

## 반응공학

- 문 1.  $A + 2B \rightarrow C + D$  반응에서  $-r_A = 20 \text{ mol m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ 일 때,  $r_A$ ,  $-r_B$ ,  $r_C$ ,  $-r_D [\text{mol m}^{-3} \text{ s}^{-1}]$ 를 바르게 연결한 것은? (단,  $r_j$ 는 화학종  $j$ 의 생성속도이다)

	$r_A$	$-r_B$	$r_C$	$-r_D$
①	20	-40	-20	20
②	20	-40	20	-20
③	-20	40	20	-20
④	-20	40	-20	20

- 문 2.  $A \rightarrow B$  반응의 반응속도상수가 400 K에서  $1 \text{ s}^{-1}$ , 500 K에서  $100 \text{ s}^{-1}$ 으로 각각 측정되었다. 이 반응의 반응차수와 활성화 에너지  $[J \text{ mol}^{-1}]$ 는? (단, 반응속도상수는 Arrhenius 관계식을 따르며,  $R$ 은 기체상수  $[J \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}]$ ,  $\ln 100 = 4.6$ 이다)

	반응차수	활성화 에너지
①	0	$1.2 \times 10^3 \times R$
②	0	$2.3 \times 10^3 \times R$
③	1	$4.6 \times 10^3 \times R$
④	1	$9.2 \times 10^3 \times R$

- 문 3. 등온 회분식반응기에서  $A \xrightarrow{k} B$  액상 반응을 진행한다. 실험 결과를 이용하여 적분법으로 얻은 반응차수와 반응속도상수에 대한 설명으로 옳은 것은? (단,  $k$ 는 반응속도상수,  $t$ 는 반응시간,  $C_A$ 는  $A$ 의 농도,  $C_{A0}$ 는  $A$ 의 초기농도이다)

- ① 0차 반응이라면,  $C_A = kt - C_{A0}$ 이다.  
 ② 1차 반응이라면,  $\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = kt$ 이다.  
 ③ 2차 반응이라면,  $\frac{1}{C_{A0}} - \frac{1}{C_A} = kt$ 이다.  
 ④ 3차 반응이라면,  $2(C_A^{-2} - C_{A0}^{-2}) = kt$ 이다.

- 문 4.  $A \rightarrow B$  액상 반응을 진행한다. 부피가 같은 연속교반탱크반응기 (CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR) 중 어느 반응기를 사용하더라도 동일한  $A$ 의 전환율을 얻게 된다면, 이 반응의 반응차수는? (단, 반응은 등온 정상상태에서 진행하고, 나머지 조건은 동일하다)

- ① 0  
 ② 1  
 ③ 2  
 ④ 3

- 문 5. 등온 회분식반응기에서  $A \xrightarrow{k} B$  액상 기초반응을 진행한다. 반응물  $A$ 의 농도가 초기농도의 10%로 줄어드는 데 걸리는 시간  $[\text{min}]$ 은? (단, 반응속도상수  $k = 0.2 \text{ min}^{-1}$ ,  $\ln 10 = 2.3$ 이다)

- ① 2.3  
 ② 4.6  
 ③ 11.5  
 ④ 23

- 문 6. 등온 회분식반응기에서  $A \rightleftharpoons R$  가역 기상 기초반응을 진행한다. 반응이 평형에 도달했을 때  $A$ 의 전환율이 0.75이면, 이 반응의 농도평형상수( $K_C$ )는? (단, 기체는 모두 이상기체이고,  $C_{T0}$ 는  $I$ 의 초기농도,  $C_{A0} = 2 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $C_{R0} = 2 \text{ mol L}^{-1}$ 이다)

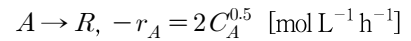
- ① 4  
 ② 5  
 ③ 6  
 ④ 7

- 문 7.  $A \rightarrow B$  액상 반응의 반응속도식이  $-r_A = \frac{kC_A}{1+KC_A}$  일 때, 초기농도  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 인 순수한 반응물  $A$ 를 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 공간시간( $\tau$ )  $60 \text{ min}$ 으로 운전하여 생성물  $B$ 를 얻었다( $C_{B1}$ ). 동일 반응 조건에서 초기농도만  $6 \text{ mol L}^{-1}$ 로 변경하여 생성물  $B$ 를 얻었다면( $C_{B2}$ ), 생성물  $B$ 의 농도비( $C_{B2}/C_{B1}$ )는? (단,  $C_A$ 는  $A$ 의 농도,  $k = 0.1 \text{ min}^{-1}$ ,  $K = 1 \text{ L mol}^{-1}$ 이다)
- ① 0.75
  - ② 0.8
  - ③ 0.9
  - ④ 1.0
- 문 8.  $A \rightarrow B$  액상 2차 반응을 연속교반탱크반응기(CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR)에서 각각 진행한다. 동일 운전 조건에서 반응물  $A$ 를 90% 전환하기 위해 필요한 CSTR 부피와 PFR 부피의 비( $V_{\text{CSTR}}/V_{\text{PFR}}$ )는?
- ① 2
  - ② 5
  - ③ 10
  - ④ 20
- 문 9. 정상상태 단열 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한  $A$ 를 반응물로  $A \rightarrow B$  발열 액상 반응을 진행한다. 반응기 입구에서  $A$ 의 농도와 온도가 각각  $5 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $400 \text{ K}$ 일 때 반응기 출구에서 온도가  $440 \text{ K}$ 에 도달하였다면, 반응물  $A$ 의 출구 농도[ $\text{mol L}^{-1}$ ]는? (단, 반응물  $A$ 의 몰당 열용량  $C_P = 0.4 \text{ kcal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , 반응열  $\Delta H_R = -20 \text{ kcal mol}^{-1}$ 이며,  $C_P$ 와  $\Delta H_R$ 은 온도에 무관하며 일정한 값을 갖는다)
- ① 0.5
  - ② 1
  - ③ 1.5
  - ④ 2

문 10. 촉매의 비활성화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 소결은 촉매가 고온에 장시간 노출되어 촉매활성 표면적이 상실됨으로써 촉매의 활성을 잃어버리는 것이다.
- ② 코크스화는 촉매 표면에 탄소계 물질이 침적되는 현상이다.
- ③ 피독은 촉매독 분자가 활성점에 비가역적으로 화학흡착하여 주반응에 이용할 수 있는 활성점의 수를 감소시킴으로써 발생한다.
- ④ 코크스화는 분산된 금속 활성점의 응집을 초래한다.

문 11. 등온 회분식반응기에서 다음의 액상 반응을  $1 \text{ mol L}^{-1}$ 의 순수한 반응물  $A$ 를 이용하여 진행한다. 반응물이 생성물로 완전히 전환될 때까지 걸리는 시간[h]은?

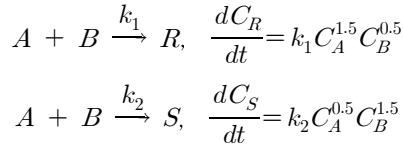


- ① 0.25
- ② 0.5
- ③ 0.75
- ④ 1

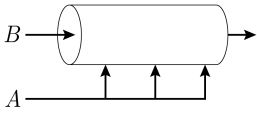
문 12.  $A \rightarrow B$  액상 기초반응을 진행한다. 여러 개의 연속교반탱크반응기(CSTR)가 직렬로 연결되어 있을 때, 하나의 플러그흐름반응기(PFR)와 직렬로 연결된 CSTR들의 최종전환율이 같아지는 조건은? (단, 총 CSTR 부피의 합과 하나의 PFR 부피는 같다)

- ① PFR에서 반응물의 공급 유량을 느리게 한다.
- ② PFR에서 반응물의 공급 유량을 빠르게 한다.
- ③ CSTR의 부피를 작게 하여 CSTR 개수를 무수히 많게 한다.
- ④ CSTR의 부피를 크게 하여 CSTR 개수가 한 개가 되게 한다.

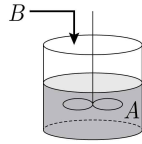
문 13. 다음 두 개의 반응이 일정 온도에서 동시에 진행될 때  $S$ 의 생산을 최대화할 수 있는 흐름 방식은?



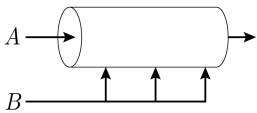
①



②



③



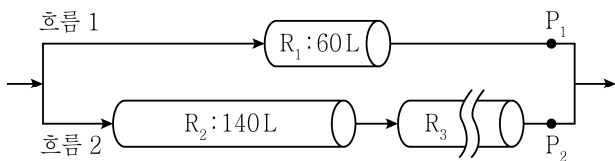
④



문 14. 등온 등압 플러그흐름반응기(PFR)에서  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$  기상 기초반응을 진행한다. 순수한 반응물  $A$ 가  $198 \text{ L min}^{-1}$ 의 부피 유량으로 주입될 때,  $B$ 의 농도가 최대가 되는 반응기 부피[L]는? (단, 기체는 모두 이상기체이고,  $k_1 = 1 \text{ min}^{-1}$ ,  $k_2 = 100 \text{ min}^{-1}$ ,  $\ln 10 = 2.3$ 이다)

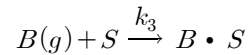
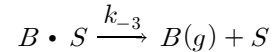
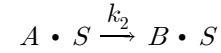
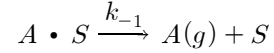
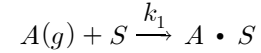
- ① 2.3  
② 4.6  
③ 6.9  
④ 9.2

문 15. 플러그흐름반응기(PFR) 3개를 직렬 및 병렬로 연결하여 액상 반응을 진행한다. 몰유량 기준으로 전체 공급물의 25%는 흐름 1로, 75%는 흐름 2로 흘러간다.  $P_1$ 과  $P_2$ 에서 전환율이 동일할 때, 반응기  $R_3$ 의 부피[L]는?



- ① 10  
② 20  
③ 40  
④ 80

문 16. 다음 반응메커니즘으로  $A \rightarrow B$  촉매반응이 진행된다. 표면반응이 속도결정단계일 때, 총괄반응속도식은? (단,  $S$ 는 촉매활성점,  $C_i$ 는 전체 활성점의 농도,  $P_i$ 는  $I$ 의 분압,  $K_i = \frac{k_i}{k_{-i}}$ 이다)



①  $\frac{k_2 K_1 P_A C_t}{1 + K_1 P_A + K_3 P_B}$

②  $\frac{k_2 K_1 P_A C_t}{K_1 P_A + K_3 P_B}$

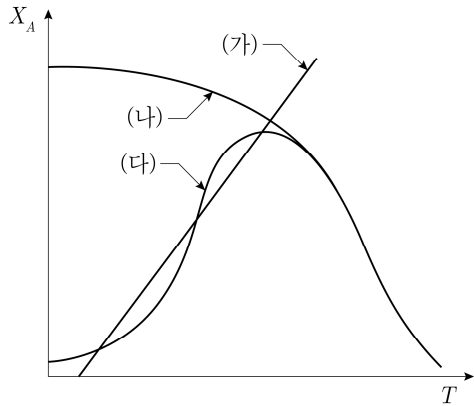
③  $\frac{k_1 P_A C_t}{1 + \frac{1}{K_1} P_B + K_3 P_B}$

④  $\frac{k_{-3} K_1 P_A C_t}{1 + K_1 P_A + K_1 K_3 P_A}$

문 17. 부피가  $250 \text{ L}$ 로 동일한 두 개의 연속교반탱크반응기(CSTR)를 직렬로 연결하였다. 순수한 반응물  $A$ 를 부피유량  $25 \text{ L min}^{-1}$ 로 주입하여  $A \xrightarrow{k} B$ 인 액상 기초반응을 진행할 때, 두 번째 반응기 출구에서  $A$ 의 전환율은? (단, 반응속도상수  $k = 0.1 \text{ min}^{-1}$ 이다)

- ① 0.5  
② 0.75  
③ 0.85  
④ 0.9

- 문 18. 정상상태 단일 연속교반탱크반응기(CSTR)에서  $A \rightleftharpoons B$  발열 가역 기초반응을 진행한다. 에너지 수지식, 물질 수지식, 화학평형식으로 부터 도출된 반응온도( $T$ )와  $A$ 의 전환율( $X_A$ ) 사이의 관계들이 그림과 같을 때, (가) ~ (다)에 해당하는 것은?



(가)

(나)

(다)

- |           |         |         |
|-----------|---------|---------|
| ① 에너지 수지식 | 물질 수지식  | 화학평형식   |
| ② 물질 수지식  | 에너지 수지식 | 화학평형식   |
| ③ 물질 수지식  | 화학평형식   | 에너지 수지식 |
| ④ 에너지 수지식 | 화학평형식   | 물질 수지식  |

- 문 19. 다공성 구형 촉매 입자상에서 일어나는 불균일계 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 표면반응이 유효단계이면 촉매 입자 기공 내부에서의 반응물 농도가 촉매 입자 외부 표면에서의 반응물 농도와 유사하다.
- ② 내부확산이 유효단계이면 반응의 내부유효인자는 1에 가까워진다.
- ③ 내부확산이 유효단계이면 Thiele 계수가 1보다 작아진다.
- ④ 촉매 입자 직경이 작아질수록 내부유효인자는 0에 가까워진다.

- 문 20. 정상상태 단일 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한 반응물  $A$ 를 이용하여  $A \rightleftharpoons B$  가역 반응을 진행한다. 입구와 출구에서의 온도가 각각  $T_1$ ,  $T_2$ 일 때, 입구 온도에서의 평형상수에 대한 출구 온도에서의 평형상수 비( $K_2/K_1$ )는? (단, 반응열과 반응물  $A$ 의 몰당 열용량  $C_P$ 는 온도에 무관하게 일정한 값을 가지며,  $R$ 은 기체상수,  $X_A$ 는 반응기 출구에서  $A$ 의 전환율이다)

- ①  $\exp\left\{\frac{C_P(T_2 - T_1)}{RX_A}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right\}$
- ②  $\exp\left\{\frac{X_A C_P(T_2 - T_1)}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right\}$
- ③  $\exp\left\{\frac{(T_2 - T_1)}{RX_A C_P}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right\}$
- ④  $\exp\left\{\frac{X_A(T_2 - T_1)}{RC_P}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right\}$

- 문 21. 부피가 1 L인 연속교반탱크반응기(CSTR)에서  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$  등은 액상 반응을 진행한다.  $B$ 의 농도가 최대가 되는 공급원료의 부피유량[L min<sup>-1</sup>]은? (단, 공급원료 내  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 의 농도는 각각 1 mol L<sup>-1</sup>, 0.5 mol L<sup>-1</sup>, 0 mol L<sup>-1</sup>이며,  $k_1 = k_2 = 1 \text{ min}^{-1}$ 이다)

- ① 1
- ② 3
- ③ 4
- ④ 8

- 문 22. 연속교반탱크반응기(CSTR) 뒤에 플러그흐름반응기(PFR)가 직렬로 연결된 반응기에서  $A \xrightarrow{k} B$  등은 액상 기초반응을 진행한다.

CSTR 부피는 PFR 부피의 2배이고 CSTR의 공간시간( $\tau$ )은 1.0 h일 때, PFR 출구에서  $A$ 의 전환율은? (단, 두 반응기에서 반응온도는 동일하고, 반응속도상수  $k = 2.0 \text{ h}^{-1}$ 이다)

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

- 문 23. 등은 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 두 개의 비가역 액상 기초 반응을 동시에 진행한다. 비목적 생성물( $U$ )에 대한 목적 생성물( $D$ )의 순간 선택도( $S_{D/U}$ )를 0.8로 유지하려고 할 때, 반응물  $A$ 의 전환율은? (단,  $A$ 의 초기농도는 10 mol L<sup>-1</sup>,  $-r_{A,i}$ 는  $i$ 번 반응에서  $A$ 의 소멸속도,  $S_{D/U} = \frac{r_D}{r_U} = \frac{D\text{의 생성속도}}{U\text{의 생성속도}}$ 이다)

1번 반응:  $A \rightarrow D$ ,  $-r_{A,1} = 5 C_A \text{ [mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}]$

2번 반응:  $2A \rightarrow U$ ,  $-r_{A,2} = 2 C_A^2 \text{ [mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}]$

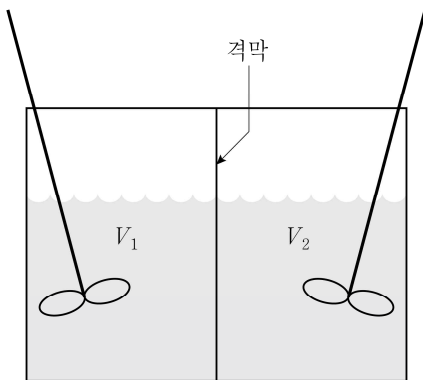
- ① 0.25
- ② 0.375
- ③ 0.5
- ④ 0.625

- 문 24. 기체  $A_2$ 가 촉매표면의 활성점( $S$ )에 아래와 같이 해리 흡착될 때, 기체  $A_2$ 에 대한 흡착등온식은? (단,  $C_t$ 는 전체 활성점의 농도,  $C_{A \cdot S}$ 는  $A$ 에 의해 점유된 활성점의 농도,  $K_{A_2}$ 는  $A_2$ 의 흡착평형 상수,  $P_{A_2}$ 는  $A_2$ 의 분압이다)



- ①  $\frac{C_{A \cdot S}}{C_t} = \frac{(K_{A_2} P_{A_2})^{1/2}}{1 + (K_{A_2} P_{A_2})^{1/2}}$
- ②  $\frac{C_{A \cdot S}}{C_t} = \frac{K_{A_2} P_{A_2}}{1 + (K_{A_2} P_{A_2})^{1/2}}$
- ③  $\frac{C_{A \cdot S}}{C_t} = \frac{K_{A_2} P_{A_2}}{1 + K_{A_2} P_{A_2}}$
- ④  $\frac{C_{A \cdot S}}{C_t} = \frac{K_{A_2} P_{A_2}^2}{1 + K_{A_2} P_{A_2}^2}$

- 문 25. 회분식반응기를 격막을 이용하여 같은 부피로 나눈 후 왼쪽 반응기에 초기농도  $20 \text{ mol L}^{-1}$ , 오른쪽 반응기에 초기농도  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 의 순수한 반응물  $A$ 를 동일한 부피로( $V_1 = V_2$ ) 주입하여  $A \rightarrow B$  등은 비가역 액상 1차 반응을 동시에 진행한다. 왼쪽 반응기의 전환율이 0.7일 때 반응을 멈추고 두 반응기 사이의 격막을 제거하여 혼합하였다면 반응기 전체에서  $A$ 의 농도 [ $\text{mol L}^{-1}$ ]는? (단, 두 반응기의 온도는 항상 같게 유지되고, 격막 제거 시 두 반응기 용액은 완전히 혼합된다)



- ① 3.0
- ② 4.5
- ③ 5.5
- ④ 6.0