

1. 水由垂直的平板上方往下流動之速度  $v_z$  為

$$v_z = \frac{\rho g \delta^2}{2\mu} \left[ 1 - \left( \frac{x}{\delta} \right)^2 \right]$$

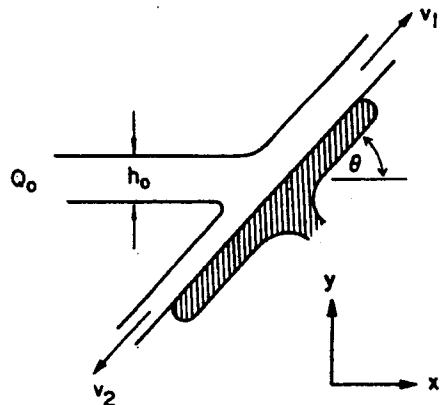
其中  $\rho$  及  $\mu$  分別為水的密度及黏度,  $g$  為重力常數,  $\delta$  為水面至平板的距離,  $z$  為流動方向,  $x$  則為水中某一點至水面之距離;  $0 \leq x \leq \delta$ 。

- (a) 求平均速度  $\langle v_z \rangle$ 。(4%)
- (b) 求 friction factor ( $f$ ) 與 Reynolds number ( $Re$ ) 之間的關係 (其中  $Re = \frac{4\rho \langle v_z \rangle \delta}{\mu}$ )。(8%)
2. (a) 何謂水力半徑 (hydraulic radius,  $R_H$ ) ? 並求出兩同軸圓管間環形區 (annulus between two concentric pipes) 流體在軸方向流動之水力半徑。外管與內管之直徑分別為  $D_o$  及  $D_i$ 。(5%)
- (b) 請一一說明下列各方程式是否適合描述流體在平板上流動時 (flow along a flat plate), 邊界層 (laminar boundary layer) 內流體的速度分布  $v/v_\infty$ , 其中  $v$  及  $v_\infty$  分別為流體在邊界層內及邊界層外之流速。在下列各方程式中,  $\eta = y/\delta$ , 其中  $y$  為邊界層內某一點至平板的最短距離, 而  $\delta$  為邊界層厚度。(5%)

(1)  $e^\eta - 1$ ; (2)  $\cos(\pi\eta/2)$ ; (3)  $\eta - \eta^2$ ; (4)  $\frac{3}{2}\eta - \frac{1}{2}\eta^3$ ; (5)  $2\eta - 2\eta^3 + \eta^4$ 。

3. 一速度為  $v_0$ , 流量為  $Q_0$  的 jet (plane jet) 沖向一平面, 並分成兩股方向流動, 如下圖所示。假設 flow is frictionless, 同時  $v_1 = v_2 = v_0$ 。請問

- (a) 這兩股的流量分別為何? (5%)
- (b) Forces on the plane in x and y directions 分別為何? (6%)



(背面仍有題目, 請繼續作答)

4. 請回答下列有關精餾塔操作的問題
- (a) 最小迴流比的求法及其意義。(2%)
- (b) 若迴流比 ( $R_D$ ) 為零, 則精餾段之板數如何計算?(2%)
- (c) 在固定處理量及產品品質要求下, 若將迴流比調大, 則對蒸餾塔操作成本及設備成本的影響為何? 並說明如何求得最佳迴流比。(5%)
5. (a) 利用一般蒸餾法純化酒精-水雙成份系統中的酒精時, 為何無法利用板數的增加來得到接近 100% 的純酒精?(2%)
- (b) 有什麼方法可以克服此一限制, 得到 100% 的純酒精? 簡述此方法。(4%)
6. 一精餾塔原來可以將一雙成份(成份 A 及成份 B) 混合物, 純化至成份 A 的莫耳分率為 0.9。現欲利用精餾段板數的增加, 使產品中成份 A 的莫耳分率增為 0.999。若回流比  $R_D = 1.5$ , 且在此操作範圍內平衡線近似線性 ( $y = 0.41x + 0.59$ ), 已知莫飛 (Murphree) 效率  $\eta_M = 0.7$ , 請計算所需增加的板數  $N$ 。(10%)

註: Kremser Eq. 
$$N = \frac{\ln[(y_b - y_b^*) / (y_a - y_a^*)]}{\ln[(y_b - y_a) / (y_b^* - y_a^*)]}$$

$x$  及  $y$  分別是成份 A 在液相及氣相中的莫耳分率

$y_a$  及  $y_b$  分別代表成份 A 在進口及出口處之氣相中的莫耳分率

$y_a^*$  及  $y_b^*$  分別代表成份 A 在進口及出口處與液相達平衡時之氣相中的莫耳分率

7. 某一成份 A 在氣/液界面進行質量傳送, 若 A 在氣相中分壓 ( $P_{AG}$ ) 為  $10^{-4}$  atm, 在液相中的濃度 ( $C_{AL}$ ) 為 0.1 mM。若氣/液間的平衡可以利用 Henry's law 來表示, 而 Henry's constant  $H = 10$  atm/(kg·mole/m<sup>3</sup>), 且此時液相及氣相質傳係數分別為  $k_L = 5 \times 10^{-4}$  kg·mole/m<sup>2</sup>·s(kg·mole/m<sup>3</sup>) 及  $k_g = 0.01$  kg·mole/m<sup>2</sup>·s·atm。
- (a) 請判斷此系統的質傳方向。(3%)
- (b) 若利用雙膜理論 (two-film theory) 來描述此一質傳程序, 請繪出此成份在兩相及界面的濃度分佈圖, 並推導出總質傳係數  $K_G$  與  $k_L$ 、 $k_g$  及  $H$  的關係。(8%)
- (c) 此質傳系統為氣相阻力控制或液相阻力控制 (必須列出具體計算式)? (4%)
- (d) 請計算  $K_L$  (overall mass transfer coefficient based on the liquid phase)。(5%)

8. Saturated steam at 400 K flows inside a pipe having an inside diameter of 2 cm and an outside diameter of 3 cm. The pipe has a 4 cm thickness of insulation on its outer surface. The thermal conductivities of the pipe and the insulation layer are 40 W/m·K and 0.08 W/m·K, respectively. The surrounding air is at 300 K. The convective heat transfer coefficients on the inner and outer pipe surfaces may be taken as 6000 W/m<sup>2</sup>·K and 20 W/m<sup>2</sup>·K, respectively. Find the heat loss per meter for the pipe having the insulation layer. (10%)
9. The transfer of energy by radiation has several unique characteristics when contrasted with conduction or convection. Discuss the unique characteristics of the energy transfer by radiation. (6%)
10. What is meant by the term "nucleate boiling"? What is meant by the term "film boiling"? (6%)