

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、(一)說明或推導證明為何理想塞流式反應器 (plug flow reactor, PFR) 可視為無窮多理想連續攪拌槽式反應器 (continuous stirred tank reactor, CSTR) 串聯的反應器。(5分)
- (二)生物化學反應進行過程中，可能出現「產物抑制」(product inhibition) 現象；意思是：當產物濃度逐漸升高時，會導致反應速率下降。請說明當出現「產物抑制」現象時，應該選擇塞流式反應器 (PFR) 或連續攪拌槽式反應器 (CSTR)，以減輕它的影響。(注意：無解釋說明不予給分)(5分)
- (三)某知名化學反應工程教科書上有一段敘述：「連續攪拌槽式反應器 (CSTR) 的缺點是單位體積轉化率是所有流動式反應器 (flow reactors) 中最低的」，請詮釋這段敘述的理論基礎、正確性或其適用範圍。(5分)
- 二、某一液體化學反應 $A \rightarrow B$ 在恆溫批式反應器 (batch reactor) 中進行，反應物 A 起始濃度 $C_{A0} = 0.5 \text{ g-mole/L}$ ，反應轉化率達到 90% 所需時間為 48 分鐘，已知此液體反應為二級反應；計算此反應轉化率達到 99% 所需時間，並說明為何轉化率由 90% 到 99% 所需時間有巨大差異。(8分)
- 三、已知一個基本 (elementary) 氣體反應 $A \rightarrow B + 2D$ 之反應活化能為 85 kJ/mol ，在 50°C 時反應速率常數 k 值為 10^{-4} min^{-1} 。
- (一)假設在一個連續攪拌槽式反應器 (CSTR) 中進行，A 進料流速 2.5 mol/min ，固定溫度 127°C ，壓力為 10 大氣壓，求到達轉化率 80% 所需反應器體積？(8分)
(注意：需考慮反應前後體積差異影響)
- (二)假設在一個塞流式反應器 (PFR) 中進行，A 進料流速 2.5 mol/min ，固定溫度 127°C ，壓力為 10 大氣壓，求到達轉化率 80% 所需反應器體積？(9分)
(注意：需考慮反應前後體積差異影響)
- 四、利用一個批式反應器進行氣體解離反應 $A \rightarrow B + C$ ，假設在固定溫度且反應器體積固定下測得總壓力隨時間變化數據如下表，已知反應起始時反應器內為純 A 氣體，且此反應為一級反應，請求出此反應速率常數 k 值大小？(15分)

| | | | | | | |
|---------|-----|-----|------|------|------|------|
| 時間, min | 0 | 3.4 | 28.1 | 54.4 | 82.4 | 96.3 |
| 總壓力, mm | 322 | 325 | 345 | 365 | 385 | 395 |

(請接背面)

類 科：化學工程
科 目：化學反應工程學

五、一個基本 (elementary) 串聯反應 (series reactions) $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ 在批式反應器中進行。
(每小題 10 分，共 20 分)

(一) 假設 A 起始濃度為 C_{A0} ，B 和 C 起始濃度為零 ($C_{B0} = 0$ ， $C_{C0} = 0$)，請推導 B 濃度隨反應時間變化關係式和 B 濃度達到最高值的反應時間。

(二) 利用推導關係式，假設 A 起始濃度為 1 kmol/m^3 ，經過 1.5 分鐘後 A 濃度降為 0.23 kmol/m^3 ，B 濃度提升為 0.68 kmol/m^3 ；決定 k_1 值、 k_2 值及 B 濃度達到最高值的反應時間。

六、利用一非均勻相觸媒 (Heterogeneous catalysis reaction) 進行反應 $A \leftrightarrow B + C$ 已知反應速率式如下：

$$-r_A = \frac{kP_A}{(1 + K_1P_A + K_2P_B + K_3P_C)^2}$$

依據 Langmuir-Hinshelwood 原理，非均勻相觸媒反應分為：吸附 (adsorption)、表面反應 (surface reaction)、脫附 (desorption) 三大步驟，已知此非均勻相觸媒反應速率決定步驟為表面反應。

(一) 設觸媒表面活性中心為 S，說明此反應可能的反應機構，並推導證明。(20 分)

[注意：反應速率式中可能參數或變數只限於：氣體分壓 (P_A 、 P_B 與 P_C)、反應速率常數 (吸附 k_A 、表面反應 k_S 、脫附 k_D)、平衡常數 (吸附 K_A 、表面反應 K_S 、脫附 K_D 或自行定義) 和整體活性部位濃度 (C_t)。]

(二) 說明如何利用起始速率 (initial rate) 方法，設計實驗證明反應速率式正確？
(5 分)