中五化學練習卷：酸鹼滴定與 pH、氧化還原與電解、反應速率與催化、化學平衡與勒沙特列原理、有機化學與聚合物、焓變與燃燒能量

中五　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

甲部：酸鹼滴定與 pH（17 分）

本部分共 4 題。體積以 cm³ 表示，須列出摩爾計算。

1. 25.0 cm³ 的 0.125 M 氫氧化鈉溶液與 0.1 M 鹽酸完全中和。求 NaOH 的摩爾數及所需鹽酸體積。

答案：n(NaOH) = 0.125 × 25.0/1000 = 0.003125 mol。反應比 1:1，n(HCl) = 0.003125 mol。V(HCl) = 0.003125 ÷ 0.1 = 31.2 cm³。

2. 0.1 M 醋酸（CH_3COOH）的 Ka 為 1.8e-05。求氫離子濃度及 pH，並解釋為何 pH 高於同濃度的鹽酸。

答案：設 $[H^+] = x$，$K_a \approx x^2/0.1 \rightarrow x = \sqrt{(1.8e\text{-}05 \times 0.1)} = 1.342e\text{-}03$ M，pH = −log(1.342e-03) = 2.87。醋酸只部分電離（弱酸），$[H^+]$ 遠低於 0.1 M；鹽酸完全電離，pH = 1.00。

3. 取 10.0 cm³ 的 0.5 M 溶液加水稀釋至 250 cm³。求稀釋後濃度，並說明 pH 會上升多少單位（以強酸為例）。

答案：稀釋時摩爾數不變：$c_1V_1 = c_2V_2 \rightarrow c_2 = 0.5 \times 10.0/250 = 0.02$ M。稀釋 25 倍，強酸 $[H^+]$ 下降 25 倍（=10^1.40），pH 上升約 1.40 單位。

4. 用 0.1 M 鹽酸滴定 25.0 cm³ 未知濃度的氫氧化鈉溶液，三次滴定體積為 22.4、22.35、22.45 cm³。求平均體積、NaOH 摩爾數及濃度，並指出使用酚酞作指示劑的終點顏色變化。

答案：平均 = (22.4 + 22.35 + 22.45) ÷ 3 = 22.40 cm³。n(HCl) = 0.1 × 22.40/1000 = 0.002240 mol = n(NaOH)。c(NaOH) = 0.002240 ÷ 0.0250 = 0.0896 M。酚酞由粉紅（鹼）變無色（酸）即達終點；三次讀數相差 ≤0.10 cm³，結果可靠。

乙部：氧化還原與電解（17 分）

本部分共 4 題。電量以庫侖計，法拉第常數取 96500 C mol⁻¹。

5. 酸化高錳酸鉀滴定 25.0 cm³ 鐵(II) 溶液，用去 0.02 M $KMnO_4$　18.50 cm³。已知 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$。求 Fe^{2+} 摩爾數及濃度。

答案：$n(MnO_4^-) = 0.02 \times 18.50/1000 = 3.700e\text{-}04$ mol。1 mol MnO_4^- 得 5 mol e^-，每 mol 氧化 5 mol $Fe^{2+} \rightarrow n(Fe^{2+}) = 5 \times 3.700e\text{-}04 = 1.850e\text{-}03$ mol。$c(Fe^{2+}) = 1.850e\text{-}03 \div 0.0250 = 0.0740$ M。

6. 以 2.0 A 電流電解硫酸銅(II) 溶液 30 分鐘。求通過電量、電子摩爾數及陰極析出銅的質量（Cu = 63.5）。

答案：$Q = It = 2.0 \times 30 \times 60 = 3600$ C。$n(e^-) = 3600 \div 96500 = 0.03731$ mol。$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$，$n(Cu) = 0.03731 \div 2 = 0.01865$ mol，質量 = 0.01865 × 63.5 = 1.184 g。

7. 某電池的標準電動勢為 1.1 V，轉移電子數為 2。求標準吉布斯自由能變化 ΔG°（kJ mol⁻¹），並說明 ΔG° 為負的意義。

答案：$\Delta G^\circ = -nFE^\circ = -2 \times 96500 \times 1.1 = -212{,}300$ J mol⁻¹ = -212.3 kJ mol⁻¹。負值表示反應自發（在標準狀態下），電池可對外作電功；值越負，電池驅動力越大。

8. 說明 MnO_4^- 中錳的氧化數，並解釋為何 $KMnO_4$ 在酸性介質中氧化能力較強（提示：半反應含 $8H^+$）。

答案：MnO_4^-：x + 4(−2) = −1 → x = +7。酸性介質中 MnO_4^- 經 5 電子還原為 Mn^{2+}（$E^\circ \approx +1.51$ V），較中性/鹼性還原為 MnO_2（3 電子，$E^\circ \approx +0.59$ V）放出更多能量、電極電勢更高，故氧化能力更強；實務上加入稀硫酸提供 H^+ 並避免生成 MnO_2 沉澱。

丙部：反應速率與催化（17 分）

本部分共 4 題。Sel=自算；須註明單位。

9. 某反應在 0° C 時初速率為 0.02 mol dm⁻³ s⁻¹，在 20° C 時為 0.06 mol dm⁻³ s⁻¹。求每升溫 10 K 速率增加倍數，並判斷對溫度的敏感程度。

答案：20 K 內速率增為 0.06/0.02 = 3.0 倍，故每 10 K 約增 $\sqrt{3.0} \approx 1.73$ 倍。一般反應每升 10 K 約 2 倍，此反應較敏感，表示活化能較高、速率決定步驟對溫度依賴大；工業上須嚴格控溫以免失控。

10. 碳-14 的半衰期為 5730 年。求一級衰變的速率常數（year⁻¹），並求 11460 年後剩餘比例。

答案：k = ln2 / t½ = 0.693/5730 = 1.2097e-04 year⁻¹。11460 年 = 2 個半衰期 → 剩餘 = (1/2)^2 = 25%。一級反應半衰期與初始濃度無關，這是放射性定年的基礎。

11. 某反應活化能為 50 kJ mol⁻¹，速率常數由 300 K 升至 310 K。用阿倫尼烏斯方程估算速率常數增大的倍數（R = 8.314 J K⁻¹ mol⁻¹）。

答案：$\ln(k_2/k_1) = (E_a/R)(1/T_1 - 1/T_2) = (50000/8.314)(1/300 - 1/310) = 0.647$ → $k_2/k_1 = e^{0.647} \approx 1.91$ 倍。指數關係說明高活化能反應對溫度極敏感。

12. 實驗：固定 [B]，[A] 由 0.10 M 增至 0.20 M 時初速率由 0.005 增至 0.01 mol dm⁻³ s⁻¹；固定 [A]，[B] 加倍時速率不變。求對 A 及 B 的級數、總級數及速率方程。

答案：[A] 加倍而速率加倍 → 對 A 為一級；[B] 加倍而速率不變 → 對 B 為零級。總級數 = 1 + 0 = 1。速率方程 rate = k[A]。k = 0.005/0.1 = 0.0500 s⁻¹（一級，單位 s⁻¹）。零級表示 B 參與步驟在速率決定步驟之後或其濃度已飽和（如催化劑表面飽和）。

丁部：化學平衡（17 分）

本部分共 4 題。平衡常數須註明單位或說明無單位。

13. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$，初始 $[H_2] = [I_2] = 1.00$ M，平衡時 $[HI] = 1.56$ M。求平衡時 H_2 及 I_2 濃度與 Kc。

答案：由化學計量，生成 1.56 M HI 需消耗 0.78 M H_2 及 0.78 M I_2 → $[H_2] = [I_2] = 1.00 - 0.78 = 0.22$ M。$K_c = [HI]^2/([H_2][I_2]) = 1.56^2 \div (0.22 \times 0.22) = 50.3$（無單位）。

14. N_2（g）+ $3H_2$（g）⇌ $2NH_3$（g），初始 $[NH_3]$ = 0.500 M，平衡時 $[N_2]$ = 0.0200 M。求平衡 $[NH_3]$、$[H_2]$ 及 Kc，並解釋高壓有利生成氨。

答案：生成 0.0200 M N_2 需分解 2 × 0.0200 = 0.0400 M NH_3 → $[NH_3]$ = 0.500 − 0.0400 = 0.4600 M；同時生成 3 × 0.0200 = 0.0600 M H_2。$Kc = 0.4600^2 \div (0.0200 \times 0.0600^3) = 48{,}981$（單位 $mol^{-2}\,dm^6$）。加壓時平衡向氣體摩爾數較少的一邊（2 對 4）移動，故有利氨的生成。

15. 某反應 Kc = 4.0，某時刻濃度商 Q = 2.0。判斷反應方向，並說明 Q 與 Kc 比較的規則。

答案：Q = 2.0 < Kc = 4.0 → 反應淨向正方向（生成物）進行，直至 Q 升至 Kc。規則：Q < Kc 向正反應；Q > Kc 向逆反應；Q = Kc 已在平衡。催化劑只加快達到平衡，不改變 Kc 或平衡位置。

16. 緩衝溶液由等摩爾的 CH_3COOH 與 CH_3COO^- 組成，pKa = 4.76。求 pH，並解釋加入少量強酸後 pH 變化不大的原因。

答案：$pH = pK_a + \log([A^-]/[HA]) = 4.76 + \log(1) = 4.76$。加入少量 H^+ 時，CH_3COO^- 與之結合生成 CH_3COOH，H^+ 被「吸收」；$[A^-]/[HA]$ 只略變，故 pH 變化極小。緩衝容量有限，加入大量酸或稀釋過度即失效。

戊部：有機化學與聚合物（16 分）

本部分共 4 題。相對原子質量：C = 12、H = 1、O = 16。

17. 某碳氫化合物含碳 85.7%、氫 14.3%。求實驗式；若相對分子質量為 42，求分子式。

答案：摩爾比 C : H = 85.7/12 : 14.3/1 = 7.142 : 14.300 = 1 : 2.0 → 實驗式 CH2（Mr = 14）。n = 42/14 = 3，分子式 = (CH2)3 = C3H6，即丙烯。

18. 某加聚物由相對分子質量 42 的單體聚合而成，平均聚合度為 2,500。求聚合物的相對分子質量，並說明加聚與縮聚的兩個分別。

答案：Mr = 42 × 2,500 = 105,000.0。分別：①加聚無小分子副產物、原子全部保留，縮聚放出 H_2O 或 HCl；②加聚單體須含 C=C（如乙烯、苯乙烯），縮聚單體須有兩個官能基（如二醇 + 二酸、二胺 + 二酸）。

19. 0.2 mol 羧酸與過量乙醇酯化，理論產量為 17.6 g，實際得 12.3 g。求產率，並提出兩個提高產率的方法。

答案：產率 = 12.3 ÷ 17.6 × 100% = 69.9%。方法：①用濃硫酸作催化劑並加熱（酯化為吸熱、慢反應）；②把生成的酯蒸出或加入更多醇/酸，令平衡向生成酯方向移動（勒沙特列原理）；亦可移除生成的水。

20. 寫出 $C_4H_{10}O$ 的所有結構異構物數目，並解釋為何 $C_4H_{10}O$ 只有 2 種而 C_4H_9OH 有更多。

答案：$C_4H_{10}O$ 有 2 種：正丁烷（直鏈）與 2-甲基丙烷（支鏈）。C_4H_9OH 較多，因為 −OH 可接在不同碳位（第 1、2 位），並可有支鏈骨架，且部分異構物具手性（如丁-2-醇）；官能基位置與碳骨架的組合令異構物數目增加。

己部：焓變與燃燒能量（16 分）

本部分共 4 題。水的比熱容量取 4.18 J g⁻¹ K⁻¹。

21. 燃燒 0.500 g 乙醇加熱 200 g 水，水溫上升 20.7 °C。求水吸收的熱量及乙醇的燃燒焓（kJ mol⁻¹，乙醇 Mr = 46）。

答案：q = mcΔT = 200 × 4.18 × 20.7 = 17,305.2 J。n(乙醇) = 0.500/46 = 0.0109 mol。ΔH = −q/n = −17,305.2/(1000 × 0.0109) = -1,592 kJ mol⁻¹。實驗值低於文獻 −1368 kJ mol⁻¹，因熱量散失、燃燒不完全及容器吸熱。

22. 已知 ΔHf°：CO_2 (g) = -393.5、H_2O(l) = -285.8、CH_4 (g) = -74.8 kJ mol⁻¹。用赫斯定律求甲烷的標準燃燒焓。

答案：$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$。ΔH = ΣΔHf(生成物) − ΣΔHf(反應物) = [-393.5 + 2(-285.8)] − (-74.8) = -890 − (-74.8) = -890.3 kJ mol⁻¹。放熱，符合燃燒為放熱反應。

23. 用鍵焓估算 $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$：C–H = 413、O=O = 498、C=O = 799、O–H = 463 kJ mol⁻¹。求 ΔH 並解釋與實際值的差距。

答案：斷鍵吸熱 = 4(413) + 2(498) = 2648 kJ；成鍵放熱 = 2(799) + 4(463) = 3450 kJ。ΔH ≈ 2648 − 3450 = -802 kJ mol⁻¹。與 −890 kJ mol⁻¹ 有差距，因為鍵焓是平均值，只用於氣態分子，未計 H_2O 凝結放熱。

24. 氫氣與甲烷的摩爾燃燒焓分別為約 −286 及 −890 kJ mol⁻¹。以每克燃料比較（H_2 Mr = 2、CH_4 Mr = 16），解釋何者為較佳燃料，並提一個儲存上的困難。

答案：氫：286/2 = 143 kJ g⁻¹；甲烷：890/16 = 55.62 kJ g⁻¹。氫每克能量約為甲烷的 2.6 倍，且燃燒只生成水、零碳排放，故單位質量較佳。儲存困難：氫氣密度極低，需高壓（700 bar）或低溫液態（−253 °C）儲存，容器重、有洩漏及安全風險，運輸成本高。

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。