

國立勤益科技大學 101 學年度研究所碩士班招生筆試試題卷

所別： 化工與材料工程系 組別： 化工組

科目： 單元操作

准考證號碼：□□□□□□□□ (考生自填)

考生注意事項：

一、考試時間 100 分鐘。

二、應考人不得自行攜帶電子計算器，一率由本校統一提供

三、

試題一：〈 20 分〉

當流體流經一水平突擴管(由小管徑突然膨脹至大管徑之圓管)，會造成機械能損失，試利用動量均衡(momentum balance)和機械能均衡(mechanical energy balance)求其能量損失關係式？

試題二：〈 20 分〉

摩擦損失可分為表面摩擦與型態摩擦，試由黑根普瓦醉方程式(Hagen-Poiseuille Equation)、范寧方程式(Fanning Equation)及史托克方程(Stoke Equation)導出層流下流體流經圓管之摩擦係數 $f = \frac{16}{N_{Re}}$ 及流體流經沉浸物體之拖曳阻力係數 $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$ ？

試題三：〈 15 分〉

初溫 850 K、熱導度 $k = 1.35 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 的平板玻璃 (*plate glass*)，以空氣吹其兩面使其降溫。已知空氣的對流熱傳係數 $h = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。為避免玻璃破裂，玻璃內部的最大溫度梯度必須設定在 15 K/cm 。當冷卻過程的開始，冷卻用空氣的最低溫度需為若干 K？

試題四：〈 15 分〉

玉山上小木屋東側牆，面積大小為 $2.4 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ ，牆上裝設一玻璃窗，面積為 0.56 m^2 ，已知木頭的 k 值為 $0.15 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、厚度 1 in 。玻璃的 k 值為 $0.69 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、厚度 3.18 mm 。室內溫度為 26.7°C ，室外溫度為零下 6.5°C 。玻璃窗及木頭之內、外側對流熱傳係數 h_i 、 h_o 均為 $8.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 試求總熱損失為多少(W)？

試題五：〈 15 分〉

已知純苯與純甲苯在 95°C 時的飽和蒸汽壓分別為 155.7 KPa 與 63.3 KPa 。此二成分混合系統視為理想。請計算當總壓力 101.3 KPa ，溫度 95°C 時，苯—甲苯的混合溶液系統，苯分別在汽、液相的莫爾分率。

試題六：〈 15 分〉

某燒結的矽板為孔性固體，其厚度為 2.0 mm ，孔隙度(ε)為 0.3 ，彎曲度(τ)為 4 ，擴散係數為 $1.87\times 10^{-9}\text{ m}^2/\text{s}$ ，空隙中充滿 298 K 的水，矽板之一面， KCl 之濃度保持 0.10 g mol/l ，假設新鮮水以快速流向另一面，若只考慮孔性固體中的阻力，試計算恆穩狀態時 KCl 之質傳通量。

試題一：(20 分)

當流體流經一水平突擴管(由小管徑突然膨脹至大管徑之圓管)，會造成機械能損失，試利用動量均衡(momentum balance)和機械能均衡(mechanical energy balance)求其能量損失關係式？

Sol:

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_{p,x} + F_{g,x} + F_{r,x} + R_x \\ &= \dot{m}_2 v_2 - \dot{m}_1 v_1 \quad \text{---} (*) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \because F_{g,x} \approx 0, F_{r,x} \approx 0, R_x \approx 0 \\ F_{p,x} = P_1 A_1 - P_2 A_2 = P_0 A_2 - P_2 A_2 \end{aligned} \right\} \text{代入} (*)$$

則

$$(P_0 - P_2) A_2 = \dot{m} (v_2 - v_0) \quad , \quad (P_0 \approx P_1, v_0 \approx v_1)$$

由流體連續方程: $Q = v_0 A_0 = v_1 A_1 = v_2 A_2$

$$v_2 = v_0 \frac{A_0}{A_2} \quad , \quad \dot{m} = v_0 A_0 \rho$$

$$\therefore (P_0 - P_2) A_2 = v_0 A_0 \rho \left(v_0 \frac{A_0}{A_2} - v_0 \right) = v_0^2 A_0 \rho \left(\frac{A_0}{A_2} - 1 \right)$$

$$\frac{P_0 - P_2}{\rho} = v_0^2 \frac{A_0}{A_2} \left(\frac{A_0}{A_2} - 1 \right)$$

由機械能均衡方程式:

$$\frac{P_0 - P_2}{\rho} + \frac{v_0^2 - v_2^2}{2g_c} + \frac{(z_0 - z_2)g}{g_c} - \Sigma F_f = W_s = 0$$

$$\therefore \Sigma F_f = \frac{P_0 - P_2}{\rho} + \frac{v_0^2 - v_2^2}{2g_c} = v_0^2 \frac{A_0}{A_2} \left(\frac{A_0}{A_2} - 1 \right) + \frac{v_0^2 - v_0^2 \left(\frac{A_0}{A_2} \right)^2}{2g_c}$$

$$= \frac{v_0^2}{2} \left[2 \left(\frac{A_0}{A_2} \right)^2 - 2 \frac{A_0}{A_2} + 1 - \left(\frac{A_0}{A_2} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{v_0^2}{2} \left[\left(\frac{A_0}{A_2} \right)^2 - 2 \frac{A_0}{A_2} + 1 \right]$$

$$= \frac{v_0^2}{2} \left(1 - \frac{A_0}{A_2} \right)^2$$

#

試題二：〈 20 分〉

摩擦損失可分為表面摩擦與型態摩擦，試由黑根普瓦醉方程式(Hagen-Poiseuille Equation)、范寧方程式(Fanning Equation)及史托克方程(Stoke Equation)導出層流下流體流經圓管之摩擦係數 $f = \frac{16}{N_{Re}}$ 及流體流經沉浸物體之拖曳阻力係數 $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$? 【20 point】

Sol: Hagen Poiseuille Equation: $P_1 - P_2 = \frac{32 \mu v L}{D^3 g_c}$ -①

Fanning Equation: $F_f = \frac{P_1 - P_2}{\rho} = 4f \cdot \frac{L}{D} \frac{v^2}{g_c}$ -②

層流流動: $f = \frac{32 \mu v L}{D^3 g_c \rho} \times \frac{D \cdot 2g_c}{4 \cdot L \cdot v^2} = \frac{16 \mu}{D v \rho}$
 $= \frac{16}{N_{Re}}$ #

Stoke Equation: $F_D = 3\pi \mu v D_p / g_c$ -③

$F_D = A_p C_D \rho \frac{v^2}{g_c} = \frac{\pi}{4} D_p^2 C_D \rho \frac{v^2}{g_c}$ -④

$\therefore \textcircled{3} = \textcircled{4}$

$\therefore C_D = \frac{3\pi \mu v D_p \cdot 2g_c}{\frac{\pi}{4} D_p^2 \rho v^2 g_c} = \frac{24 \mu}{D_p \rho v}$
 $= \frac{24}{N_{Re}}$ #

初溫 850 K、熱導度 $k = 1.35 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 的平板玻璃 (plate glass)，以空氣吹其兩面使其降溫。已知空氣的對流熱傳係數 $h = 5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 。為避免玻璃破裂，玻璃內部的最大溫度梯度必須設定在 15 K/cm 。當冷卻過程的開始，冷卻用空氣的最低溫度需為若干 K？

$$\frac{Q}{A} = -k \frac{dT}{dx} = + 1.35 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \times 15 \frac{\text{K}}{10\text{m}} \bigg|_{1 \times 10^{-2} \text{m}}$$
$$= + 2.025 \times 10^3 \text{ W/m}^2$$

假設穩態傳熱則

$$\frac{\dot{Q}}{A} = + 2.025 \times 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times (850 - T)$$

$$T = \underline{445 \text{ K}}$$

試題四：〈 15 分〉

玉山上小木屋東側牆，其大小為 2.4×3.0 m，牆上裝設一扇玻璃窗，面積為 0.56 m²，已知木頭的 k 值為 0.15 W/m·K、厚度 1 in。玻璃的 k 值為 0.69 W/m·K、厚度 3.18 mm。室內溫度為 26.7 °C，室外溫度為零下 6.5 °C。玻璃窗及木頭之內、外側對流熱傳係數 h_i, h_o 均為 8.5 W/m²·K 試求總熱損失為多少(W)？

Sol: $A_T = 2.4 \times 3 = 7.2$ m², $A_g = 0.56$ m², $A_w = 7.2 - 0.56 = 6.64$ m²
 $\Delta T = (26.7 + 273) - (273 + (-6.5)) = 33.2$ K

$$\dot{q}_T = \dot{q}_w + \dot{q}_g$$

$$\dot{q}_w = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_i A_w} + \frac{\Delta x}{k_w A_w} + \frac{1}{h_o A_w}} = \frac{33.2}{\frac{1}{8.5 \times 6.64} + \frac{0.0254}{0.15 \times 6.64} + \frac{1}{8.5 \times 6.64}}$$

$$= 544.82 \text{ W}$$

$$\dot{q}_g = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_i A_g} + \frac{\Delta x}{k_g A_g} + \frac{1}{h_o A_g}} = \frac{33.2}{\frac{1}{8.5 \times 0.56} + \frac{0.00318}{0.69 \times 0.56} + \frac{1}{8.5 \times 0.56}}$$

$$= 77.5 \text{ W}$$

$$\therefore \dot{q}_T = \dot{q}_w + \dot{q}_g = 544.82 + 77.5 = \underline{\underline{622.32 \text{ W}}}$$

已知純苯與純甲苯在 95°C 時的飽和蒸汽壓分別為 155.7 KPa 與 63.3 KPa。此二成分混合系統視為理想。請計算當總壓力 101.3 KPa，溫度 95°C 時苯-甲苯的混合溶液系統，苯分別在汽、液相的莫爾分率。

5.

A: 苯
B: 甲苯

$$X_A \cdot P_A^* = y_A \cdot P_T = P_A \quad X_B = 1 - X_A$$

$$X_B \cdot P_B^* = y_B \cdot P_T = P_B \quad y_B = 1 - y_A$$

$$P_T = P_A + P_B = X_A \cdot P_A^* + (1 - X_A) \cdot P_B^*$$

$$101.3 = X_A (P_A^* - P_B^*) + P_B^*$$

$$X_A \approx 0.41 \quad X_B = 0.59$$

$$y_A = \frac{155.7}{101.3} \times 0.41 = 0.63$$

$$y_B = 1 - 0.63 = 0.37$$

試題六：〈 15 分〉

某燒結的砂板為孔性固體，其厚度為 2.0 mm，孔隙度(ϵ)為 0.3，彎曲度(τ)為 4，擴散係數為 $1.87 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ，空隙中充滿 298 K 的水，砂板之一面，KCl 之濃度保持 0.10 g mol/l，假設新鮮水以快速流向另一面，若只考慮孔性固體中的阻力，試計算恆穩狀態時 KCl 之質傳通量。

sol: $\epsilon = 0.3$, $\tau = 4$, $\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 0.002 - 0 = 0.002 \text{ m}$

$$C_{A1} = \frac{0.1}{1000} \times 1000 = 0.1 \text{ kg mol} / \text{m}^3$$

$$C_{A2} = 0$$

$$\begin{aligned} N_A &= \frac{\epsilon D_{AB} (C_{A1} - C_{A2})}{\tau (Z_2 - Z_1)} \\ &= \frac{0.3 \times 1.87 \times 10^{-9} \times (0.1 - 0)}{4 \times (0.002 - 0)} \\ &= \underline{\underline{7.01 \times 10^{-9} \text{ kg mol} / \text{s} \cdot \text{m}^2}} \text{ as KCl} \end{aligned}$$