DSE 化學練習卷：酸鹼與滴定

中六（S6）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：50 分　｜　共 12 題

甲部（每題 2 分，共 12 分）

回答所有題目，須列出計算步驟及單位。

1. 某強酸溶液的氫離子濃度為 0.01 mol dm⁻³（25 °C）。(a) 求該溶液的 pH。(b) 若把該溶液稀釋十倍，pH 變為多少？

答案：(a) pH = −log(0.01) = 2。(b) 稀釋十倍後 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-3}$ mol dm⁻³，pH = 3，即上升 1 個單位。評分：正確取負對數 1 分；兩個 pH 值正確 1 分。常見失分：漏掉負號，或誤以為稀釋會令 pH 下降。

2. 25 °C 時，某溶液的氫氧離子濃度為 2.5×10^{-3} mol dm⁻³。求該溶液的 pOH 及 pH，並指出溶液屬酸性、鹼性或中性。

答案：pOH = −log(2.5×10^{-3}) = 2.60；pH = 14.00 − 2.60 = 11.40，因 pH 大於 7，溶液呈鹼性。評分：pOH 1 分；pH 並判斷酸鹼性 1 分。常見失分：忘記 25 °C 時 pH + pOH = 14.00。

3. 把 25.0 cm³ 的 0.200 mol dm⁻³ 鹽酸加水稀釋至總體積 500.0 cm³。(a) 求稀釋前鹽酸的摩爾數。(b) 求稀釋後溶液的 pH（假設體積可相加）。

答案：(a) n(HCl) = 0.200 × 25.0 / 1000 = 0.005 mol。(b) 稀釋後 $[H^+] = 0.005 / 0.500 = 0.01$ mol dm⁻³，pH = 2。評分：摩爾數 1 分；pH 1 分。常見失分：用 25.0 cm³ 而非 500.0 cm³ 計算濃度。

4. 25.0 cm³ 的氫氧化鈉溶液含 3.00×10^{-3} mol NaOH。(a) 求該溶液的摩爾濃度。(b) 中和全份溶液需要多少摩爾氫離子？

答案：(a) [NaOH] = $3.00 \times 10^{-3} / 0.0250 = 0.12$ mol dm⁻³。(b) NaOH 與 H^+ 以 1 : 1 反應，故需 3.00×10^{-3} mol H^+。評分：濃度 1 分；氫離子摩爾數 1 分。注意把 cm³ 先換成 dm³。

5. 用 0.100 mol dm⁻³ 氫氧化鈉溶液滴定 25.0 cm³ 稀鹽酸，達終點時用去 21.40 cm³。(a) 寫出中和反應方程式。(b) 求鹽酸的摩爾濃度。

答案：(a) NaOH + HCl → NaCl + H_2O。(b) n(NaOH) = 0.100 × 21.40 / 1000 = 0.00214 mol；1 : 1 反應，故 [HCl] = 0.00214 / 0.0250 = 0.0856 mol dm⁻³。評分：方程式 1 分；濃度 1 分（須標單位）。常見失分：把滴定體積 21.40 cm³ 當作被滴定液的體積。

6. 0.100 mol dm⁻³ 醋酸溶液的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$（25 °C）。(a) 求溶液中 $[H^+]$ 及 pH。(b) 求醋酸的電離度（以百分率表示）。

答案：(a) 設 $[H^+] = x$，$K_a = x^2 / (0.1 - x) \approx x^2 / 0.1$，$x = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5} \times 0.100)} = 1.34\text{e-}03$ mol dm⁻³，pH = 2.87。(b) 電離度 = 1.34e-03 / 0.100 × 100% = 1.34%。評分：$[H^+]$ 1 分；pH 1 分（電離度可作加分說明）。常見失分：把醋酸當強酸直接用濃度取對數，得 pH 1.00。

乙部（每題 4 分，共 12 分）

須顯示完整計算過程，答案取三位有效數字。

7. 25.0 cm³ 稀硫酸以 0.160 mol dm⁻³ 氫氧化鈉溶液滴定，達終點時用去 22.50 cm³。(a) 寫出平衡的中和反應方程式。(b) 求所用 NaOH 的摩爾數。(c) 求稀硫酸的摩爾濃度。

答案：(a) $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$。(b) $n(NaOH) = 0.160 \times 22.50 / 1000 = 0.0036$ mol。(c) 由方程式 $n(H_2SO_4) = 0.0036 / 2 = 0.0018$ mol，故 $[H_2SO_4] = 0.0018 / 0.0250 = 0.072$ mol dm⁻³。評分：方程式 1 分；NaOH 摩爾數 1 分；按 1 : 2 比例求得硫酸濃度 2 分。常見失分：忽略硫酸是二元酸，少除以 2。

8. 0.0500 mol dm⁻³ 某弱單元酸 HA 溶液（25 °C）的 pH 為 3.00。(a) 求 $[H^+]$。(b) 求 HA 的 K_a。(c) 求 HA 的電離度百分率。

答案：(a) $[H^+] = 10^{-3.00} = 1.00\text{e-}03$ mol dm⁻³。(b) $[A^-] \approx [H^+] = 1.00\text{e-}03$，$[HA] = 0.05 - 0 = 0.049$，$K_a = (1.00\text{e-}03)^2 / 0.049 = 2.04\text{e-}05$。(c) 電離度 $= 1.00\text{e-}03 / 0.05 \times 100\% = 2\%$。評分：$K_a$ 表達式 2 分；數值 1 分；電離度 1 分。常見失分：分母只用 0.0500 而忽略已電離部分（差異小但須說明近似）。

9. 把等體積的 0.100 mol dm⁻³ HA 溶液與 0.100 mol dm⁻³ NaA 溶液混合，得緩衝溶液（HA 的 $K_a = 1.74 \times 10^{-5}$，25 °C）。(a) 求該緩衝溶液的 pH。(b) 在 1.00 dm³ 該緩衝液中加入 0.0050 mol HCl（忽略體積變化），求新 pH。

答案：(a) 等體積混合後 $[HA] = [A^-] = 0.0500$ mol dm⁻³，$pH = pK_a + \log([A^-]/[HA]) = 4.76 + 0 = 4.76$。(b) 加入 HCl 使 A^- 變 HA：$n(HA) = 0.100 + 0.0050 = 0.105$ mol，$n(A^-) = 0.100 - 0.0050 = 0.095$ mol，$pH = 4.76 + \log(0.095/0.105) = 4.72$，只下降約 0.04。評分：pH 公式及數值 2 分；新 pH 2 分。常見失分：把加入的 HCl 直接當成 $[H^+]$ 取對數，忽略緩衝作用。

丙部（第 10 至 12 題，共 26 分）

長題目：須分段作答，並解釋所用原理。

10. 1.50 g 含雜質的碳酸鈉樣本溶於水並稀釋至 250.0 cm³。取 25.0 cm³ 以 0.100 mol dm⁻³ 鹽酸滴定（甲基橙作指示劑），平均用去 23.50 cm³。(a) 寫出平衡的反應方程式。(b) 求所用 HCl 的摩爾數。(c) 求 25.0 cm³ 樣本液中 Na_2CO_3 的摩爾數，並由此求整瓶 250.0 cm³ 中的摩爾數。(d) 求樣本中 Na_2CO_3 的質量及純度百分率（Na_2CO_3 的摩爾質量 = 106 g mol⁻¹）。(e) 提出一項可提高結果準確度的實驗改進。

答案：(a) $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$。(b) $n(HCl) = 0.100 \times 23.50 / 1000 = 0.00235$ mol。(c) 由 1 : 2 比例，$n(Na_2CO_3) = 0.00235 / 2 = 0.00118$ mol（25.0 cm³ 中）；整瓶 250.0 cm³ 為其 10 倍，即 0.0118 mol。(d) $m(Na_2CO_3) = 0.0118 \times 106 = 1.246$ g，純度 $= 1.246 / 1.5 \times 100\% = 83.03\%$。(e) 改進：用滴定管逐滴加入並在終點附近半滴操作、以蒸餾水沖洗瓶壁、做至少三次滴定取平均值，並以白瓷板輔助觀察顏色變化。評分：方程式 1 分；HCl 摩爾數 1 分；摩爾換算 2 分；質量及純度 2 分；改進建議 2 分。常見失分：忘記乘 10 倍放大到整瓶，或把 Na_2CO_3 與 HCl 誤作 1 : 1。

11. 以 0.100 mol dm⁻³ 氫氧化鈉溶液滴定 25.0 cm³ 0.100 mol dm⁻³ 醋酸（$K_a = 1.74 \times 10^{-5}$，25 °C）。(a) 求達當量點所需 NaOH 溶液的體積。(b) 求半當量點（加入一半所需 NaOH）時的 pH，並解釋理由。(c) 求當量點時的 pH（須列出計算）。(d) 在酚酞（變色範圍 8.3 – 10.0）與甲基橙（3.1 – 4.4）之間選出合適指示劑，並解釋。(e) 解釋滴定曲線為何在當量點前的部分較為平坦。

答案：(a) $n(CH_3COOH) = 0.100 \times 25.0 / 1000 = 0.0025$ mol，1 : 1 中和，所需 NaOH 體積 = 0.0025 / 0.100 × 1000 = 25 cm³。(b) 半當量點時 $[CH_3COOH] = [CH_3COO^-]$（稀釋效應互相抵消），pH = pKa = 4.76；此時溶液為緩衝體系，故 pH 約等於 pKa。(c) 當量點總體積 = 50.0 cm³，$[CH_3COO^-] = 0.0025 / 0.0500 = 0.05$ mol dm⁻³；$K_b = K_w / K_a = 1.00 \times 10^{-14} / 1.74\text{e-}05 = 5.747\text{e-}10$；$[OH^-] = \sqrt{(K_b \times 0.05)} = 5.36\text{e-}06$ mol dm⁻³，pOH = 5.27，pH = 8.73。(d) 選酚酞：當量點 pH 8.73 落在其變色範圍 8.3 – 10.0 內；甲基橙在 pH 4 前後已變色，會令終點提早出現，結果偏低。(e) 當量點前溶液含未反應的醋酸與生成的醋酸根，形成緩衝體系，加入的 OH^- 大部分被中和，故 pH 上升緩慢；接近當量點時緩衝能力耗盡，pH 才急升。評分：(a) 1 分；(b) 2 分；(c) 3 分；(d) 2 分；(e) 1 分。常見失分：把當量點 pH 當作 7.00（強酸強鹼才約為 7）。

12. 把 50.0 cm³ 1.00 mol dm⁻³ 鹽酸與 50.0 cm³ 1.00 mol dm⁻³ 氫氧化鈉溶液在保溫杯中混合，混合液溫度上升 6.8 °C。假設溶液密度為 1.00 g cm⁻³、比熱容量為 4.18 J g⁻¹ K⁻¹。(a) 求混合液中 H^+ 與 OH^- 各多少摩爾。(b) 求反應放出的熱量（J）。(c) 求中和焓變 ΔH（kJ mol⁻¹）。(d) 已知文獻值為 −57.3 kJ mol⁻¹，提出兩項解釋實驗值較小的原因。(e) 寫出計算中所作的一項假設。

答案：(a) $n(H^+) = 1.00 \times 50.0 / 1000 = 0.05$ mol，$n(OH^-) = 0.05$ mol，兩者恰好完全中和。(b) 溶液質量 = 100.0 g（假設密度 1.00 g cm⁻³），$Q = mc\Delta T = 100.0 \times 4.18 \times 6.8 = 2842.4$ J ≈ 2.84 kJ。(c) $n(H_2O) = 0.05$ mol，$\Delta H = -Q / n = -2842.4 / 0.05$ J mol⁻¹ = -56848.0 J mol⁻¹ ≈ -56.8 kJ mol⁻¹（放熱，故為負值）。(d) ① 部分熱量散失到周圍空氣及保溫杯壁；② 溫度計、攪拌棒及保溫杯本身吸熱，令測得的 ΔT 偏小；③ 溶液並非無限稀，稀釋熱未計入。任答兩項。(e) 假設：混合液密度及比熱容量與純水相同，且反應完全進行、無熱量散失。評分：(a) 1 分；(b) 2 分；(c) 3 分（含符號及單位）；(d) 2 分；(e) 1 分。常見失分：ΔH 漏負號，或未把 J 換成 kJ。

TutorZone 中六（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。