

等 別：三等考試

類 科：化學工程

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。

## 一、回答下列問題：

- (一)對於內直徑為  $D_i$ 、外直徑為  $D_o$  之環狀管 (annular tube) 及邊長為  $L$  之方形管 (square duct)，其水力半徑 (hydraulic radius) 分別為多少？(6分)
- (二)如何以水力半徑計算相當直徑 (equivalent diameter)？(2分)
- (三)在強制對流之系統中，影響熱傳之無因次群為何？(6分)
- (四)在自然對流之系統中，影響熱傳之無因次群為何？(6分)

- 二、空氣流經一填充顆粒 (particle) 固定床之壓力降  $\frac{\Delta P}{L} = 84(\text{lb}_f/\text{in}^2)/\text{ft}$ 。空氣之空塔速度 (superficial velocity) 為  $0.015 \text{ ft/s}$ ，床孔隙度 (void fraction) 為  $0.47$ 。空氣之密度為  $1.2 \text{ kg/m}^3$ ，黏度 (viscosity) 為  $0.018 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 。顆粒之球狀度 (sphericity)  $\Phi_s$  為  $0.7$ ，密度為  $4.1 \text{ g/cm}^3$ 。請計算顆粒之平均直徑及單位質量之表面積。(20分)
- 尤根方程式 (Ergun equation)：

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150\bar{V}_0\mu(1-\varepsilon)^2}{\Phi_s^2 D_p^2 \varepsilon^3} + \frac{1.75\rho\bar{V}_0^2(1-\varepsilon)}{\Phi_s D_p \varepsilon^3}$$

$$\text{球狀度 } \Phi_s = \left(\frac{6}{D_p}\right) / \left(\frac{s_p}{v_p}\right)$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in.}, 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}, 1 \text{ lb} = 453.6 \text{ g}, 1 \text{ g/cm}^3 = 62.428 \text{ lb/ft}^3,$$

$$1 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/ft}\cdot\text{s}, g = 32.174 \text{ ft/s}^2 = 9.8 \text{ m/s}^2.$$

- 三、一同向流 (co-current) 套管式熱交換器之冷熱流進口溫差為  $50^\circ\text{C}$ ，出口溫差為  $30^\circ\text{C}$ 。假設比熱及總熱傳係數均為定值，且冷熱流無相變化。假如另一個相同的熱交換器串聯連接在原來的熱交換器之後，請問最後一個 (即第二個) 熱交換器之冷熱流出口溫差為多少？請寫出全部之公式演導過程。(20分)

- 四、氣體 A 放置於一厚壁之中空球形容器內，厚壁之材質為固體材料 B。球形厚壁之內半徑及外半徑分別為  $r_1$  及  $r_2$ 。氣體 A 在固體材料 B 中之溶解度為  $x_{A1}$  (以莫耳分率表示)，且  $x_{A1}$  值很小。A 經固體材料 B 擴散至球形容器表面後立即被流動空氣帶走，請求解 A 在厚壁中之莫耳分率分布  $x_A$ 。(20分)

(請接背面)

等 別：三等考試  
類 科：化學工程  
科 目：輸送現象與單元操作

五、一精餾塔 (rectifying column) 包含相當於三個理想板 (ideal plate) 之裝置，其進料為 0.4 mol% 氨 (ammonia) 及 99.6 mol%  $H_2O$  之飽和蒸汽 (saturated vapor)。進料板 (feed plate) 為由上數下來之第三板。從頂板 (top plate) 流出之蒸汽被完全凝結，但未冷卻 (totally condensed, but not cooled)。相對於 1 莫耳之進料，1.35 莫耳之凝結液 (condensate) 被當成回流 (reflux) 流至頂板，其餘蒸餾液 (distillate) 則作為頂部產物 (overhead product)。從底板 (bottom plate) 流出之液體被送至再沸器 (reboiler) 加熱。再沸器產生之蒸汽流至精餾塔之底部，而底部產物 (bottom product) 持續由再沸器移出。相對於 1 莫耳之進料，再沸器產生 0.7 莫耳之蒸汽。在精餾塔的操作範圍內，氣液平衡關係式可以  $y=12.6x$  表示。請求解氨在底部產物及頂部產物之莫耳分率 (mole fraction)。(20 分)