DSE 化學練習卷：酸鹼、中和滴定與 pH

中四至中六（S4 – S6）　化學　|　時限：75 分鐘　|　總分：100 分　|　共 12 題

甲部 摩爾計算與 pH（第 1 – 4 題，32 分）

每題 8 分；須寫出公式、代入數值及單位，pH 取兩位小數。

1. 25.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸與 0.0500 M 氫氧化鈉溶液進行中和滴定。(a) 求 25.0 cm³ 鹽酸中 HCl 的摩爾數。(b) 求該鹽酸溶液的 pH。(c) 求中和全部鹽酸所需 0.0500 M NaOH 的體積（cm³）。(d) 求中和反應中生成水的摩爾數。

答案：(a) n(HCl) = cV = 0.100 × 25.0 ÷ 1000 = 2.500e-03 mol，即 2.50 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(b) 鹽酸為強酸，完全電離，[H⁺] = 0.100 M，pH = −log 0.100 = 1.00。〔2 分〕(c) H⁺ 與 OH⁻ 以 1:1 反應，V = n ÷ c = 2.50 × 10⁻³ ÷ 0.0500 = 0.0500 dm³ = 50.0 cm³。〔3 分〕(d) 每 1 mol HCl 生成 1 mol 水，故 n(H₂O) = 2.50 × 10⁻³ mol。〔1 分〕評分要點：強酸完全電離；pH 只取決於 [H⁺]；體積單位由 dm³ 換成 cm³ 要乘 1000。

2. 0.200 M 的乙酸（CH₃COOH）溶液，25 °C 時 Kₐ = 1.8 × 10⁻⁵。(a) 求溶液中氫離子濃度。(b) 求溶液的 pH。(c) 求乙酸的電離度（以百分比表示）。(d) 說明把溶液稀釋十倍後 pH 的變化幅度為何小於 1 個單位。

答案：(a) [H⁺] = √(Kₐ × c) = √(1.8 × 10⁻⁵ × 0.200) = 1.90e-03 M，即約 1.90 × 10⁻³ M。〔2 分〕(b) pH = −log(1.90 × 10⁻³) = 2.72。〔2 分〕(c) 電離度 = [H⁺] ÷ c × 100% = 1.90 × 10⁻³ ÷ 0.200 × 100% = 0.95%。〔3 分〕(d) 稀釋使濃度下降，但由 Kₐ = [H⁺]² ÷ c 可知 [H⁺] 只隨 √c 變化；十倍稀釋理論上 pH 上升約 0.5 個單位，而且稀釋時電離度上升，部分補回了氫離子，故實際上升幅度小於 1 個單位。〔1 分〕評分要點：弱酸只部分電離，不可當作完全電離；近似式 [H⁺] = √(Kₐ · c) 只適用於電離度很小的情況。

3. 25.0 cm³ 的 0.100 M 氫氧化鈉溶液以 0.125 M 硫酸滴定。(a) 求 NaOH 中氫氧離子的摩爾數。(b) 求所需硫酸的摩爾數。(c) 求所需硫酸的體積（cm³）。(d) 求到達當量點時所加入的氫離子摩爾數。

答案：(a) n(OH⁻) = 0.100 × 25.0 ÷ 1000 = 2.500e-03 mol，即 2.50 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(b) H₂SO₄ 提供 2 個 H⁺，故 n(H₂SO₄) = 2.50 × 10⁻³ ÷ 2 = 1.250e-03 mol，即 1.25 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(c) V = n ÷ c = 1.25 × 10⁻³ ÷ 0.125 = 0.0100 dm³ = 10.0 cm³。〔3 分〕(d) 所加入的 H⁺ 摩爾數 = 2 × n(H₂SO₄) = 2.50 × 10⁻³ mol，與 OH⁻ 相等。〔1 分〕評分要點：硫酸是二元酸，摩爾比為 H₂SO₄ : OH⁻ = 1 : 2。

4. 把 0.10 M 乙酸與 0.10 M 乙酸鈉溶液以等體積混合成 1.0 dm³ 的緩衝溶液，Kₐ = 1.8 × 10⁻⁵。(a) 求混合液中氫離子濃度的表示式及數值。(b) 求該緩衝溶液的 pH。(c) 若加入 0.010 mol 氫氧化鈉固體（體積不變），求新的 pH。(d) 解釋加入少量強鹼後 pH 幾乎不變的原因。

答案：(a) [H⁺] = Kₐ × [酸] ÷ [鹽] = 1.8 × 10⁻⁵ × 0.10 ÷ 0.10 = 1.8e-05 M。〔1 分〕(b) pH = −log(1.8 × 10⁻⁵) = 4.74。〔1 分〕(c) 加入的 OH⁻ 把 0.010 mol 乙酸轉為乙酸根：酸變為 0.090 M、鹽變為 0.110 M，[H⁺] = 1.8 × 10⁻⁵ × 0.090 ÷ 0.110 = 1.47e-05 M，pH = 4.83。〔3 分〕(d) 加入的 OH⁻ 主要被乙酸中和生成乙酸根，[酸] ÷ [鹽] 的比例只輕微改變；由於 pH 取決於這個比例（Henderson – Hasselbalch 關係），故 pH 只微升。〔3 分〕評分要點：緩衝溶液同時含弱酸及其共軛鹼；pH 由比例決定而非絕對濃度。

乙部 滴定與緩衝溶液（第 5 – 8 題，36 分）

每題 9 分；滴定計算須寫出摩爾比，酸鹼過量題要算總體積。

5. 20.0 cm³ 的 0.0500 M 硫酸溶液。(a) 求硫酸的摩爾數。(b) 求溶液中氫離子濃度（假設硫酸完全電離）。(c) 求該溶液的 pH。(d) 求完全中和此溶液所需氫氧化鈉的質量（g）。

答案：(a) n(H₂SO₄) = 0.0500 × 20.0 ÷ 1000 = 1.00e-03 mol，即 1.00 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(b) 硫酸為二元強酸，[H⁺] = 2 × 0.0500 = 0.100 M。〔2 分〕(c) pH = −log 0.100 = 1.00。〔2 分〕(d) 所需 NaOH 摩爾數 = 2 × 1.00 × 10⁻³ = 2.00 × 10⁻³ mol，質量 = 2.00 × 10⁻³ × 40.0 = 0.0800 g。〔3 分〕評分要點：質量 = 摩爾數 × 摩爾質量；二元酸要乘 2。

6. 30.0 cm³ 的 0.150 M 氫氧化鉀溶液以 0.100 M 鹽酸滴定。(a) 求 KOH 的摩爾數。(b) 求到達當量點所需鹽酸的體積（cm³）。(c) 若只加入 25.0 cm³ 鹽酸，求混合液的 pH。(d) 判斷此時溶液呈酸性、鹼性或中性，並說明理由。

答案：(a) n(KOH) = 0.150 × 30.0 ÷ 1000 = 4.500e-03 mol，即 4.50 × 10⁻³ mol。〔3 分〕(b) V(HCl) = 4.50 × 10⁻³ ÷ 0.100 = 0.0450 dm³ = 45.0 cm³。〔2 分〕(c) 加入的 H⁺ = 0.100 × 25.0 ÷ 1000 = 2.50 × 10⁻³ mol，OH⁻ 過量 4.50 × 10⁻³ − 2.50 × 10⁻³ = 2.00 × 10⁻³ mol；總體積 55.0 cm³，[OH⁻] = 2.00 × 10⁻³ ÷ 0.0550 = 0.036 M，pOH = 1.44，pH = 12.56。〔3 分〕(d) 溶液呈鹼性，因氫氧離子過量，仍有未中和的 KOH；過量 OH⁻ 使 pH 大於 7。〔1 分〕評分要點：過量計算要扣掉已反應部分；pH 與 pOH 之和為 14。

7. 25 °C 時水的離子積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$。(a) 求 0.010 M 硝酸溶液的 pH。(b) 若某溶液 pH = 2.00，求其 pOH 及氫氧離子濃度。(c) 求 0.0010 M 氫氧化鋇溶液的 pH。(d) 寫出 pH 與 pOH 在 25 °C 時的關係式。

答案：(a) 硝酸為強酸，[H⁺] = 0.010 M，pH = −log 0.010 = 2.00。〔2 分〕(b) pOH = 14.00 − 2.00 = 12.00，[OH⁻] = 10⁻¹² M = 1.0 × 10⁻¹² M。〔3 分〕(c) Ba(OH)₂ 提供 2 個 OH⁻，[OH⁻] = 2 × 0.0010 = 0.002 M，pOH = 2.70，pH = 11.30。〔2 分〕(d) $K_w = [H^+][OH^-] = 1e\text{-}14$，故 pH + pOH = 14.00（25 °C）。〔2 分〕評分要點：氫氧化鋇是二元鹼；K_w 只在 25 °C 時等於 1.0×10^{-14}。

8. 以 0.100 M 鹽酸滴定 25.0 cm³ 的氫氧化鈉溶液，三次滴定的體積分別為 24.80、24.90 及 24.85 cm³。(a) 求平均滴定體積。(b) 求所用鹽酸的摩爾數。(c) 求氫氧化鈉溶液的濃度。(d) 說明為何只用相符（concordant）的滴定值計算平均。

答案：(a) 平均滴定體積 = (24.80 + 24.90 + 24.85) ÷ 3 = 24.85 cm³。〔2 分〕(b) n(HCl) = 0.100 × 24.85 ÷ 1000 = 2.485e-03 mol，即 2.485 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(c) NaOH 與 HCl 摩爾比 1:1，[NaOH] = 2.485 × 10⁻³ ÷ 0.0250 = 0.0994 M。〔3 分〕(d) 相符的滴定值相差在 0.20 cm³ 以內，代表操作誤差小；若把差異過大的讀數也平均，會引入系統誤差而降低結果的準確度。〔2 分〕評分要點：先判斷哪些讀數相符，再平均；答案須給適當有效數字。

丙部 焓變、混合與樣本分析（第 9 – 12 題，32 分）

每題 8 分；焓變須標明正負號，純度以百分比表示。

9. 把 50.0 cm³ 的 1.00 M 鹽酸與 50.0 cm³ 的 1.00 M 氫氧化鈉溶液在保溫杯中混合，溫度上升 6.8 °C。假設溶液密度為 1.0 g cm⁻³、比熱容量為 4.2 J g⁻¹ K⁻¹。(a) 求反應放出的熱能（J）。(b) 求生成水的摩爾數。(c) 求中和焓變（kJ mol⁻¹）。(d) 說明實驗值通常較教科書值為小的原因。

答案：(a) 熱能 = mcΔT = 100.0 × 4.2 × 6.8 = 2856 J。〔2 分〕(b) n(H₂O) = 1.00 × 0.0500 = 0.0500 mol。〔2 分〕(c) ΔH = −Q ÷ n = −2856 ÷ 1000 ÷ 0.0500 = -57.1 kJ mol⁻¹。〔3 分〕(d) 部分熱能散失到周圍環境、保溫杯本身吸熱，而且溫度計與器壁亦有熱容，故量得的热升幅偏小，實驗值（放熱）較教科書值小。〔1 分〕評分要點：中和是放熱，ΔH 須帶負號；熱能要除以 1000 轉為 kJ。

10. 把 100.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸與 50.0 cm³ 的 0.100 M 氫氧化鈉溶液混合。(a) 求鹽酸中氫離子的摩爾數。(b) 求氫氧化鈉中氫氧離子的摩爾數。(c) 求混合後溶液的 pH。(d) 說明混合後溶液呈酸性還是鹼性。

答案：(a) n(H⁺) = 0.100 × 100.0 ÷ 1000 = 0.0100 mol。〔2 分〕(b) n(OH⁻) = 0.100 × 50.0 ÷ 1000 = 0.00500 mol。〔2 分〕(c) H⁺ 過量 = 0.0100 − 0.00500 = 0.0050 mol；總體積 150.0 cm³，[H⁺] = 0.0050 ÷ 0.150 = 0.0333 M，pH = 1.48。〔3 分〕(d) 溶液呈酸性，因強酸過量，氫離子仍有剩餘（pH 小於 7）。〔1 分〕評分要點：混合後體積相加為 150.0 cm³；以剩餘的 H⁺ 計 pH。

11. 以 0.100 M 氫氧化鈉滴定 25.0 cm³ 的 0.100 M 乙酸（$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$）。(a) 求加入一半當量體積氫氧化鈉時溶液的 pH。(b) 由 (a) 的結果求乙酸的 K_a。(c) 求此滴定曲線上緩衝區的 pH 範圍。(d) 說明為何此滴定適宜用酚酞而不用甲基橙作指示劑。

答案：(a) 半當量點時 [酸] = [鹽]，pH = pK_a = −log(1.8 × 10⁻⁵) = 4.74。〔2 分〕(b) K_a = 10^(−4.74) = 1.8 × 10⁻⁵。〔2 分〕(c) 緩衝區約在 pH = 3.74 至 5.74（即 pK_a ± 1）。〔3 分〕(d) 強鹼滴定弱酸的當量點 pH 大於 7（約 8 – 9），酚酞變色範圍 8.3 – 10.0 與之相符；甲基橙變色範圍 3.1 – 4.4 會在到達當量點前變色，導致終點偏早。〔1 分〕評分要點：半當量點 pH = pK_a 是弱酸滴定的重要特徵。

12. 把 1.20 g 不純的氫氧化鈉粒狀樣本溶於水並稀釋至 250.0 cm³。取 25.0 cm³ 以 0.100 M 鹽酸滴定，需用 22.50 cm³。(a) 求所用鹽酸的摩爾數。(b) 求樣本溶液的濃度（mol dm⁻³）。(c) 求 250.0 cm³ 樣本溶液中 NaOH 的摩爾數。(d) 求樣本的純度百分比。

答案：(a) n(HCl) = 0.100 × 22.50 ÷ 1000 = 2.250e-03 mol，即 2.250 × 10⁻³ mol。〔2 分〕(b) [NaOH] = 2.250 × 10⁻³ ÷ 0.0250 = 0.0900 M。〔2 分〕(c) n(NaOH) = 0.0900 × 0.250 = 0.0225 mol。〔2 分〕(d) 純 NaOH 質量 = 0.0225 × 40.0 = 0.900 g，純度 = 0.900 ÷ 1.20 × 100% = 75.0%。〔2 分〕評分要點：滴定只測得 25.0 cm³ 一份，計算全瓶時要乘 250 ÷ 25 = 10。

TutorZone 中四至中六（S4 – S6）化學練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。