

等 別：高考二級
 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。

(三)請以黑色鋼筆或原子筆在申論試卷上作答。

一、請寫出下列各名詞之 SI 單位：(每小題 4 分，共 20 分)

- (一)雷諾應力 (Reynolds stress)
- (二)應變率 (rate of strain)
- (三)熱通量 (heat flux)
- (四)熱導度 (thermal conductivity)
- (五)質傳係數 (mass transfer coefficient)

二、考慮一屈服應力 (yield stress) 為 τ_0 、黏度係數 (viscosity coefficient) 為 μ_0 之 Bingham 流體受到壓力差 $p_0 - p_L$ 驅動，在一半徑為 R 、長度為 L 之水平圓管中沿軸向之穩定層流 (laminar flow)，此時 $(p_0 - p_L)R/2L > \tau_0 > 0$ 。令 (r, θ, z) 表示圓柱座標系統。

(每小題 10 分，共 30 分)

- (一)請寫出此流體之剪應力 (shear stress) τ_{rz} 與速度梯度 dv_z/dr 的關係式。
- (二)請寫出主導 τ_{rz} 的微分方程式並求解 $\tau_{rz}(r)$ 。
- (三)請求解流速分佈 $v_z(r)$ 。

三、考慮一密度為 ρ 、黏度為 μ 、熱導度為 k 、比熱為 c_p 之流體在一半徑為 R 、管壁溫度為定值 T_w 之長圓管中的完全發展層流 (fully developed laminar flow)，其中心軸 ($r=0$) 處之流速為 U 。對於圓柱座標系統 (r, θ, z) ，包含黏性消耗 (viscous dissipation) 之能量方程式為

$$\begin{aligned} \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = & k \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] \\ & + 2\mu \left\{ \left(\frac{\partial v_r}{\partial r} \right)^2 + \left[\frac{1}{r} \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + v_r \right) \right]^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2 \right\} \\ & + \mu \left\{ \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial z} \right)^2 + \left[\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_\theta}{r} \right) \right]^2 \right\} \end{aligned}$$

請求解此流體在穩定狀態下之溫度分佈 $T(r)$ 。(20 分)

四、考慮一密度為 ρ_A 、分子量為 M_A 之液體 A 所形成之球形液滴懸浮於一溫度為 T 之靜止乾空氣中。液滴之起始半徑 (initial radius) 為 r_0 ，其表面蒸氣壓為飽和值 p_A^* ，氣相中之總壓力為一常數 p ，A 蒸氣在空氣中之擴散係數為 D_{AB} ，而氣體常數為 R 。

- (一)此液滴當其半徑為 r_1 時之蒸發速率 (與 r_0 無關) 為何？(可使用擬穩態假設) (20 分)
- (二)此液滴完全蒸發所需要的時間為何？(10 分)