

類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、在流動為蠕流 (creeping flow) 時，牛頓流體 (Newtonian fluid) 流經圓球所受之力為 $F_k = 6 \pi \mu R v_\infty$ ，其中 μ 為黏度 (viscosity)， v_∞ 為遠方流體之流速， R 為圓球半徑。請由摩擦係數 (friction factor) f 之定義： $F_k = AKf$ ，其中 A 為特徵面積， K 為單位體積流體之特徵動能，求得摩擦係數 f 與雷諾數 (Reynolds number) Re 間之關係式。(10分)

二、一液膜因受重力沿垂直壁面往下流，液膜厚度為 δ 。假設流動為恆溫之層流 (laminar flow)，液體為冪次流體 (power-law fluid)，液體之密度為 ρ ，黏度 (viscosity) 為 μ ，請求解液體之流速分布。(對於冪次流體而言，

$$\tau_{xz} = -m \left| \frac{dv_z}{dx} \right|^{n-1} \frac{dv_z}{dx} \text{。} \text{ (25分)}$$

三、一液體密度為 162 lb/ft^3 ，黏度 (viscosity) 為 $4.84 \text{ lb/ft}\cdot\text{h}$ ，流經長達 $9,134 \text{ ft}$ 之平滑圓管。管路壓力降為 $0.183 \text{ lb}_f/\text{in.}^2$ 。如液體質量流率為 $7,000 \text{ lb/h}$ ，請問圓管之直徑為何？對於層流 (laminar flow) 而言，泛寧摩擦係數 (Fanning friction factor) f 與雷諾數 (Reynolds number) Re 間之關係式為 $f = 16/Re$ ；對於紊流 (turbulent flow) 而言， $f = 0.046Re^{-0.2}$ 。單位換算： $1 \text{ ft} = 12 \text{ in.}$ ， $g = 32.174 \text{ ft/s}^2$ ， $1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb}\cdot\text{ft/s}^2$ 。(20分)

四、一氣體包含 3 mole \% 的 A 。將此氣體通過一填充塔以水吸收 99% 的 A 。吸收塔操作在 25°C 及 1 atm ，且氣體及液體之流率分別為 $20 \text{ mol/h}\cdot\text{ft}^2$ 及 $100 \text{ mol/h}\cdot\text{ft}^2$ 。平衡關係式及質傳係數如下：

$$y^* = 3.1x \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

$$k_x a = 60 \text{ mol/h}\cdot\text{ft}^3 \cdot \text{unit mole fraction}$$

$$k_y a = 15 \text{ mol/h}\cdot\text{ft}^3 \cdot \text{unit mole fraction}$$

假設恆溫操作及忽略氣體及液體流率之變化，請求解吸收塔塔高。(20分)

五、水以 $150 \text{ lb}_m/\text{min}$ 之流率流入逆向流 (counterflow) 之套管式熱交換器，水溫從 60°F 升溫至 140°F 。進入熱交換器之熱油則由 240°F 降溫為 80°F 。水之比熱為 $1 \text{ Btu}/\text{lb}_m^\circ\text{F}$ ，油之比熱為 $0.45 \text{ Btu}/\text{lb}_m^\circ\text{F}$ 。熱交換器之總熱傳係數為 $50 \text{ Btu}/\text{h}\cdot\text{ft}^2^\circ\text{F}$ 。

(一)熱交換器之熱傳面積為多少？(10分)

(二)如水流率降為 $120 \text{ lb}_m/\text{min}$ ，熱油之流率不變，水出口溫應為多少？(15分)