

類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作
考試時間：2 小時

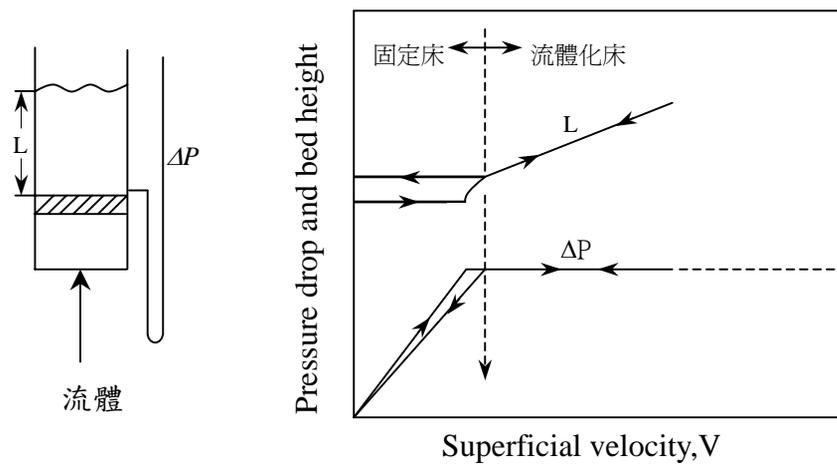
座號：_____

※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。

一、簡要回答下列問題：（每小題 6 分，共 30 分）

(一)對於流體流過粒子床，典型之壓降 (pressure drop) ΔP 及床高 (height) L 與流體空床流速 (superficial velocity) V 之關係常如下圖所示，於固定床階段，床高不變而壓降隨流速提高而增大，而於流體化階段則床高隨流速增大而膨脹但壓降不變，試說明造成此現象之機制。



(二)試說明填充床氣液接觸操作之負載 (loading) 及氾濫 (flooding) 等現象。

(三)攪拌槽 (agitated vessel) 與管殼型熱交換器 (shell-and-tube heat exchanger) 一般均裝有擋板 (baffle)，請說明兩者所裝之擋板於構造與功能上之差異。

(四)試比較濾餅過濾 (cake filtration) 之濾餅洗滌 (cake washing) 與顆粒床過濾 (deep bed granular filtration) 之反沖洗 (backwashing)，兩者之操作與目的各有何不同？

(五)離心泵 (centrifugal pump) 廣用於工業界液體之泵輸送，試述該泵之優缺點。

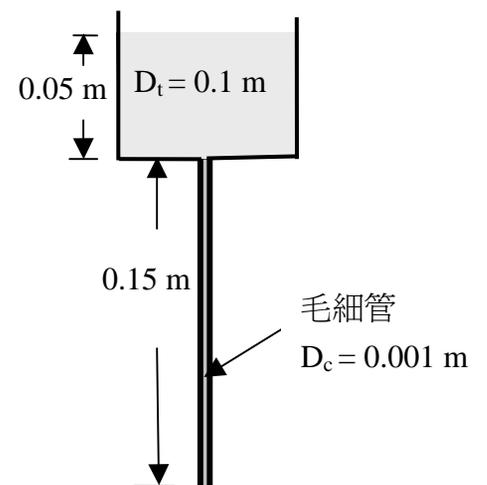
二、典型的毛細管黏度計如下圖所示，包含一大貯槽及長而細之毛細管。流體於管內層流流動時，可以 Hagen-Poiseuille 方程表示壓降 Δp 及管長 L 與流體黏度 μ 、平均速度 \bar{v} 及管直徑 D 等之相互關係：

$$\frac{-\Delta P}{L} = \frac{32\mu\bar{v}}{D^2}$$

若貯槽直徑為 0.1 m，毛細管直徑為 0.001 m，長為 0.15 m，當槽內液體液位距毛細管入口為 0.05 m 時，對一密度為 950 kg/m^3 之液體所量測之流率為 $10^{-7} \text{ m}^3/\text{sec}$ 。

(一)試問該流體黏度 (cp) 為何？(10 分)

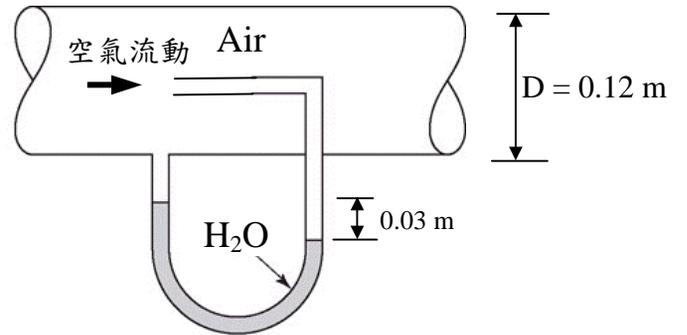
(二)若槽內初始液位高為 0.05 m 且於毛細管連續排液下，試估槽液位降至 0.03 m 所需時間。(10 分)



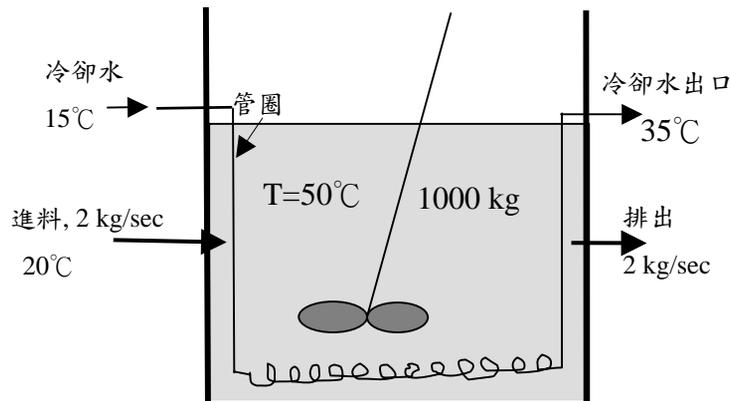
(請接背面)

類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作

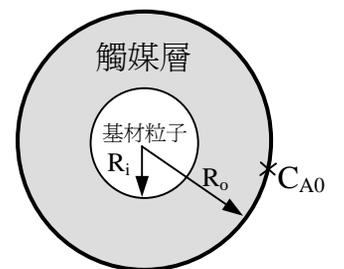
三、在如右圖之圓形管通以 40°C 之空氣，並於管中心插置 Pitot 管，差壓計讀數為 $0.03\text{ m H}_2\text{O}$ ，水的密度為 1000 kg/m^3 ，而空氣密度及黏度分別為 1.12 kg/m^3 及 0.017 cp ，試估算該圓形管內氣體之質量流率。於層流時，圓管內流體平均速度與最大速度之比值為 $1/2$ ，而於紊流時之比值則為 0.85 。(15 分)



四、有一化學反應程序於攪拌槽中進行連續操作，如下圖所示，進料 (20°C) 與排出液之速率皆為 2 kg/sec ，槽內之液體量維持於 1000 kg ，此反應會伴隨熱產生，槽內每單位液體之熱產生速率為 $300\text{ J/kg}\cdot\text{sec}$ ，為維持槽內液體溫度於 50°C ，管圈 (Tube Coil) 式熱交換器置入槽中，以 15°C 水通入管圈進行槽內液體冷卻，該管圈與槽內流體間之總括熱傳係數 (overall heat transfer coefficient) 為 $600\text{ J/m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{sec}$ ，且攪拌槽進料與排出液之比熱 (heat capacity) 皆為 $4000\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ，若穩定操作時管圈冷卻水出口溫度設定為 35°C ，試估所需管圈之熱傳面積。假設攪拌槽為完全混合，其與外界 (surroundings) 之熱傳可忽略。(15 分)



五、有一球狀觸媒 (catalyst) 其係由觸媒層貼覆於一球形基材粒子而成，如右圖所示，該基材粒子半徑為 R_i ，而含觸媒層之半徑為 R_o ，若反應物 A 於觸媒層表面之莫耳濃度為 C_{A0} ，該物質擴散傳入觸媒層並同時伴隨化學反應，但於基材表面 A 物質不反應也不會穿透。若反應物 A 於觸媒層為零階反應 (zero order reaction)，反應速率 $r_A = -K_A$ ， K_A 為反應速率常數 (單位為莫耳 A / 時間 · 觸媒體積)，且反應物 A 於觸媒層之有效擴散係數 (diffusion coefficient) 為 D_{Ac} ，試估算於穩定操作時單一球狀觸媒所反應掉之 A 物質速率。(20 分)



附件

單位及轉換 (Unit and Conversion factors) 表

長度： $1\text{ mm} = 10^{-1}\text{ cm} = 10^{-3}\text{ m}$

黏度： $1\text{ cp} = 1 \times 10^{-3}\text{ kg/m}\cdot\text{s}$

壓力： $1\text{ atm} = 1.01325 \times 10^5\text{ N/m}^2$

重力加速度： $1\text{ g} = 9.8\text{ m/s}^2$