中六化學練習卷：酸鹼平衡、氧化還原與電化學

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

甲部：酸鹼平衡與滴定（第 1 – 5 題）

全部題目均須作答；計算題須列出算式、代入步驟及單位。

1. 0.0100 M 的鹽酸（強酸，完全電離）在 25 °C 時的 pH 是多少？(b) 求 0.0100 M 氫氧化鈉溶液的 pH（$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$）。(c) 求 0.0100 M 氫氧化鋇溶液的 pH，並解釋為何它與 (b) 不同。

答案：(a) $[H^+] = 0.0100$ M，pH = −log 0.0100 = 2.00。(b) $[OH^-] = 0.0100$ M，pOH = 1.70，pH = 14 − 1.70 = 12.30。(c) 氫氧化鋇每單位提供兩個氫氧離子，$[OH^-] = 0.020$ M，pOH = 1.40，pH = 12.00；同一濃度下可提供的 OH^- 多一倍，故 pH 較高。評分要點：pH 計算（3 分）、氫氧離子濃度加倍（3 分）、解釋（3 分）。

2. 某一元弱酸 HA 的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$。0.100 M HA 溶液在 25 °C 時：(a) 求氫離子濃度（解二次方程，不要假設電離度很小）。(b) 求該溶液的 pH。(c) 求 HA 的電離度（以百分率表示）。

答案：(a) 設 $[H^+] = x$，則 $K_a = x^2 \div (0.100 - x) = 1.8 \times 10^{-5}$，整理得 $x^2 + 1.8 \times 10^{-5}\,x - 1.8 \times 10^{-6} = 0$。解得 x = 1.333e-03 M（取正根）。(b) pH = −log(1.333e-03) = 2.88。(c) 電離度 = x ÷ 0.100 × 100% = 1.33%。評分要點：二次方程列式（4 分）、pH（3 分）、電離度（2 分）。

3. 將 50.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸與 50.0 cm³ 的 0.040 M 氫氧化鈉溶液混合（假設體積可加）。(a) 求混合後過量的氫離子摩爾數。(b) 求混合溶液的氫離子濃度及 pH。(c) 若把 0.040 M 換成 0.100 M 氫氧化鈉，最終 pH 會是 7 嗎？簡略解釋。

答案：(a) $H^+ = 50.0 \div 1000 \times 0.100 = 5.00\text{e-}03$ mol；$OH^- = 50.0 \div 1000 \times 0.040 = 2.00\text{e-}03$ mol。過量 $H^+ = 5.00\text{e-}03 - 2.00\text{e-}03 = 3.00\text{e-}03$ mol。(b) 總體積 = 100.0 cm³ = 0.100 dm³，$[H^+] = 3.00\text{e-}03 \div 0.100 = 0.030$ M，pH = 1.52。(c) 不會。等摩爾的強酸與強鹼中和後只剩水與食鹽（NaCl），pH 為 7；但題中酸鹼濃度相同而體積亦相同才成立，若任何一方的摩爾數較多，溶液仍呈酸性或鹼性。評分要點：摩爾數（3 分）、濃度與 pH（3 分）、中和點解釋（2 分）。

4. 以 0.125 M 鹽酸滴定 25.0 cm³ 的氫氧化鈉溶液，達終點時用去 20.0 cm³ 酸。(a) 求氫氧化鈉溶液的濃度。(b) 求該 250.0 cm³ 容量瓶中氫氧化鈉的摩爾數及質量（M(NaOH) = 40.0）。(c) 若改用酚酞作指示劑，終點的顏色變化是甚麼？

答案：(a) HCl 摩爾數 = 20.0 ÷ 1000 × 0.125 = 2.50e-03 mol；H^+ 與 OH^- 按 1:1 反應，故 NaOH 摩爾數相同。[NaOH] = 2.50e-03 ÷ 0.0250 = 0.100 M。(b) 250.0 cm³ 內摩爾數 = 0.100 × 0.250 = 0.025 mol；質量 = 0.025 × 40.0 = 1.00 g。(c) 酚酞在鹼性時呈粉紅色，達終點（由鹼轉酸）時粉紅色剛好褪去變成無色。評分要點：濃度（4 分）、摩爾數與質量（3 分）、指示劑顏色（1 分）。

乙部：氧化還原、電解與電池（第 6 – 9 題）

提示：pH = −log[H⁺]，pOH = −log[OH⁻]，pH + pOH = 14（25 °C）；一法拉第電量為 96500 C。

5. 把 0.10 M 醋酸（Kₐ = 1.8 × 10⁻⁵）與 0.10 M 醋酸鈉按 1:1 體積混合成緩衝溶液。(a) 求此緩衝溶液的 pH。(b) 在 1.0 dm³ 此溶液中加入 0.010 mol 鹽酸（忽略體積變化），求新的 pH。(c) 比較 (a) 與 (b)，說明緩衝溶液的作用原理。

答案：(a) 同濃度同體積混合，[CH₃COOH] = [CH₃COO⁻] = 0.050 M，比值為 1。pH = pKₐ + log(1) = pKₐ = 4.74。(b) 加入的 H⁺ 與 CH₃COO⁻ 反應：酸變為 0.11 mol、鹽變為 0.09 mol（以 1.0 dm³ 計）。pH = 4.74 + log(0.09 ÷ 0.11) = 4.74 + (-0.087) = 4.66。(c) pH 只由 4.74 降至 4.66，變化約 0.09。緩衝溶液同時含弱酸與其共軛鹼：加入的 H⁺ 被共軛鹼吸收，加入的 OH⁻ 被弱酸中和，故 pH 變化很小。評分要點：初始 pH（3 分）、加入酸後 pH（4 分）、緩衝原理（2 分）。

6. 以 2.0 A 的電流電解硫酸銅(II)溶液 30.0 分鐘（96500 C 為一摩爾電子）。(a) 求通過的電量。(b) 求陰極析出銅的質量（M(Cu) = 63.5）。(c) 若要析出 3.175 g 銅，需時多少分鐘？

答案：(a) 電量 Q = I × t = 2.0 × (30 × 60) = 3600 C。(b) 電子摩爾數 = 3600 ÷ 96500 = 0.03731 mol；Cu²⁺ + 2e⁻ → Cu，故 Cu 摩爾數 = 0.03731 ÷ 2 = 0.01865 mol。質量 = 0.01865 × 63.5 = 1.18 g。(c) 3.175 g 銅 = 3.175 ÷ 63.5 = 0.0500 mol，需 0.1000 mol 電子，Q = 9650 C，t = 9650 ÷ 2.0 = 4825 s = 80.4 分鐘。評分要點：電量（2 分）、質量（4 分）、時間（2 分）。

7. (a) 求 MnO_4^- 中錳的氧化數。(b) 求 $Cr_2O_7^{2-}$ 中鉻的氧化數，並指出鉻的最高常見氧化態。(c) 求 NH_4NO_3 中兩個氮原子的氧化數，並說明為何它們不同。

答案：(a) 設 Mn 為 x：x + 4(−2) = −1，x = +7。(b) 設 Cr 為 x：2x + 7(−2) = −2，2x = +12，x = +6；+6 是鉻在鉻酸鹽與重鉻酸鹽中的最高常見氧化態。(c) NH_4^+ 部分：x + 4(+1) = +1，x = −3；NO_3^- 部分：x + 3(−2) = −1，x = +5。兩者不同是因為一個氮與氫相連（電子偏向氮較少），另一個氮與高電負性的氧相連（電子偏向氧）。評分要點：錳（3 分）、鉻（3 分）、硝酸銨兩個氮（2 分）。

8. 一個鋅銅原電池：Zn(s) | Zn²⁺(aq) || Cu²⁺(aq) | Cu(s)。已知 E°(Cu²⁺/Cu) = +0.34 V，E°(Zn²⁺/Zn) = −0.76 V。(a) 求電池的標準電動勢。(b) 指出哪一極是陽極、發生的是氧化還是還原，並寫出該半反應。(c) 若把銅電極換成銀電極（E°(Ag⁺/Ag) = +0.80 V），電池電動勢變為多少？

答案：(a) E°cell = E°(陰極) − E°(陽極) = +0.34 − (-0.76) = 1.10 V。(b) 鋅為陽極，發生氧化：Zn(s) → Zn²⁺(aq) + 2e⁻。銅為陰極，發生還原：Cu²⁺(aq) + 2e⁻ → Cu(s)。(c) E°cell = +0.80 − (-0.76) = 1.56 V；電極電勢較高者為陰極，故銀仍為陰極，鋅仍為陽極。評分要點：電動勢（3 分）、陽極與半反應（4 分）、換電極後（2 分）。

丙部：定量分析與溶解度（第 10 – 12 題）

摩爾體積取 24.0 dm³ mol⁻¹；百分率取三位有效數字，並註明單位。

9. 在酸性溶液中，MnO_4^- 與 Fe^{2+} 反應：$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$。(a) 說明為何 1 mol MnO_4^- 可氧化 5 mol Fe^{2+}。(b) 25.0 cm³ 的 Fe^{2+} 溶液需用 24.0 cm³ 的 0.0200 M $KMnO_4$ 才達終點，求 Fe^{2+} 的濃度。(c) 求該 25.0 cm³ 溶液中 Fe^{2+} 的摩爾數。

答案：(a) 錳由 +7 降至 +2，每個 MnO_4^- 接受 5 個電子；鐵由 +2 升至 +3，每個 Fe^{2+} 放出 1 個電子。電子得失必須相等，故比例為 1:5。(b) MnO_4^- 摩爾數 = 0.0240 × 0.0200 = 4.80e-04 mol。電子摩爾數 = 4.80e-04 × 5 = 2.40e-03 mol，即 Fe^{2+} 摩爾數。[Fe^{2+}] = 2.40e-03 ÷ 0.0250 = 0.0960 M。(c) 摩爾數 = 2.40e-03 mol（約 2.40 mmol）。評分要點：電子守恆（3 分）、濃度（4 分）、摩爾數（1 分）。

10. 1.20 g 含雜質的碳酸鈣樣本溶於 50.0 cm³ 的 0.500 M 鹽酸中（碳酸鈣與鹽酸按 1:2 反應）。過量的酸用 25.0 cm³ 的 0.500 M 氫氧化鈉中和。(a) 求與碳酸鈣反應的鹽酸摩爾數。(b) 求樣本中碳酸鈣的質量（M($CaCO_3$) = 100.1）。(c) 求樣本的純度百分率。

答案：(a) 鹽酸總摩爾數 = 0.0500 × 0.500 = 0.0250 mol；中和用去 = 0.0250 × 0.500 = 0.0125 mol。與碳酸鈣反應的酸 = 0.0250 − 0.0125 = 0.0125 mol。(b) $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$，故 $CaCO_3$ 摩爾數 = 0.0125 ÷ 2 = 0.0063 mol。質量 = 0.0063 × 100.1 = 0.626 g。(c) 純度 = 0.626 ÷ 1.20 × 100% = 52.1%。評分要點：反應掉的酸（4 分）、碳酸鈣質量（3 分）、純度（1 分）。

11. 氯化銀的溶度積 $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-10}$（25 °C）。(a) 求純水中氯化銀的溶解度（mol dm⁻³）。(b) 求在 0.010 M 氯化鈉溶液中的溶解度。(c) 解釋 (b) 與 (a) 相差多少倍，並指出這效應的名稱。

答案：(a) 設溶解度為 s：$K_{sp} = s^2 = 1.8 \times 10^{-10}$，s = 1.342e-05 M。(b) [$Cl^-$] ≈ 0.010 M，[$Ag^+$] = K_{sp} ÷ 0.010 = 1.80e-08 M，即溶解度。(c) 相差 745 倍；同離子效應（common ion effect）令平衡向左移動，溶解度大幅下降。評分要點：純水溶解度（3 分）、鹽水中溶解度（3 分）、倍數與名稱（2 分）。

12. 以 5.0 A 的電流電解稀硫酸 1.0 小時，陽極得氧氣、陰極得氫氣（96500 C 為一摩爾電子；摩爾體積 24.0 dm³）。(a) 求通過的電子摩爾數。(b) 求陰極產生的氫氣體積（dm³，24.0 dm³ mol⁻¹）。(c) 求陽極產生的氧氣體積，並解釋為何兩者體積比為 2:1。

答案：(a) Q = 5.0 × 3600 = 18000 C，電子摩爾數 = 18000 ÷ 96500 = 0.18653 mol。(b) $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$，故 H_2 摩爾數 = 0.18653 ÷ 2 = 0.09326 mol，體積 = 0.09326 × 24.0 = 2.24 dm³。(c) $4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$，$O_2$ 摩爾數 = 0.18653 ÷ 4 = 0.04663 mol，體積 = 0.04663 × 24.0 = 1.12 dm³。每產生 1 mol O_2 轉移 4 mol 電子，而每產生 1 mol H_2 只轉移 2 mol，故同一電量下 H_2 的摩爾數（及體積）是 O_2 的兩倍。評分要點：電子摩爾數（3 分）、氫氣體積（3 分）、氧氣體積與解釋（2 分）。

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。