

112年公務、關務人員升官等考試、112年
交通事業鐵路、港務人員升資考試試題

等 級：薦任

類科(別)：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。

(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、設計液相反應 $A \rightarrow P$ 於 110°C 之連續式生產製程，此溫度下之反應速率常數 (rate constant, k) 為 10 h^{-1} ，進料反應物 A 濃度為 3 M ，而每日欲處理反應物 48 m^3 ，分別以理想之恆溫連續攪拌槽式反應器 (continuous stirred tank reactor, CSTR) 或恆溫塞流式反應器 (plug flow reactor, PFR) 進行設計評估。

(一)以 0.5 m^3 恆溫連續攪拌槽式反應器 (CSTR) 進行反應，計算反應器出口之反應轉化率 (conversion)。(7 分)

(二)當以兩個相同 0.25 m^3 之恆溫連續攪拌槽式反應器 (CSTR) 進行串聯，其反應轉化率為何？(8 分)

(三)以 0.5 m^3 恆溫塞流式反應器 (PFR) 進行反應，計算反應器出口之反應轉化率。(10 分)

二、探討有機氣體分子 (A) 之分解反應動力學，於恆溫批次反應器 (batch reactor) 中進行實驗。已知此為不可逆反應 (irreversible reaction)，此氣相反應可表示為 $A \rightarrow B + C$ 。將純 A 置於 600°C 反應器進行分解，反應過程中，維持恆溫、反應無明顯吸放熱。反應器之總壓力 (total pressure) 隨反應時間變化，紀錄如下表所示。已知研究員以微分法 (differential method) 初步分析，推測反應級數 (reaction order) 應為 2 級。請利用積分法 (integral method) 協助確認是否為 2 級，並決定反應速率常數 (rate constant)，完成此反應速率定律式 (rate law)。(25 分)

(請將分析計算過程之表格數據寫於答案卷中，並提供相關之分析作圖，務必標示反應速率常數之單位，氣體常數 (gas constant): $8.314 \text{ kPa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$)

時間(s)	總壓力(kPa)
0	50.0
20	60.2
50	69.7
100	77.6
200	85.5
300	89.6

- 三、在恆溫連續式流體反應器 (isothermal flow reactor) 中進行兩階段液相串聯反應 (series reaction), $A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$ ($k_1 = k_2 = k$), 此兩階段反應均為一級 (1st-order) 反應, 而 R 為期望產物 (desired product)。純 A 進料之初始濃度 C_{A0} , 體積流率為 v_0 , 為達到最高產率的 R, 須設計評估適當之反應器體積, 請由莫耳平衡與反應器之設計方程式計算評估。
- (一) 當採用連續攪拌槽式反應器 (CSTR), 適當之反應器體積為何? (10 分)
- (二) 將反應器改為塞流式反應器 (PFR), 請表示適當的反應器體積。(15 分)

- 四、連續攪拌槽式反應器 (CSTR) 進行不可逆之液相放熱反應 $X + Y \rightarrow P$, 此為基本反應 (elementary reaction), 預熱至 150°C 之反應物 X 和 Y 以等莫耳流率進入反應器, 總體積流率為 5 dm³/s, 反應物 X 濃度為 1.5 M, 連續攪拌槽式反應器大小設計為 1 m³。反應器中裝設降溫之熱交換器, 熱交換面積為 0.5 m², 而熱交換係數 (heat transfer coefficient) 為 100 cal/s·m²·K, 冷卻劑 (coolant fluid) 維持在 30°C。依照此反應器設計, 請評估此反應器是否可達到 80% 轉化率 (conversion)。(25 分)

* $X + Y \rightarrow P$ 反應之基本資料如下:

- (1) 各物質焓 (enthalpy): H_X (298K) = -20.2 kcal/mol、
 H_Y (298K) = -17.4 kcal/mol、 H_P (298K) = -45.6 kcal/mol。
- (2) 熱容值 (heat capacity) 分別為 $C_{P,X} = 20$ cal/mol·K、
 $C_{P,Y} = 18$ cal/mol·K、 $C_{P,P} = 38$ cal/mol·K。
- (3) 300 K 下之反應速率常數 (rate constant) $k = 0.002$ dm³/mol·s, 活化能 (activation energy) $E_A = 5$ kcal/mol。
氣體常數 (gas constant) $R = 1.987$ cal/mol·K。