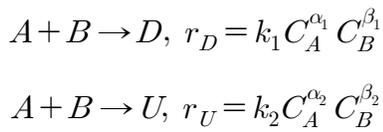


반응공학

문 1. 등온 혼합흐름 반응기에서 $A \rightarrow B$ 인 비가역 2차 액상 반응을 진행하여 전환율 80%를 얻었다. 이 반응을 같은 부피의 플러그흐름 반응기에서 조업한다면 전환율은? (단, 다른 조건은 변함없다)

- ① $\frac{4}{5}$
- ② $\frac{8}{9}$
- ③ $\frac{14}{15}$
- ④ $\frac{20}{21}$

문 2. 다음과 같은 액상 평행반응이 경쟁적으로 진행된다. $\alpha_1 < \alpha_2$, $\beta_1 < \beta_2$ 경우, 원하지 않는 부산물 U 에 비하여 원하는 생성물 D 를 더 많이 얻기 위한 방법이 아닌 것은?



- ① 혼합흐름 반응기를 사용한다.
- ② 순환비(recycle ratio)가 큰 재순환 반응기(recycle reactor)를 사용한다.
- ③ 불활성물질로 희석된 원료를 사용한다.
- ④ 회분식 반응기를 사용한다.

문 3. 등온 혼합흐름 반응기에서 $A \rightarrow B$ 인 비가역 1차 액상 반응이 진행된다. 이 반응의 반응속도상수가 1 min^{-1} , A 의 초기농도가 1 mol L^{-1} , A 의 초기 몰유속이 100 mol min^{-1} 일 때, A 의 전환율 80%를 얻기 위한 반응기의 부피[L]는?

- ① 100
- ② 200
- ③ 300
- ④ 400

문 4. 등온 회분식 반응기에서 $A \rightarrow B$ 인 비가역 2차 액상 반응을 진행하여 반응 개시 후 전환율 20%에 도달하는 데 10 min이 걸렸다. 전환율 50%에 도달하는 데 걸리는 시간[min]은? (단, 다른 조건은 변함없다)

- ① 20
- ② 30
- ③ 40
- ④ 50

문 5. 반응물 A 의 초기농도(C_{A0})를 바꾸며 농도가 초기농도의 반이 되는 시간($t_{1/2}$)을 측정하는 반감기 방법을 이용하여 실험한 결과, C_{A0} 에 대해 $t_{1/2}$ 이 변하지 않았다. 이 반응에 대해 A 의 농도(C_A)와 시간(t) 사이의 선형관계를 얻을 수 있는 것은?

- ① C_A 대 t
- ② $\ln C_A$ 대 t
- ③ $\frac{1}{C_A}$ 대 t
- ④ $\frac{1}{C_A^2}$ 대 t

문 6. 400 K에서 이상기체 A 의 반응속도식이 (가)와 같다. 이 반응의 속도식이 (나)처럼 표현될 수 있다면, 반응속도상수(k)의 값과 단위는? (단, p_A 는 A 의 기체압력, C_A 는 A 의 농도, 기체상수는 $R = 8 \times 10^{-5} \text{ atm m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

(가) $-\frac{dp_A}{dt} = 4p_A^2 \text{ [atm h}^{-1}\text{]}$

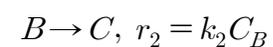
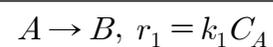
(나) $-r_A = kC_A^2 \text{ [mol m}^{-3} \text{ h}^{-1}\text{]}$

- ① $0.128 \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ h}^{-1}$
- ② $0.256 \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ h}^{-1}$
- ③ $0.128 \text{ mol m}^{-3} \text{ h}^{-1}$
- ④ $0.256 \text{ mol m}^{-3} \text{ h}^{-1}$

문 7. 등온 혼합흐름 반응기에서 $A \rightarrow P$ 인 비가역 1차 반응이 진행된다. 반응물 A 만을 반응기에 주입할 때, 부피가 V 인 혼합흐름 반응기를 이용하여 얻을 수 있는 전환율이 80%이었다. 이를 대체하여 부피가 $\frac{V}{2}$ 인 혼합흐름 반응기 두개를 직렬로 연결한다면, 최종적으로 얻을 수 있는 전환율은? (단, 반응속도 상수와 부피유속은 동일하다)

- ① $\frac{3}{4}$
- ② $\frac{8}{9}$
- ③ $\frac{15}{16}$
- ④ $\frac{24}{25}$

문 8. 다음의 반응계에서 혼합흐름 반응기와 플러그흐름 반응기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, B 와 C 의 초기농도는 0이다)



- ① 플러그흐름 반응기가 B 의 최대농도를 얻는 데 혼합흐름 반응기보다 항상 짧은 공간시간을 요구한다.
- ② 반응기에서 얻어지는 B 의 최대농도는 플러그흐름 반응기가 혼합흐름 반응기보다 항상 크다.
- ③ B 의 총괄수율은 어떤 전환율에서도 플러그흐름 반응기가 혼합흐름 반응기보다 항상 크다.
- ④ $\frac{k_2}{k_1}$ 가 1보다 클 때, 높은 B 의 총괄수율을 얻기 위해서는 A 의 전환율을 낮추는 것이 유리하다.

문 9. 회분식 반응기에서 다음과 같은 2단계의 비가역 액상 반응이 진행된다. 원하는 생성물 R의 농도가 최대가 되는 시점에서 B의 농도가 1 mol L^{-1} 일 때, 이 시점에서 성분 A와 S의 농도 $[\text{mol L}^{-1}]$ 는? (단, A의 초기농도는 $C_{A0} = 2.0 \text{ mol L}^{-1}$, B의 초기농도는 3.0 mol L^{-1} , R과 S의 초기농도는 0이다)

반응식:

$$A + B \xrightarrow{k_1} R, \quad k_1 = 2.0 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

$$R + B \xrightarrow{k_2} S, \quad k_2 = 1.0 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

R의 최대 농도 $C_{R, \max}$ 관계식:

$$\frac{C_{R, \max}}{C_{A0}} = \left(\frac{k_1}{k_2} \right)^{\left(\frac{k_2}{k_2 - k_1} \right)}, \quad \frac{k_2}{k_1} \neq 1$$

	A의 농도	S의 농도
①	0.25	0.75
②	0.25	1.25
③	0.50	0.50
④	0.50	1.00

문 10. $A \rightarrow R$ 의 1차 기상 촉매반응이 진행된다. 촉매를 매우 미세하게 분쇄하여 촉매 내부에서 물질의 확산저항을 제거하였을 때, 촉매 단위 질량당 반응속도가 어떤 일정 A의 농도에서 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol s}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 이었다. 이 촉매를 직경 0.5cm 구형으로 크게 성형한 촉매입자를 이용하여 동일 조건에서 반응 실험을 한 결과, 동일 A의 농도에서 반응속도가 $1.5 \times 10^{-5} \text{ mol s}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 이었다. 이 성형 촉매 입자의 내부유효인자(internal effectiveness factor)는?

- ① 0.075
- ② 0.10
- ③ 0.125
- ④ 0.15

문 11. 플러그흐름 반응기에서 $2A \rightarrow 5R$ 인 균일계 기상반응이 진행된다. 반응초기에 50%의 불활성기체와 50%의 반응물 A가 공급된다고 할 때, 부피변화분율 ε_A 는?

- ① 0.5
- ② 0.75
- ③ 1.0
- ④ 1.25

문 12. 불균일 반응(heterogeneous reaction)의 예로 옳지 않은 것은?

- ① 공기 중에서 탄소입자의 연소
- ② 호기성 발효(aerobic fermentation)
- ③ 에틸아세테이트의 가수분해 반응
- ④ 물에 빠진 못이 녹스는 현상

문 13. 온도가 T_1 에서 T_2 로 증가하였을 때, 반응속도상수가 2배 증가하였다. 이 반응에 대한 활성화 에너지(E)와 반응온도의 관계식은? (단, 반응속도상수는 Arrhenius 관계식을 따르며, R은 기체상수, T_1 과 T_2 에서 빈도인자(frequency factor)는 동일한 값을 갖는다)

- ① $\frac{E}{R} = \frac{2(T_2 - T_1)T_2}{T_1}$
- ② $\frac{E}{R} = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln 2$
- ③ $\frac{E}{R} = \frac{(T_2 - T_1)T_2}{T_1} \ln 2$
- ④ $\frac{E}{R} = \frac{2T_1 T_2}{T_2 - T_1}$

문 14. 다음과 같은 반응 $A \rightarrow B$ 가 활성화된 A^* 를 경유해서 진행된다. A^* 에 대해 유사 정상상태 가정(pseudo steady state assumption)을 사용하여 유도된 반응속도식은? (단, C_A 는 A의 농도, C_{A^*} 는 A^* 의 농도이다)

$$A + A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} A^* + A, \quad r_1 = k_1 C_A^2 - k_{-1} C_A C_{A^*}$$

$$A^* \xrightarrow{k_2} B, \quad r_2 = k_2 C_{A^*}$$

- ① $r_2 = \frac{k_{-1} k_2 C_A}{k_1 C_A^2 + k_2}$
- ② $r_2 = \frac{k_{-1} k_2 C_A^2}{k_1 C_A + k_2}$
- ③ $r_2 = \frac{k_1 k_2 C_A^2}{k_{-1} C_A + k_2}$
- ④ $r_2 = \frac{k_1 k_2 C_A}{k_{-1} C_A^2 + k_2}$

문 15. 초기 부피가 V_0 인 등온 정압 회분식 반응기에서 반응물 A의 초기농도를 C_{A0} 로 균일계 0차 반응을 진행하여 최종적으로 부피가 V로 되었을 때의 반응시간은? (단, ε_A 는 부피변화분율, k는 반응속도 상수, $\Delta V = V - V_0$ 이다)

- ① $\frac{C_{A0}}{k \varepsilon_A} \ln \frac{V}{V_0}$
- ② $-\frac{1}{k} \left(1 - \frac{\Delta V}{\varepsilon_A V_0} \right)$
- ③ $\frac{1}{k} \frac{(1 + \varepsilon_A) \Delta V}{V_0 \varepsilon_A - \Delta V}$
- ④ $\frac{\varepsilon_A}{k} \ln \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0 \varepsilon_A} \right)$

문 16. 단열 혼합흐름 반응기에서 다음의 액상반응이 상변화 없이 진행된다. 반응 개시 후 전환율이 75%에 도달하였을 때의 반응기 온도[K]는? (단, C_A 는 A의 농도, A의 초기농도는 4.0 mol L^{-1} , 반응 초기온도는 300 K , 반응열은 $\Delta H_R = -20 \text{ kcal mol}^{-1}$, 반응기 부피당 열용량은 $\rho C_p = 1 \text{ kcal L}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이며, 반응의 ΔH_R , ρ 및 C_p 는 모두 온도에 무관하며 일정한 값을 갖는다)

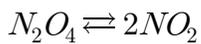


- ① 330
- ② 345
- ③ 360
- ④ 375

문 17. 일정한 온도에서 기상반응이 일어나는 충전층 반응기(packed-bed reactor)에서 촉매 입자 크기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 에르군(Ergun) 식은 다공성 입자가 충전된 층에서의 압력강하를 계산하는 식이다.
- ② 촉매 입자의 직경이 작아지면 반응물과 생성물의 촉매 내부 확산저항이 작아진다.
- ③ 유동층에 비하여 고정층에서는 매우 작은 입자의 촉매 사용이 가능하다.
- ④ 촉매 입자의 직경이 커지면 반응기 내의 압력강하가 작아진다.

문 18. 정용 회분식 반응기에서 순수한 반응물인 사산화이질소(N_2O_4)가 이산화질소(NO_2)로 분해되는 등온 가역 기상반응이 다음과 같이 진행된다. 이 반응의 농도평형상수(K_c)는? (단, C_{A0} 는 사산화이질소의 초기농도, X_e 는 평형전환율이다)



- ① $K_c = \frac{4X_e^2}{C_{A0}(1-X_e)}$
- ② $K_c = \frac{4C_{A0}X_e}{(1-X_e)^2}$
- ③ $K_c = \frac{4C_{A0}X_e^2}{(1-X_e)}$
- ④ $K_c = \frac{C_{A0}X_e^2}{4(1-X_e)}$

문 19. 플러그흐름 반응기에서 수용액 반응물 A의 분해 반응을 수행한 결과, 1차 반응속도로 분해되며 그 농도가 반으로 감소하는 데 공간시간이 7 min 이었다. 동일한 반응을 A의 부피유속 2 L min^{-1} 로 공급하며, 각각의 부피가 20 L 인 두 개의 직렬로 연결된 연속혼합흐름 반응기에서 수행했을 때, 최종적으로 얻을 수 있는 전환율은? (단, $\ln 2 = 0.7$ 이며, 반응온도는 동일하다)

- ① 0.50
- ② 0.58
- ③ 0.67
- ④ 0.75

문 20. 플러그흐름 반응기로부터 생성물 흐름을 분리하여 그중의 일부를 반응기 입구로 재순환시키는 재순환 반응기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 순환비는 반응계를 떠나는 유체의 부피를 반응기 입구로 되돌아가는 유체의 부피로 나눈 값이다.
- ② 일반적으로 반응속도가 양의 차수일 때 재순환 반응기가 플러그흐름 반응기보다 낮은 전환율을 나타낸다.
- ③ 순환비를 높일수록 혼합흐름 반응기의 특성을 나타낸다.
- ④ 재순환 반응기에서 자동촉매반응(autocatalytic reaction)이 일어날 때 일정한 전환율을 얻으면서 반응기의 부피를 최소화 하는 최적의 순환비는 반드시 존재한다.