中五化學練習卷：酸鹼、滴定與電化學

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

甲部：酸鹼與 pH（24 分）

每題 6 分，須列式或說明推理。

1. 25 °C 時，(a) 計算 0.0100 M 鹽酸（強酸，完全電離）的 pH；(b) 計算 0.0100 M 氫氧化鈉溶液的 pH；(c) 把兩者等體積混合後，溶液的 pH 是多少？並說明混合液呈中性、酸性還是鹼性。

答案：(a) 鹽酸完全電離，$[H^+] = 0.0100$ M，$pH = -\log 0.0100 = 2.00$。(b) $[OH^-] = 0.0100$ M，$pOH = 2.00$，$pH = 14.00 - 2.00 = 12.00$。(c) 等體積、等濃度下 H^+ 與 OH^- 的物質的量相等，完全中和成水，故 pH = 7.00（25 °C），溶液呈中性。評分要點：強酸強鹼完全電離、pH 與 pOH 換算、中和後 pH。

2. 0.100 M 醋酸（CH_3COOH）在 25 °C 的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$，且 K_a 遠小於濃度。(a) 以 K_a 及濃度計算 $[H^+]$；(b) 計算 pH；(c) 計算電離度（百分比），並解釋醋酸的 pH 仍低於 7 的原因。

答案：(a) $K_a = [H^+]^2/[HA] \approx [H^+]^2/0.100$，故 $[H^+] = \sqrt{(1.8\times10^{-5} \times 0.100)} = 1.34\text{e-}03$ M。(b) $pH = -\log 1.34\text{e-}03 = 2.87$。(c) 電離度 = 1.34e-03/0.100 × 100% = 1.34%，即有 98.7% 的醋酸分子未電離；因仍有少量 H^+ 釋出，pH 低於 7，但遠高於同濃度的強酸（pH 1.00）。評分要點：K_a 近似、開平方、百分比與比較。

3. (a) 把 25.0 cm³ 的 0.200 M 鹽酸加水稀釋至 250.0 cm³，求稀釋後濃度及 pH。(b) 由 0.200 M 稀釋 10 倍後，pH 增加了多少？(c) 解釋為何不斷稀釋也不能使強酸的 pH 升至高於 7。

答案：(a) 稀釋後濃度 = 0.200 × 25.0/250.0 = 0.020 M，$pH = -\log 0.020 = 1.70$。(b) 原溶液 $pH = -\log 0.200 = 0.70$，稀釋 10 倍後 pH 升至 1.70，即增加 1.00。(c) 稀釋只會令 $[H^+]$ 變小，但水自身電離提供的 H^+ 令 $[H^+]$ 不會低於 10^{-7} M，故 pH 趨近 7 而不會超過 7。評分要點：稀釋公式、pH 差、水的電離。

4. 25.0 cm³ 的 0.100 M 硫酸（視為二元強酸，完全電離）與 0.200 M 氫氧化鈉溶液反應。(a) 求硫酸的物質的量。(b) 求所需氫氧化鈉溶液的體積。(c) 若改用 0.100 M 氫氧化鈉，所需體積如何改變？以計算說明。

答案：(a) $n(H_2SO_4) = 0.100 \times 25.0/1000 = 2.50\text{e-}03$ mol。(b) 二元酸提供 5.00e-03 mol H^+，需 NaOH 體積 = 5.00e-03/0.200 = 25.0 cm³。(c) 改用 0.100 M 後濃度減半，體積加倍，需 50.0 cm³；因 H^+ 的物質的量不變，$V \propto 1/c$。評分要點：二元酸計量比、體積計算、反比關係。

乙部：滴定、鹽類與緩衝（36 分）

每題 9 分，注意題目各部分的配分。

5. 以 0.100 M 氫氧化鈉滴定 25.0 cm³ 未知濃度的一元酸 HA，達終點時用去 23.40 cm³ 氫氧化鈉。(a) 求 HA 的濃度。(b) 若樣本取自 250.0 cm³ 容量瓶，求瓶中 HA 的總物質的量。(c) 若 HA 的摩爾質量為 60.0 g/mol，求瓶中 HA 的質量。

答案：(a) $n(NaOH) = 0.100 \times 23.40/1000 = 2.340\text{e-}03$ mol，一元酸故 n(HA) 相同，$c(HA) = 2.340\text{e-}03/0.0250 = 0.0936$ M。(b) 容量瓶共 250.0 cm³，是取樣體積的 10 倍，$n(HA) = 0.0234$ mol。(c) $m = 0.0234 \times 60.0 = 1.40$ g。評分要點：滴定計量關係、稀釋倍數、質量計算。

6. 把 50.0 cm³ 的 1.00 M 鹽酸與 50.0 cm³ 的 1.00 M 氫氧化鈉在量熱計中混合，溫度由 24.2 °C 升至 31.0 °C。假設溶液密度 1.00 g/cm³、比熱容量 4.18 J g⁻¹ K⁻¹，量熱計吸熱可忽略。(a) 求放出的熱量（J）。(b) 求生成水的物質的量。(c) 求中和焓變 ΔH（kJ/mol），並說明 ΔH 負號的意義。

答案：(a) 溶液總質量約 100 g，Q = mcΔT = 100 × 4.18 × 6.8 = 2842 J（約 2.84 kJ）。(b) HCl 與 NaOH 各 0.0500 mol，生成水 0.0500 mol。(c) ΔH = −2.84/0.0500 = -56.8 kJ/mol；負號表示放熱，即每生成 1 mol 水放出約 56.8 kJ。評分要點：Q = mcΔT、限量試劑、每摩爾水的焓變與符號。

7. (a) 判斷 0.10 M NH₄Cl、0.10 M NaCl、0.10 M CH₃COONa 三種溶液在 25 °C 的酸鹼性，並各用一條離子方程式解釋。(b) 把 0.10 M 醋酸與 0.10 M 醋酸鈉等體積混合，求緩衝溶液的 pH（Ka = 1.8 × 10⁻⁵）。(c) 解釋為何加入少量強酸後，此緩衝溶液的 pH 幾乎不變。

答案：(a) NH₄Cl 呈酸性：$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$；NaCl 呈中性：$Na^+$ 與 Cl^- 均不水解；CH₃COONa 呈鹼性：$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$。(b) 等體積混合後濃度各為 0.050 M，[HA] = [A⁻]，故 $[H^+] = K_a$，pH = pKa = 4.74。(c) 加入的 H^+ 與 CH_3COO^- 結合生成少量 CH₃COOH，H^+ 被消耗；[HA]/[A⁻] 比值變化極小，依 pH = pKa + log([A⁻]/[HA]) 可知 pH 幾乎不變。評分要點：三種鹽的水解、緩衝 pH = pKa、緩衝機制。

8. (a) 混合 30.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸與 20.0 cm³ 的 0.100 M 氫氧化鈉，求混合液的 pH。(b) 若氫氧化鈉改為 30.0 cm³，求混合液的 pH。(c) 由此解釋強酸—強鹼滴定曲線在等當點附近 pH 急劇變化的原因，並指出此滴定應選用哪類指示劑。

答案：(a) H^+ 物質的量 = 30.0 × 0.100/1000 = 3.000e-03 mol，OH^- = 2.000e-03 mol，剩餘 H^+ = 1.000e-03 mol，總體積 50.0 cm³，$[H^+]$ = 0.020 M，pH = 1.70。(b) 若 NaOH 為 30.0 cm³，酸鹼物質的量相等，完全中和，pH = 7.00。(c) 等當點前一滴酸過量即留下大量自由 H^+，等當點後一滴鹼過量即留下大量自由 OH^-，$[H^+]$ 變化達幾個數量級，故曲線近乎垂直；此類滴定宜用酚酞或甲基橙等變色範圍在 pH 3 – 10 的指示劑。評分要點：過量計算、等當點 pH、指示劑選擇理由。

丙部：電化學與能量變化（40 分）

每題 10 分，須作完整計算或解釋。

9. 以 2.0 A 的電流電解硫酸銅(II) 溶液 30.0 分鐘，兩極均為銅片（Cu = 63.5，F = 96500 C/mol）。(a) 求通過的電量及陰極增重的質量。(b) 寫出陰極與陽極的半反應式。(c) 若兩極改用惰性電極，陽極產物是甚麼？寫出半反應式。

答案：(a) Q = It = 2.0 × 1800 = 3600 C；$n(e^-)$ = 3600/96500 = 0.0373 mol；n(Cu) = 0.0187 mol，質量 = 0.0187 × 63.5 = 1.18 g。(b) 陰極：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$；陽極（銅片）：$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$。(c) 惰性電極時陽極水被氧化：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$，產生氧氣。評分要點：法拉第計算、兩極半反應、活潑與惰性陽極之別。

10. 以 1.00 A 的電流電解稀硫酸 965 秒，兩極分別產生氫氣與氧氣（F = 96500 C/mol，室溫摩爾體積 24.0 dm³/mol）。(a) 求通過的電量及電子的物質的量。(b) 求陰極產生氫氣的物質的量及體積。(c) 求陽極氧氣的體積，並解釋兩者體積比為 2 : 1 的原因。

答案：(a) Q = 1.00 × 965 = 965 C，$n(e^-)$ = 965/96500 = 0.010 mol。(b) 陰極：$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$，$n(H_2)$ = 0.0050 mol，體積 = 0.0050 × 24000 = 120 cm³。(c) 陽極：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$，$n(O_2)$ = 0.0025 mol，體積 = 60 cm³；每 4 mol 電子生成 2 mol H_2 及 1 mol O_2，故體積比恒為 2 : 1。評分要點：電量、兩極計量比、體積換算。

11. 鋅—銅簡單化學電池中，鋅片浸於 1 M $ZnSO_4$ 、銅片浸於 1 M $CuSO_4$ ，以鹽橋連接。$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0.76$ V，$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0.34$ V。(a) 計算電池的電動勢。(b) 指出陽極、陰極、外電路電子流向及鹽橋中離子的移動方向。(c) 寫出電池總反應，並解釋放電一段時間後鋅片質量及硫酸銅溶液藍色深度的變化。

答案：(a) EMF = E°（陰極）− E°（陽極）= (+0.34) − (−0.76) = 1.10 V。(b) 鋅為陽極（氧化），銅為陰極（還原）；電子經外電路由鋅流向銅；鹽橋中 Cl^- 移向鋅半電池、K^+（或 Na^+）移向銅半電池，以維持電中性。(c) 總反應：$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$；鋅片溶解故質量減少，$Cu^{2+}$ 被消耗故藍色變淺。評分要點：電動勢計算、電極判斷、鹽橋離子流向、總反應與觀察。

12. 燃燒 2.00 g 甲烷（CH_4 ，摩爾質量 16.0 g/mol）放出 111 kJ 熱量。(a) 求甲烷的燃燒焓 ΔH_c（kJ/mol）。(b) 把 500 g 水由 20 °C 加熱至 80 °C 需多少能量（$c = 4.18\ J\ g^{-1}\ K^{-1}$）？(c) 假設熱效率 100%，需燃燒多少克甲烷？

答案：(a) $n(CH_4) = 2.00/16.0 = 0.1250$ mol，$\Delta H_c = -111/0.1250 = -888$ kJ/mol。(b) $Q = mc\Delta T = 500 \times 4.18 \times 60 = 125400$ J = 125.4 kJ。(c) $n(CH_4) = 125.4/888 = 0.1412$ mol，質量 = 2.26 g。評分要點：燃燒焓、比熱容公式、能量守恆換算。
