

107年專門職業及技術人員高等考試  
建築師、技師、第二次食品技師考試暨  
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：輸送現象與單元操作  
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、有關通過沉浸物體 (immersed objects) 的流體，請說明或計算下列問題：
- (一)何謂史托克定律 (Stoke's Law)，其適用的範圍為何？(5分)
  - (二)若沉降的粒子為球型體，在史托克定律之適用範圍，請導出拖曳阻力係數 (drag coefficient)  $C_D$  和粒子在流體中  $N_{Re,P}$  (雷諾(Reynold)數) 的關係？(5分)
  - (三)有一填充床，直徑為 0.5 m，固體粒子填充於其間，床的孔隙度 (porosity) 為 0.4。流體通過的流率為  $0.25 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，求其孔隙間平均速度。(10分)
- 二、有一內含 A 和 B 二成分之系統，在室溫下，A 和 B 的蒸氣和液體呈現平衡狀態。A 和 B 的相對揮發度 (relative volatility) 為  $\alpha_{AB}$ ，請回答下列問題：
- (一)解釋  $\alpha_{AB}$  的定義。請以系統中 A 和 B 二成分的分壓 (partial pressure)  $P_A$  和  $P_B$  以及組合物的莫耳分率 (molar fraction) 表示。x 和 y 分別為液相和汽相的莫耳分率。(5分)
  - (二)請由相對揮發度的定義，推導出  $\alpha_{AB}$  和組合物莫耳分率 ( $x_A, x_B, y_A, y_B$ ) 的數學關係式。(5分)
  - (三)假設在  $92^\circ\text{C}$  下，A 與 B 之飽和蒸氣壓為 1180 mmHg 與 480 mmHg，請計算在一大氣壓以及  $92^\circ\text{C}$  下達平衡時，A 成分於混合液與混合蒸氣中的莫耳分率各為何？(10分)
- 三、含有無水硫酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 500 kg 之飽和溶液 2000 kg，在冷卻至  $5^\circ\text{C}$  之過程中，水因蒸發而損失水總重的 5%，而其結晶產物為  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。假設結晶終結時晶體與母液已達平衡，而其母液之飽和濃度為 8% 無水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，以及 92% 水 (亦即其溶解度為 8%)。試問此結晶之理論產量為多少 kg？(註： $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  之分子量分別為 142 與 322 g/mole) (10分)

四、外半徑 (outside radius) 為  $r_2$  的圓管型長蒸汽管，其表面覆蓋有外半徑為  $r_3$  的隔熱材料。蒸汽管外表面的溫度  $T_2$  和周圍空氣的溫度  $T_\infty$ ，皆保持為恆定值。絕緣外表面每單位面積的能量損失可由牛頓冷卻速率方程式 (Newton rate equation) 描述，

$$q_r/A = h\Delta T$$

能量損失會隨著絕緣厚度的增加而增加嗎？請推導在什麼條件下會出現這種情況 (即找到絕緣材料的臨界半徑  $r_c$ )？

註： $k$  為熱傳導係數； $L$  為管長；在圓管中熱傳導 (conduction) 的熱阻 (thermal resistance) 為  $R$ ， $R = \ln(r_2/r_1) / (2\pi kL)$ 。(20 分)

五、有一液-氣反應系統 (liquid-gas reaction system)，氣體 A 擴散入液體 B，進行化學反應。系統中，液體 B 置於容器內，A 氣體於液體 B 上方；氣體 A 溶解在液體 B 中，並等溫地擴散到液相 B。當 A 擴散時，也經歷不可逆的一級均相反應， $A + B \rightarrow AB$  (反應速率以  $dC_A/dt = -kC_A$  表示。 $C_A$  為 A 的濃度； $t$  為時間； $k$  為一級反應速率常數)。液體深度以  $z$  表示：在液體表面的  $z$  為 0；容器底部之  $z = L$ 。假設液體表面的 A 濃度保持在  $C_{A0}$  的固定值，溶解反應非常迅速，在容器底部只有非常少量的 A。 $D_{AB}$  為 A 對 B 的擴散係數 (diffusivity)。

(一)請由基本的質量平衡，建立濃度和位置的微分方程式 (含  $C_A$ 、 $k$ 、 $D_{AB}$  和  $z$  等)，並寫出系統的邊界條件 (boundary conditions)。(15 分)

(二)試求解出液相中組成 A 的濃度分布 (濃度分布方程式)。(15 分)