

111年專門職業及技術人員高等考試建築師、  
31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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

以下題目中  $R=8.314 \text{ J/(mol-K)}$  為理想氣體常數。

一、蒸汽通過減壓閥（Throttling）為絕熱（adiabatic）過程。蒸汽在 1 MPa 和 300°C 時進入噴嘴。該蒸汽的比焓為 3052 kJ/kg，比熵為 7.125 kJ/(kg-K)。噴嘴出口處的蒸汽壓力為 0.3 MPa。蒸汽在 0.3 MPa 的熱力學性質如下表。（20 分）

| T[°C]          | 320   | 310   | 300   | 290   | 280   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 比焓 h kJ/kg     | 3100  | 3089  | 3069  | 3049  | 3028  |
| 比熵 s kJ/(kg-K) | 7.774 | 7.729 | 7.704 | 7.668 | 7.632 |

下列(一)~(三)子題可以線性內插，請問減壓後蒸汽：

(一)比焓增加、減少、不變？

(二)溫度為多少？

(三)比熵增加、減少、不變？

(四)該減壓過程是否可逆？

二、在小壓力和溫度範圍內，流體的變化方程式可以寫成

$$\frac{Pv}{RT} = 1 - \frac{BP}{RT^3}$$

$P$  為壓力， $T$  為溫度， $v$  為莫爾體積， $B$  是常數。焓的變化方程式為

$$dh = c_p dT + \left[ v - T \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP$$

$c_p$  為莫爾恆壓比熱 (molar isobaric heat capacity) : (20 分)

(一) 求流體的焦耳-湯姆遜 (Joule-Thompson) 係數  $\left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$ 。

(二) 大部分氣體分子之間有吸引力，請問：焦耳-湯姆遜係數為正或負？常數  $B$  為正或負？

三、某雙成分液體在溫度  $T$  下的無量綱 (dimensionless) 過量比吉布斯混合自由能 (molar excess Gibbs free energy of mixing)

$$\frac{g^{ex}}{RT} = 3x_1x_2$$

求成分 1 莫爾分率為 0.5 時的無量綱 : (20 分)

(一) 過量比吉布斯混合自由能。

(二) 吉布斯混合自由能。

(三) 比吉布斯混合自由能對莫爾分率  $x_1$  一次微分。

(四) 比吉布斯混合自由能對莫爾分率  $x_1$  二次微分。

(五) 成分 1 莫爾分率為 0.5 時該流體是否會分相？

四、在  $25^\circ\text{C}$  和 1 個大氣壓下形成氣相水的標準生成自由能為  $-228.6 \text{ kJ/mol}$ ，氣相水的標準生成焓為  $-136.6 \text{ kJ/mol}$ 。在這些條件下，所有組分都可以被認為是理想的氣體。氫氣和氧氣及水的理想氣體恆壓熱容 (constant volume heat capacity) 為  $7R/2$ 、 $7R/2$  及  $4R$ 。請計算 1 莫爾氣相水生成在 : (20 分)

(一)  $25^\circ\text{C}$  下的平衡常數。

(二)  $1000^\circ\text{C}$  下的反應熱。

(三)  $1000^\circ\text{C}$  下的平衡常數。

- 五、1 莫爾含有 90 mol% 氮氣和 10 mol% 二氧化碳的氣體被分離成 0.9 莫爾純二氧化碳和含有 0.9 莫爾氮氣和 0.01 莫爾  $\text{CO}_2$  的混合氣體，請問：(20 分)
- (一) 減碳後混合氣中氮的莫爾組成是多少？
  - (二) 每莫爾減碳後混合氣與每莫爾原來混合氣體的單位莫爾熵差異多少？
  - (三) 減碳後混合氣與原來混合氣體的總熵差異多少？
  - (四) 分離過程需要最少功為多少焦耳？