

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、考慮一半徑為 a 的無限長圓柱，在一非粘性流體 (inviscid fluid) 內以定速率 U 朝垂直於其軸的方向運動，且另以定角速率 Γ 繞其軸轉動。設流場的流線函數 (stream function) ψ 可表為 $\psi = U(r - \frac{a^2}{r})\sin\theta + \frac{\Gamma}{2\pi}\ln r$ ，其中 r 與 θ 分別為圓柱座標中的徑向距離與角度，座標原點在圓柱軸上。求：(一)圓柱表面的流體切線速率與法線速率。(5 分)(二)圓柱表面的壓力分布。(5 分)(三)圓柱所受的拖曳力。(10 分)(四)圓柱所受，垂直於其運動方向的力。(10 分)

二、考慮某不可壓縮之牛頓流體在兩同軸 (coaxial)，水平圓柱管間的穩態流動，內圓柱管之半徑為 R_1 ，靜止不動，外圓柱管之半徑為 R_2 ，以定角速率 ω 轉動；另外，吾人亦施加一軸向的壓力梯度。假設重力的影響可忽略。(一)求流體流速分布。(15 分)(二)流體流速分布是否可能有反曲點？若可能，如何估計？若不可能，為什麼？(15 分)

三、因寒流來襲，某地區的氣溫由 T_0 (高於攝氏零度) 驟降至 T_1 (低於攝氏零度)。若希望埋於地表下方 L 處之水管內的水能夠維持至時間 W 仍未開始結冰，如何估計 L ？須寫出描述問題的方程式及相關的條件，並定義所使用的符號，否則不予計分。(20 分)

四、考慮以一溶液吸收氣相中的某成分 A，已知 A 在液相內會進行一階化學反應，速率常數為 k 。令 A 在液相內的擴散係數為 D ，溶解度為 C_i 。假設 A 在氣-液界面處之濃度維持飽和濃度，且一開始液相內不含 A，寫出描述液相內 A 的濃度 C 隨垂直於氣-液界面之距離 z ，及時間 t 的方程式與相關的條件。(10 分) 若於時間 T 內，A 之吸收量為 W ，如何估計 k ？(10 分)

參考資訊：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial(\rho r v_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial(\rho v_\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0 \quad (\text{I})$$

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

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

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