中五化學練習卷：酸鹼滴定、電解與反應速率

中五（S5）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：酸鹼與滴定（第 1 – 4 題）

甲部

1. 以 0.100 M 氫氧化鈉溶液滴定 25.0 cm³ 未知濃度的鹽酸，三次滴定平均用去 23.40 cm³。(a) 寫出滴定過程的化學方程式（淨離子方程式）。(b) 計算鹽酸的摩爾濃度（答案準確至 4 位有效數字）。(c) 若改用 0.0500 M 氫氧化鈉溶液，求達至同一終點所需體積。(d) 說明為何選用甲基橙而不用酚酞作指示劑，並指出終點的顏色變化。

答案：(a) $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$。(b) $n(NaOH) = 0.100 \times 23.40/1000 = 2.340 \times 10^{-3}$ mol，故 $[HCl] = 2.340 \times 10^{-3} \div 0.0250 = 0.0936$ M。(c) $V = 2.340 \times 10^{-3} \div 0.0500 \times 1000 = 46.8$ cm³。(d) 強酸與強鹼滴定的等當點 pH = 7，甲基橙（變色範圍約 3.1 – 4.4）與酚酞（8.3 – 10）皆可，但甲基橙由黃變橙紅，終點較易辨認，故常用；評分要點：淨離子方程式、摩爾數換算、濃度與體積關係、指示劑選擇理據。

2. 已知 25 °C 時醋酸的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$，$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$。(a) 求 0.010 M 鹽酸的 pH（準確至 2 位小數）。(b) 求 0.010 M 醋酸的 pH，並解釋為何與 (a) 不同（可用近似 $[H^+] = \sqrt{(K_a \times c)}$）。(c) 將該醋酸溶液稀釋 10 倍後，求 pH 的變化量，並說明是否等於 1。

答案：(a) 強酸完全解離，$[H^+] = 0.010$ M，pH = 2.00。(b) 醋酸只是部分解離，$[H^+] = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5} \times 0.010)} = 4.24 \times 10^{-4}$ M，pH = 3.37；因大部分醋酸分子未解離，$[H^+]$ 遠低於 0.010 M，故 pH 較高。(c) 稀釋 10 倍後 c = 0.0010 M，$[H^+] = 1.34 \times 10^{-4}$ M，pH = 3.87，變化量 = 0.50，小於 1，因為稀釋促使更多醋酸分子解離，部分補回 $[H^+]$。評分要點：強弱酸解離概念、近似公式、稀釋對解離度的影響。

3. 以 0.100 M 氫氧化鈉滴定 25.0 cm³ 0.100 M 醋酸。(a) 求等當點所需氫氧化鈉的體積。(b) 計算等當點時溶液的 pH（提示：以醋酸根的水解常數 $K_b = K_w / K_a$ 計算，答案準確至 2 位小數）。(c) 說明等當點的 pH 為何大於 7。(d) 若改用鹽酸代替醋酸，等當點的 pH 有何不同？簡要解釋。

答案：(a) $n(CH_3COOH) = 0.100 \times 0.0250 = 2.50 \times 10^{-3}$ mol，需同摩爾 NaOH，故體積 = 25.0 cm³。(b) 等當點時總體積 50.0 cm³，$[CH_3COO^-] = 0.0500$ M；$K_b = K_w/K_a = 5.56e\text{-}10$，$[OH^-] = \sqrt{(K_b \times c)} = 5.27e\text{-}06$ M，pOH = 5.28，pH = 8.72。(c) 醋酸根水解生成 OH^-：$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$，故溶液呈鹼性，pH 大於 7。(d) 鹽酸與氫氧化鈉均為強電解質，等當點只有 NaCl 與水，pH = 7，低於醋酸的情況。評分要點：等當點體積、K_b 計算、水解方程式、強弱酸比較。

4. 一名學生要檢定一批不純的氫氧化鈉樣本。他把 1.25 g 樣本溶於水並稀釋至 250.0 cm³。取 25.0 cm³ 以 0.100 M 鹽酸滴定，平均用去 23.50 cm³。(a) 計算 25.0 cm³ 樣本溶液中所含氫氧化鈉的摩爾數（mmol）。(b) 求整份樣本中氫氧化鈉的質量。(c) 計算樣本的百分純度（假設雜質不與酸反應，答案準確至 3 位有效數字）。(d) 指出一項實驗誤差來源，並說明它會令純度偏高還是偏低。

答案：(a) $n(HCl) = 0.100 \times 23.50/1000 = 2.350$ mmol，故 25.0 cm³ 樣本液含 NaOH 2.350 mmol。(b) 250.0 cm³ 為 10 倍，n = 23.50 mmol，質量 $= 23.50 \times 10^{-3} \times 40.00 = 0.940$ g。(c) 百分純度 $= 0.940 \div 1.25 \times 100\% = 75.2\%$。(d) 例如滴定管未用氫氧化鈉溶液潤洗（殘留蒸餾水），會令讀數偏大、計算純度偏高；或稱量時樣本吸濕，令實際 NaOH 偏少、純度偏低（寫出任一項並正確判斷方向即可）。評分要點：mmol 換算、稀釋倍數、純度公式、誤差方向。

乙部：電解與電化學（第 5 – 8 題）

乙部

5. 以 2.00 A 的電流電解硫酸銅(II) 水溶液 60.0 分鐘（法拉第常數 96500 C mol⁻¹，Cu = 63.5，氣體摩爾體積 24.0 dm³ mol⁻¹）。(a) 寫出陰極與陽極（用石墨）的電極反應。(b) 計算通過的電量。(c) 求陰極析出銅的質量（準確至 3 位有效數字）。(d) 求陽極產生氧氣的體積（cm³，室溫常壓）。(e) 說明為何電解一段時間後溶液的藍色會變淡。

答案：(a) 陰極：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$；陽極：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$。(b) $Q = It = 2.00 \times 3600 = 7200$ C。(c) $n(e^-) = 7200 \div 96500 = 0.0746$ mol，$n(Cu) = 0.0373$ mol，質量 $= 0.0373 \times 63.5 = 2.369$ g。(d) $n(O_2) = 0.0746 \div 4 = 0.0187$ mol，體積 $= 0.0187 \times 24000 = 448$ cm³。(e) 陰極不斷消耗 Cu^{2+}，溶液中 Cu^{2+} 濃度下降，故藍色變淡（銅離子正是藍色來源）。評分要點：電極反應、$Q = It$、法拉第換算、氣體摩爾體積。

6. 以 1.00 A 的電流電解 0.100 M 氯化鈉水溶液 500 cm³（鉑電極）。(a) 分別寫出用濃氯化鈉溶液與稀氯化鈉溶液時陽極的反應，並解釋差異。(b) 求把溶液中 0.100 mol 氯離子全部氧化所需的時間（小時，準確至 2 位小數）。(c) 說明長時間電解後陰極附近溶液的酸鹼性變化及原因。

答案：(a) 濃 NaCl：$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$（氯離子濃度大，優先放電）；稀 NaCl：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$（氯離子濃度低，水較易被氧化）。(b) $n(e^-) = n(Cl^-) = 0.100$ mol，$Q = 0.100 \times 96500 = 9650$ C，$t = 9650 \div 1.00 = 9650$ s $= 2.68$ 小時。(c) 陰極 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$，$OH^-$ 不斷生成，故陰極附近溶液由中性變鹼性，酚酞會變紅。評分要點：濃度對放電次序的影響、電量與摩爾數關係、陰極區酸鹼變化。

7. 在銀電解槽中以 1.50 A 電流為一件物件鍍銀，共鍍上 0.500 g 銀（Ag = 107.9，法拉第常數 96500 C mol⁻¹）。(a) 寫出陰極的電極反應。(b) 計算所需的電量（庫侖，準確至整數）。(c) 求電鍍所用的時間（秒及分鐘）。(d) 說明電鍍時陽極必須用純銀而非惰性電極的原因。(e) 若電流效率只有 90%，實際需時會增加多少百分比？

答案：(a) 陰極：$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$。(b) $n(Ag) = 0.500 \div 107.9 = 4.63 \times 10^{-3}$ mol，$Q = 4.63 \times 10^{-3} \times 96500 = 447$ C。(c) $t = 447 \div 1.50 = 298$ s，即約 4.97 分鐘。(d) 陽極用純銀可不斷溶解補充 Ag^+（$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$），保持電鍍液濃度穩定；若用惰性電極，$Ag^+$ 會被耗盡，鍍層變薄且溶液失效。(e) 電流效率 90% 表示只有九成電子用於鍍銀，時間增加 $1 \div 0.90 - 1 \approx 11\%$。評分要點：陰極還原、法拉第計算、陽極補充作用、效率換算。

8. 以 1.00 A 的電流電解酸化水 30.0 分鐘（法拉第常數 96500 C mol⁻¹，摩爾體積 24.0 dm³ mol⁻¹）。(a) 寫出兩極的反應式。(b) 計算通過的電量與電子的摩爾數。(c) 求陰極產生氫氣的體積（cm³，室溫常壓，準確至 3 位有效數字）。(d) 求陽極產生氧氣的體積，並解釋兩者體積比。(e) 說明電解水時為何要加入少量硫酸。

答案：(a) 陰極：$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$；陽極：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$。(b) $Q = 1.00 \times 1800 = 1800$ C，$n(e^-) = 1800 \div 96500 = 0.0187$ mol。(c) $n(H_2) = 0.0187 \div 2 = 9.33 \times 10^{-3}$ mol，$V = 9.33 \times 10^{-3} \times 24000 = 224$ cm³。(d) $n(O_2) = 0.0187 \div 4 = 4.66 \times 10^{-3}$ mol，$V = 112$ cm³；由反應式可見每 4 mol 電子產生 2 mol H_2 與 1 mol O_2，故體積比恒為 2 : 1。(e) 純水導電性極低，加入少量硫酸提供離子以導電，硫酸本身不被消耗。評分要點：兩極反應、電子摩爾數、體積比、電解質作用。

丙部：反應速率（第 9 – 12 題）

丙部

9. 把大理石块加入過量稀鹽酸，以電子天平記錄質量損失，數據如下（時間 s／質量損失 g）：0／0.00、40／0.48、80／0.80、120／0.98、160／1.10。(a) 計算 0 – 40 s 與 40 – 80 s 的平均反應速率（g s⁻¹）。(b) 求 80 – 120 s 與 120 – 160 s 的平均速率，並解釋速率下降的原因。(c) 估算 60 s 時的瞬時速率，並說明所用的方法。(d) 提出兩種可加快此反應的方法，並以碰撞理論解釋。

答案：(a) 0 – 40 s：0.48 ÷ 40 = 0.0120 g s⁻¹；40 – 80 s：0.32 ÷ 40 = 0.0080 g s⁻¹。(b) 80 – 120 s：0.18 ÷ 40 = 0.0045 g s⁻¹；120 – 160 s：0.12 ÷ 40 = 0.0030 g s⁻¹；速率下降因鹽酸濃度隨反應消耗而降低，碰撞頻率減少。(c) 以 40 – 80 s 區間的平均速率估算 60 s 的瞬時速率 = 0.32 ÷ 40 = 0.0080 g s⁻¹（取相鄰區間平均、或以切線斜率估算均可）。(d) 升溫（粒子動能增加、碰撞更頻繁且有效碰撞比例上升）及把大理石磨成粉末（表面積增大）；亦可提高鹽酸濃度。評分要點：平均速率公式、速率遞減原因、瞬時速率估算、碰撞理論。

10. 某反應 A + B → 產物的初始速率數據如下（[A]／[B] 單位 mol dm⁻³，速率單位 mol dm⁻³ s⁻¹）：實驗 1：0.10／0.10／2.0 × 10⁻³；實驗 2：0.20／0.10／8.0 × 10⁻³；實驗 3：0.10／0.20／4.0 × 10⁻³。(a) 求反應對 A 及對 B 的級數，並展示計算。(b) 寫出速率方程及求速率常數 k（連單位）。(c) 當 [A] = 0.30 M、[B] = 0.15 M 時，求初始速率。(d) 若把容器體積減半，速率會變為原來的多少倍？

答案：(a) 比較實驗 1、2：[B] 不變而 [A] 加倍，速率由 2.0 × 10⁻³ 增至 8.0 × 10⁻³（4 倍），故對 A 為二級；比較實驗 1、3：[A] 不變而 [B] 加倍，速率加倍，故對 B 為一級。(b) 速率 = k[A]²[B]；k = 2.0 × 10⁻³ ÷ (0.10² × 0.10) = 2.0 dm⁶ mol⁻² s⁻¹。(c) 速率 = 2.0 × 0.30² × 0.15 = 0.027 mol dm⁻³ s⁻¹。(d) 體積減半即濃度加倍，速率變為原來的 2² × 2 = 8 倍。評分要點：由數據定級數、速率方程與單位、代入計算、濃度與體積關係。

11. (a) 把同一質量的碳酸鈣粉末與大理石塊分別加入相同濃度的鹽酸，初始速率分別為 4.8 × 10⁻³ 與 1.2 × 10⁻³ mol s⁻¹，求兩者速率之比，並以碰撞理論解釋差異。(b) 說明催化劑如何加快反應，並指出它不改變哪些量（至少兩項）。(c) 溫度每升高 10 K，本反應速率約增至 2 倍。若 300 K 時速率為 r，求 330 K 時的速率（以 r 表示）。(d) 解釋溫度對速率影響遠大於濃度影響的原因。

答案：(a) 比值 = 4.8 × 10⁻³ ÷ 1.2 × 10⁻³ = 4.0；粉末表面積遠大於塊狀，可接觸的粒子更多，單位時間有效碰撞次數增加，故速率較快。(b) 催化劑提供較低活化能的另一反應途徑，令更多碰撞有效；它不改變反應物與生成物的焓變、平衡位置及最終產量（亦可答不改變反應的化學計量）。(c) 由 300 K 至 330 K 共升 30 K，即 3 個 10 K 區間，速率 = 2³ r = 8r。(d) 升溫同時大幅增加具有能量大於活化能的粒子比例（分佈曲線右移），而濃度只按比例增加碰撞頻率，故溫度影響呈指數式而非線性。評分要點：表面積與碰撞、催化劑作用、溫度係數、能量分佈解釋。

12. 過氧化氫分解為一級反應，速率常數 k = 6.93 × 10⁻³ s⁻¹。(a) 寫出分解的化學方程式（含狀態符號）。(b) 求半衰期（準確至 0.1 s）。(c) 求過氧化氫分解 80% 所需的時間（準確至整數秒）。(d) 說明為何測量氣體體積可用來跟隨此反應的進度，並指出一個可能的誤差來源。(e) 若加入二氧化錳，簡要說明 k 與半衰期如何改變。

答案：(a) $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$。(b) $t_{½} = \ln 2 \div k = 0.693 \div 6.93 \times 10^{-3} = 100.0$ s。(c) 剩餘 20%，$t = -\ln(0.20) \div k = 1.609 \div 6.93 \times 10^{-3} = 232$ s。(d) 每分解 2 mol H_2O_2 放出 1 mol O_2，氣體體積與反應量成正比，故可用集氣法跟隨進度；誤差來源例如裝置漏氣、或氣體未冷卻至室溫即讀取體積。(e) 二氧化錳為催化劑，提供較低活化能途徑，k 增大，半衰期縮短。評分要點：方程式與狀態符號、一級反應公式、百分比分解計算、量度方法與誤差、催化劑影響。