

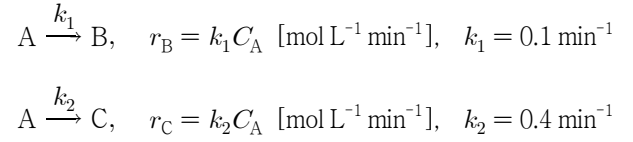
## 반응공학

- 문 1.  $A \rightarrow 2B$  기초반응에서 반응속도식이  $-r_A = k C_A^n$  [ $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단,  $n$ 은 반응차수,  $k$ 는 반응속도상수,  $t$ 는 반응시간,  $C_A$ 는 A의 농도,  $C_{A0}$ 는 A의 초기농도이다)
- ①  $n = 1$ 이다.
  - ②  $C_A = C_{A0} - kt$ 이다.
  - ③  $k$ 의 단위는  $\text{L}^2 \text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이다.
  - ④ A의 소멸속도는 B의 생성속도의 2배이다.

- 문 2. 등온 플러그흐름반응기(PFR)에서  $A \xrightarrow{k} B$  액상 1차 반응을 진행한다. A를 99% 전환하기 위해 필요한 공간시간[s]은? (단, 반응속도상수  $k = 0.02 \text{s}^{-1}$ 이고,  $\ln 10 = 2.3$ 이다)
- ① 57.5
  - ② 115
  - ③ 230
  - ④ 460

- 문 3. 등온 회분식반응기에서 순수한 A를 반응물로 이용하여  $A \rightarrow B$  액상 0차 반응을 1시간 동안 진행하면 A의 전환율은 40%이다. 반응을 2시간 진행할 경우, A의 전환율[%]은? (단, 다른 조건은 변함없다)
- ① 40
  - ② 60
  - ③ 80
  - ④ 100

- 문 4. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 순수한 A를 반응물로 이용하여 다음의 액상 반응을 동시에 진행한다. 반응물의 부피 유량이  $5 \text{L min}^{-1}$ 이고, 반응기 부피가 100 L일 때, A의 전환율은?



- ①  $\frac{1}{101}$
  - ②  $\frac{1}{11}$
  - ③  $\frac{10}{11}$
  - ④  $\frac{100}{101}$
- 문 5. 등온 회분식반응기에서  $A \rightarrow B$  액상 2차 반응을 진행한다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $k$ 는 반응속도상수,  $C_A$ 는 A의 농도,  $C_{A0}$ 는 A의 초기농도,  $X_A$ 는 A의 전환율이다)
- ① 반응의 반감기  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$  이다.
  - ② A의 소멸속도  $-r_A = k C_A^2$  이다.
  - ③ 반응시간  $t = \frac{X_A}{k C_{A0}(1 - X_A)}$  이다.
  - ④  $C_A = C_{A0}(1 - X_A)$ 이다.

문 6. 다공성 구형 촉매를 이용한 불균일계 촉매반응에서 내부유효 인자와 Thiele 계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 내부유효인자는 내부확산 저항이 없는 경우를 가정한 반응속도에 대한 실제 총괄반응속도의 비이다.
- ② Thiele 계수의 제곱은 촉매입자 내의 확산속도에 대한 표면 반응속도의 비의 척도이다.
- ③ 촉매입자의 지름이 작아지면 Thiele 계수가 감소하고, 내부 유효인자는 1에 가까워진다.
- ④ 모든 화학반응에서 내부유효인자의 최댓값은 1이다.

문 7. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서  $A \rightarrow B$  액상 2차 반응을 진행한다. CSTR 부피가 1 L일 때, A의 전환율은 50 %이다. A를 90 % 전환하기 위해 필요한 CSTR 부피[L]는? (단, 반응기 부피 이외의 다른 조건은 변화시키지 않는다)

- ① 9
- ② 18
- ③ 36
- ④ 45

문 8. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 순수한 A를 반응물로

이용하여 반응속도식이  $-r_A = k_f C_A - k_b C_B$ 인  $A \xrightleftharpoons[k_b]{k_f} B$  가역

액상 기초반응을 진행한다. 이 반응의 농도평형상수와 A를 50 % 전환하기 위해 필요한 공간시간[min]을 바르게 연결한 것은? (단,  $C_j$ 는  $j$ 의 농도, A의 초기농도는  $2 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $k_f$ 는  $0.2 \text{ min}^{-1}$ ,  $k_b$ 는  $0.1 \text{ min}^{-1}$ 이다)

	농도평형상수	공간시간
①	0.5	5
②	0.5	10
③	2	5
④	2	10

문 9. 등온 회분식반응기에서  $A + 2B \rightleftharpoons 2C + D$  가역 액상 기초반응을 진행한다. A와 B의 초기농도는 각각  $5 \text{ mol L}^{-1}$ 와  $4 \text{ mol L}^{-1}$ 이다. 반응이 평형에 도달하였을 때 B의 전환율이 50 %이면, 이 반응의 농도평형상수는? (단, C와 D의 초기농도는  $0 \text{ mol L}^{-1}$ 이다)

- ①  $\frac{1}{16}$
- ②  $\frac{1}{8}$
- ③  $\frac{1}{4}$
- ④  $\frac{1}{2}$

문 10. Thiele 계수가 100 이상인 불균일계 고체 촉매반응을 외부확산이 속도제한단계가 아닌 유체속도에서 진행할 때, 다공성 구형 촉매 입자의 지름이 감소함에 따라 총괄반응속도가 증가하였다. 이 반응의 속도제한단계는?

- ① 촉매 활성점에서의 반응물 흡착
- ② 촉매 세공을 통한 반응물의 내부확산
- ③ 촉매 활성점에서의 표면반응
- ④ 촉매 활성점에서의 생성물 탈착

문 11. 등온 회분식반응기에서  $2A + B \rightarrow 3C + D$  액상 반응을 진행한다. A와 B의 초기농도가 각각  $8 \text{ mol L}^{-1}$ 와  $5 \text{ mol L}^{-1}$ 이고 제한 반응물(limiting reactant)의 전환율이 80%일 때, 제한반응물과 C의 농도[ $\text{mol L}^{-1}$ ]를 바르게 연결한 것은? (단, C와 D의 초기 농도는  $0 \text{ mol L}^{-1}$ 이다)

	제한반응물	C의 농도
①	A	6.4
②	A	9.6
③	B	8
④	B	12

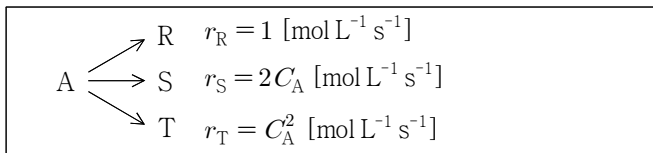
문 12. 다음은 등온 회분식반응기에서 진행된 반응물 A의 비가역 액상 2차 반응 실험결과이다. 이 반응의 반응속도상수[ $\text{L mol}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ]는? (단,  $C_A$ 는 A의 농도[ $\text{mol L}^{-1}$ ]이다)

시간[h]	0	1	2	3	4
$C_A$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{60}$

- ① 10  
② 20  
③ 30  
④ 40

문 13. 다음 복합반응에서 반응물 A에 대한 생성물 S의 순간 수율( $Y_S$ )은?

(단,  $r_j$ 는  $j$ 의 생성속도,  $C_A$ 는 A의 농도,  $Y_S = \frac{r_S}{-r_A}$ 이다)

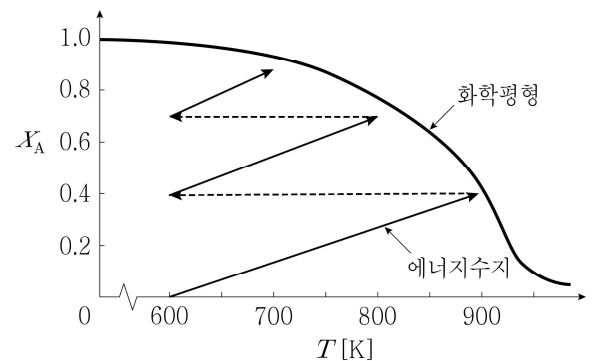
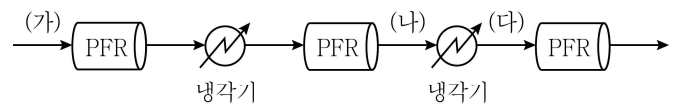


- ①  $\frac{C_A}{(1 + C_A)^2}$   
②  $\frac{2C_A}{(1 + C_A)^2}$   
③  $\frac{C_A}{1 + C_A^2}$   
④  $\frac{2C_A}{1 + C_A^2}$

문 14.  $A \rightarrow B$  등온 액상 1차 반응을 플러그흐름반응기(PFR)와 연속교반 탱크반응기(CSTR)에서 각각 진행한다. 두 반응기에 공급되는 반응물의 부피유량과 초기농도는 동일하다. 두 반응기에서 A의 전환율( $X_A$ )이 동일할 때, PFR 부피( $V_{PFR}$ )와 CSTR 부피( $V_{CSTR}$ )의 비( $\frac{V_{PFR}}{V_{CSTR}}$ )는?

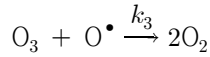
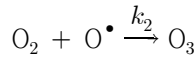
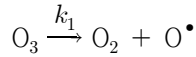
- ①  $\left(\frac{1 - X_A}{X_A}\right) \ln\left(\frac{1}{1 - X_A}\right)$   
②  $\left(\frac{X_A}{1 - X_A}\right) \ln\left(\frac{1}{1 - X_A}\right)$   
③  $\left(\frac{1 - X_A}{X_A}\right) \frac{1}{\ln(1 - X_A)}$   
④  $\left(\frac{X_A}{1 - X_A}\right) \frac{1}{\ln(1 - X_A)}$

문 15.  $A \rightleftharpoons B$  가역 발열 반응에서 높은 전환율을 얻기 위해 그림과 같이 세 개의 단열 플러그흐름반응기(PFR)와 두 개의 냉각기를 조합하여 반응공정을 구성한다. 흐름에 따른 온도( $T$ )와 A의 전환율( $X_A$ )의 변화는 아래 그래프와 같다. (가) 위치에서의 흐름 온도가 600 K일 때, (나)와 (다) 위치에서 흐름 온도[K]를 바르게 연결한 것은?



- |       |     |     |
|-------|-----|-----|
| (가)   | (나) | (다) |
| ① 800 | 600 |     |
| ② 800 | 700 |     |
| ③ 900 | 600 |     |
| ④ 900 | 700 |     |

문 16. 다음 반응메커니즘으로 오존( $O_3$ )이 산소( $O_2$ )로 분해된다.



산소 라디칼( $O^\bullet$ )에 유사 정상상태 가정(pseudo steady-state hypothesis)을 적용하여 유도한 오존의 소멸속도는? (단, 모든 반응은 기초반응이며,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ 는 반응속도상수이고,  $C_j$ 는  $j$ 의 농도이다)

①  $\frac{k_1 C_{O_3}^2}{k_2 C_{O_2} + k_3 C_{O_3}}$

②  $\frac{k_1 k_3 C_{O_3}^2}{k_2 C_{O_2} + k_1 C_{O_3}}$

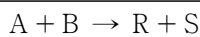
③  $\frac{2k_3 C_{O_3}^2}{k_2 C_{O_2} + k_1 C_{O_3}}$

④  $\frac{2k_1 k_3 C_{O_3}^2}{k_2 C_{O_2} + k_3 C_{O_3}}$

문 17.  $1 \text{ mol L}^{-1}$ 의 순수한 A를 반응물로 이용하여 직렬로 연결된 두 개의 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서  $2A \rightarrow B$  액상 기초반응을 진행한다. 첫 번째 반응기 출구에서 A의 농도가  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$ 이고, 두 번째 반응기 부피가 첫 번째 반응기 부피의 2배일 때, 두 번째 반응기 출구에서 A의 농도[ $\text{mol L}^{-1}$ ]는?

- ① 0.15  
② 0.25  
③ 0.35  
④ 0.45

문 18. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 다음의 액상 반응을 진행한다.



$$-r_A = 2C_A C_B \text{ [mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}]$$

A와 B가 1:1.3의 몰비율로 혼합된 반응물이 반응기에 유입되며, 반응기 입구에서 A의 농도는  $2 \text{ mol L}^{-1}$ 이다. 반응기 부피는 2L이고 출구에서 A의 전환율이 80%일 때, 반응기 입구에서 A의 몰유량[ $\text{mol min}^{-1}$ ]은? (단,  $-r_A$ 는 A의 소멸속도,  $C_j$ 는  $j$ 의 농도이다)

- ① 1  
② 1.5  
③ 2  
④ 2.5

문 19. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 순수한 A를 반응물로 이용하여  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$  액상 1차 반응을 진행한다. A의 전환율이 50%일 때, 공간시간[ $\text{min}$ ]과 출구에서 B의 농도[ $\text{mol L}^{-1}$ ]를 바르게 연결한 것은? (단, A의 초기농도는  $1 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $k_1$ 은  $0.1 \text{ min}^{-1}$ ,  $k_2$ 는  $0.2 \text{ min}^{-1}$ 이다)

	공간시간	B의 농도
①	5	$\frac{1}{3}$
②	5	$\frac{1}{6}$
③	10	$\frac{1}{3}$
④	10	$\frac{1}{6}$

문 20.  $V$ 는 효소반응속도[ $\text{g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ],  $V_m$ 은 최대 효소반응속도[ $\text{g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ],  $K_M$ 은 미카엘리스 상수[ $\text{g L}^{-1}$ ],  $C_S$ 는 기질의 농도[ $\text{g L}^{-1}$ ]일 때, 미카엘리스-멘텐(Michaelis-Menten) 식  $V = \frac{V_m C_S}{K_M + C_S}$ 을

따르는 효소-기질 반응을 진행한다.  $\frac{C_S}{V}$ 를  $C_S$ 에 대해 도시하여 얻은 하네스-울프 플롯(Hanes-Woolf plot)의 기울기가 0.5이고  $C_S = 0$ 에서 절편이 1.5일 때,  $V_m$ 과  $K_M$ 을 바르게 연결한 것은?

	$V_m$	$K_M$
①	1	3
②	1	4
③	2	3
④	2	4

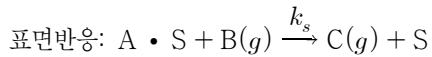
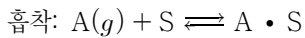
문 21. 플러그흐름반응기(PFR) 뒤에 연속교반탱크반응기(CSTR)를 직렬로 연결하여  $A \xrightarrow{k} B$  등온 액상 1차 반응을 진행한다. 각 반응기에서 공간시간이 동일할 때, CSTR 출구에서 A의 농도는? (단,  $C_{A0}$ 는 A의 초기농도,  $k$ 는 반응속도상수,  $\tau$ 는 공간시간이다)

- ①  $\frac{C_{A0}e^{-k\tau}}{1+k\tau}$   
 ②  $\frac{C_{A0}e^{-k\tau}}{1+2k\tau}$   
 ③  $\frac{kC_{A0}e^{-k\tau}}{1+k\tau}$   
 ④  $\frac{kC_{A0}e^{-k\tau}}{1+2k\tau}$

문 22. 정상상태 단열 플러그흐름반응기(PFR)에서  $3 \text{ mol L}^{-1}$ 의 순수한 A를 반응물로 이용하여 상변화 없는  $A \rightarrow B$  발열 액상 반응을 진행한다. 반응기 입구와 출구에서 온도가 각각 400 K과 460 K일 때, 반응기 출구에서 A의 전환율은? (단, 반응열  $\Delta H_R = -25 \text{ kcal mol}^{-1}$ , 반응기 부피당 열용량  $\rho C_p = 1,000 \text{ cal L}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이며,  $\Delta H_R$ ,  $\rho$  및  $C_p$ 는 모두 온도에 무관하며, 일정한 값을 갖는다)

- ① 0.8  
 ② 0.85  
 ③ 0.9  
 ④ 0.95

문 23.  $A(g) + B(g) \rightarrow C(g)$  기상 반응이 고체 촉매상에서 다음의 흡착 및 표면반응 과정을 거쳐 진행된다.



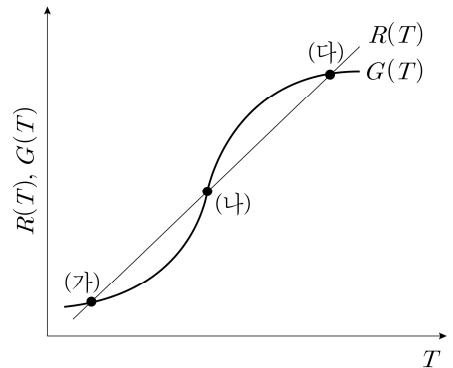
정상상태에서 표면반응이 속도제한단계일 때, 총괄반응속도식으로 옳은 것은? (단, S는 촉매 표면 활성점 위에 반응물이 흡착되지 않은 빈자리(vacant site),  $A \cdot S$ 는 S에 흡착된 A,  $C_t$ 는 촉매 표면 활성점의 전체 농도,  $P_j$ 는  $j$  기체의 분압,  $K_a$ 는 흡착평형 상수,  $k_s$ 는 표면반응속도상수이다)

- ①  $k_s K_a P_A P_B C_t$   
 ②  $\frac{k_s K_a P_A C_t}{1 + K_a P_A}$   
 ③  $\frac{k_s K_a P_B C_t}{1 + K_a P_A}$   
 ④  $\frac{k_s K_a P_A P_B C_t}{1 + K_a P_A}$

문 24. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서  $A + 3B \rightarrow 2C$  액상 반응을 진행한다. C의 생성속도가  $10 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이고 A의 전환율이 90%일 때, 공간시간[s]은? (단, A의 초기농도는  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 이다)

- ① 0.9  
 ② 1.2  
 ③ 1.5  
 ④ 1.8

문 25. 다음은 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 비등온 반응이 진행될 때, 발생열  $G(T)$ 와 제거열  $R(T)$ 를 이용하여 다중정상상태의  $T$ 에 관한 안정성을 나타낸 그림이다. 안정적인 정상상태로 운전되고 있는 지점만을 (가) ~ (다)에서 모두 고르면? (단,  $T$ 는 온도이다)



- ① (가)  
 ② (나)  
 ③ (가), (다)  
 ④ (가), (나), (다)