

類 科：化學工程  
科 目：物理化學（包括化工熱力學）  
考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、有100 mol的理想氣體置於密閉系統 (closed system) 中，初始溫度與壓力分別為300 K與1 atm，將其於定壓下加熱到溫度800 K (第一步驟)；然後，等溫壓縮至其相同的初始體積 (第二步驟)。已知氣體常數 (gas constant,  $R$ ) 為 $8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ，且該氣體定壓莫耳比熱 (constant-pressure molar heat capacity,  $C_p$ ) 為 $30 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。

(一)試將此兩步驟程序繪製於壓力 ( $P$ ) - 體積 ( $V$ ) 關係圖中，圖中必須包含座標軸名稱與單位，並標示初始狀態、第一步驟結束狀態及最終狀態的座標值。(14分)

(二)試計算此程序的總內能變化( $\Delta U$ )。(5分)

(三)試計算此程序的總焓 (enthalpy) 變化( $\Delta H$ )。(5分)

(四)試計算此程序外界對系統作功量( $W$ )。(6分)

(五)試計算此程序所吸收的熱量( $Q$ )。(5分)

二、在 $25^\circ\text{C}$ 時，進行一基本反應 (elementary reaction)  $A_{(g)} \rightarrow B_{(g)}$ ，已知該反應 $25^\circ\text{C}$ 時的速率常數 (rate constant) 為 $6.93 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。(每小題5分，共10分)

(一)試計算 $A_{(g)}$ 的半衰期 (half-life) 為多少小時？

(二)若初始時系統內僅含壓力82.6 kPa的 $A_{(g)}$ ，試計算1小時後 $A_{(g)}$ 的分壓。

三、已知 $25^\circ\text{C}$ 下，甲烷的標準燃燒焓 (standard enthalpy of combustion,  $\Delta H_c^0$ ) 為 $-890.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ ，而其標準燃燒吉布士自由能 (standard Gibbs free energy of combustion,  $\Delta G_c^0$ ) 為 $-817.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ 。若有一燃料電池 (fuel cell) 設計以甲烷作為燃料發電，已知左側電極室進行甲烷氣體完全氧化生成二氧化碳和液體水；右側電極室則進行氧氣的還原反應。

(一)請問那一側的電極室是負極？試寫出該燃料電池負極的半反應方程式。(10分)

(二)試寫出該甲烷燃料電池的全反應方程式。(5分)

(三) $25^\circ\text{C}$ 、1 bar下，試計算該燃料電池的標準電位差 (standard potential difference)。已知法拉第常數 (Faraday constant) 為 $96485 \text{ C mol}^{-1}$ 。(7分)

四、在X射線光電子實驗中，一波長120 pm的光子撞擊到一原子，使該原子內層電子被激發出，並具有 $3.27 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ 的速度。試計算該電子的結合能(binding energy)？(7分)

註：普朗克常數(Planck constant)為 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ；光速為 $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ；一個電子質量為 $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ； $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ 。

五、丙酮(acetone) - 乙腈(acetonitrile)組成的二成分系統，已知兩物質的蒸氣壓可分別以下列兩式計算：

$$\ln(P_1^s) = 14.55 - \frac{2940}{T - 35.93}$$

$$\ln(P_2^s) = 14.27 - \frac{2945}{T - 49.15}$$

其中 $P_1^s$ 為丙酮的蒸氣壓，單位為kPa； $P_2^s$ 為乙腈的蒸氣壓，單位為kPa； $T$ 為溫度，單位為K。假設組成的溶液符合拉午耳定律(Raoult's law)。

(一)試計算300 K、25 kPa時，液相中丙酮的莫耳分率( $x_1$ )與氣相中丙酮的莫耳分率( $y_1$ )。(14分)

(二)300 K下，當液相中丙酮的莫耳分率( $x_1$ )為0.4時，試計算總壓( $P$ )與氣相中丙酮的莫耳分率( $y_1$ )。(12分)