中四化學練習卷：酸鹼、鹽與電解

中四（S4）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部（第 1 – 4 題）：酸鹼基礎與鹽的製備（28 分）

甲部

1. 1. 實驗室有 250.0 cm³ 濃度 0.200 mol/dm³ 的氫氧化鈉溶液（相對分子質量 40.0）。(a) 計算溶液中氫氧化鈉的摩爾數與質量。(b) 把全部溶液加水稀釋至 500.0 cm³，計算稀釋後的摩爾濃度。(c) 由稀釋後的溶液取出 0.0200 mol 氫氧化鈉，需量取多少體積？

答案：(a) n = cV = 0.200 × 0.250 = 0.0500 mol；m = nM = 0.0500 × 40.0 = 2.00 g。（3 分） (b) 稀釋後 n 不變，c = 0.0500 / 0.500 = 0.100 mol/dm³。（2 分） (c) V = n / c = 0.0200 / 0.100 = 0.200 dm³ = 200.0 cm³。（2 分） 評分要點：第 (a) 部分摩爾數 1 分、質量 1 分、單位 1 分。

2. 2. 以濃度 0.120 mol/dm³ 的鹽酸滴定 25.0 cm³ 未知濃度的氫氧化鈉溶液，三次滴定讀數為 24.10 cm³、23.95 cm³、24.00 cm³（滴定終點耗用鹽酸體積）。(a) 指出哪些讀數可視為相符讀數，並計算平均體積。(b) 計算所用鹽酸的摩爾數及氫氧化鈉溶液的摩爾濃度。(c) 若該氫氧化鈉原液共 250.0 cm³，計算其中所含氫氧化鈉的質量。

答案：(a) 23.95 與 24.00 相差 0.05 cm³，屬相符讀數；24.10 偏離，捨棄。平均值 = (23.95 + 24.00) / 2 = 23.975 cm³。（2 分） (b) n(HCl) = 0.120 × 0.023975 = 0.0028770 mol；NaOH + HCl → NaCl + H₂O，摩爾比 1:1，故 c(NaOH) = 0.0028770 / 0.025 = 0.115 mol/dm³。（3 分） (c) m = 0.115 × 0.250 × 40.0 = 1.15 g。（2 分） 評分要點：第 (b) 部分方程式 / 摩爾比 1 分、代入 1 分、濃度 1 分。

3. 3. 某酸性溶液 X 的氫離子濃度為 4.0e-04 mol/dm³。(a) 計算溶液 X 的 pH 值。(b) 把 X 加水稀釋 100 倍，求稀釋後溶液的 pH 值，並解釋變化。(c) 以氫氧化鈉滴定醋酸，應選用哪種指示劑？寫出所選指示劑在終點前後的顏色變化，並說明原因。

答案：(a) pH = −log[H^+] = −log(4.0e-04) = 3.40。（2 分） (b) 稀釋 100 倍後 [H^+] 變為 4.0e-06 mol/dm³，pH = 3.40 + 2 = 5.40；稀釋使氫離子濃度下降，pH 上升。（2 分） (c) 選酚酞：醋酸與氫氧化鈉完全反應時生成醋酸鈉，溶液呈弱鹼性（pH 約 8 – 9），落在酚酞變色範圍（pH 8.3 – 10.0）；終點由無色變粉紅色。（3 分） 評分要點：指示劑名稱 1 分、顏色變化 1 分、理由 1 分。

4. 4. 下列三種鹽各有不同的製備路線。(a) 由氧化銅製備硫酸銅：寫出化學方程式，並簡述由開始到取得固體的三個主要步驟。(b) 由硝酸銀溶液與氯化鈉溶液製備氯化銀：寫出反應類型與分離固體的方法。(c) 說明為何製備硫酸銅時不可用「酸鹼滴定至指示劑變色」的方法。

答案：(a) CuO + H_2SO_4 → $CuSO_4$ + H_2O；步驟：把過量氧化銅加入稀硫酸並攪拌，過濾除去未反應的氧化銅，把濾液蒸發濃縮至出現結晶，冷卻結晶後抽濾及風乾。（3 分） (b) 沉澱反應（複分解反應）：$AgNO_3$ + NaCl → AgCl↓ + $NaNO_3$；以過濾分離沉澱，用蒸餾水洗滌後乾燥。（2 分） (c) 滴定法只適用於酸與可溶性鹼（或碳酸鹽）的均相反應，靠指示劑顏色變化判斷終點；氧化銅是不溶於水的固體，反應在固液界面進行，無法用指示劑判斷終點，亦難控制恰好完全反應，故改用「過量固體 + 過濾」。（2 分）

乙部（第 5 – 8 題）：電解與化學計算（32 分）

乙部

5. 5. 以銅片作兩極電解硫酸銅（II）溶液，電流強度 0.50 A，通電 40 分鐘。(a) 分別寫出陽極與陰極的半反應式。(b) 描述通電時兩極及溶液的觀察變化。(c) 計算陰極析出銅的質量（相對原子質量 Cu = 63.5，法拉第常數 96500 C/mol）。(d) 若改用石墨作陽極，陽極的生成物會有何改變？

答案：(a) 陽極：$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$；陰極：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$。（2 分） (b) 陽極銅片逐漸溶解、質量減少；陰極有紅棕色銅沉積、質量增加；溶液的藍色大致不變，因為陽極溶出的 Cu^{2+} 與陰極消耗的 Cu^{2+} 數量相等。（2 分） (c) $Q = It = 0.50 \times 2400 = 1200\ C$；$n(e^-) = 1200 / 96500 = 0.0124\ mol$；$n(Cu) = 0.0124 / 2 = 0.0062\ mol$；$m = 0.0062 \times 63.5 = 0.395\ g \approx 0.40\ g$。（3 分） (d) 改用石墨陽極後，陽極不再溶解，改為氫氧根離子放電產生氧氣（$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$），溶液中的 Cu^{2+} 持續被消耗，藍色逐漸變淡。（1 分） 評分要點：第 (c) 部分電量 1 分、電子摩爾數 1 分、質量 1 分。

6. 6. 以石墨電極電解濃氯化鈉溶液（食鹽水）。(a) 寫出陽極與陰極的生成物及對應的半反應式。(b) 描述檢驗陽極生成物的方法與預期現象。(c) 解釋電解後溶液為何呈鹼性。(d) 若改用極稀的氯化鈉溶液，陽極生成物會變成甚麼？並解釋原因。

答案：(a) 陽極：氯氣，$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$；陰極：氫氣，$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$。（3 分） (b) 用濕潤的澱粉碘化鉀試紙放近陽極，試紙變藍黑色；或用濕潤藍色石蕊試紙，先變紅後褪色，都證實是氯氣。（2 分） (c) 陰極產生 OH^- 而陽極消耗 Cl^-，留下的 Na^+ 與 OH^- 形成氫氧化鈉，故溶液呈鹼性。（1 分） (d) 陽極生成氧氣：稀溶液中 Cl^- 濃度太低，氫氧根離子較易放電，$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$。（2 分） 評分要點：第 (a) 部分每個半反應式 1 分，寫對生成物名稱另計 1 分。

7. 7. 把 5.00 g 五水合硫酸銅（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）放在蒸發皿中加熱至恆重（相對原子質量 Cu = 63.5、S = 32.1、O = 16.0、H = 1.0）。(a) 計算 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 的相對分子質量及其中水的質量百分比。(b) 計算加熱後剩餘無水硫酸銅的理論質量及失去的水的質量。(c) 描述加熱過程中的顏色變化，並說明如何檢驗放出的氣體是水蒸氣。

答案：(a) $M(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 63.5 + 32.1 + 4\times16.0 + 5\times18.0 = 249.6$；水的質量百分比 $= 90.0 / 249.6 \times 100\% = 36.1\%$。（3 分） (b) 無水硫酸銅 $M = 159.6$；$m = 5.00 \times 159.6 / 249.6 = 3.20\ g$；失去的水 $= 5.00 - 3.20 = 1.80\ g$。（2 分） (c) 藍色晶體逐漸變成白色粉末；把蒸發皿冷卻後，皿壁出現無色液滴，用白色無水硫酸銅試紙接觸會由白變藍，證明放出的是水蒸氣。（3 分） 評分要點：第 (a) 部分摩爾質量 1 分、百分比 2 分（公式與答案）。

8. 8. 某學生用滴定法測定氫氧化鈉溶液的濃度，所得質量為 1.21 g，而由數據計算的正確值為 1.15 g。(a) 計算這次實驗的百分誤差。(b) 若學生在洗淨滴定管後只用蒸餾水沖洗，未用鹽酸沖洗，結果會偏高還是偏低？試加解釋。(c) 另外提出兩個會令讀數不準確的操作問題，並各說明對結果的影響方向。

答案：(a) 百分誤差 $= (1.21 - 1.15) / 1.15 \times 100\% = 5.2\%$。（2 分） (b) 偏高。滴定管內殘留的蒸餾水把加入的鹽酸稀釋，令實際濃度低於標示值，達至終點需用更多體積，計算出的氫氧化鈉摩爾數及質量因此偏大。（3 分） (c) 任何兩項，例如：①滴定前滴定管尖有氣泡，滴定中氣泡排出，讀數偏大，結果偏高；②讀取彎月面時視線高於液面（視差），讀數偏小，結果偏低；③接近終點時加入過量鹽酸未即時停止，結果偏高。（3 分，每項 1.5 分） 評分要點：只寫「人為錯誤」而無方向性解釋不給分。

丙部（第 9 – 12 題）：綜合應用與實驗設計（40 分）

丙部

9. 9. 25.0 cm³、濃度 0.100 mol/dm³ 的碳酸鈉溶液以 0.150 mol/dm³ 鹽酸滴定至完全反應。(a) 寫出碳酸鈉與鹽酸反應的完整化學方程式。(b) 計算碳酸鈉的摩爾數、所需鹽酸的摩爾數及鹽酸體積。(c) 計算在室溫常壓（摩爾體積 24.0 dm³/mol）下放出二氧化碳的體積。(d) 此滴定應選用甲基橙還是酚酞？並說明終點顏色變化。

答案：(a) Na₂CO₃ + 2HCl → 2NaCl + H₂O + CO₂。（2 分） (b) n(Na₂CO₃) = 0.100 × 25.0/1000 = 0.0025 mol；摩爾比 1:2，n(HCl) = 0.0050 mol；V(HCl) = 0.0050 / 0.150 = 0.033 dm³ = 33.3 cm³。（4 分） (c) V(CO₂) = 0.0025 × 24.0 = 0.060 dm³ = 60.0 cm³。（2 分） (d) 選甲基橙：終點時溶液為酸性（溶有 CO₂ 及未反應的微量鹽酸），pH 約 4，甲基橙由黃變橙紅；酚酞在 pH 8.3 已變色，會提早到達終點。（2 分） 評分要點：第 (b) 部分摩爾比 2 分、鹽酸摩爾數 1 分、體積 1 分。

10. 10. 以銀作陽極、鐵片作陰極電鍍，電流 2.0 A，通電 30 分鐘。(a) 說明電解液應含哪種金屬離子，並寫出陰極的半反應式。(b) 計算陰極上析出銀的質量（Ag = 108，法拉第常數 96500 C/mol）。(c) 提出兩個令實際析出量低於理論值的原因。

答案：(a) 電解液含銀離子（例如硝酸銀溶液）；陰極：$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$。（3 分） (b) Q = 2.0 × 1800 = 3600 C；n(e⁻) = 3600 / 96500 = 0.0373 mol；n(Ag) = 0.0373 mol；m = 0.0373 × 108 = 4.03 g。（4 分） (c) 任何兩項，例如：部分電能用於其他反應（如陰極同時產生氫氣）；銀層疏鬆，部分銀粒剝落；電流效率不足或有電阻損耗發熱。（3 分） 評分要點：第 (b) 部分電量 1 分、電子摩爾數與 1:1 摩爾比 2 分、質量 1 分。

11. 11. 把 0.100 mol/dm³ 氫氧化鈉溶液逐滴加入 25.0 cm³、0.100 mol/dm³ 鹽酸中，記錄 pH 變化：加入 0、5、10、15、20、22、24、25、26、30 cm³ 時，pH 分別為 1.2、1.4、1.7、2.0、2.4、3.0、4.6、7.0、10.4、12.0。(a) 描述滴定曲線的形狀，並指出曲線最陡斜的部分。(b) 求等當點所對應的氫氧化鈉體積，並解釋該處 pH 為 7 的原因。(c) 計算由 24 cm³ 到 26 cm³ 之間 pH 的跳幅。(d) 應選用哪種指示劑？寫出終點顏色變化。

答案：(a) 曲線起初平緩（pH 由 1.2 升至約 2.4），接近等當點時急速上升，在 25.0 cm³ 附近幾乎垂直，之後再趨平緩並接近強鹼的 pH。（2 分） (b) 等當體積 = 25.0 cm³；此時酸與鹼恰好完全反應，生成 NaCl 與水，Na^+ 與 Cl^- 都不水解，故 pH = 7。（2 分） (c) pH 跳幅 = 10.4 − 4.6 = 5.8。（2 分） (d) 選酚酞：變色範圍 pH 8.3 – 10.0 落在跳幅之內，終點由無色變粉紅（淺紅）。（2 分） 其餘 2 分：正確指出 25.0 cm³ 時酸鹼摩爾數相等（各 0.0025 mol），故可用 $c_1V_1 = c_2V_2$ 核對。評分要點：第 (a) 部分必須提及「陡升段」方可給滿分。

12. 12. 一名學生要測定洗滌鹼（主要成分碳酸鈉，相對分子質量 106.0）樣本的純度：稱取 1.00 g 樣本，溶於水並配成 250.0 cm³ 溶液；取 25.0 cm³ 以 0.100 mol/dm³ 鹽酸滴定，用去 18.00 cm³。(a) 說明為何要把樣本「配成 250.0 cm³ 後只取 25.0 cm³」而不是把整份樣本一次滴定。(b) 計算 25.0 cm³ 樣本溶液中碳酸鈉的摩爾數。(c) 計算樣本中碳酸鈉的質量及樣本的百分純度。(d) 提出一項可提高準確度的改良及一項安全措施。

答案：(a) 一次滴定整份樣本所需酸量太大，且終點不易察覺；配成固定體積再取固定分量，可把大體積分成多份，方便重複滴定取平均值，亦可用 $c_1V_1 = c_2V_2$ 按比例推算整份樣本。（2 分） (b) $n(HCl) = 0.100 \times 18.00/1000 = 0.0018$ mol；$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$，$n(Na_2CO_3) = 0.0018 / 2 = 0.0009$ mol。（3 分） (c) 250.0 cm³ 中 $n = 0.0009 \times 10 = 0.0090$ mol；$m = 0.0090 \times 106.0 = 0.954$ g；百分純度 $= 0.954 / 1.00 \times 100\% = 95.4\%$。（3 分） (d) 改良：用移液管準確量取 25.0 cm³、重複滴定取相符讀數平均值；安全：佩戴安全眼鏡，鹽酸具腐蝕性，濺及皮膚須以大量清水沖洗。（2 分） 評分要點：第 (c) 部分稀釋倍數 1 分、摩爾質量 1 分、百分純度 1 分。

TutorZone 中四（S4）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。