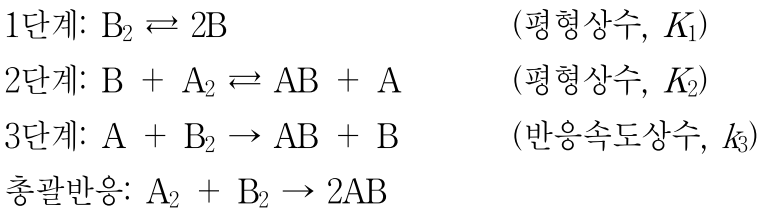


반응공학

2020년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :                      성명 :

제 1 문. AB 구조의 화합물 생성반응은 아래와 같은 3단계 기초반응에 따라 진행된다.



이때 1단계 반응과 2단계 반응은 평형 상태의 빠른 가역반응인 반면, 3단계 반응은 느린 비가역반응이다. 다음 물음에 답하시오. (총 15점)

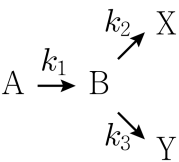
- 1) 총괄반응속도식을  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $k_3$ 와 반응물의 농도( $[A_2]$ ,  $[B_2]$ )와 생성물의 농도( $[AB]$ )를 포함하여 나타내시오. (5점)
- 2) 1단계 반응과 2단계 반응의 표준반응 엔탈피는 각각  $-390\text{ kJ/mol}$ 과  $-280\text{ kJ/mol}$ 이고 온도에 무관하다. 반응물의 농도가 일정한 조건에서, 초기 총괄반응속도는  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 와 비교하여  $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 2배가 된다. 이때  $k_3$ 의 활성화에너지 $[\text{kJ/mol}]$ 를 구하시오. (10점)

제 2 문. 반응물 A는 평행반응을 통해 생성물(D)과 두 개의 부산물( $U_1$ ,  $U_2$ )로 전환된다. 각각의 반응속도상수는  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ 이며, Arrhenius 식  $k_i = A_i \exp(-E_{ai}/RT)$ 을 따른다. 이때 활성화에너지 크기는  $E_{a3} > E_{a1} > E_{a2}$ 이고, 부산물( $U_1$ ,  $U_2$ )에 비해 생성물(D)이 생성되는 상대반응속도는 다음과 같다.

$$\frac{dD}{d(U_1 + U_2)} = \frac{k_1}{k_2 + k_3}$$

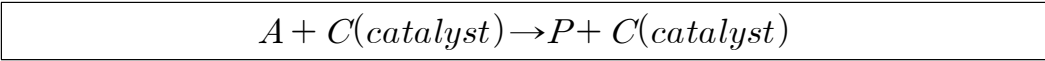
생성물(D)의 상대반응속도를 최대로 얻기 위한 운전온도를 구하시오. (10점)

제 3 문. 순수한 액상 반응물 A가 관형흐름반응기(PFR)에  $50\text{ dm}^3/\text{min}$ 의 속도로 유입되어 액상의 목적 생성물 B를 생성하며, B는 액상 부산물인 X와 Y로 경쟁적으로 전환된다. 모든 반응은 1차 기초반응이며, 반응속도상수는 각각  $k_1 = 0.2\text{ min}^{-1}$ ,  $k_2 = 0.3\text{ min}^{-1}$ ,  $k_3 = 0.1\text{ min}^{-1}$ 이다. 다음 물음에 답하시오. (총 10점)



- 1) 생성물 B의 농도를 공간시간( $\tau$ )의 함수로 구하시오. (5점)
- 2) 생성물 B의 농도를 최대로 하기 위한 반응기의 부피 $[\text{dm}^3]$ 를 구하시오. (5점)

제 4 문. 구형 촉매 입자들로 채워진 관형반응기(지름 1 cm, 길이 150 cm) 내에서 액상 1차 반응이 일어나고 있으며, 반응기는 액막 물질전달저항이 매우 낮은 조건 하에서 운전 중이다.



유효인자(effectiveness factor:  $\varepsilon$ )를 1.0으로 볼 수 있을 정도로 매우 미세한 촉매 입자들을 사용한 경우의 최종 전환율( $X_{A_f}$ )은 0.95이며, 입자 직경이 1.0 mm인 큰 촉매 입자들을 사용한 경우의 최종 전환율은 0.45이다. 다른 크기의 촉매 입자들을 사용하는 경우에도 전체 촉매의 질량(W)은 동일하며, 반응물의 유량, 유속 및 반응 온도 등 입자 크기를 제외한 다른 조건은 동일하다.

반응속도식은  $-r'_A = \frac{1}{W} \frac{dN_A}{dt} = k_s C_A$ 로 정의되는 경우, 다음 물음에 답하시오.

(총 15점)

- 1) 사용된 관형반응기를 이상적인 관형흐름반응기로 가정한 후, 물질수지를 세워  $\frac{Wk_s}{v}$ 를 유효인자와 전환율의 함수로 유도하시오. (단,  $v = \frac{F_{A_0}}{C_{A_0}}$ 이며,  $F_{A_0}$ 는 유입되는 A의 몰흐름 유량,  $C_{A_0}$ 는 A의 유입 몰농도이다) (4점)
- 2) 입자 직경이 1.0 mm인 큰 촉매 입자들을 사용한 경우, 유효인자의 값을 구하시오. 또한, 1차 반응에서  $\varepsilon = \frac{\tanh \phi}{\phi}$  관계가 성립하므로, 이를 이용하여 직경 1.0 mm 입자의 Thiele 모듈러스( $\phi$ ) 값을 구하시오. (6점)
- 3) 입자 직경이 0.2 mm인 촉매 입자들을 사용한 경우의 Thiele 모듈러스( $\phi$ )와 이에 대응하는 유효인자 및 최종 전환율을 구하시오. (5점)

## 인사혁신처 시험출제과장