中五化學練習卷：酸鹼中和、滴定與 pH 計算

中六（S6）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部 酸鹼基本概念、pH 與稀釋（4 題，28 分）

回答下列各題，須列出計算步驟及單位。

1. 計算 0.0500 M 氫氯酸（HCl，強酸，完全電離）的 pH 值及氫氧離子濃度 $[OH^-]$。

答案：HCl 完全電離，故 $[H^+] = 0.0500$ M（1 分）；$pH = -\log_{10}(0.0500) = 1.30$（2 分）；$[OH^-] = K_w / [H^+] = 1.00 \times 10^{-14} / 0.0500 = 2.0\text{e-}13$ M（3 分）。

2. 0.00200 M 氫氧化鈉溶液（強鹼，完全電離）的 pOH 及 pH 分別是多少？

答案：NaOH 完全電離，$[OH^-] = 0.00200$ M；$pOH = -\log_{10}(0.00200) = 2.70$（2 分）；$pH = 14.00 - pOH = 11.30$（2 分）。要點：鹼性溶液須先算 pOH，再用 K_w 關係求 pH（2 分）。

3. 將 10.0 cm³ 的 2.00 M 硫酸稀釋至 250.0 cm³。假設硫酸完全電離，求稀釋後硫酸的摩爾濃度、氫離子濃度及 pH 值。

答案：稀釋時摩爾數不變：$0.0100\ \text{dm}^3 \times 2.00\ \text{M} = 0.0200$ mol（2 分）；$[H_2SO_4] = 0.0200 / 0.250 = 0.0800$ M（2 分）；硫酸為二元酸，$[H^+] = 2 \times 0.0800 = 0.160$ M（2 分）；$pH = -\log_{10}(0.160) = 0.80$（2 分）。

4. 0.100 M 乙酸（CH_3COOH）的 K_a 為 1.80×10^{-5}。求溶液中氫離子濃度、pH 值及乙酸的電離度（%）。（可用近似 $[HA] \approx$ 起始濃度）

答案：設 $[H^+] = x$，$K_a = x^2 / 0.100 = 1.80 \times 10^{-5}$（2 分）；$x = \sqrt{(1.80 \times 10^{-6})} = 0.00134$ M（3 分）；$pH = 2.87$（1 分）；電離度 $= x / 0.100 \times 100\% = 1.34\%$（2 分）。要點：弱酸只是部分電離，不可當作完全電離。

乙部 中和反應、滴定計算與指示劑（4 題，32 分）

滴定計算須寫出化學反應式或離子反應式，並標明摩爾比。

5. 以 0.100 M 氫氧化鈉滴定 25.0 cm³ 未知濃度的氫氯酸，三次滴定的平均用量為 22.40 cm³。求該氫氯酸的摩爾濃度，並寫出化學反應式。

答案：反應式：$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$（2 分）；$n(NaOH) = 0.100 \times 22.40 / 1000 = 0.00224$ mol（2 分）；摩爾比 1:1，故 $n(HCl) = 0.00224$ mol（2 分）；$[HCl] = 0.00224 / 0.0250 = 0.0896$ M（2 分）。

6. 以 0.100 M 氫氯酸滴定 25.0 cm³ 的 0.100 M 碳酸鈉溶液。以酚酞作指示劑時終點體積為 25.0 cm³，改用甲基橙則為 50.0 cm³。解釋兩個終點的差異，並寫出對應的離子反應式。

答案：第一步只中和一個質子：$CO_3^{2-} + H^+ \rightarrow HCO_3^-$，酚酞在 pH 8 – 10 變色，此時到達第一個等當點，故用 25.0 cm³（3 分）；第二步 $HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$，甲基橙在 pH 3.1 – 4.4 變色，需再加 25.0 cm³，全程共 50.0 cm³（3 分）。要點：兩段體積相等，反映碳酸鈉為二元鹼（2 分）。

7. 把 5.00 g 碳酸鈣（$CaCO_3$，摩爾質量 100.1 g/mol）加入過量的 1.00 M 氫氯酸中。求（a）在室溫常壓（摩爾體積 24.0 dm³/mol）下生成二氧化碳的體積；（b）最少需要 1.00 M 氫氯酸的體積。

答案：（a）$n(CaCO_3) = 5.00 / 100.1 = 0.04995$ mol（2 分）；$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$，摩爾比 1:1，故 $n(CO_2)$ 相同（2 分）；$V = 0.04995 \times 24.0 = 1.20$ dm³（2 分）。（b）$n(HCl) = 2 \times 0.04995 = 0.09990$ mol，$V = 0.09990 / 1.00 = 0.0999$ dm³ = 99.9 cm³（2 分）。

8. 把 50.0 cm³ 的 0.500 M 氫氯酸與 50.0 cm³ 的 0.500 M 氫氧化鈉混合（溶液總質量 100 g，比熱容量 4.18 J g⁻¹ K⁻¹），溫度上升 3.42 °C。求中和反應放出的熱量及摩爾中和焓 ΔH，並判斷與文獻值 −57.1 kJ/mol 是否接近。

答案：$n(H^+) = 0.500 \times 0.0500 = 0.0250$ mol，$n(OH^-)$ 相同，水生成量 0.0250 mol（2 分）；$q = mc\Delta T = 100 \times 4.18 \times 3.42 = 1428$ J = 1.428 kJ（3 分）；$\Delta H = -q / n = -1.428 / 0.0250 = -57.1$ kJ/mol（3 分）；與文獻值 −57.1 kJ/mol 相差約 0.0 kJ/mol，屬可接受實驗誤差（散熱、比熱假設）（2 分）。

丙部 熱化學、工業應用與誤差分析（4 題，40 分）

熱化學及數據處理題須列出公式、代入數值，並討論誤差來源。

9. 濃硫酸含 98.0% 硫酸（質量百分比），密度為 1.84 g/cm³。（a）求該濃硫酸的摩爾濃度；（b）要配製 500.0 cm³ 的 2.00 M 硫酸，需取多少體積的濃硫酸？

答案：（a）取 1.00 dm³：質量 = 1000 × 1.84 = 1840 g（2 分）；純硫酸質量 = 1840 × 0.980 = 1803.2 g，$n = 1803.2 / 98.08 = 18.385$ mol（2 分）；故濃度約為 18.4 M（1 分）。（b）稀釋前後摩爾數不變：$2.00 \times 0.500 = 18.38 \times V$（2 分）；$V = 1.000 / 18.4 = 0.0544$ dm³ = 54.4 cm³（3 分）。要點：把濃酸加入水中並不斷攪拌，不可倒轉（2 分）。

10. 以 0.100 M 氫氯酸滴定 25.0 cm³ 未知濃度的氫氧化鈉溶液，三次滴定用去酸的體積分別為 22.40 cm³、22.35 cm³ 及 22.45 cm³。求平均滴定體積及氫氧化鈉的摩爾濃度，並說明為何要取三次結果的平均值。

答案：平均體積 = (22.40 + 22.35 + 22.45) / 3 = 22.40 cm³（2 分）；$n(HCl) = 0.100 \times 22.40 / 1000 = 0.00224$ mol（2 分）；$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$，摩爾比 1:1（2 分）；$[NaOH] = 0.00224 / 0.0250 = 0.0896$ M（2 分）；取平均值可減少單次讀數的隨機誤差，三次結果相差在 ±0.10 cm³ 內表示數據一致（2 分）。

11. 把 25.0 cm³ 的 0.100 M 氫氯酸與 25.0 cm³ 的 0.100 M 氫氧化鈉混合後，再加入 1.0 cm³ 的 0.100 M 氫氯酸。求最後溶液的 pH 值（假設體積可加和，溫度 25 °C）。

答案：混合時 $n(H^+) = n(OH^-) = 0.100 \times 0.0250 = 0.00250$ mol，完全中和，pH = 7.00（3 分）；再加入的 $H^+ = 0.100 \times 1.0 / 1000 = 1.0 \times 10^{-4}$ mol（2 分）；過量 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-4} / 0.0510 = 0.00196$ M（3 分）；$pH = -\log_{10}(0.00196) = 2.71$（2 分）。要點：中和後只剩過量的強酸決定 pH。

12. 用 0.100 M 氫氧化鈉標定 25.0 cm³ 硫酸，達終點時用去 20.0 cm³ 鹼液。（a）求硫酸的摩爾濃度；（b）寫出滴定時應選用的指示劑及理由；（c）說明為何滴定前要把錐形瓶內壁用蒸餾水沖洗。

答案：（a）$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$，摩爾比 1:2（2 分）；$n(NaOH) = 0.100 \times 20.0 / 1000 = 0.00200$ mol（2 分）；$n(H_2SO_4) = 0.00100$ mol，$[H_2SO_4] = 0.00100 / 0.0250 = 0.0400$ M（2 分）。（b）強酸與強鹼滴定，等當點 pH = 7，可用酚酞（變色範圍 pH 8.2 – 10.0）或甲基橙（3 分）。（c）沖洗可把濺到內壁的鹼液沖入溶液中，避免鹼液殘留令結果偏低；加入蒸餾水不改變鹼的摩爾數（3 分）。