

\* 可以使用不具儲存程式功能之計算機。

1. 一個流動系統的動量平衡可以表示成：

$$\Sigma \vec{F} = \iint_{c.s.} \vec{v} \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) dA + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{c.v.} \vec{v} \rho dV$$

請說明下列各項：

- (a)  $\rho(\vec{v} \cdot \vec{n})dA$  的物理意義為何？ (2%)
- (b)  $\iint_{c.s.} \vec{v} \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) dA$  的物理意義為何？ (2%)
- (c)  $\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{c.v.} \vec{v} \rho dV$  的物理意義為何？ (2%)
- (d)  $\iint_{c.s.} \vec{v} \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) dA$  和  $\iiint_{c.v.} \vec{v} \rho dV$  兩項中皆有  $\vec{v}$ ，它們有何不同？ (2%)
- (e)  $x$  方向的動量平衡方程式為何？ (2%)

2. 下式為運動公式(Equation of Motion，或稱 Navier-Stokes Equation)：

$$\rho \frac{D\vec{v}}{Dt} = \rho \vec{g} - \vec{\nabla}P + \mu \vec{\nabla}^2 \vec{v}$$

此公式在圓柱體座標可表示成：

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

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

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

試利用此公式，導出流體在半徑為  $R$  的圓管子中，以層狀流動(Laminar Flow)之速度分佈。 (10%)

3. (a) 水在管徑  $D$  的圓管中以速度  $v$  流動，經管長  $L$  後之揚程損失  $h_L$  (Head Loss) 可表示成：

$$h_L = 2 f_f \frac{L v^2}{D g}$$

其中， $f_f$  為磨擦係數(Fanning Friction Factor)， $g$  為重力加速度。試證明在  $Re < 2300$  的條件下， $f_f = 16/Re$ 。 (7%)

(b) 20°C 的水，黏度為  $993 \text{ N s m}^{-2}$ ，以  $0.06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  的體積流率流經管長 120 m 的管子，結果發現壓力下降了 15 psi。試估計此管子的直徑(單位為 m)。[註：水在渦狀流動(Turbulent Flow)的情形下， $f_f = 0.046 Re^{-0.2}$ 。] (8%)

(背面仍有題目,請繼續作答)

4. 一長度為  $L$ ，外徑為  $D_1$  的長蒸汽管路，外面覆蓋一層絕熱材料（熱傳導係數為  $k$ ），覆蓋上絕熱材料層後外徑為  $D_2$ 。管路本身外側（即絕熱材料層內側）的表面溫度為  $T_1$ ，而周圍空氣溫度為  $T_c$ ，二者均為定值。絕熱材料層外側每單位面積的熱量損失，可以利用對流熱傳係數為  $h$  的 Newton Rate Equation 來描述。請推導出以溫度差， $T_1 - T_c$ ，表示的熱量損失表示式。（7%）
5. 考慮一熱垂直平板所引起的層狀自然對流（Laminar Natural Convection），在平板頂端或平板底部，何者具有較高的熱通量（Heat Flux）？請說明你（妳）的理由。（5%）
6. 欲利用逆流式（Counterflow）套管熱交換器，以流量  $0.02 \text{ kg s}^{-1}$  的  $280 \text{ K}$  水，將流量  $0.02 \text{ kg/s}$  的某種油由  $400 \text{ K}$  冷卻至  $350 \text{ K}$ 。如果內管（Inner Tube）外徑為  $2 \text{ cm}$ ，而以內管外側表面面積為基準的總熱傳係數（Overall Heat-Transfer Coefficient）為  $230 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 。請決定此熱交換器所需的長度。油與水的比熱分別為  $1880$  及  $4175 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 。（8%）
7. 利用 McCabe-Thiele 作圖法來計算蒸餾塔的理想板數時，有所謂的 Operation Line，請說明：
- (a) Operation Line 所代表的物理意義為何？（2%）
  - (b) 一般常將 Operation Line 視為直線，此乃基於那一基本假設。（2%）
  - (c) 若高揮發成份的潛熱（ $\lambda_A$ ）小於低揮發成份的潛熱（ $\lambda_B$ ），且液相比熱（ $C_{PL}$ ）大於氣相比熱（ $C_{PV}$ ），則上述假設在精餾段及汽提段的正確性為何？請說明原因。（5%）
  - (d) 迴流比（ $R_D$ ）的大小與上述假設所造成的誤差有何關係？為什麼？（3%）
8. (a) 請寫出 Murphree Efficiency,  $\eta_M$  的定義。（2%）
- (b) 為什麼 Murphree Efficiency 有時候會大於 1，此時其所代表之意義為何？（4%）
- (c) Murphree Efficiency 與 Local Efficiency 的關係為何？（2%）
9. (a) 請說明濕球溫度（Wet Bulb Temperature）及絕熱飽和溫度（Adiabatic Saturation Temperature）的量測方式及其物理意義之差異。（6%）
- (b) 如何藉由乾球溫度及濕球溫度來量測濕度。（4%）

10. 在一連續多級逆流的固體溶提(Solid-Leaching)程序中，利用純苯來萃取一固體物料中的油。預定處理量為每小時 1000 kg 的固體乾物料(不計油含量)，其夾帶有 400 kg 的油。處理過程中除了油之外，其它固體成份不溶於苯中。在分離程序中，底流物中固體所夾帶的液體量( $l$ )與液相中油的濃度( $X$ )有關，並有如下的關係

$$l \left( \frac{\text{kg lig. retained}}{\text{kg solid}} \right) = 0.5 + 0.1X \quad X: \text{油在液相中的重量分率}$$

經此溶提程序後，每 1000 kg 固體中仍含有 60 kg 的油未被萃取，且油在苯中的飽和溶解度為 0.6 (kg oil/kg solution)。請計算：

- (a) 被萃取後，固體物料所夾帶液體中油的濃度  $X_b$ 。 (4%)  
 (b) 在油溶解度的考量下，苯的最小輸入量(kg/h)為何？ (4%)  
 (c) 畫出平衡線及操作線，以圖解法求出苯在最小輸入流率時的理想級數。(可利用下列方格製作草圖，但必須在答案卷中繪一簡圖說明求解步驟。) (7%)

