHP poses potential health risks, particularly affecting the reproductive system. In 2011, Taiwan experienced a major plasticizer contamination incident, where DEHP was illegally added to food additives, leading to widespread food contamination.

Which of the following statements about esters is correct?

- (A) DEHP hydrolysis requires UV light to initiate the reaction.
- (B) Hydrolysis of DEHP produces a ketone and an alcohol.
- (C) DEHP can be synthesized from a specific carboxylic acid and an alcohol under acid-catalyzed conditions.
- (D) DEHP molecules do not contain any polar bonds, making them highly hydrophilic.
- (E) None of the above

17. 在染料敏化太陽能電池(dye-sensitized solar cells)中，常使用奈米尺度的金屬氧化物  $\text{TiO}_2$ ，請問其原因與下列哪一種性質最相關？

- (A) 導電性極高，可直接傳遞電子至電解質。
- (B) 鈦(Ti)元素含有 d 電子，可作為還原劑。
- (C) 表面積大且為 n 型半導體，有利於電子注入與傳遞。
- (D) 可直接吸收可見光以產生光電流。
- (E) 具高溫超導性，可於發電時降低電阻。

18. 根據價帶理論(band theory)，請問下列關於半導體材料導電性變化的描述，何者正確？

- (A) 溫度越高時，價帶會縮小，因此導電性會下降。
- (B) 溫度越高時，更多電子可越過能隙至傳導帶，所以導電性會上升。
- (C) 溫度下降時可使半導體的能隙消失，因此導電性上升。
- (D) 溫度不會影響價帶與傳導帶的間距與導電性。
- (E) 半導體無能隙，但導電性可隨電壓上升而增加。

19. 某類高分子聚合物可透過共軛  $\pi$  電子系統導電，請推論其分子結構應主要具備以下何種特徵？

- (A) 分子骨架含有金屬原子中心。
- (B) 分子骨架含有極性官能基團。
- (C) 分子骨架中的  $\pi$  電子可自由解離形成陰離子。
- (D) 分子骨架是由長鏈式飽和烴組成。
- (E) 分子骨架為長碳鏈且有單鍵與雙鍵的交替結構。

20. 紫色高麗菜汁所含的花青素為天然的酸鹼指示劑，請問其變色原理除了質子轉移反應外，還主要包含以下哪一部分改變，進而影響其吸光性質？
- (A) 分子量的大小。
  - (B) 與金屬配位的能力。
  - (C) 分子間氫鍵的數目。
  - (D) 共軛雙鍵系統的範圍。
  - (E) 立體異構物的旋光性差異。
21. 鑽石與石墨皆為碳的同素異形體，但其外觀、硬度、與導電性等物理性質有顯著差異，請問造成差異的最主要原因為下列何者？
- (A) 碳原子鍵結的混成軌域和結構維度不同。
  - (B) 碳原子的氧化態不同。
  - (C) 離子鍵與共價鍵的交錯程度不同。
  - (D) 晶格中的結晶水含量不同。
  - (E) 結構中的缺陷濃度不同。
22. 請問不鏽鋼之所以具有良好的耐蝕性，主要歸功於其合金成分中的哪一個元素與機制？
- (A) 鎳(Ni)，因能形成絕緣層。
  - (B) 錳(Mn)，因能促進晶體硬化。
  - (C) 鐵(Fe)，因具高還原性。
  - (D) 鉻(Cr)，因能形成致密氧化膜。
  - (E) 鈷(Co)，因能抑制氧化作用。
23. 在氫氧燃料電池中，請問陽極與陰極分別發生下列何種反應？
- (A) 陽極： $O_2$  還原，陰極： $H_2$  氧化。
  - (B) 陽極： $H_2$  氧化，陰極： $O_2$  還原。
  - (C) 陽極： $O_2$  氧化，陰極： $H_2$  還原。
  - (D) 陽極： $H_2$  還原，陰極： $O_2$  氧化。
  - (E) 陽極與陰極皆釋放  $H^+$ 。
24. 鋼鐵人欲在銅製配件表面電鍍一層銀，以增加其導電性與美觀性。他預計選用純銀片作為陽極、 $0.1\text{ M AgNO}_3(\text{aq.})$ 作為電解液、以及在恆定電流條件下進行操作，但小辣椒突發奇想地將陽極更換成石墨，請問在長時間進行鍍銀操作後，最可能出現以下何種現象？
- (A) 電解槽內的含碳離子濃度會逐漸上升，最終在銅製配件上形成黑色薄膜。
  - (B) 硝酸根離子會在陽極氧化，產生二氧化氮干擾電鍍的均勻性。
  - (C) 石墨與水發生副反應，產生氫氣干擾電鍍的均勻性。
  - (D) 電解槽內的銀離子濃度會逐漸下降，最終使電鍍的均勻性下降
  - (E) 銅製配件會與硝酸根離子直接反應生成沉澱，導致無法順利電鍍一層銀。

## 二、非選擇題 (共計 28 分)：請詳細作答

1. 使用  $^{14}\text{C}$  衰變測定物質年面臨的一個問題是取得標準。解決這個問題的一種方法是利用樹木年輪來確定年齡。透過這種方法，已經鑑定出可追溯到 10,000 年前的樹木物質。假設您有這樣一棵樹的樣本，在腐爛分解之前的次數為每分鐘 15.3 次，那麼現在每分鐘的腐爛分解次數是多少？ $^{14}\text{C}$  的半衰期為 5,760 年。(5 分)
2. 基態 H 原子的游離能為 13.6 eV。依下方所示的方程式，將 H 原子中的電子從量子數  $n=1$  的狀態激發到  $n=2$  的狀態，需要多少能量 (eV)？(5 分)

$$\Delta E = hcR_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

3. 近年來，科學家致力於開發高效能且環保的觸媒，以加速工業反應。其中，「 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 」和「 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 」兩種鐵的配位化合物鹽在電池、感測器以及催化劑中有重要應用。下表為這兩種配位化合物的部分性質比較：

| 配位化合物鹽                          | 中心金屬氧化態 | 顏色  | 穩定性 |
|---------------------------------|---------|-----|-----|
| $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ | +3      | 黃棕色 | ?   |
| $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ | +2      | 淺藍色 | ?   |

- a. 請問兩種鐵的配位化合物鹽的配位形狀是什麼？(1 分) 根據表格資訊，請推測「 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 」與「 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 」兩者之間可能存在何種化學反應？並簡述其變化。(2 分)

兩者可以互相透過氧化還原反應轉換： $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 還原成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ，或 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 被氧化成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 。中心金屬鐵的氧化態改變 (+3 ↔ +2)。

- b. 請解釋為何此兩種配位化合物的顏色不同。(3 分)

因為中心金屬鐵的氧化態不同，導致 d 軌域分裂能量差異，吸收光的波長不同，進而產生不同的可見光顏色。

- c. 請解釋在水溶液中， $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 與 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 這兩種鐵的配位化合物離子，哪一個更穩定？請簡述其主要原因。(3 分)

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 更穩定。主要原因是  $\text{Fe}(+2)$  (d6) 在強配位基氰根的作用下，形成電子完全填滿的低自旋組態，此組態具有較低的能量和更高的穩定性。相比之下， $\text{Fe}(+3)$  (d5) 即使在強配位場下也僅形成半滿的低自旋組態，穩定性稍遜一籌。此外， $\text{Fe}(+2)$  較低的電荷密度也減輕了對帶負電荷配位基的過度極化，有助於形成更穩固的鍵結。

4. 鋰離子電池(lithium ion battery)因具備高能量密度、高工作電壓、可重複充放電與體



積小等優點，已被廣泛應用於現代行動裝置(如手機、筆電、平板)、電動汽車與儲能設備中，然而，你是否瞭解其內含的化學知識？

- a. 請寫下最常見之鋰離子電池所使用的陽極材料、陰極材料與電解液中的含鋰成分。(3 分)
- b. 承上題，請分別寫出放電時的正極、負極半反應式，以及電池的全反應式(三個反應式的係數皆須要平衡)。(3 分)
- c. 假設一個鋰離子電池的標示容量為 3.00 Ah (安培·小時)，且在電池放電時，每個鋰離子對應移動 1 個電子(即 1 mol  $\text{Li}^+$  對應 1 mol  $e^-$ )，請問此電池在完全放電時，理論上總共傳遞了多少莫耳的電子？(法拉第常數  $F = 96500 \text{ C/mol}$ ) ※請寫下計算過程，且答案須四捨五入至有效位數為三位。(3 分)

\*答案:

a. 陽極(-)材料為含鋰的石墨( $\text{Li}_x\text{C}_6$ )、陰極(+)材料為鋰鈷氧化物( $\text{LiCoO}_2$ )、電解液含過氯酸鋰( $\text{LiClO}_4$ )。

b. 正極半反應式： $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2(\text{s}) + x\text{Li}^+ + xe^- \rightarrow \text{LiCoO}_2(\text{s})$ 。

負極半反應式： $\text{Li}_x\text{C}_6(\text{s}) \rightarrow x\text{Li}^+ + xe^- + 6\text{C}(\text{s})$ 。

全反應式： $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2(\text{s}) + \text{Li}_x\text{C}_6(\text{s}) \rightarrow \text{LiCoO}_2(\text{s}) + 6\text{C}(\text{s})$ 。

c.  $Q (\text{庫倫/C}) = I \times t = 3.00 \times 3600 = 10800 \text{ C}$

每 1 mol 電子對應 96500 C (法拉第常數  $F$ )，故  $\text{mol } e^- = Q/F = 10800/96500 \approx 0.11192 \text{ mol} \Rightarrow 0.112 \text{ mol}$ 。