中五化學練習卷：酸鹼滴定、pH 與緩衝溶液

中五　化學　｜　時限：60 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 22 題

甲部　強酸、強鹼與弱酸的 pH

取 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$（25 °C）。計算須列出公式、代入步驟、數值與單位，答案取三位有效數字。

1. 計算 0.050 M 鹽酸溶液的 pH。

答案：鹽酸為強酸，完全電離：$[H^+] = 0.050$ M；$pH = -\log(0.050) = 1.30$。（4 分：公式 1 分；代入 1 分；數值 1 分；有效數字 1 分）

2. 計算 0.020 M 氫氧化鈉溶液的 pH。

答案：$[OH^-] = 0.020$ M；$pOH = -\log(0.020) = 1.70$；$pH = 14.00 - 1.70 = 12.30$。（4 分：pOH 公式 1 分；pOH 數值 1 分；pH 換算 1 分；單位 1 分）

3. 計算 0.10 M 醋酸溶液的 pH（$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$）。

答案：設 $[H^+] = x$，$K_a = x^2 \div (0.10 - x)$；因 x 遠小於 0.10，可取 $x^2 \div 0.10 = 1.8 \times 10^{-5}$，得 $x = \sqrt{1.8 \times 10^{-6}} = 1.34\text{e-}03$ M；$pH = -\log(1.34\text{e-}03) = 2.87$。（4 分：$K_a$ 式 1 分；近似 1 分；$[H^+]$ 1 分；pH 1 分）

4. 承上題，求醋酸的電離度百分比，並說明上題的近似假設是否成立。

答案：電離度 $= 1.34\text{e-}03 \div 0.10 \times 100\ \% = 1.34\ \%$；因 1.34 % 遠小於 5 %，故 $0.10 - x \approx 0.10$ 的假設成立，誤差可忽略。（5 分：定義 1 分；數值 2 分；判斷 1 分；理由 1 分）

乙部　稀釋、混合與中和

假設體積可加性成立，溫度維持 25 °C。

5. 把 25.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸加水稀釋至 250.0 cm³，求稀釋後溶液的濃度和 pH。

答案：莫耳數不變：$0.100 \times 25.0 \div 1000 = 2.50 \times 10^{-3}$ mol；濃度 $= 2.50 \times 10^{-3} \div 0.2500 = 0.0100$ M；$pH = -\log(0.0100) = 2.00$。（4 分：莫耳數守恆 1 分；濃度 1 分；pH 公式 1 分；數值 1 分）

6. 把 50.0 cm³ 的 0.100 M 鹽酸與 30.0 cm³ 的 0.100 M 氫氧化鈉混合，求混合液的 pH。

答案：$n(HCl) = 5.00 \times 10^{-3}$ mol，$n(NaOH) = 3.00 \times 10^{-3}$ mol；酸過量 2.00×10^{-3} mol，總體積 80.0 cm³；$[H^+] = 2.00 \times 10^{-3} \div 0.0800 = 0.0250$ M；$pH = -\log(0.0250) = 1.60$。（5 分：兩者莫耳數 1 分；過量判斷 1 分；體積 1 分；濃度 1 分；pH 1 分）

7. 把 0.020 M 氫氧化鈉溶液稀釋 100 倍，求稀釋後的 pH。

答案：濃度變為 $0.020 \div 100 = 2.0\text{e-}04$ M；$pOH = -\log(2.0\text{e-}04) = 3.70$；$pH = 14.00 - 3.70 = 10.30$。（4 分：濃度 1 分；pOH 1 分；換算 1 分；數值 1 分）

8. 20.0 cm³ 的 0.100 M 硫酸與 0.100 M 氫氧化鈉完全中和，求所需氫氧化鈉溶液的體積，以及生成水的莫耳數。

答案：$n(H_2SO_4) = 2.00 \times 10^{-3}$ mol，可提供 4.00×10^{-3} mol H^+；所需 NaOH 莫耳數相同，體積 $= 4.00 \times 10^{-3} \div 0.100 \times 1000 = 40.0$ cm³；生成水 4.00e-03 mol。（5 分：H^+ 莫耳數 1 分；1:1 比例 1 分；體積 2 分；水莫耳數 1 分）

丙部　酸鹼滴定計算

以 0.100 M 標準鹽酸滴定 25.0 cm³ 未知濃度的氫氧化鈉溶液，用甲基橙作指示劑。

9. 三次滴定的讀數差為 24.60 cm³、24.50 cm³ 和 24.70 cm³，求平均滴定體積。
答案：平均 = (24.60 + 24.50 + 24.70) ÷ 3 = 24.60 cm³。（4 分：三次相加 1 分；除以三 1 分；數值 1 分；單位 1 分）

10. 求所用鹽酸的莫耳數。
答案：n = c × V = 0.100 × 24.60 ÷ 1000 = 2.46e-03 mol。（5 分：公式 1 分；體積換算 dm³ 1 分；代入 1 分；數值 2 分）

11. HCl 與 NaOH 以 1:1 反應，求氫氧化鈉溶液的濃度。
答案：n(NaOH) = 2.46e-03 mol；c = n ÷ V = 2.46e-03 ÷ 0.0250 = 0.0984 M。（5 分：1:1 比例 1 分；公式 1 分；代入 1 分；數值 2 分）

12. 若用上述氫氧化鈉溶液配成 250.0 cm³ 溶液，求其中氫氧化鈉的質量（M(NaOH) = 40.0 g mol⁻¹）。
答案：n = 0.0984 × 0.2500 = 0.0246 mol；m = n × M = 0.0246 × 40.0 = 0.984 g。（6 分：公式 n = cV 1 分；莫耳數 2 分；乘莫耳質量 1 分；數值 1 分；單位 1 分）

丁部　碳酸鈉的兩段滴定

用 0.100 M 鹽酸滴定 25.0 cm³ 的 0.100 M 碳酸鈉溶液。常溫常壓下氣體摩爾體積取 24.0 dm³ mol⁻¹。

13. 寫出第一段反應的離子方程式，並求到達第一等當點所需鹽酸的體積。
答案：$CO_3^{2-} + H^+ \rightarrow HCO_3^-$；n($Na_2CO_3$) = 0.100 × 25.0 ÷ 1000 = 2.50e-03 mol，與 H^+ 比為 1:1，故體積 = 25.0 cm³。（4 分：離子式 2 分；莫耳數 1 分；體積 1 分）

14. 求到達第二等當點（甲基橙變色）時，累計所用鹽酸的總體積。
答案：$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$，第二段同樣用 25.0 cm³；總體積 = 50.0 cm³。（4 分：第二段比例 2 分；總體積 1 分；單位 1 分）

15. 求整個滴定過程放出的二氧化碳在常溫常壓下的體積（cm³）。
答案：n(CO_2) = n(Na_2CO_3) = 2.50e-03 mol；V = n × 24.0 = 0.060 dm³ = 60.0 cm³。（5 分：莫耳比 1 分；公式 1 分；dm³ 數值 2 分；換算 cm³ 1 分）

16. 解釋為何第一段滴定應選用酚酞，而第二段必須改用甲基橙。
答案：第一等當點的溶液主要含 HCO_3^-，pH 約 8.3，落在酚酞變色範圍（8.3 – 10.0），故用酚酞；第二等當點為 CO_2 飽和溶液，pH 約 3.9，只落在甲基橙範圍（3.1 – 4.4）；若第二段仍用酚酞，指示劑在第一等當點後已變無色，無法顯示第二等當點。（4 分：第一段理由 1 分；第二段 pH 1 分；指示劑範圍 1 分；酚酞失效解釋 1 分）

戊部　滴定曲線與指示劑選擇

指示劑變色範圍：甲基橙 3.1 – 4.4；酚酞 8.3 – 10.0。

17. 0.100 M 鹽酸以 0.100 M 氫氧化鈉滴定。求等當點的 pH，並說明兩種指示劑是否都適用。

答案：等當點只剩 NaCl（中性鹽），pH = 7.00；強酸強鹼滴定的 pH 突躍約由 3 至 11，跨過兩個變色範圍，故甲基橙和酚酞都適用。（4 分：pH 7.00 1 分；解釋中性 1 分；突躍範圍 1 分；結論 1 分）

18. 0.10 M 醋酸以 0.10 M 氫氧化鈉滴定（$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$）。求等當點時溶液的 pH，並選出合適的指示劑。

答案：等當點生成醋酸鈉，濃度 0.050 M；$K_b = K_w \div K_a = 5.56\text{e-}10$；$[OH^-] = \sqrt{(K_b \times 0.050)} = 5.27\text{e-}06$ M；pOH = 5.28，pH = 8.72；落在酚酞範圍，故選酚酞（甲基橙在 pH 4 前已變色，會提早「到終點」）。（5 分：鹽濃度 1 分；K_b 1 分；$[OH^-]$ 1 分；pH 1 分；指示劑 1 分）

19. 0.10 M 氨水以 0.10 M 鹽酸滴定（$K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$）。求等當點 pH，並解釋為何不能用酚酞。

答案：等當點生成 NH_4Cl 0.050 M；$K_a(NH_4^+) = K_w \div K_b = 5.56\text{e-}10$；$[H^+] = \sqrt{(K_a \times 0.050)} = 5.27\text{e-}06$ M；pH = 5.28，屬酸性，只有甲基橙適用；酚酞在 pH 8.3 以下已無色，整個滴定都在其變色範圍之下，觀察不到終點。（5 分：K_a 1 分；$[H^+]$ 1 分；pH 1 分；指示劑選擇 1 分；酚酞失效 1 分）

己部　緩衝溶液與水的離子積

醋酸的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$（25 °C）；緩衝溶液以 $[H^+] = K_a \times [酸] \div [鹽]$ 計算。

20. 把 0.10 M 醋酸與 0.10 M 醋酸鈉等體積混合，求混合液的 pH。

答案：等體積混合後兩者濃度同為 0.050 M，比值仍為 1:1；$[H^+] = K_a \times 0.050 \div 0.050 = 1.80\text{e-}05$ M；pH = 4.74 = pK_a。（5 分：濃度變化 1 分；比值 1 分；公式 1 分；$[H^+]$ 1 分；pH 1 分）

21. 在 1.00 dm³ 上述緩衝溶液中加入 0.010 mol 氯化氫氣體（體積不變），求新 pH 及 pH 的變化。

答案：加入的 H^+ 把 0.010 mol 醋酸根轉為醋酸：[酸] = 0.11 M、[鹽] = 0.09 M；$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times 0.11 \div 0.09 = 2.20\text{e-}05$ M；pH = 4.66，只下降 0.087；若同量酸加入純水，pH 會由 7 跌至 2，可見緩衝作用。（4 分：新濃度 2 分；pH 1 分；變化量 1 分）

22. 50 °C 時 $K_w = 5.5 \times 10^{-14}$。求該溫度下純水的 pH，並說明水是否仍為中性。

答案：純水中 $[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w} = 2.35\text{e-}07$ M；$pH = -\log(2.35\text{e-}07) = 6.63$；因 $[H^+]$ 仍等於 $[OH^-]$，水依然中性，只是 pH 小於 7；可見「pH 7 等於中性」只在 25 °C 成立。（5 分：$\sqrt{K_w}$ 1 分；$[H^+]$ 1 分；pH 1 分；中性判斷 1 分；溫度條件 1 分）

TutorZone 中五化學練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。