

等 別：二級考試

類 科：化學工程

科 目：高等輸送現象

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(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、在熱傳與質傳中，與動量傳送中動黏度 (kinematic viscosity) ν 相對應之物理量為何？(6 分)

二、在熱傳與質傳之類比方程式中，相對應之無因次群為何？(8 分)

三、請回答下列問題：(每小題 3 分，共 6 分)

(一)請說明剪應力 (shear stress) 共有幾個分量，並敘述各個分量之符號 (notation)？

(二)其中法應力 (normal stress) 之施力方向與其他剪應力分量施力方向有何不同？

四、二個同軸心之圓柱壁 (coaxial cylindrical walls) 間填充恆溫之不可壓縮牛頓流體。內壁及外壁之半徑分別為 κR 及 R 。內壁及外壁分別以 Ω_i 及 Ω_o 的角速度 (angular velocity) 在轉動。運動方程式為：

$$\rho \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} + \frac{v_r v_\theta}{r} \right) = -\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} \\ + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right] + \rho g_\theta$$

請求解填充流體之流場。(25 分)

五、一圓管外面包覆兩層熱絕緣層，圓管之內外半徑分別為 r_0 及 r_1 。第一層 (內層) 熱絕緣層之外半徑為 r_2 ；第二層 (外層) 熱絕緣層之外半徑為 r_3 。圓管、第一層及第二層熱絕緣層之熱傳導度 (thermal conductivity) 分別為 k_0 、 k_1 及 k_2 。管內及管外流體分別保持在 T_a 及 T_b 的溫度。管子與管內流體間之熱傳係數 (heat transfer coefficient) 為 h_i ；管子與管外流體間之熱傳係數為 h_o 。請導出計算“基於內管壁面積之總熱傳係數” (overall heat transfer coefficient based on the inner surface) U_i 之公式及總熱傳量 Q 之公式。(25 分)

(請接背面)

等 別：二級考試
類 科：化學工程
科 目：高等輸送現象

六、考慮一氣體吸收之問題，在液膜經垂直壁往下流動中，氣體中 A 成分被液膜吸收，液面（座標為 $x=0$ ）之 A 成分濃度為 C_{A0} 。液膜與垂直壁接觸處座標為 $x=\delta$ ；氣體與液膜開始接觸處之座標為 $z=0$ 。系統之統治方程式及邊界條件為：

$$v_{\max}[1-(x/\delta)^2](\partial C_A/\partial z) = D_{AB}(\partial^2 C_A/\partial x^2)$$

B.C. 1: $at\ z=0, C_A=0$

B.C. 2: $at\ x=0, C_A=C_{A0}$

B.C. 3: $at\ x=\delta, \partial C_A/\partial x=0$

考量氣體與液膜接觸時間很短的情況下，系統之統治方程式及邊界條件可轉變為：

$$v_{\max}(\partial C_A/\partial z) = D_{AB}(\partial^2 C_A/\partial x^2)$$

B.C. 1: $at\ z=0, C_A=0$

B.C. 2: $at\ x=0, C_A=C_{A0}$

B.C. 3: $at\ x=\infty, C_A=0$

(一)請解釋為何可以作此轉變？（6分）

(二)請利用變數轉換 $\eta = x/\sqrt{4D_{AB}z/v_{\max}}$ ，求解轉變後之方程式及邊界條件。（24分）