DSE 化學練習卷：化學平衡與工業生產

中四至中六（S4 – S6）　化學　|　時限：75 分鐘　|　總分：100 分　|　共 12 題

甲部（第 1 至 4 題，共 32 分）

細閱下列各題，寫出公式、代入數字，並註明單位。

1. 合成氨反應 N2(g) + 3H2(g) ⇌ 2NH3(g) 在某溫度下於一個 2.0 dm3 的密閉容器中達至平衡，平衡時容器內含 0.50 mol N2、1.00 mol H2 及 1.00 mol NH3。(a) 以濃度寫出該反應的平衡常數 Kc 表示式。(b) 求平衡時三種氣體的濃度。(c) 計算該溫度下的 Kc 值，並寫出單位。(d) 若在恆溫下把容器壓縮至 1.0 dm3，指出平衡移動的方向並解釋。

2. 接觸法製造硫酸的第一步為 2SO2(g) + O2(g) ⇌ 2SO3(g)，ΔH = −197 kJ/mol。某溫度下達至平衡時，各氣體的濃度為 [SO2] = 0.40 mol/dm3、[O2] = 0.20 mol/dm3、[SO3] = 0.80 mol/dm3。(a) 寫出 Kc 表示式。(b) 計算該溫度下的 Kc 值，並寫出單位。(c) 若把溫度提高，Kc 會增大還是減小？解釋。(d) 解釋工業上為何仍採用約 450 °C 而不採用室溫。

3. 氫與碘的氣相反應 H2(g) + I2(g) ⇌ 2HI(g) 在 855 K 時 Kc = 54.0。某時刻於 1.0 dm3 容器內測得 [H2] = 0.100 mol/dm3、[I2] = 0.100 mol/dm3、[HI] = 0.500 mol/dm3。(a) 寫出 Kc 表示式，並解釋此反應的 Kc 為何沒有單位。(b) 計算該時刻的反應商 Qc。(c) 判斷淨反應的進行方向。(d) 達至平衡時，HI 的濃度會高於還是低於 0.500 mol/dm3？解釋。

4. 在一個 2.0 dm3 的密閉容器中，把 1.00 mol N2 與 3.00 mol H2 混合並保持溫度不變，反應 N2(g) + 3H2(g) ⇌ 2NH3(g) 達至平衡時，容器內含 0.80 mol NH3。(a) 求平衡時 N2 及 H2 的摩爾數。(b) 求三種氣體的平衡濃度。(c) 計算 Kc 值，並寫出單位。(d) 求 N2 的轉化率，以百分比表示。

乙部（第 5 至 8 題，共 36 分）

回答下列各題，須展示完整步驟及所用公式。

5. 哈伯法合成氨：N2(g) + 3H2(g) ⇌ 2NH3(g)，ΔH = −92 kJ/mol。(a) 解釋升高溫度對平衡位置及 Kc 的影響，並指出工業上仍採用約 450 °C 的原因。(b) 解釋增大總壓對平衡位置的影響。(c) 解釋把生成的氨不斷液化移走的作用。(d) 解釋鐵催化劑在該過程中的角色，並說明它是否改變 Kc。

6. 於 1.0 dm3 容器中，把 2.0 mol SO2 與 1.0 mol O2 混合，反應 2SO2(g) + O2(g) ⇌ 2SO3(g) 達至平衡時，容器內含 1.60 mol SO3。(a) 求平衡時 SO2 及 O2 的摩爾數。(b) 假設容器體積仍為 1.0 dm3，計算 Kc 值並寫出單位。(c) 求 SO2 的轉化率。(d) 解釋為何實際工廠不能把 SO2 全部轉化，並說明如何提高原料的總利用率。

7. 五氯化磷的分解反應 PCl5(g) ⇌ PCl3(g) + Cl2(g)。於 5.0 dm3 容器中放入 1.0 mol PCl5，在某溫度下達至平衡時剩下 0.60 mol PCl5。(a) 求平衡時 PCl3 及 Cl2 的摩爾數。(b) 求三種物質的平衡濃度。(c) 計算 Kc 值，並寫出單位。(d) 若在同溫下把容器體積改為 2.5 dm3，預測 PCl5 的分解程度有何變化並解釋。

8. 某研究比較哈伯法在 200 atm 下不同溫度的表現：400 °C 時氨的平衡產率為 63%，450 °C 為 45%，500 °C 為 26%；而到達平衡所需的時間則隨溫度上升而明顯縮短。(a) 解釋平衡產率隨溫度上升而下降的原因。(b) 計算由 400 °C 升至 500 °C 時平衡產率的百分點跌幅及百分比跌幅。(c) 解釋工業上為何仍選用約 450 °C 而非 400 °C。(d) 解釋為何實際工廠使用 200 atm 而不使用更高得多的壓力。

丙部（第 9 至 12 題，共 32 分）

就下列各題作較詳細的計算與解釋，答案須註明單位。

9. 甲醇可由一氧化碳與氫合成：$CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$。某溫度下於 2.0 dm³ 容器中達至平衡，測得 $[CO] = 0.50$ mol/dm³、$[H_2] = 0.25$ mol/dm³、$[CH_3OH] = 0.75$ mol/dm³。(a) 寫出 K_c 表示式。(b) 計算 K_c 值並寫出單位。(c) 假設開始時只有反應物，求開始時 CO 及 H_2 的摩爾數。(d) 解釋為何增大壓力會提高甲醇的平衡產率。

10. 就下列各項改變，分別指出平衡移動的方向並解釋：(a) 在 $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ 中移走部分 SO_3；(b) 在 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 中加入更多催化劑；(c) 在 $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ 中增大容器體積；(d) 在 $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ 中把溫度升高，已知該反應為放熱反應。

11. 以不少於四點比較「到達平衡所需的時間」與「平衡的位置」，並分別說明催化劑與溫度對這兩方面的影響。

12. (a) 解釋合成氨工廠為何把未反應的 N_2 與 H_2 循環送回反應器。(b) 解釋接觸法為何用濃硫酸吸收 SO_3 而不用水直接吸收。(c) 就哈伯法及接觸法各舉一項提高能源效益的措施。(d) 說明要提高工業反應的平衡產率時，為何不能單靠降低溫度。
