

반응공학

1. 연속교반탱크반응기(CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① CSTR의 내부는 완전혼합된다고 가정한다.
② CSTR의 내부 농도는 유입되는 반응물의 농도와 같다.
③ PFR의 내부 농도는 흐름의 수직 방향으로는 변화하지 않고 흐름 방향으로만 변화한다고 가정한다.
④ 전환율이 동일할 때, 직렬연결된 CSTR이 많아질수록 그 전체 부피는 단일 PFR의 부피와 유사해진다.

2. 다음은 반응물 A를 넣어 원하는 생성물 B를 얻음과 동시에 부반응이 발생해 원하지 않는 생성물 C가 생성되는 기초반응이다.



활성화에너지를 E 라고 할 때 $E_1 > E_2$ 이다. 이 과정에서 상대적으로 C의 생성보다 B의 생성이 증가하도록 온도를 조절하려고 한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 반응이 진행되는 동안 온도를 높인다.
② 반응이 진행되는 동안 온도를 낮춘다.
③ 반응이 진행되는 동안 온도를 일정하게 한다.
④ 온도와 관계없다.

3. 촉매 비활성화 현상에 해당하지 않는 것은?

- ① 촉매 표면에서의 생성물 탈착
② 촉매 활성점의 독성분자에 의한 피독
③ 촉매 지지체에 침전된 금속 나노입자의 소결
④ 탄화수소 관련 반응에서 촉매 표면에 탄소성 물질의 축적

4. $2A \rightarrow B$ 인 2차 반응에서 기울기(dy/dx)가 반응속도상수(k)인 그래프의 x 축과 y 축에 해당하는 것을 바르게 연결한 것은? (단, A의 농도는 C_A , 반응시간은 t 이다)

x 축	y 축
① $\frac{1}{C_A}$	t
② C_A	t
③ t	$\frac{1}{C_A}$
④ t	C_A

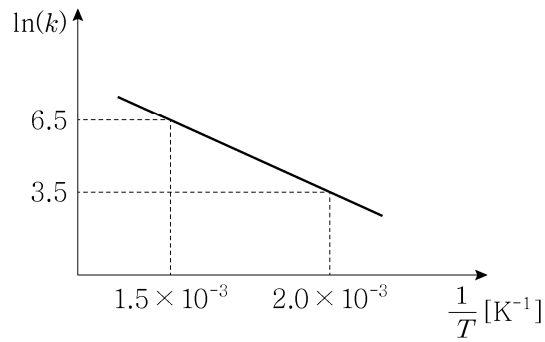
5. $A + 3B \rightarrow 4C$ 인 비가역 기초반응에서 생성물 C의 생성속도가 $80 \text{ mol dm}^{-3} \text{ min}^{-1}$ 일 때, 반응물 B의 소멸속도 [$\text{mol dm}^{-3} \text{ min}^{-1}$]는?

- ① 20
② 40
③ 60
④ 80

6. $A \rightarrow B$ 인 1차 등온 회분식 반응에서 75 %가 반응하는 데 필요한 시간은 반감기의 몇 배인가?

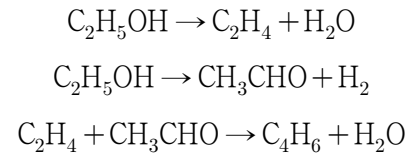
- ① 2
② 3
③ 4
④ 5

7. 다음 그래프는 어떤 반응의 반응속도상수(k)와 반응온도(T)와의 상관관계를 나타낸 것이다. 이 반응의 활성화에너지 [J mol^{-1}]는? (단, 기체상수(R)는 $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)



- ① 2.4×10^3
 ② 2.4×10^4
 ③ 4.8×10^3
 ④ 4.8×10^4
8. $A \rightarrow B$ 반응에서 반응물 A의 농도가 $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ 일 때 반응 속도를 측정하였더니 $0.20 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ 이었다. 이 반응의 속도상수가 $2.0 \times 10^3 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이라고 할 때, 반응차수는?
- ① 0
 ② 1
 ③ 2
 ④ 3
9. 충전층반응기(PBR)에서 기상 2차 반응이 진행된다. 동일한 초기조건과 반응에 대해서, 기체의 흐름에 따라 압력강하가 발생한다고 가정하는 A 상황과 압력강하가 발생되지 않는다고 가정하는 B 상황을 비교할 때, 옳지 않은 것은? (단, 입구를 제외한 동일한 위치에서 비교한다)
- ① 압력은 A가 B보다 낮다.
 ② 전환율은 A가 B보다 낮다.
 ③ 반응물의 몰농도는 A가 B보다 낮다.
 ④ 부피유량은 A가 B보다 작다.

10. 다음 반응에 포함된 것만을 모두 고르면?



- ㄱ. 직렬반응
 ㄴ. 병렬반응
 ㄷ. 복합반응

- ① ㄱ, ㄴ
 ② ㄱ, ㄷ
 ③ ㄴ, ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11. $A + 2B \rightarrow 6R$ 인 등온 및 등압 기상반응에서 공급물은 A, B, i로만 구성되며 정상흐름 반응기로 유입된다. 반응기 출구에서 A의 농도(C_A)가 50 mol m^{-3} 일 때 A의 전환율(X_A)과 B의 전환율(X_B)을 바르게 연결한 것은? (단, A의 초기농도(C_{A0})는 100 mol m^{-3} , B의 초기농도(C_{B0})는 100 mol m^{-3} , i의 초기농도(C_{i0})는 100 mol m^{-3} 이다)

- | | X_A | X_B |
|---|---------------|---------------|
| ① | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ |
| ② | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{3}$ |
| ③ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| ④ | $\frac{1}{2}$ | 1 |

12. 부피 10 m^3 의 동일한 연속교반탱크반응기(CSTR) 2개가 직렬로 연결되어 있고, 동일한 온도에서 $A \rightarrow B$ 인 비가역 등은 액상 기초반응을 진행한다. 공급되는 원료의 초기농도(C_{A0})는 1 mol m^{-3} , 부피 유량(v_0)은 $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 으로 일정할 때, 2번째 반응기 출구에서의 최종 전환율은? (단, 반응속도상수(k)는 0.4 s^{-1} 이며, 정상상태를 가정한다)

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

13. $A \rightarrow B$ 인 비가역 액상 기초반응을 진행한다. 전환율 0.8을 달성하기 위해 플러그흐름반응기(PFR)를 사용할 때 필요한 부피를 V_P 라 하고, 같은 전환율을 달성하기 위해 연속교반탱크반응기(CSTR)를 사용할 때 필요한 부피를 V_C 라 할 때, $\frac{V_P}{V_C}$ 의 값은? (단, 두 반응기에 공급되는 A의 몰유량, 초기농도, 반응기 온도는 모두 동일하고, 등은 반응 및 정상상태를 가정하며, $\ln 0.2 = -1.6$ 이다)

- ① 0.05
 ② 0.125
 ③ 0.4
 ④ 0.8

14. 미분반응기(differential reactor)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

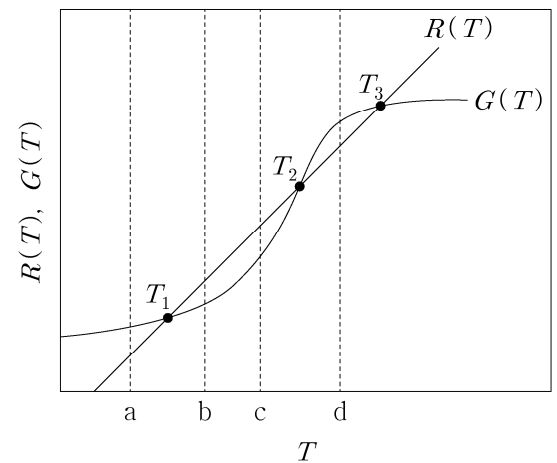
- ㄱ. 미분반응기는 반응속도식을 구하는 데 사용된다.
 ㄴ. 미분반응기 안에서 반응물의 농도는 축방향으로 선형적으로 변한다고 가정한다.
 ㄷ. 미분반응기 안에서 반응속도는 일정하다고 가정한다.

- ① ㄱ, ㄴ
 ② ㄱ, ㄷ
 ③ ㄴ, ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15. $A \rightleftharpoons B$ 인 상압 액상 기초반응에서 A와 B의 초기농도가 각각 1 mol L^{-1} , 2 mol L^{-1} 이다. 300 K에서 A의 전환율이 25 %일 때 평형상태에 도달한다. 400 K에서의 평형상수는? (단, 300 ~ 400 K 구간에서 상변화가 없으며, 반응엔탈피 변화(ΔH_R)는 $8,300 \text{ J mol}^{-1}$ 로 일정하고, 기체상수(R)는 $8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

- ① $2e^{\frac{1}{2}}$
 ② $2e^{\frac{1}{3}}$
 ③ $3e^{\frac{1}{6}}$
 ④ $3e^{\frac{5}{6}}$

16. 다음은 정상상태 단일 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 생성열($G(T)$)과 제거열($R(T)$), 반응기 온도(T)의 관계를 나타낸 그림이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



- ① 온도가 T_1 에서 a로 낮아지면, 생성열이 제거열보다 많아지므로 온도가 T_1 으로 되 돌아온다.
 ② 온도가 T_1 에서 b로 높아지면, 생성열보다 더 많은 열이 제거되므로 온도가 T_1 으로 되 돌아온다.
 ③ 온도가 T_2 에서 c로 낮아지면, 생성열이 제거열보다 적어지므로 온도가 T_2 로 되 돌아온다.
 ④ 온도가 T_2 에서 d로 높아지면, 생성열보다 더 적은 열이 제거되므로 온도가 T_3 로 높아진다.

17. 원통형 플러그흐름반응기(PFR)에서 $A \rightarrow B$ 액상 2차 반응을 일정 온도에서 진행하여 A의 전환율(X_A) 80 %를 얻었다. 반응기 부피가 10 L이고 반응기 단면적의 지름이 0.2 m일 때, 반응기의 평균유속 [m min^{-1}]은? (단, 반응속도상수(k)는 $1 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$, 반응물 A의 초기농도(C_{A0})는 0.3 mol L^{-1} , 원주율(π)은 3이며, 정상상태를 가정한다)

- ① 1.5×10^{-2}
 ② 2.5×10^{-2}
 ③ 3.5×10^{-2}
 ④ 4.5×10^{-2}

18. 회분식 등온 반응기에서 비가역 액상 기초반응 $2A \rightarrow R$ 을 진행할 때, A의 20 %가 전환되기까지 3분이 걸렸다면 75 %가 전환되기 위해서 걸리는 시간[min]은?

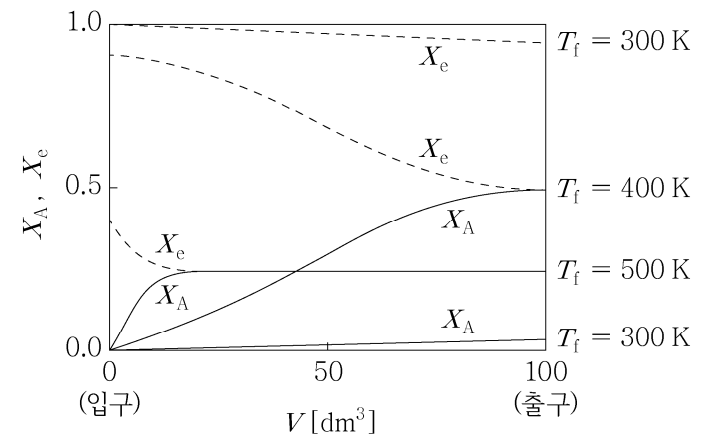
- ① 12
 ② 24
 ③ 36
 ④ 48

19. 반응물 A가 다음과 같은 액상 동시반응에 의해 분해되어 1개의 목적 생성물 D와 2개의 비목적 생성물 U_1 , U_2 가 생성된다. 이때 순간 선택도($S_{D/U_1U_2} = \frac{r_D}{r_{U_1} + r_{U_2}}$)가 최대가 되는 A의 농도[mol L^{-1}]는? (단, $k_{U_1} = 0.001 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$, $k_D = 0.0015 \text{ min}^{-1}$, $k_{U_2} = 0.004 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 이다)

- U_1 생성 반응(비가역 0차 반응): $A \xrightarrow{k_{U_1}} U_1$
 ○ D 생성 반응(비가역 1차 반응): $A \xrightarrow{k_D} D$
 ○ U_2 생성 반응(비가역 2차 반응): $A \xrightarrow{k_{U_2}} U_2$

- ① 0
 ② 0.5
 ③ 1.0
 ④ 2.0

20. $A \rightleftharpoons B$ 인 가역 발열반응이 단열조건인 플러그흐름반응기(PFR)에서 진행된다. 순수한 반응물 A의 공급 온도(T_f)가 각각 300 K, 400 K, 500 K일 때, 반응기 내 위치에 따른 반응물 A의 전환율(X_A) 및 평형전환율(X_e)의 그래프가 아래와 같다면, 옳지 않은 것은?



- ① 공급 원료의 온도(T_f)가 500 K일 경우 반응속도가 커서 가장 많은 생성물을 얻을 수 있다.
 ② 공급 원료의 온도(T_f)가 300 K일 경우 반응기의 출구에서 평형전환율에 도달하지 못한다.
 ③ 공급 원료의 온도(T_f)가 높아짐에 따라 평형전환율을 얻을 수 있는 위치는 반응기 입구에 가까워진다.
 ④ 단열 가역 발열반응의 경우 반응기 내에서 전환율을 최대화하는 최적의 반응물 공급 온도(T_f)가 존재한다.

21. $A \rightarrow B + C$ 인 비가역 기상 1차 반응에서 유입되는 반응물 A의 유량은 200 mol s^{-1} , 반응물 A의 초기농도는 1 mol L^{-1} 이다. 등온 및 등압 조건에서 플러그흐름반응기(PFR)를 이용하여 해당 반응의 전환율이 0.8에 도달하기 위해 필요한 반응기의 부피[L]는? (단, 초기유입물은 A로만 구성되며, 해당 온도에서 반응속도상수(k)는 2 s^{-1} 이고, $\ln 5 = 1.6$ 이며, 정상상태를 가정한다)

- ① 80
 ② 160
 ③ 240
 ④ 320

22. $A \rightarrow B$ 인 액상 기초반응이 정상상태 단열 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 상변화 없이 진행된다. 반응 시작 후 전환율이 90 %에 도달했을 때 반응기 온도[K]는? (단, A의 초기 농도는 8 mol L^{-1} , 초기 반응온도는 373 K , A와 B의 부피당 열용량은 $2 \text{ kcal L}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 로 같고, 반응열 (ΔH_R)은 $-40 \text{ kcal mol}^{-1}$ 이며, 반응열과 부피당 열용량 모두 온도와 무관하게 일정한 값을 가지고, 교반기를 통해 반응기로 전달되는 일은 무시한다)

- ① 264
② 328
③ 462
④ 517

23. 회분식반응기에서 $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C (k_1 \neq k_2)$ 인 기초 액상 직렬반응이 일어날 경우, B의 농도(C_B)를 나타내는 식은? (단, t 는 반응시간이고, A의 초기농도는 C_{A0} 이며, B와 C의 초기농도는 0이다)

- ① $C_B = k_1 C_{A0} \left[\frac{e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} \right]$
② $C_B = k_1 C_{A0} \left[\frac{e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} \right]$
③ $C_B = k_2 C_{A0} \left[\frac{e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} \right]$
④ $C_B = k_2 C_{A0} \left[\frac{e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} \right]$

24. 불균일 등은 회분식반응기에서 액상 반응물 A가 구형의 고체 촉매 입자 위에서 생성물 B로 전환되는 1차 반응($A \rightarrow B$)이 진행된다. 반응물 A의 전환율이 85 %까지 도달하는 데 필요한 반응시간[min]은? (단, 사용된 촉매의 질량(W)은 50 g , 반응물 A의 초기농도(C_{A0})는 2 mol L^{-1} , 단위 촉매 질량 당 반응속도상수(k)는 $0.2 \text{ L g}^{-1} \text{ min}^{-1}$, 반응부피(V)는 10 L , $\ln 0.15 = -1.9$ 이다)

- ① 1.9
② 3.8
③ 7.6
④ 9.5

25. 분자량이 100 g mol^{-1} 인 촉매 분자가 전체 담지촉매(촉매 분자 + 지지체) 중 0.5 wt%의 비율로 지지체에 담지되어 있고, 이 중 표면에 노출된 촉매의 비율이 50 %이다. 목표 반응($A \rightarrow B$)의 전환 빈도(turnover frequency, TOF)가 0.05 s^{-1} 로 측정되었다. 전체 담지촉매의 질량당 B의 생성 속도[$\text{mol s}^{-1} \text{ g}^{-1}$]는?

- ① 1.25×10^{-6}
② 2.50×10^{-5}
③ 2.50×10^{-6}
④ 5.00×10^{-6}