

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，須詳列解答過程。

(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、牛頓流體 (Newtonian fluid) 沿著垂直圓柱管外壁緩慢流下。圓柱管外壁半徑為 R ，液膜厚度為 $(a-1)R$ (液膜最外圍至圓柱管中心軸距離為 aR)。請求解液膜之流場。(20 分)
- 二、一風扇將靜止之空氣送入長達 45 m 之 200 mm × 300 mm 長方形管道。進入管道之空氣為 15°C 及 750 mm Hg 絕對壓力，流量為 0.6 m³/s。此時空氣之黏度 (viscosity) 為 0.019×10^{-3} kg/m · s。所需之理論功率 (theoretical power) 為何？空氣之分子量可視為 29。1 kg-mol 氣體在標準狀態下之體積為 22.4 m³。對於平滑之管子而言：在層流 (laminar flow) 時，泛寧摩擦係數 (Fanning's friction factor) $f = 16/Re$ ；在紊流 (turbulent flow) 時， $f = 0.046 Re^{-0.2}$ ，其中 Re 為雷諾數 (Reynolds number)。(20 分)
- 三、一逆向流 (countercurrent flow) 之殼管式熱交換器 (shell-and-tube heat exchanger) 將 2,500 kg/h 之油從 160°C 降溫至 80°C 以下之溫度。流進管內之冷水溫為 20°C，流量為 4,000 kg/h。此熱交換器基於管外表面積之總熱傳係數 (overall heat transfer coefficient) 為 960 W/m²°C，管子之外表面積為 4.1 m²。油之比熱為 0.72 cal/g°C；水之比熱為 1 cal/g°C。此熱交換器中之油及水之出口溫為多少？(1 cal = 4.1868 J)(25 分)
- 四、回答下列問題：
- (一)對於一圓球表面與外界流體之熱傳可以下列公式描寫：
- $$Nu = 2.0 + 0.60 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$
- 其中 Nu 為紐塞數 (Nusselt number)， Re 為雷諾數 (Reynolds number)， Pr 為普朗特數 (Prandtl number)。請問對於一樟腦圓球在空氣中揮發之質傳相對應公式為何？(5 分)
- (二)請解釋質傳中之雙膜理論 (two-film theory)。(5 分)
- 五、在含有 7 個篩盤 (sieve tray) 之塔內，一稀釋 (dilute) 氨 (ammonia) 之水溶液經與空氣逆向流 (countercurrent flow) 接觸將氨氣提 (air stripping)。平衡關係式為 $y_e = 0.8x_e$ 。當空氣之莫耳流量 (molar flow rate) 為水溶液莫耳流量之 1.5 倍時，90% 之氨可被移除。請問此塔之理想階數 (ideal stages) 為多少？階效率 (stage efficiency) 為何？(25 分)