

# 반응공학

2022년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 비가역 액상 등은 반응  $A \rightarrow R$ 의 반응차수는  $n$ 이다. 회분식반응기에서 농도가 초기값의  $1/10$ 로 줄어드는데 필요한 시간을  $t_{1/10}$ 이라고 할 때, 다음과 같이 초기농도( $C_{A0}$ ) 변화에 따른  $t_{1/10}$ 값을 얻었다. 다음 물음에 답하시오. (단,  $C_{A0}$ 와  $t_{1/10}$ 의 단위는 각각  $\text{mol L}^{-1}$ 와  $\text{min}$ 이다) (총 10점)

$\ln C_{A0}$	1	2	3	4
$\ln t_{1/10}$	10	8	6	4

- 반응속도상수를  $k$ 라고 할 때,  $t_{1/10}$ 를  $k$ ,  $n$  및  $C_{A0}$ 의 함수로 유도하시오. (7점)
- 위 표의 결과를 적용하여  $n$ 을 구하시오. (3점)

제 2 문. 완벽한 혼합을 가정할 수 있는 회분식반응기에 소량의 개시제(I)를 포함한 스타이렌 단량체(M)를 액상으로 투입하였다. 중합 반응이 종료된 후에 반응기에는 용해된 고분자, 미반응 스타이렌과 개시제의 혼합물이 얻어진다. 개시제는 다음과 같이 2개의 자유 라디칼( $R\cdot$ )로 분해되며, 반응차수는 1이다.



여기서 개시반응의 속도상수는  $k_d = 8.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 이다. 생성된 각각의 자유 라디칼은 하나의 활성 고분자 라디칼을 만드는데, 스타이렌 단량체가 소모되는 반응속도식은 아래와 같다. (단, 개시제 효율은 100 %이고, 개시반응이 율속 단계이다)

$$-r_M = k_p [M][I]^{1/2}$$

여기서 속도상수는  $k_p = 7.5 \times 10^{-4} \text{ L}^{1/2} \text{ mol}^{-1/2} \text{ s}^{-1}$ 이다. 초기에 투입된 개시제와 단량체의 농도는 각각  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$ 와  $8.23 \text{ mol L}^{-1}$ 이고 반응은 액상에서 등온으로 진행된다. 또한, 반응 전후에 반응물 부피는 변하지 않는 것으로 가정한다. 다음 물음에 답하시오. (총 15점)

- 단량체 전환율이 50 %에 도달하는 데 필요한 시간[h]과 그 때의 개시제 농도[ $\text{mmol L}^{-1}$ ]를 구하시오. (단, 계산값은 소수점 셋째 자리에서 반올림한다) (10점)
- 2개의 활성 고분자 라디칼이 결합하여 비활성 고분자가 생성된다고 가정할 때 (그 외의 종결 반응은 없는 것으로 가정), 단량체 전환율 50 %에서 생성되는 비활성 고분자당 단량체의 평균 개수를 정수로 구하시오. (5점)

제 3 문. 단열 흐름반응기에서 기초 액상 가역반응  $A \rightleftharpoons B$ 가 진행된다. 330 K에서 정반응속도상수( $k$ )는  $5.00 \text{ h}^{-1}$ 이고 농도평형상수( $K_e$ )는 3.00이다. 반응물의 공급농도는  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 이고 공급유량( $F_{A0}$ )은  $100 \text{ kmol h}^{-1}$ 이며, 공급온도는 330 K이다. 반응열은  $-5,500 \text{ J mol}^{-1}$ 이고 활성화에너지는  $60 \text{ kJ mol}^{-1}$ 이며, A의 소모속도는  $-r_A$ 이다. (총 15점)

- 1) 전환율(X)에 따라 측정한 온도는 아래의 표와 같다. 필요한 식을 제시하고 표를 완성하시오. (단, 계산값은 소수점 셋째 자리에서 반올림한다) (5점)

전환율	온도[K]	정반응속도상수[h <sup>-1</sup> ]	농도평형상수	$-r_A[\text{mol L}^{-1} \text{ h}^{-1}]$
0	330	5.00	3.00	50.00
0.13	338			
0.26	346			
0.39	354			
0.52	362			
0.65	370			

- 2) 위 표에서 이웃하는 점들을 직선으로 연결하여  $F_{A0}/-r_A$  vs. X 그래프를 결정한다. 1개의 연속교반탱크반응기와 1개의 플러그흐름반응기를 임의의 순서로 직렬 연결하여 전환율 65%를 달성하고자 한다. 반응기의 전체 부피를 최소로 하는 반응기 배치순서를 결정하고, 각 반응기의 부피[L]를 구하시오. (10점)

제 4 문. 부피가 일정한 등온 회분식반응기에서 비가역 기상 반응  $A \rightarrow B$ 가 불균일계 촉매의 존재하에 진행된다. (총 10점)

- 이 반응의 반응차수가 1일 때, 반응물 A의 전환율(X)을 반응시간(t)의 함수로 유도하시오. 회분식반응기의 부피는 V [L]이고 사용한 귀금속 촉매의 무게는 W [kg]이며, 반응속도상수는  $k [\text{L kg}^{-1} \text{ s}^{-1}]$ 이다. (단, 귀금속 촉매의 경우 비활성화되지 않는다) (2점)
- 위 반응에서 귀금속 촉매를 전이금속 촉매로 대체하면 반응차수와 초기 반응 속도는 변화가 없으나 반응시간이 지나면서 촉매가 비활성화되는 문제가 발생한다. 전이금속 촉매를 사용하는 경우, 촉매 비활성화 속도(decay rate)는 촉매 활성화도(a)에 대한 2차 반응이고 비활성화 속도상수(decay rate constant)는  $k_d [\text{s}^{-1}]$ 이다. 귀금속 촉매를 W [kg]만큼 사용한 경우와 동일한 반응시간(t) 동안 동일한 전환율을 얻기 위해 필요한 전이금속 촉매의 무게  $W_{tr} [\text{kg}]$ 을 유도하시오. (6점)
- 전이금속 촉매와 귀금속 촉매를 각각 사용하는 경우, 동일한 무게를 사용하고 반응시간을 다르게 하여 동일한 전환율을 달성하고자 한다. 귀금속 촉매를 사용하는 경우의 반응시간을 t라고 할 때, 전이금속 촉매를 사용하는 경우의 반응시간( $t_{tr}$ )을 유도하시오. (2점)

## 인사혁신처 시험출제과장