中五化學練習卷：反應速率與化學平衡

中五（S5）　化學　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：反應速率（32 分）

第 1 至 4 題（每題 6 至 9 分）

1. 鎂帶與 0.50 mol dm⁻³ 鹽酸反應，以排水法收集氫氣。首 60 s 收集得 48.0 cm³，其後 60 s 再收集得 18.0 cm³。求兩段時間的平均反應速率（以 cm³ s⁻¹ 表示），並解釋速率為何下降。

答案：首段速率 = 48.0 ÷ 60 = 0.800 cm³ s⁻¹（2 分）；後段速率 = 18.0 ÷ 60 = 0.300 cm³ s⁻¹（2 分）。速率下降是因為鹽酸被消耗，氫離子濃度降低，單位時間內與鎂碰撞的氫離子數目減少，碰撞頻率下降（2 分）。

2. 在 25 °C 下，把 0.10 mol dm⁻³ 硫代硫酸鈉溶液與稀鹽酸混合，溶液變渾濁需時 40 s；改用 0.20 mol dm⁻³ 硫代硫酸鈉溶液重做，需時 20 s。以 1/t 表示平均速率，求兩次實驗的速率比，並解釋差異。

答案：第一次速率取 1/t：1 ÷ 40 = 0.025 s⁻¹（2 分）；第二次：1 ÷ 20 = 0.050 s⁻¹（2 分）；比值為 2.0（2 分）。濃度加倍令單位體積內粒子數目加倍，碰撞頻率增加，故反應較快（2 分）。

3. 某反應在 20 °C 時的速率為 1.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹。實驗顯示溫度每升高 10 °C，速率約增至原來的兩倍。求 (a) 40 °C 時的速率；(b) 50 °C 時的速率，並以粒子能量分佈解釋溫度對速率的影響。

答案：(a) 由 20 °C 升至 40 °C 共升 20 °C，速率 = 1.0 × 10⁻³ × 2² = 4.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹（3 分）。(b) 由 20 °C 升至 50 °C 共升 30 °C，速率 = 1.0 × 10⁻³ × 2³ = 8.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹（3 分）。溫度升高令粒子平均動能增加，能量高於活化能的粒子數目大幅增加，有效碰撞增多，故速率上升（3 分）。

4. 對反應 A + B 生成產物，實驗一用 [A] = 0.10 mol dm⁻³、[B] = 0.10 mol dm⁻³，初始速率為 2.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹；實驗二只把 [A] 加倍，初始速率為 4.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹；實驗三只把 [B] 加倍，初始速率維持 2.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹。求 (a) 對 A 及對 B 的反應級數；(b) 速率常數 k；(c) [A] = 0.30 mol dm⁻³、[B] = 0.10 mol dm⁻³ 時的初始速率。

答案：(a) A 的濃度加倍而速率加倍，對 A 為一級；B 的濃度加倍而速率不變，對 B 為零級（3 分）。(b) 速率方程為 rate = k[A]，k = 2.0 × 10⁻³ ÷ 0.10 = 2.0 × 10⁻² s⁻¹（3 分）。(c) rate = 2.0 × 10⁻² × 0.30 = 6.0 × 10⁻³ mol dm⁻³ s⁻¹（3 分）。

乙部：碰撞理論與催化（36 分）

第 5 至 8 題（每題 8 至 10 分）

5. 大理石的主要成分為碳酸鈣。取相同質量的碳酸鈣，一份為整塊，一份為粉末，分別與過量 1.0 mol dm⁻³ 鹽酸反應，收集相同體積的二氧化碳。整塊需時 150 s，粉末需時 30 s。以 1/t 表示平均速率，求兩者速率比，並以碰撞理論解釋表面積對反應速率的影響。

答案：整塊速率取 1/t：1 ÷ 150 = 0.0067 s⁻¹（2 分）；粉末：1 ÷ 30 = 0.0333 s⁻¹（2 分）；比值為 5（2 分）。粉末的表面積遠大於整塊（1 分），同一時間有更多碳酸鈣粒子暴露於酸中（1 分），單位時間內碰撞次數增加（1 分），故反應較快（1 分）。

6. 過氧化氫在常溫下分解緩慢，加入二氧化錳後明顯加快。無催化劑時活化能為 75 kJ mol⁻¹，有二氧化錳時為 50 kJ mol⁻¹。求 (a) 活化能的降幅；(b) 降幅佔原活化能的百分比；(c) 說明催化劑如何提高反應速率，並指出它是否改變反應的焓變。

答案：(a) 降幅 = 75 − 50 = 25 kJ mol⁻¹（3 分）。(b) 百分比 = 25 ÷ 75 × 100% = 33.3%（3 分）。(c) 催化劑提供另一條活化能較低的反應途徑，令更多粒子有足夠能量反應（2 分）；催化劑不改變反應物與產物的焓，故焓變不變（1 分）。

7. 在密閉容器中，氮氣與氫氣反應生成氨。說明把容器體積減半對反應速率的影響，並解釋為何增大壓強對涉及固體與液體的反應速率影響很小。

答案：體積減半令氣體濃度加倍（2 分），單位體積內分子數目增加（2 分），碰撞頻率增加，反應速率上升（2 分）。固體與液體幾乎不可壓縮，濃度基本不變，故壓強對其反應速率影響很小（2 分）。

8. 某反應中反應物 X 的濃度隨時間變化如下：0 s 時為 0.80 mol dm⁻³，20 s 時為 0.50 mol dm⁻³，40 s 時為 0.32 mol dm⁻³。求 (a) 0 至 20 s 的平均速率；(b) 20 至 40 s 的平均速率；(c) 比較兩段速率並解釋。

答案：(a) (0.80 − 0.50) ÷ 20 = 0.015 mol dm⁻³ s⁻¹（3 分）。(b) (0.50 − 0.32) ÷ 20 = 0.0090 mol dm⁻³ s⁻¹（3 分）。(c) 後段速率較小，因 X 的濃度下降，碰撞頻率減少（3 分）。

丙部：化學平衡（32 分）

第 9 至 12 題（每題 8 分）

9. 在 500 K 時，反應 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 達平衡，平衡濃度為 $[N_2] = 0.50$ mol dm⁻³、$[H_2] = 0.30$ mol dm⁻³、$[NH_3] = 0.20$ mol dm⁻³。求 (a) 平衡常數 Kc 的表達式；(b) Kc 的數值，並註明單位。

答案：(a) $K_c = [NH_3]^2 \div ([N_2] \times [H_2]^3)$（3 分）。(b) $K_c = 0.20^2 \div (0.50 \times 0.30^3) = 0.040 \div 0.0135 = 2.96$ dm⁶ mol⁻²（5 分）。

10. 氨的合成為放熱反應。分別說明下列改變對平衡混合物中氨的摩爾分數的影響：(a) 升高溫度；(b) 增大壓強；(c) 從混合物中不斷移除氨。每項須指出平衡移動的方向及理由。

答案：(a) 正反應為放熱，升溫令平衡向吸熱的逆反應方向移動，氨的摩爾分數下降（3 分）。(b) 正反應氣體摩爾數由 4 減至 2，增壓令平衡向氣體摩爾數較少的一方（正反應）移動，氨的摩爾分數上升（3 分）。(c) 移除氨令產物濃度下降，平衡向正反應方向移動以補充氨（2 分）。

11. 在 400 K 時，反應 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ 的 $K_c = 4.0$。某時刻混合物中 $[A] = 0.10$ mol dm⁻³、$[B] = 0.10$ mol dm⁻³、$[C] = 0.40$ mol dm⁻³。求 (a) 反應商 Qc；(b) 判斷體系平衡移動的方向。

答案：(a) $Q_c = [C] \div ([A] \times [B]) = 0.40 \div (0.10 \times 0.10) = 40$（4 分）。(b) Qc 大於 Kc（4.0），體系未達平衡，淨反應向逆方向進行，即 C 分解為 A 與 B（4 分）。

12. 工業上以哈伯法合成氨，操作條件一般為 450 °C、200 atm，並使用鐵催化劑。(a) 為何不採用更低溫度以提高產率？(b) 催化劑在此過程中作用為何？(c) 為何仍要採用較高壓強？

答案：(a) 正反應放熱，低溫有利產率，但溫度過低則反應速率太慢，到達平衡需時過長（3 分）。(b) 鐵催化劑提高反應速率，令系統在中等溫度下仍可在合理時間內到達平衡，但不改變平衡位置（3 分）。(c) 增大壓強令平衡向氣體摩爾數較少的一方移動，提高氨的產率（2 分）。