

110年專門職業及技術人員高等考試建築師、
24類科技師(含第二次食品技師)、大地工程技師
考試分階段考試(第二階段考試)、公共衛生師
考試暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試
類 科：化學工程技師
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、邊界層分析：馮卡曼動量均衡 (von Karman integral momentum balance)
中速度分布可利用四次多項式表示，Eq.(1)，此多項式又稱作 Karman-Pohlhausen approximation，邊界層內流速 v_x ， x 代表流體流動方向， y 垂直流體流動方向坐標， δ 邊界層厚度， a, b, c, d, e 為多項式的係數，邊界層外無限遠處流速 v_∞

(一)利用題目所給的邊界條件 (boundary conditions) 解 a, b, c, d, e ，求得 (v_x/v_∞) 。(20 分)

(二)代入積分式 Eq.(2)，求位移厚度 (displacement thickness) δ^* 。(10 分)

$$\frac{v_x}{v_\infty} = a + b\eta + c\eta^2 + d\eta^3 + e\eta^4, \quad \eta = \frac{y}{\delta} \quad (1)$$

邊界條件 (boundary conditions)：

(A) $\eta=0, \quad v_x/v_\infty = 0$

(B) $\eta=1, \quad v_x/v_\infty = 1$

(C) $\eta=1, \quad \frac{\partial(v_x/v_\infty)}{\partial\eta} = 0$

(D) $\eta=0, \quad \frac{\partial^2(v_x/v_\infty)}{\partial\eta^2} = -\Lambda; \quad \Lambda \text{ is a function of } x \text{ only}$

(E) $\eta=1, \quad \frac{\partial^2(v_x/v_\infty)}{\partial\eta^2} = 0$

$$\frac{\delta^*}{\delta} = \int_0^1 \left(1 - \frac{v_x}{v_\infty}\right) d\eta \quad (2)$$

二、有一個套管式熱交換器 (double-pipe heat exchanger)，熱氣體流與水流進行逆流 (countercurrent) 熱交換，熱氣體流量 64220 kg h^{-1} ，比熱 $C_{pg}=1.011 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，走內管外側，熱氣體進入交換器之進口溫度 412°C 。水流走內管內側，流量 15.4 kg s^{-1} ，水流進口溫度 44.5°C ，出口溫度 77.0°C ，水比熱 $C_{pw}=4.187 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，假設總包熱傳係數 (overall heat-transfer coefficient, U_o) $U_o=68.2 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ ，試估算熱氣體流出口溫度 [$^\circ\text{C}$]，熱傳面積 $A[\text{m}^2]$ 。需用 log-mean temperature difference $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)}$ 。已知 $q=U_o A \Delta T_{lm}$ 。(20 分)

三、起泡擴散器 (bubbler) 裝盛有機金屬前驅物液體 (organometallic liquid)，攜帶氣體 (carrier gas) 通過起泡擴散器，氣泡攜帶前驅物蒸氣帶入沉積反應器中進行下一步化學反應。在下列起泡擴散器操作條件下，計算前驅物蒸氣的飽合蒸氣壓 P_A ，質傳係數 k'_c ，及氣泡前驅物的質量通量 (mass flux)。(30 分)

起泡擴散器溫度 $T=343 \text{ K}$ ，前驅物飽和蒸汽壓 (P_A) 經驗公式如下式

$$\ln(P_A) = 12.59 - \frac{2998}{T - 139.6} \quad T: [\text{K}] \quad P_A: [\text{kPa}] \quad (3)$$

氣泡平均直徑 $D_p: 3.0 \text{ mm}$

氣體黏度 $\mu: 1.84 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

氣體密度 $\rho: 1.21 \text{ kg m}^{-3}$

氣體流速 $v: 0.05 \text{ m s}^{-1}$

前驅物蒸氣擴散係數 $D_{AB}: 5.76 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$

$$N_{Sh} = 2 + 0.552 N_{Re}^{0.53} N_{Sc}^{1/3}, \quad N_{Re} = \frac{(D_p v \rho)}{\mu}, \quad N_{Sc} = \frac{\mu}{\rho D_{AB}},$$

$$N_{Sh} = k'_c \left(\frac{D_p}{D_{AB}} \right)$$

mass flux ($\text{gmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) $= k'_c \left(\frac{P_A}{RT} \right) = k'_G P_A$ (假設氣液界面的蒸氣壓為飽合，前驅物蒸氣是理想氣體，質傳濃度差以壓力差表示，質傳壓力差即為 P_A)

四、研究室進行逆滲透 (reverse osmosis) 膜分離實驗，穩態鹽水分離，鹽水進入面積 $2.50 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 的逆滲透模組，進口鹽水濃度 $11.5 \text{ kg NaCl m}^{-3}$ ，密度 1005.2 kg m^{-3} ，產品 (出口) 低鹽度水之濃度 $0.266 \text{ kg NaCl m}^{-3}$ ，密度 997.2 kg m^{-3} ，獲得產品低鹽度水流量 $2.12 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ，分離膜兩側壓力差 $\Delta P = 52 \text{ atm}$ ，請計算進口及出口鹽水的滲透壓差 $\Delta \pi [\text{atm}]$ ，水滲透通量 (mass flux of water, $N_w [\text{kg H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}]$)，及水滲透常數 $A_w [\text{kg H}_2\text{O atm}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}]$ 。(20 分)

已知 $N_w = A_w (\Delta P - \Delta \pi)$ ，NaCl 式量 58.44，表一為鹽水滲透壓。

表一、鹽水滲透壓 (osmotic pressure)

gmol NaCl/kg H ₂ O	Osmotic pressure [atm]
0.0	0.0
0.01	0.47
0.10	4.56
0.50	22.55