

類 科：化學工程

科 目：化學反應工程學

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、對某一恆溫 (isothermal)、基本 (elementary)、不可逆 (irreversible) 之液相反應 $A + B \rightarrow C + D$ ，設計在穩定狀態 (steady state) 下，一串聯之理想栓流反應器 [plug flow reactor (PFR(1))] 與接續之連續攪拌反應器 [continuous stirred tank reactor (CSTR(2))]。此反應系統中： $C_{A0} = A$ 在 PFR(1) 進料中之莫耳濃度 (0.01 mol/L)、 $C_{B0} = B$ 在 PFR(1) 進料中之莫耳濃度 (1 mol/L)、 $v_0 =$ 在 PFR(1) 進料中之體積流率 (1 L/s)、 $F_{A1} = A$ 在 PFR(1) 出口之莫耳流率 (0.005 mol/s)、 $X_{A2} = A$ 在 CSTR(2) 出口之轉化率 (0.8)、 $k =$ 反應速率常數 (0.01 L/mol-s)。請決定此反應系統中 PFR(1) 與 CSTR(2) 的體積。(20 分)

二、下列反應機構被用來描述某一恆溫 (isothermal)、可逆 (reversible) 之氣-固相觸媒反應 $A \rightleftharpoons B$ ：

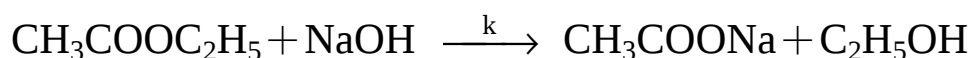
吸附 (Adsorption)： $A_{(g)} + S \xrightarrow{k_1} A \cdot S$ (slowest)

表面反應 (Surface reaction)： $A \cdot S \xrightarrow{k_2} B \cdot S$

脫附 (Desorption)： $B \cdot S \xrightarrow{k_3} B_{(g)} + S$

其中 k_1 、 k_2 與 k_3 分別為吸附速率常數、表面反應速率常數與脫附速率常數， S 為觸媒表面之活性中心 (surface active center)。假設吸附在觸媒表面之 A ($A \cdot S$) 與 B ($B \cdot S$) 的濃度可藉由擬穩定狀態 (pseudo-steady state) 來估算，請推導其反應速率式 (rate expression, $-r_A'$)。(20 分)

三、在水溶液中進行批式 (batch)、恆溫皂化 (isothermal saponification) 反應如下所示：



其中 $k =$ 反應速率常數。當時間 $t = 0$ 時，反應物濃度為 $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] = [\text{NaOH}] = 0.01 \text{ mol/L}$ 。另外， $[\text{NaOH}]$ 對時間之實驗數據如下所示：

t (min)	0	10	20	30
$[\text{NaOH}]$ (mol/L)	1×10^{-2}	6.67×10^{-3}	5×10^{-3}	4×10^{-3}

請決定其反應級數 (reaction order) 和 k 。(20 分)

(請接背面)

類 科：化學工程

科 目：化學反應工程學

四、在一恆溫 (isothermal)、穩定狀態 (steady state) 狀況下，在一理想連續攪拌反應器 (CSTR) 中進行的競爭型液相反應如下所示：



若 F_{A0} (A 在其純進料中之莫耳流率 (molar flow rate)) = F_{B0} (B 在其純進料中之莫耳流率)、 C_{A0} (A 在其純進料中之莫耳濃度) = C_{B0} (B 在其純進料中之莫耳濃度) = 20 mol/L、 k_1 與 k_2 分別為其所對應之反應速率常數 ($k_1 = 10 k_2$)、 X_A (A 在反應器中之轉化率) = X_B (B 在反應器中之轉化率) = 0.9，則副產物 S 在反應器出口之莫耳分率為何？(20 分)

五、對某一非恆溫 (non-isothermal)、絕熱 (adiabatic)、基本 (elementary)、可逆 (reversible) 之氣相反應 $A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} B$ (k_1 與 k_{-1} 分別為正反應速率常數與逆反應速率

常數) 在一壓力降 (pressure drop) 可忽略之理想栓流反應器 (PFR) 中進行，其進料為純物質 A。請藉由下列通用型能量平衡方程式 (general energy balance equation) 以及其它反應工程基礎知識來推導計算栓流反應器體積所需要的方程式：

$$\dot{Q} - F_{A0} \sum \Theta_i C_{pi} (T - T_{i0}) - \left[\Delta H_{RX}^0(T_R) + \Delta C_p (T - T_R) \right] F_{A0} X = 0$$

其中 $\dot{Q}$ = 由環境至反應系統之熱傳速率、 F_{A0} = A 在反應器進料中之莫耳流率 (molar flow rate)、 $\Theta_i = F_{i0}/F_{A0}$ (分子 $i = A$ 或 B)、 C_{pi} = 分子 i 之平均比熱 (mean heat capacity)、 T = 反應溫度、 T_{i0} = 分子 i 進入反應器之溫度、 $\Delta H_{RX}^0(T_R)$ = 在參考溫度 T_R 下之反應熱、 $\Delta C_p = C_{pB} - C_{pA}$ 、 X = A 之轉化率。(20 分)