

HKDSE 化學練習卷

中六 (DSE) 化學 | 時限：60 分鐘 | 總分：100 分 | 共 30 題

甲部 工業化學 (30 分)

每題 2 分，選出最適合的答案。

1. 在哈伯法中，4.0 mol 氮氣與過量氫氣完全反應 ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ ， $\text{Mr}(\text{NH}_3) = 17$)。最多可生成氨的質量是多少？

答案：莫耳比 $\text{N}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 2$ ，故 $n(\text{NH}_3) = 2 \times 4.0 = 8.0 \text{ mol}$ ； $m = n \times \text{Mr} = 8.0 \times 17 = 136 \text{ g}$ 。(2 分)

2. 承上題，實際只得 102 g 氨。百分產率是多少？

答案：百分產率 = 實際產量 ÷ 理論產量 $\times 100\% = 102 \div 136 \times 100\% = 75\%$ 。(2 分；把分母用實際產量給 0 分。)

3. 哈伯法的原子經濟效益 (atom economy) 是多少？

答案：反應物全部原子都進入產物：原子經濟效益 = $(2 \times 17) \div (28 + 3 \times 2) \times 100\% = 34 \div 34 \times 100\% = 100\%$ 。(2 分)

4. 接觸法中，二氧化硫氧化成三氧化硫所用的催化劑及典型條件是：

答案：催化劑為五氧化二鉬 (V_2O_5)，溫度約 450°C 、壓力約 $1 - 2 \text{ atm}$ 。鐵催化劑屬哈伯法，不可混淆。(2 分；催化劑與條件各 1 分。)

5. 在接觸法中，200 mol SO_2 與 120 mol O_2 混合 ($2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$)。哪一種是限量試劑，最多可得多少 kg SO_3 ($\text{Mr} = 80$)？

答案： SO_2 所需氧 = $200 \div 2 = 100 \text{ mol} < 120 \text{ mol}$ ，故 SO_2 為限量試劑 (餘氧 20 mol)； $n(\text{SO}_3) = 200 \text{ mol}$ ； $m = 200 \times 80 = 16000 \text{ g} = 16 \text{ kg}$ 。(2 分)

6. 下列哪一項改變不會提高 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ ($\Delta H < 0$) 平衡時 SO_3 的產量？

答案：提高溫度會使平衡向吸熱 (逆) 方向移動， SO_3 產量下降。增大壓力、加入過量 O_2 、不斷抽走 SO_3 都會提高產量。(2 分)

7. 在室溫室壓下，氣體莫耳體積取 $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 。0.50 mol 二氧化碳佔多少體積？

答案： $V = n \times \text{莫耳體積} = 0.50 \times 24.0 = 12.0 \text{ dm}^3$ 。(2 分)

8. 電解濃鹽水 (氯鹼工業) 時，每生成 1.0 mol 氯氣，同時生成多少克氫氧化鈉 ($\text{Mr}(\text{NaOH}) = 40$)？

答案： $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ ，莫耳比 $\text{Cl}_2 : \text{NaOH} = 1 : 2$ ，故 $n(\text{NaOH}) = 2.0 \text{ mol}$ ， $m = 2.0 \times 40 = 80 \text{ g}$ (同時得氯氣 71 g)。(2 分)

9. 要電解生成 1.0 mol 氯氣，最少需要多少克氯化鈉 ($\text{Mr}(\text{NaCl}) = 58.5$)？

答案： $n(\text{NaCl}) = 2 \times 1.0 = 2.0 \text{ mol}$ ； $m = 2.0 \times 58.5 = 117 \text{ g}$ 。(2 分)

10. 蘇爾維法中，碳酸氫鈉受熱分解 $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。2.0 mol NaHCO_3 可得多少克碳酸鈉 ($\text{Mr}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$)？

答案：莫耳比 $2 : 1$ ， $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1.0 \text{ mol}$ ； $m = 1.0 \times 106 = 106 \text{ g}$ 。(2 分)

11. 某反應的總反應物質質量為 100 g，目標產物質質量為 88 g，其餘為副產物。原子經濟效益是多少？

答案：原子經濟效益 = 目標產物質質量 ÷ 全部反應物質質量 × 100% = $88 \div 100 \times 100\% = 88\%$ 。（2 分；若用實際產量除以理論產量，那是百分產率，不是原子經濟效益。）

12. 關於催化劑在工業反應中的作用，下列哪一項正確？

答案：催化劑提供較低活化能的反應途徑，使正逆反應速率同時加快，縮短達平衡所需時間；但不改變反應焓變，也不改變平衡位置與平衡常數。（2 分；答「提高產率」給 0 分。）

13. 煙氣脫硫把 SO_2 通過石灰石漿液： $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2$ 。要完全吸收 64 g SO_2 ，需多少克 CaCO_3 （ $M_r = 100.1$ ）？

答案： $n(\text{SO}_2) = 64 \div 64 = 1.0 \text{ mol}$ ，與 CaCO_3 之比 1:1，故需 1.0 mol； $m = 1.0 \times 100.1 = 100.1 \text{ g}$ 。（2 分）

14. 以氫氧燃料電池驅動汽車，相比汽油引擎，最直接的好處是：

答案：燃料電池的唯一產物是水，行車時不排放二氧化碳、一氧化碳或氮氧化物；但氫氣生產過程是否低碳，仍取決於製氫方法。（2 分；答「氫氣便宜」給 0 分。）

15. 在氫氧燃料電池中，每消耗 1 mol 氫氣約釋出 2 mol 電子（ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ）。以法拉第常數 96500 C mol^{-1} 計，1 mol 氫氣可送出多少庫侖電量？

答案： $Q = n(e^-) \times F = 2 \times 96500 = 193000 \text{ C}$ （約 $1.9 \times 10^5 \text{ C}$ ）。（2 分）

乙部 分析化學（20 分）

每題 2 分，選出最適合的答案。

16. 以火焰試驗辨認鉀離子，火焰呈什麼顏色？

答案：鉀呈淡紫色（lilac）。鈉呈金黃色、鈣呈磚紅色、銅呈藍綠色。（2 分；寫「紫色」給 1 分。）

17. 向含鋅離子的溶液中逐滴加入氫氧化鈉溶液至過量，會觀察到什麼？

答案：先出現白色沉澱 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ，繼續加至過量時沉澱溶解，得無色溶液（鋅的氫氧化物具兩性）。（2 分；只答「白色沉澱」給 1 分。）

18. 要檢驗某固體是否含碳酸根離子，最適合的做法是：

答案：加稀鹽酸，若放出氣體並使石灰水變乳濁，即含碳酸根（放出 CO_2 ）。（2 分；加熱石灰水或直接用石蕊試紙只給 1 分。）

19. 檢驗溶液中是否含硫酸根離子，正確的試劑與現象是：

答案：先加稀鹽酸（排除碳酸根、亞硫酸根），再加氯化鋇溶液，得白色沉澱且不溶於稀鹽酸，即硫酸根。（2 分；不先加酸排除干擾給 1 分。）

20. 以 25.0 cm^3 、 0.100 M 的氫氧化鈉溶液恰好中和 25.0 cm^3 氫氯酸。氫氯酸的濃度是多少？

答案： $n(\text{NaOH}) = 0.100 \times 25.0 \div 1000 = 2.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ；反應比 1:1，故 $n(\text{HCl})$ 相同； $c = 2.50 \times 10^{-3} \div 25.0 \times 1000 = 0.100 \text{ M}$ 。（2 分）

21. 碘滴定中 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。滴定 0.0050 mol I_2 需多少 mol 硫代硫酸根？

答案：由方程式莫耳比 $\text{I}_2 : \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 1:2$ ，故需 $2 \times 0.0050 = 0.0100 \text{ mol}$ 。（2 分）

22. 某次滴定三次讀數為 21.40、21.50、21.60 cm³，全部在合理範圍內。計算時應採用的平均滴定體積是多少？

答案：三次結果相差不超過 0.20 cm³，屬可接受範圍，故取算術平均： $(21.40 + 21.50 + 21.60) \div 3 = 21.50 \text{ cm}^3$ 。（2 分；擅自丟棄任何一個讀數給 0 分。）

23. 以 25.0 cm³ 白醋（假設密度 1.00 g cm⁻³）與平均 21.50 cm³、0.100 M 的氫氧化鈉溶液滴定（1:1 反應，Mr(CH₃COOH) = 60）。醋酸的質量對體積百分比是多少？

答案： $n(\text{NaOH}) = 0.100 \times 21.50 \div 1000 = 2.150 \times 10^{-3} \text{ mol} = n(\text{酸})$ ； $m(\text{酸}) = 2.150 \times 10^{-3} \times 60 = 0.129 \text{ g}$ ；樣本質量 25.0 g（密度 1.00），故 $0.129 \div 25.0 \times 100\% \approx 0.52\%$ （w/w）。（2 分；忘記用密度把體積換成質量給 1 分。）

24. 紙色層分析中，某色素斑點由起點線移動 3.2 cm，溶劑前緣移動 8.0 cm。它的 R_f 值是多少？

答案： $R_f = \text{斑點移動距離} \div \text{溶劑前緣距離} = 3.2 \div 8.0 = 0.40$ （無單位）。（2 分）

25. 某有機化合物的紅外光譜在約 1700 cm⁻¹ 有強吸收峰。這最可能表示含哪一個官能基？

答案：約 1700 cm⁻¹ 的強峰屬 C=O 伸縮振動（羰基）。寬而大的 2500 – 3300 cm⁻¹ 才是 O—H 羧酸，3300 cm⁻¹ 尖峰通常是 O—H 醇或 N—H。（2 分）

丙部 結構題（50 分）

回答下列各題，須列出算式、單位及有效數字（如適用）。

26. 哈伯法製氨： $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ， $\Delta H = -92 \text{ kJ mol}^{-1}$ 。

(a) 寫出平衡反應式，並指出工業上使用的催化劑。（2 分）

(b) 解釋為何操作溫度取約 450 °C，而非更低或更高。（3 分）

(c) 以 200 mol N₂ 與 700 mol H₂ 反應，找出限量試劑，求氨的理論質量（kg）；若實際得 5.4 kg，求百分產率。（3 分）

(d) 解釋為何工廠不斷把氨液化抽走可提高產率。（2 分）

答案：(a) $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ ；催化劑為鐵（含 K₂O、Al₂O₃ 助催化劑）。（2 分）

(b) 反應放熱，低溫有利平衡但速率太慢；高溫速率快但平衡左移、產率低；450 °C 是速率與產率的折衷，加上催化劑已足夠提速。（3 分）

(c) 所需 H₂ = $3 \times 200 = 600 \text{ mol} < 700 \text{ mol}$ ，故 N₂ 為限量試劑； $n(\text{NH}_3) = 2 \times 200 = 400 \text{ mol}$ ； $m = 400 \times 17 \div 1000 = 6.8 \text{ kg}$ ；百分產率 = $5.4 \div 6.8 \times 100\% = 80\%$ 。（3 分）

(d) 抽走生成物使生成物濃度下降， $Q < K$ ，平衡向右移動，故氨的產量增加。（2 分）

27. 以標準氫氧化鈉溶液滴定白醋，測定醋酸含量。每次取 25.0 cm^3 白醋，三次滴定體積為 21.40 、 21.50 、 21.60 cm^3 ， NaOH 濃度 0.100 M ，反應為 $1:1$ ， $\text{Mr}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60$ 。

(a) 說明為何取三次的平均值，並算出平均滴定體積。(3 分)

(b) 求白醋中醋酸的濃度 (M)。(3 分)

(c) 求醋酸的質量濃度 (g dm^{-3})。(2 分)

(d) 若改用未經校準的滴定管，對結果有什麼影響？(2 分)

答案：(a) 三次讀數相差 $\leq 0.20\text{ cm}^3$ ，屬一致 (concordant)，取平均可減低隨機誤差： $(21.40 + 21.50 + 21.60) \div 3 = 21.50\text{ cm}^3$ 。(3 分)

(b) $n(\text{NaOH}) = 0.100 \times 21.50 \div 1000 = 2.15\text{e-}03\text{ mol}$ ； $1:1$ 故 $n(\text{酸})$ 相同； $c = 2.15\text{e-}03 \div 25.0 \times 1000 = 0.0860\text{ M}$ 。(3 分)

(c) 質量濃度 $= 0.0860 \times 60 = 5.16\text{ g dm}^{-3}$ 。(2 分)

(d) 未校準的滴定管有系統誤差，會使所有讀數同向偏大或偏小，平均值不能消除，結果會有固定偏差；應以標準溶液校準滴定管。(2 分)

28. 一瓶無色溶液含一種陽離子和一種陰離子，可能是 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 與 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 中的組合。化驗結果如下：

① 火焰試驗：淡紫色火焰。

② 加稀硝酸後再加硝酸銀溶液：白色沉澱，沉澱溶於稀氨水。

③ 加稀硝酸時無氣泡。

(a) 由①②③推斷溶液所含的陽離子與陰離子，並寫出化合物名稱。(4 分)

(b) 解釋②為何先加稀硝酸而不是稀鹽酸。(3 分)

(c) 設計一個簡單實驗，進一步確認陰離子（寫出試劑與預期現象）。(3 分)

答案：(a) ① 淡紫色火焰 $\rightarrow \text{K}^+$ ；② 白色沉澱且溶於稀氨水 $\rightarrow \text{Cl}^-$ (AgCl)；③ 無氣泡 $\rightarrow$ 不含 CO_3^{2-} ；亦未見不溶於酸的白色沉澱，故不是 SO_4^{2-} 。化合物為氯化鉀 (KCl)。(4 分)

(b) 稀鹽酸本身含 Cl^- ，會與 AgNO_3 生成白色 AgCl 沉澱，造成假陽性；稀硝酸可先除去 CO_3^{2-} 等干擾而又不引入 Cl^- 。(3 分)

(c) 取樣加稀硝酸（已排除碳酸根）後加硝酸銀溶液：若無白色沉澱，即不含硫酸根，配合陽離子鑑定可確認為氯化物；或作氯氣/漂白性測試：加二氧化錳與濃硫酸加熱，放出的氣體使濕潤藍石蕊試紙先紅後褪色。(3 分)

29. 接觸法製硫酸由硫燃燒開始： $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ ； $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ； $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ （實際用濃硫酸吸收）。

(a) 寫出上述三個反應式，並指出第二步的催化劑與溫度。(4 分)

(b) 燃燒 320 kg 硫，假設各步完全反應，求 SO_2 、 SO_3 及 H_2SO_4 的理論質量 (kg)。(3 分)

(c) 若整條流程的總產率為 95% ，實際可得硫酸多少 kg ？(1 分)

(d) 提出兩項減少 SO_2 排放的措施。(2 分)

答案：(a) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ ； $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ （催化劑 V_2O_5 ，約 450°C 、 $1-2\text{ atm}$ ）； $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 。(4 分)

(b) $n(\text{S}) = 320 \times 1000 \div 32.0 = 10000\text{ mol}$ ；硫原子守恆，故 $n(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10000\text{ mol}$ ； $m(\text{SO}_2) = 10000 \times 64.0 \div 1000 = 640\text{ kg}$ ； $m(\text{SO}_3) = 800\text{ kg}$ ； $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 980\text{ kg}$ 。(3 分)

(c) 實際 $= 980 \times 95\% = 931\text{ kg}$ 。(1 分)

(d) 煙氣脫硫（石灰石漿液吸收 SO_2 ）、改用低硫燃料、加裝洗滌塔或把 SO_2 回收製硫酸，任兩項。(2 分)

30. 電解濃鹽水（氯鹼工業）以 10.0 A 電流進行 2.00 小時，反應為 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ （法拉第常數 96500 C mol^{-1} ，室溫氣體莫耳體積 $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ）。

(a) 求通過的電量 (C)。(2 分)

(b) 求生成氯氣的莫耳數。(3 分)

(c) 求氯氣在室溫下的體積 (dm^3)。(3 分)

(d) 同時生成的氫氧化鈉有多少克？(2 分)

答案：(a) $Q = It = 10.0 \times 2.00 \times 3600 = 72000 \text{ C}$ 。(2 分；忘記 $\times 3600$ 給 0 分。)

(b) $n(e^-) = Q/F = 72000 \div 96500 = 0.7461 \text{ mol}$ ； Cl_2 需 2 個電子， $n(\text{Cl}_2) = 0.7461 \div 2 = 0.3731 \text{ mol}$ 。(3 分)

(c) $V = n \times 24.0 = 0.3731 \times 24.0 = 8.95 \text{ dm}^3$ 。(3 分)

(d) 莫耳比 $\text{Cl}_2 : \text{NaOH} = 1 : 2$ ， $n(\text{NaOH}) = 0.7461 \text{ mol}$ ； $m = 0.7461 \times 40 = 29.8 \text{ g}$ 。(2 分)