

114年專門職業及技術人員高等考試建築師、  
25類科技師（含第二次食品技師）、大地工程  
技師考試分階段考試（第二階段考試）  
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試  
類 科：化學工程技師  
科 目：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)本科目得以本國文字或英文作答。

一、某工業區設置熱泵系統，從  $15^{\circ}\text{C}$  的廢水中吸收熱量  $2000 \text{ kJ/s}$ ，供應產生  $65^{\circ}\text{C}$  的製程用熱水。系統在  $65^{\circ}\text{C}$  實際產生  $2650 \text{ kJ/s}$  的熱量，實際消耗電功率為  $650 \text{ kW}$ 。(20 分)

(1)計算理想卡諾熱泵的性能係數  $\text{COP}_{\text{Carnot}}$ 。

(2)計算實際系統的性能係數  $\text{COP}_{\text{Actual}}$ 。

(3)計算總熵產生率  $\Delta S_{\text{gen}}$  ( $\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ )。

(4)若採用傳統電熱水器（效率 95%）取代熱泵，比較兩者的  $\text{CO}_2$  排放量差異 ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{h}}$ )。

已知數據：電力碳排放係數 =  $0.5 \frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{kWh}}$

二、水在三相點的性質為： $T_{\text{triple}} = 273.16 \text{ K}$ ， $P_{\text{triple}} = 0.6117 \text{ kPa}$ 。(20 分)

(1)使用 Clausius-Clapeyron 方程，計算  $280 \text{ K}$  時水的飽和蒸氣壓 ( $\text{kPa}$ )。

(2)使用 Clausius-Clapeyron 方程，計算  $270 \text{ K}$  時冰的飽和蒸氣壓 ( $\text{kPa}$ )。

(3)計算  $0^{\circ}\text{C}$  到  $100^{\circ}\text{C}$  之間，液態水的熵變 ( $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ )。

已知：水分子  $MW = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ，汽化熱  $\Delta H_{\text{vap}}(273.16 \text{ K}) = 2500.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ，昇華熱

$\Delta H_{\text{sub}}(273.16 \text{ K}) = 2834.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ，液態水平均比熱  $C_{p,\text{water}} = 75.3 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ ，

$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

三、在  $25^{\circ}\text{C}$  下，苯和甲苯形成理想溶液。現有一混合物，苯的莫耳分率為 0.4。(20 分)

(1)計算此混合物的混合熵  $\Delta \bar{S}_{\text{mix}}(\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}})$ 。

(2)計算此混合物的混合吉布斯自由能  $\Delta \bar{G}_{\text{mix}}(\frac{\text{J}}{\text{mol}})$ 。

(3)計算苯的化學勢與其純物質狀態的差值  $\mu_i - \mu_i^0(\frac{\text{J}}{\text{mol}})$ 。

已知： $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

- 四、在  $80^{\circ}\text{C}$  下，苯(1)和甲苯(2)的飽和蒸氣壓分別為： $P_1^{\text{sat}} = 100 \text{ kPa}$ ， $P_2^{\text{sat}} = 38.5 \text{ kPa}$ ；假設此系統形成理想溶液，氣相為理想氣體。(20 分)
- (1)計算當液相中苯的莫耳分率 $x_1 = 0.3$ 時，系統的總壓力 $P$  (kPa)。
  - (2)計算相應的氣相中苯的莫耳分 $y_1$ 。
  - (3)若總壓力為  $70 \text{ kPa}$ ，計算平衡時的液相組成 $x_1$ 及氣相組成 $y_1$ 。
  - (4) $80^{\circ}\text{C}$ 、 $70 \text{ kPa}$  下，含苯莫耳分率 $x_1 = 0.3$ 的流體為液相、氣相或汽液共存。

五、已知：(20 分)

$\text{CO}_2$  在 1 大氣壓， $298.15 \text{ K}$  下標準生成熱為 $\Delta H_{\text{CO}_2}^{f,o} = -393.51 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ，

$\text{CH}_4$  在 1 大氣壓， $298.15 \text{ K}$  下標準生成熱為 $\Delta H_{\text{CH}_4}^{f,o} = -74.87 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ，

$\text{H}_2\text{O}$  在 1 大氣壓， $298.15 \text{ K}$  下標準生成熱為 $\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{f,o} = -241.8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ，

單原子的理想氣體定壓比熱 $c_p = \frac{5R}{2}$ ，雙原子及線性多原子的理想氣體定

壓比熱 $c_p = \frac{7R}{2}$ ，非線性多原子的理想氣體定壓比熱 $c_p = 4R$ ，碳(C)比熱

$c_p = 8.53 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ ， $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

求：

(1)碳(C)在 1 大氣壓  $1000 \text{ K}$  下的燃燒熱。

(2)甲烷( $\text{CH}_4$ ) 在 1 大氣壓  $1000 \text{ K}$  下的燃燒熱。

(3)碳(C)在 1 大氣壓  $1000 \text{ K}$  下的燃燒二氧化碳排 ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{kWh}}$ )。

(4)甲烷( $\text{CH}_4$ ) 在 1 大氣壓  $1000 \text{ K}$  下的燃燒二氧化碳排 ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{kWh}}$ )。