

113年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：化學工程
科 目：反應工程及單元操作
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。

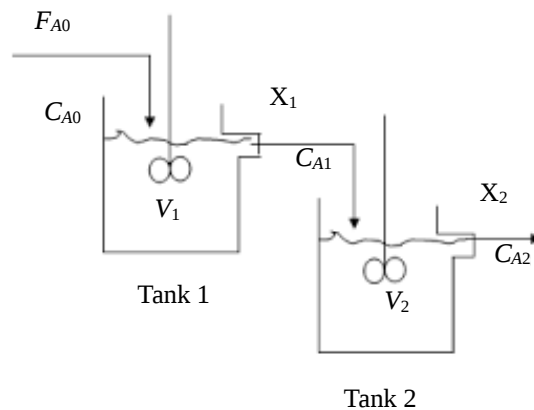
(三)本科目得以本國文字或英文作答。

一、圖一描述兩個串聯等溫 CSTR 並標示入料莫爾流量(F_{A0})與莫爾濃度(C_{A0})及反應器體積(V)及各反應器出口濃度及轉化率符號。若各反應器內為反應速率為 $-r_A = kC_A$ 且體積流速均為 v_0 。(每小題 5 分，共 15 分)

(一)選 Damköhler number (Da) 描述此串聯等溫 CSTR 轉化率程度，定義無因次 Da 。

(二)以 Damköhler number (Da) 表示 Tank 1 的出口轉化率 (X_1)。

(三)若 $V_1=V_2$ ，以 Da 表示 Tank 2 的出口轉化率 (X_2)。



圖一

二、設計年產 100 百萬磅 (lb) 乙烯的工業級製程，已知反應器內反應為乙烷裂解生產乙烯，反應器操作在 1100 K 與 6 大氣壓下且乙烷轉化率為 80%。

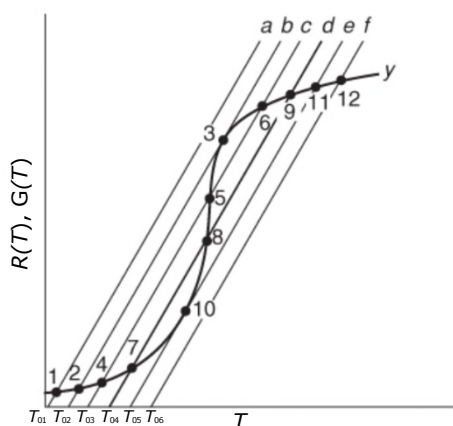
(一)選用何種反應器較合適並說明原因？(5 分)

(二)如何決定該反應器之膨脹係數 (expansion factor, ε)？(5 分)

(三)假設乙烷入料濃度為 $0.00415 \text{ lb mol/ft}^3$ 及反應速率為 $-r_A = 3.07 C_A$ ，試求反應器體積為多少 ft^3 ？(10 分)

三、某非恆溫反應器溫度操作如圖二所示， $T_{01}, T_{02}, \dots, T_{06}$ 為反應器入口溫度。
(每小題 5 分，共 15 分)

- (一)寫出反應器入口溫度操作在那幾個溫度時，會有多重穩態 (multiple steady states) 發生。
- (二)操作在那些反應器入口溫度下有存在不穩定之穩態溫度值，並說明對應圖中那些點。
- (三)若在黑點 8 穩態溫度 (T_{s8}) 發生 $\pm 5\%$ 改變，指出反應器最後穩態溫度為何？



圖二

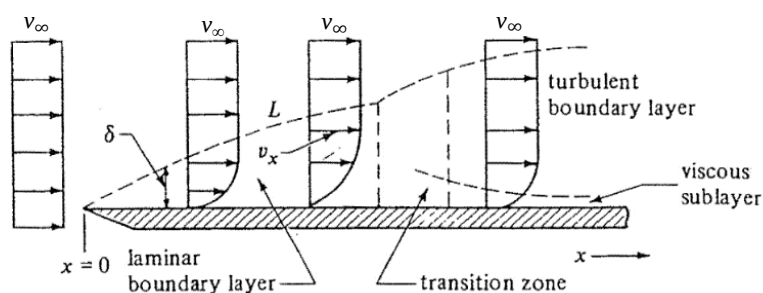
四、如圖三所示流體在平板上流動形成邊界層厚度 (boundary layer) 分析。

選用 von Karman 積分式， $\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{d}{dx} \int_0^\delta v_x (v_\infty - v_x) dy$ ，描述邊界層厚度 (δ)， τ_0 為平板表面的剪應力， ρ 為流體密度。

- (一)假設層流 (laminar) 邊界層區內速度分布為， $\frac{v_x}{v_\infty} = \frac{3y}{2\delta} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3$ ，試推

導出在 $x = L$ 位置的邊界層厚度 (δ) 關係式。(10 分)

- (二)若紊流 (turbulent) 邊界層區拖曳係數 (drag coefficient, C_D) 表示成， $C_D = 0.072 (N_{Re,L})^{-1/5}$ ， $N_{Re,L}$ 為在 $x = L$ 位置的 Reynolds number，試寫出紊流邊界層區內可能速度分布。(5 分)

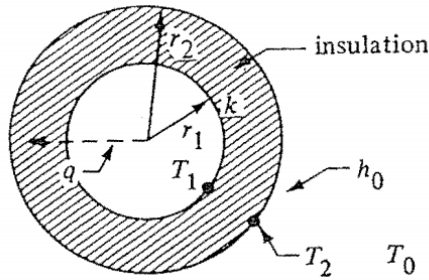


圖三

五、圖四描述半徑 r_1 金屬電纜線其金屬面溫度為 T_1 ，外層包覆絕緣體，其熱傳導係數為 k 。已知絕緣塑膠材質外緣表面溫度為 T_2 ，暴露環境溫度為 T_0 與熱對流係數為 h_0 。

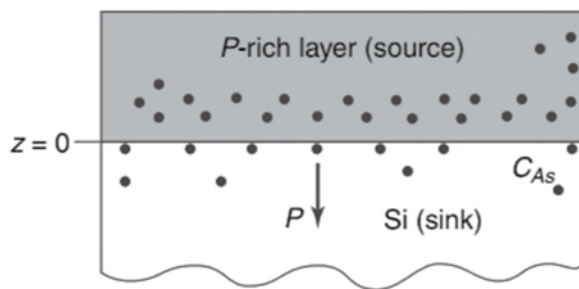
(一) 定義絕緣體臨界半徑，並試推導出。(5 分)

(二) 假設電纜線長 1 m，半徑 1 mm，其金屬面溫度為 $T_1 = 400\text{ K}$ 且 $k = 385\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ，絕緣體 $k = 0.02\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。若外界氣溫 $T_0 = 300\text{ K}$ 且 $h_0 = 20\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ，增加絕緣體達多少厚度時會低於電纜線未覆蓋絕緣體的熱損失量？(10 分)



圖四

六、圖五描述磷摻雜矽晶圓穩態擴散過程。已知磷初始濃度為零，表層濃度為 $2.5 \times 10^{20}\text{ atoms/cm}^3$ (C_{As})，及磷在矽晶圓內擴散係數 $6.5 \times 10^{-13}\text{ cm}^2/\text{s}$ ，估算需多久時間後在離表面位置 1.76 微米的磷濃度為表層濃度 1%。提示誤差函數 $\text{erf}(1.8) = 0.989$ 及 $\text{erf}(1.9) = 0.992$ 。(10 分)



圖五

七、圖六描述兩液相流體 $V(\text{kg})$ 與 $L(\text{kg})$ 含有成分 A, B, C 混合後進入萃取單元達平衡後離開此單元流體 $M(\text{kg})$ 。圖中 y_A, y_C, x_A, x_C 分別表示入口端兩相流體中 A 與 C 成分質量分率， x_{AM} 與 x_{CM} 分別表示出口端 A 與 C 成分質量分率。

(一)依圖所示寫出對應質量守恆式。(5 分)

(二)已知萃取層 $y_A = 0.04, y_C = 0.94$ ，萃餘層 $x_A = 0.12, x_C = 0.02$ ，若出口端量為 100 kg 且 $x_{AM} = 0.1$ ，求 $V(\text{kg})$ 與 $L(\text{kg})$ 值？(5 分)



圖六