

## 반응공학

1. 반응 및 반응속도상수에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 0차 반응의 반응속도는 반응물의 초기농도에 영향을 받지 않는다.  
② 1차 반응의 반응속도상수 단위는  $\text{mol m}^{-3} \text{s}^{-1}$ 이다.  
③ 촉매는 화학반응의 활성화에너지와 반응열을 모두 변화시킨다.  
④ 반응속도상수는 화학반응의 종류에 상관없이 온도에 의해서만 결정된다.

2. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 비가역 액상 기초반응  $A \rightarrow B$ 가 진행될 때, 반응물 A의 전환율에 대한 식은? (단,  $k$ 는 반응속도상수,  $\tau$ 는 공간시간이다)

- ①  $\frac{1}{1+k\tau}$   
②  $\frac{k\tau}{1+k\tau}$   
③  $1 - e^{-k\tau}$   
④  $k\tau$

3. 등온 촉매충전층반응기(PBR)에서 비가역 기상 기초반응  $A \rightarrow B$ 를 진행할 때, A의 전환율 0.25를 달성하기 위하여 필요한 촉매의 최소량[kg]은? (단, 반응기로 공급되는 A의 부피유량은  $0.001 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ , 반응속도상수는  $1 \text{ L kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 이고, A와 B는 이상기체이며, 압력강하는 무시한다)

- ①  $\ln \frac{5}{4}$   
②  $\ln \frac{4}{3}$   
③  $\ln 3$   
④  $2 \ln 2$

4. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 비가역 액상 0차 반응  $A \rightarrow B$ 를 진행할 때, A의 전환율은 0.4이다. 이 반응을 동일한 부피의 플러그 흐름반응기(PFR)로 진행할 때, A의 전환율은? (단, A의 공급 몰유량과 반응 온도는 동일하다)

- ① 0.2  
② 0.4  
③ 0.6  
④ 0.8

5. 두 이상기체 A, B에 대하여 가역 기초반응  $A \rightleftharpoons B$ 를 진행할 때, 온도 400 K에서 평형상수가 2라면, 600 K에서 평형상수는? (단, 기체상수는  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , 표준반응엔탈피는  $19,200 \text{ J mol}^{-1}$ 이며, 온도에 상관없이 일정하다)

- ①  $e^2$   
②  $2e^2$   
③  $\frac{e^4}{2}$   
④  $e^4$

6. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 순수한 A를 반응물로 비가역 액상 기초반응  $A \rightarrow B$ 를 진행할 때, A의 전환율이 0.5이다. A의 전환율을 높이기 위해, 두 번째 CSTR을 직렬로 연결하여 동일한 온도와 부피유량으로 같은 반응을 진행할 때, A의 총괄 전환율은 0.8이다. 두 번째 반응기 부피는 첫 번째 반응기 부피의 몇 배인가?

- ① 0.5  
② 1  
③ 1.5  
④ 2

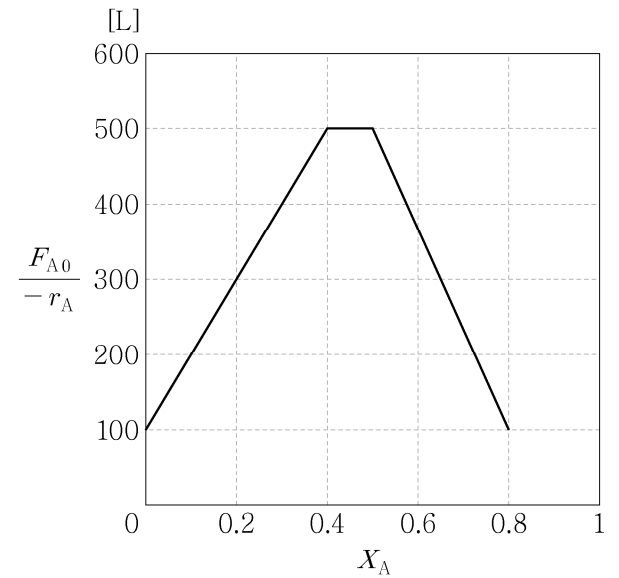
7. 순수한 반응물 A로 B를 생성하는 비가역 반응이 등온 정용 회분식 반응기에서 일어난다. A의 소멸반응에 대한 반응속도상수는  $0.2 \text{ dm}^6 \text{ mol}^{-2} \text{ min}^{-1}$ 이고 A의 초기농도는  $2 \text{ mol dm}^{-3}$ 일 때, 900초가 지난 후 A의 농도  $[\text{mol dm}^{-3}]$ 는?

- ①  $\frac{2}{e^3}$   
 ②  $\frac{2}{e}$   
 ③  $\frac{2}{7}$   
 ④  $\frac{2}{5}$

8.  $A \rightarrow B$  반응에서 반응물 A의 초기농도와 부피유량이 각각  $2 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $20 \text{ L min}^{-1}$ 일 때, A의 전환율 0.8을 달성하는 데 필요한 연속교반 탱크반응기(CSTR)의 부피 [L]는? (단, 속도식은  $-r_A = \frac{0.5C_A}{0.6 + C_A}$   $[\text{mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}]$ 이고,  $C_A$ 는 A의 농도  $[\text{mol L}^{-1}]$ 이다)

- ① 160  
 ② 180  
 ③ 200  
 ④ 220

9. 그림은 등온 비가역 액상 반응  $A \rightarrow B$ 에 대한 레벤스필(Levenspiel) 도표이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단,  $F_{A0}$ 는 A의 공급 몰유량,  $-r_A$ 는 A의 소멸속도,  $X_A$ 는 A의 전환율이다)



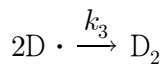
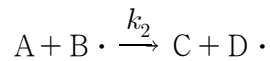
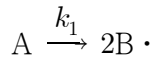
- ① 단일 연속교반탱크반응기(CSTR)로  $X_A = 0.4$ 를 달성하는 데 필요한 반응기 부피는 120 L이다.  
 ② 단일 플러그흐름반응기(PFR)로  $X_A = 0.4$ 를 달성하는 데 필요한 반응기 부피는 40 L이다.  
 ③ 특정  $X_A$ 를 달성하기 위해 직렬연결한 2개의 PFR 부피 합은 같은  $X_A$ 를 얻기 위한 단일 PFR 부피보다 작다.  
 ④  $X_A = 0.8$ 을 달성하는 데 필요한 단일 CSTR 부피는 직렬연결한 2개의 CSTR 부피 합보다 항상 작다.
10. 등온 비가역 액상 2차 반응  $A \rightarrow B$ 를 진행한다. 전환율 0.6을 달성하는 데 필요한 플러그흐름반응기(PFR) 부피( $V_P$ )와 연속교반탱크 반응기(CSTR) 부피( $V_C$ )의 비  $\left(\frac{V_C}{V_P}\right)$ 는? (단, A의 공급 몰유량, A의 초기 농도, 반응 온도는 동일하다)

- ① 1.5  
 ② 2  
 ③ 2.5  
 ④ 3

11. 소결(sintering)에 의한 촉매 비활성화에 해당하는 것은?

- ① 반응 생성물의 침적에 의한 촉매 활성 표면적 상실
- ② 원료에 함유된 불순물의 비가역 흡착에 의한 촉매 활성점 상실
- ③ 활성 성분과 반응물 간의 결합에 의한 촉매 활성점 상실
- ④ 촉매 결정의 응집에 의한 촉매 활성 표면적 상실

12. 다음은 A의 분해 메커니즘이다. B·과 D·에 유사 정상상태 가정을 적용하여 유도된 C의 생성속도식은? (단,  $C_A$ ,  $C_{D_2}$ 는 각각 A,  $D_2$ 의 농도이고,  $k_1$ ,  $k_3$ 은 각각 A와 D·의 소멸반응에 대한 반응속도상수이며, 각 단계의 반응은 기초반응이다)



- ①  $2k_1 C_A$
- ②  $2k_1 C_{D_2}$
- ③  $2k_1 C_A C_{D_2}$
- ④  $2k_1 (C_A + C_{D_2})$

13. 가역 기초반응  $A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} B$ 와 비가역 기초반응  $A \xrightarrow{k_2} C$ 가 동시에

진행될 때, A의 소멸속도식은?

- ①  $k_1 C_A - k_{-1} C_B + k_2 C_A$
- ②  $k_1 C_A - k_{-1} C_B + k_2 C_C$
- ③  $(k_1 - k_{-1} + k_2) C_A$
- ④  $(k_1 + k_2) C_A - k_{-1} C_B - k_2 C_C$

14. 정용 회분식반응기에서  $0.875 \text{ mol dm}^{-3}$ 의 순수한 A를 반응물로 등은 가역 액상 기초반응  $A \rightleftharpoons 2B$ 를 진행한다. 평형상수가 0.4일 때, A의 평형전환율은? (단, A와 B의 활동도계수는 1이다)

- ①  $\frac{1}{7}$
- ②  $\frac{1}{5}$
- ③  $\frac{2}{7}$
- ④  $\frac{2}{5}$

15. 등온 반응기에서 순수한 A를 반응물로 비가역 액상 병렬반응  $A \rightarrow D$ 와  $A \rightarrow U$ 를 동시에 진행한다. 순간 선택도( $S_{D/U}$ )에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $S_{D/U} = \frac{D \text{의 생성속도}}{U \text{의 생성속도}}$ 이고, 반응속도상수는 아레니우스(Arrhenius) 식을 따른다)

- ① 두 반응의 활성화에너지가 같다면,  $S_{D/U}$ 는 반응 온도와 무관하다.
- ② D의 반응차수가 U의 반응차수보다 크면,  $S_{D/U}$ 는 A의 농도가 높을수록 증가한다.
- ③ 두 반응의 반응차수가 같다면,  $S_{D/U}$ 는 A의 농도와 무관하다.
- ④ 두 반응의 활성화에너지와 반응차수가 모두 같다면,  $S_{D/U}$ 는 항상 1이다.

16. 등온 플러그흐름반응기(PFR)에서 비가역 액상 2차 반응  $2A \rightarrow B$ 를 진행하여 A의 전환율 0.2를 얻었다. 동일한 반응조건에서 반응기의 길이만 2배로 증가시켰을 때, A의 전환율은?

- ①  $\frac{1}{3}$
- ②  $\frac{1}{2}$
- ③  $\frac{2}{3}$
- ④  $\frac{3}{4}$

17. 정용 회분식반응기에서 등온 비가역 액상 기초반응  $2A \rightarrow B + C$ 를 진행할 때, 반응 1시간 후 전환율 0.5에 도달한다. 반응 3시간 후 전환율은?

- ① 0.6  
② 0.65  
③ 0.7  
④ 0.75

18. 정반응이 발열 반응인 가역 액상 1차 반응  $A \rightleftharpoons B$ 를 진행할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 평형전환율은 온도 증가에 따라 최대 1까지 증가한다.  
② 단열 조건에서 동일한 전환율을 달성하기 위한 연속교반탱크 반응기(CSTR) 부피는 플러그흐름반응기(PFR) 부피보다 항상 크거나 같다.  
③ 단열 조건에서 도달할 수 있는 가장 높은 전환율은 단열평형 온도에서의 평형전환율과 같다.  
④ 반응이 평형전환율에 도달하면, 반응물의 단위 시간당 농도변화는 최대가 된다.

19. 정상상태 단열 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 반응물 A 80%, 비활성 물질 I 20%를 원료로 공급하여 상변화 없는 비가역 액상 발열 기초반응  $A \rightarrow B$ 를 진행한다. 반응기 입구와 출구의 온도가 각각 600 K, 700 K이고 출구에서 A의 전환율이 0.5일 때, 이 반응의 반응열 $[\text{cal mol}^{-1}]$ 은? (단, A, B, I의 열용량은 각각  $20 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $20 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $40 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이고, 열용량과 반응열은 온도에 상관없이 일정하며, 교반기에 의한 일은 무시한다)

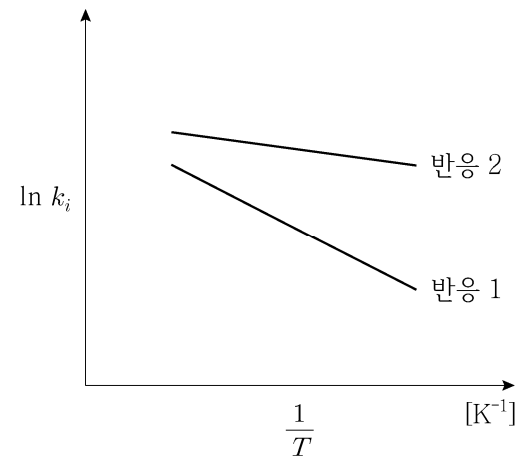
- ① -2,000  
② -3,000  
③ -4,000  
④ -6,000

20. 정용 회분식반응기에서 순수한 A를 반응물로 등온 연속반응  $A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$ 를 진행한다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

(단, 각 단계의 반응은 모두 비가역 액상 1차 반응이고,  $C_j$ 는 j의 농도,  $C_{A0}$ 는 A의 초기농도,  $t$ 는 반응시간,  $k_1$ ,  $k_2$ 는 반응속도상수이다)

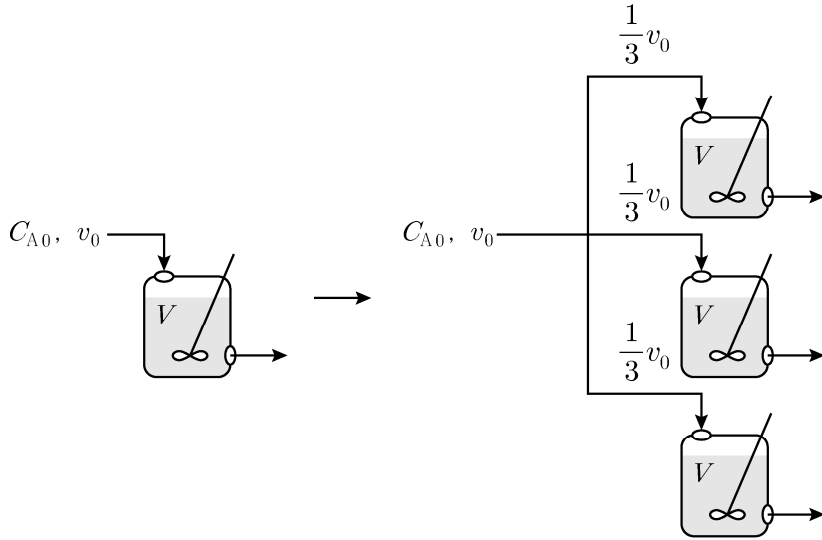
- ①  $C_A = C_{A0}e^{-k_1t}$ 이다.  
②  $C_{A0} \geq C_R + C_S$ 이다.  
③  $k_1 \gg k_2$ 일 때, S의 농도는  $C_{A0}(1 - e^{-k_1t})$ 이다.  
④  $k_2 \gg k_1$ 일 때, R의 최대 농도는  $\frac{k_1 C_{A0}}{k_2}$ 이다.

21. 다음은 두 반응에 대한 아레니우스(Arrhenius) 식의 도표이다. 반응 1과 반응 2에 대한 직선의 기울기가 각각  $-10,000 \text{ K}$ ,  $-4,000 \text{ K}$ 이고, y절편은 일치한다. 이때, 온도 1,000 K에서 반응 1의 반응속도상수( $k_1$ )에 대한 200 K에서 반응 2의 반응속도상수( $k_2$ )의 비 $\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$ 는? (단,  $k_i$ 는 반응 i의 반응속도상수이다)



- ①  $e^{-12}$   
②  $e^{-10}$   
③ 1  
④  $e^{10}$

22. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 비가역 액상 기초반응  $2A \rightarrow B + C$ 를 진행할 때, 반응물 A의 전환율은 0.5이다. 이 반응을 그림과 같이 동일한 부피의 CSTR 3개를 병렬로 연결하여 수행할 때, 반응물 A의 전환율은? (단,  $v_0$ 는 반응기로 공급되는 A의 부피유량,  $C_{A0}$ 는 A의 초기농도,  $V$ 는 반응기 부피이며, 반응속도상수는 모든 반응기에서 동일하다)



- ①  $\frac{5}{9}$   
 ②  $\frac{7}{12}$   
 ③  $\frac{5}{8}$   
 ④  $\frac{2}{3}$

23. 플러그흐름반응기(PFR)에서 반응물 A 80%, 비활성 물질 I 20%를 원료로 공급하여  $A \rightarrow 2B$  반응을 진행할 때, 반응기 출구에서 전환율은 0.5이며, 출구 압력은 입구 압력의 4배, 출구 온도는 입구 온도의 2배이다. 반응기 출구 부피유량은 입구 부피유량의 몇 배인가? (단, A, B, I는 이상기체이다)

- ① 0.5  
 ② 0.7  
 ③ 0.75  
 ④ 1

24. 다음은 촉매를 이용하여 에틸렌으로부터 에테인을 생성하는 수소화 반응의 속도식( $-r'_E$ )이다. 이 반응의 반응 메커니즘과 속도제한단계를 바르게 연결한 것은? (단,  $k$  = 속도상수,  $P_E$  = 에틸렌 압력,  $P_{H_2}$  = 수소 압력,  $K_E$  = 에틸렌 흡착평형상수이다)

$$-r'_E = \frac{kP_E P_{H_2}}{1 + K_E P_E}$$

## 반응 메커니즘

## 속도제한단계

- |               |           |
|---------------|-----------|
| ① 이중활성점       | 비가역적 표면반응 |
| ② 이중활성점       | 가역적 표면반응  |
| ③ Eley-Rideal | 비가역적 표면반응 |
| ④ Eley-Rideal | 가역적 표면반응  |

25. 불균일계 촉매에서 일어나는 등온 비가역 1차 반응  $A \rightarrow B$ 의 유효인자( $\eta$ )와 Thiele 계수( $\phi$ )에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① Thiele 계수가 0.4 보다 작으면, 표면반응이 반응속도를 지배한다.  
 ② 단일 원통형 기공에서  $\eta = \frac{\tanh \phi}{\phi}$ 가 성립한다.  
 ③ Thiele 계수가 4보다 크면, 유효인자는 1에 접근한다.  
 ④ 촉매 기공 내부의 확산 저항이 클수록 유효인자는 작아진다.