

## 반응공학

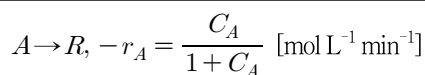
문 1. 반응속도식이  $-r_A = kC_A^2C_B C_C^3$ 일 때, 옳지 않은 것은? (단,  $C_I$ 는  $I$ 의 농도이다)

- ① 전체 반응차수는 6차이다.
- ② 반응속도상수  $k$ 는 무차원(dimensionless)이다.
- ③  $A$ 에 대해 반응차수는 2차이다.
- ④ 반응속도  $-r_A$ 는 단위시간당 단위부피당 반응하는  $A$ 의 몰수이다.

문 2. 등온 회분식 반응기에서  $A \rightarrow 2R$ 인 액상 반응이 진행된다. 반응이  $A$ 에 대해 2차일 때, 반응 개시 후 전환율 50%에 도달하는 데 걸리는 시간( $t_{50}$ )에 대한 전환율 75%에 도달하는 데 걸리는 시간( $t_{75}$ )의 비  $\left(\frac{t_{75}}{t_{50}}\right)$ 는?

- ① 1
- ② 2
- ③ 3
- ④ 4

문 3. 직렬로 연결된 두 개의 혼합흐름 반응기에서 다음과 같은 액상 반응이 진행된다. 첫 번째 반응기로 공급되는  $A$ 의 농도가  $2.0 \text{ mol L}^{-1}$ 일 때 첫 번째 반응기 출구와 두 번째 반응기 출구에서  $A$ 의 농도가 각각  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$ 와  $0.2 \text{ mol L}^{-1}$ 로 측정되었다. 반응기 입구에서 부피 유속이  $10 \text{ L min}^{-1}$ 일 때, 두 반응기 부피의 합[L]은? (단,  $C_A$ 는  $A$ 의 농도이다)



- ① 2.5
- ② 6.3
- ③ 25
- ④ 63

문 4. 반응물  $A$ 에 대해 다음의 플러그흐름 반응기 물질수지식을 유도하기 위한 가정으로 옳지 않은 것은? (단,  $F_A$ 는  $A$ 의 몰유량,  $V$ 는 반응기 부피,  $r_A$ 는  $A$ 에 대한 반응속도이다)

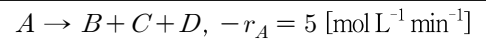
$$\frac{dF_A}{dV} = r_A$$

- ① 반응기 반지름방향으로  $A$ 의 농도변화는 없다.
- ② 정상상태에서 반응기가 운전된다.
- ③ 반응기 축방향으로  $r_A$ 의 변화는 없다.
- ④ 반응기 내 흐름장(flow field)은 플러그흐름 분포로 모델화될 수 있다.

문 5. 등온 회분식 반응기에서  $2A \rightarrow B$ 인 액상 기초반응을 수행하여  $A$ 의 초기농도가  $1 \text{ mol L}^{-1}$ 일 때 10분 후 50%의 전환율을 얻었다. 이 반응을 동일 온도의 혼합흐름 반응기에서 수행하여 동일한 전환율을 얻고자 할 때, 필요한 혼합흐름 반응기의 부피[L]는? (단, 혼합흐름 반응기로  $A$ 가  $1 \text{ mol L}^{-1}$ 의 농도와  $10 \text{ mol min}^{-1}$ 의 몰유량으로 공급된다)

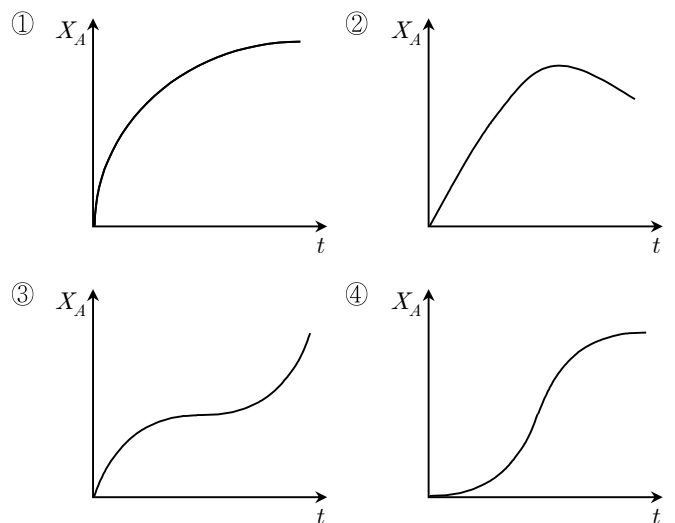
- ① 10
- ② 20
- ③ 100
- ④ 200

문 6. 다음과 같은  $A$ 에 대한 0차 기상 반응이 부피 2L인 플러그흐름 반응기에서 등온 정압 조건하에 진행된다. 순수한  $A$ 가 공급되며 반응기 입구에서  $A$ 의 농도는  $100.0 \text{ mol L}^{-1}$ 이고 반응기 출구에서  $A$ 의 농도는  $25.0 \text{ mol L}^{-1}$ 이다. 반응기 입구에서  $A$ 의 몰유량  $[\text{mol min}^{-1}]$ 은?



- ① 13.3
- ② 16.7
- ③ 20.0
- ④ 23.3

문 7. 자동촉매반응(autocatalytic reaction)  $A + R \rightarrow R + R$ 의 시간( $t$ )에 따른 전환율( $X_A$ ) 그래프는? (단, 반응 초기에는  $A$ 와 미량의  $R$ 이 존재한다)



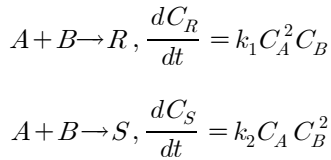
문 8. 직렬로 연결된 두 개의 혼합흐름 반응기에서  $A \rightarrow B$ 인 1차 등온 액상 반응이 진행된다. 최종 전환율이 0.75일 때, 두 반응기 부피의 합이 최소가 되는 첫 번째 반응기 출구 전환율은?

- ① 0.3
- ② 0.4
- ③ 0.5
- ④ 0.6

문 9. 등은 정압 조건의 혼합흐름 반응기에서  $A \rightarrow 2R$ 인 기상 기초반응이 진행된다. 비활성 물질이 반응물  $A$ 와 함께 공급되며 반응기 입구에서  $A$ 의 몰분율은 0.8, 반응속도상수  $k$ 는  $0.1 \text{ min}^{-1}$ 일 때, 전환율 50%를 얻기 위한 공간시간[min]은?

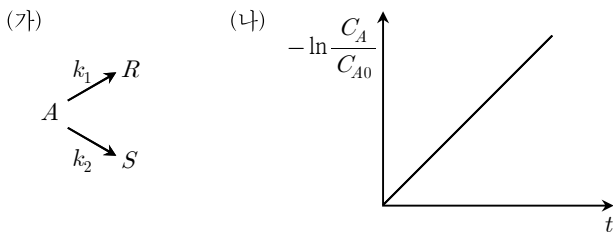
- ① 7  
② 14  
③ 28  
④ 56

문 10. 혼합흐름 반응기에서 다음과 같은 액상 반응들이 경쟁적으로 진행된다.  $A$ 의 전환율이 80%일 때, 반응기 출구에서  $S$ 의 농도 [ $\text{mol L}^{-1}$ ]는? (단,  $C_I$ 는  $I$ 의 농도, 반응기로는  $A$ 와  $B$ 만 공급되고, 반응기 입구에서  $A$ 와  $B$ 의 농도는  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 으로 동일하며,  $k_1 = k_2$ 이다)



- ① 2  
② 4  
③ 6  
④ 8

문 11. 등은 회분식 반응기에서 그림 (가)와 같이 두 개의 액상 기초반응이 경쟁적으로 진행된다. 시간( $t$ )에 따른 반응물  $A$ 의 농도 변화를 그림 (나)와 같이 그래프로 나타낼 때, 그래프에서 직선의 기울기는? (단,  $C_{A0}$ 는  $A$ 의 초기농도이며,  $C_A$ 는 시간  $t$ 에서  $A$ 의 농도이다)

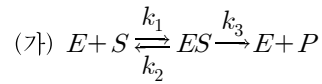


- ①  $k_1 + k_2$   
②  $k_1 - k_2$   
③  $k_1 k_2$   
④  $\frac{k_1}{k_2}$

문 12. 연속식 반응기에서 순수한  $A$ 로부터  $A \xrightarrow{k_1} B$ 인 1차 액상 반응을 이용하여  $B$ 를 생산하고자 한다. 이때  $B \xrightarrow{k_2} C$ 인 1차 액상 반응도 부반응으로 함께 진행된다. 플러그흐름 반응기와 혼합흐름 반응기에서  $B$ 의 생산을 최대화 하기 위한 공간시간[min]은? (단,  $k_1$ 은  $0.4 \text{ min}^{-1}$ ,  $k_2$ 는  $0.1 \text{ min}^{-1}$ 이며,  $\ln 2 = 0.69$ 로 가정한다)

	플러그흐름 반응기	혼합흐름 반응기
①	4.6	5.0
②	5.0	4.6
③	5.0	6.6
④	6.6	5.0

문 13. (가)와 (나)는 각각 효소(enzyme)가 포함된 화학반응식과 반응 속도식이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $E$ 는 효소,  $S$ 는 기질(반응물),  $ES$ 는 효소-기질 복합체,  $P$ 는 생성물,  $[I]$ 는  $I$ 의 농도를 나타낸다)



(나)  $-r_S = \frac{V_{max}[S]}{K_M + [S]}$

- ①  $ES$ 에 대해 유사 정상상태 가정(pseudo steady state hypothesis, PSSH)을 적용하면  $k_1[E][S] = k_2[ES] + k_3[ES]$ 이 성립한다.  
②  $K_M$ 은  $\frac{k_1}{k_2 + k_3}$ 로 나타낼 수 있다.  
③  $V_{max}$ 는 주어진 전체 효소 농도에서 최대 반응속도를 의미한다.  
④  $k_3$ 는 전환수(turnover number)를 나타내며, 효소가 기질과 함께 포화되었을 때 단일 효소분자에서 단위시간당 생성물로 변하는 기질분자의 수이다.

문 14. 촉매반응의 일반적인 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 촉매는 반응의 활성화에너지에 영향을 주어 반응속도를 변화시킨다.  
② 불균일계 고체 촉매반응은 주로 유체와 고체 사이의 계면에서 일어난다.  
③ 촉매활성을 나타내는 전환빈도(turnover frequency, TOF)는 단위시간, 단위활성점당 반응하는 분자수를 의미한다.  
④ 촉매는 주로 반응속도를 높여서 가역반응의 평형전환율을 높인다.

문 15. 혼합흐름 반응기에서  $A \rightarrow B$ 인 2차 액상반응을 수행하여 공급하는  $A$ 의 농도가  $2 \text{ mol L}^{-1}$ 일 때 50%의 전환율을 얻었다. 공간 시간과 반응속도상수는 변화시키지 않고 공급하는  $A$ 의 농도를  $20 \text{ mol L}^{-1}$ 로 높였을 때, 출구에서 전환율[%]은?

- ① 60  
② 70  
③ 80  
④ 90

문 16. 일정 부피 회분식 반응기에서 기체 반응물  $A$ 가  $-r_A = kC_A^2$ 의 반응속도로 일정 온도에서 분해된다. 온도  $T[\text{K}]$ 에서  $A$ 의 기체 압력  $p_A[\text{atm}]$ 는 시간  $t[\text{h}]$ 에 따라 다음의 관계식을 따를 때, 이 반응에 대한 반응속도상수  $k[\text{L mol}^{-1} \text{h}^{-1}]$ 는? (단,  $C_A$ 는  $A$ 의 농도,  $R[\text{atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1}]$ 은 기체상수이며, 반응물  $A$ 는 이상기체로 가정한다)

$$p_A = \frac{1}{3t + 1}$$

- ①  $\frac{1}{9}RT$   
②  $\frac{1}{3}RT$   
③  $3RT$   
④  $9RT$

문 17. 정상상태 비등온 플러그흐름 반응기에서 진행되는 단일 가역반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 발열반응의 경우 공급원료의 온도가 높아짐에 따라 평형전환율을 얻을 수 있는 위치는 반응기 입구로부터 멀어진다.  
② 발열반응의 경우 공급원료의 온도가 높아짐에 따라 평형전환율은 감소한다.  
③ 흡열반응의 경우 공급원료의 온도가 매우 낮은 상태에서는 생성물이 거의 생기지 않는다.  
④ 발열반응의 도달할 수 있는 최대 전환율은 단일조작선과 온도-평형전환율 상관식의 교점으로 구한다.

문 18. 정상상태 혼합흐름 반응기에서  $A \rightarrow B$ 인 액상 발열반응이 상변이 없이 진행된다. 온도  $300 \text{ K}$ 의 순수한  $A$ 가 반응기로 공급되며 반응기의 온도는  $460 \text{ K}$ 으로 일정하게 유지된다. 전환율 60%를 얻기 위해, 공급되는  $A$ 의 단위몰당 반응기에서 제거해야 하는 열 $[\text{cal mol}^{-1}]$ 은? (단, 교반기에 의해 반응기에 가해진 일은 무시할 수 있고  $A$ 와  $B$ 의 열용량은  $10 \text{ cal mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ 으로 동일하며,  $300 \text{ K}$ 에서 반응열  $\Delta H_r$ 은  $-8,000 \text{ cal mol}^{-1}$ 이다)

- ① 800  
② 1,600  
③ 2,400  
④ 3,200

문 19. 혼합흐름 반응기에서 순수한  $A$ 로부터  $A \xrightarrow{k_1} B$ 와  $A \xrightarrow{k_2} C$ 인 두 개의 1차 액상 반응이 경쟁적으로 진행될 경우 옳은 것은? (단,  $C_{A0}$ 는 반응기 입구에서  $A$ 의 농도,  $C_I$ 는 반응기 출구에서  $I$ 의 농도,  $\tau$ 는 공간시간,  $S_I$ 는 반응물  $A$ 가 반응하는 속도에 대한  $I$ 가 생성되는 속도의 비를 나타낸다)

- ①  $C_A = \frac{C_{A0}}{1 - (k_1 + k_2)\tau}$   
②  $C_B = \frac{\tau k_1 C_{A0}}{1 + (k_1 + k_2)\tau}$   
③  $C_C = \frac{k_2 C_{A0}}{1 - (k_1 + k_2)\tau}$   
④  $S_B = \frac{k_1}{k_1 - k_2}$

문 20. 고체 촉매를 이용한 반응기 설계에서 고정층(fixed bed) 반응기와 비교할 때 유동층(fluidized bed) 반응기의 장점에 해당하지 않는 것은?

- ① 반응기 내부의 온도 제어가 용이하다.  
② 촉매무게당 전환율이 높다.  
③ 반응기 내부에 국소고온점(hot spot)이 생성될 가능성이 낮다.  
④ 촉매의 비활성화가 급격히 일어나 촉매를 자주 재생할 필요가 있을 경우 효과적이다.