

반응공학

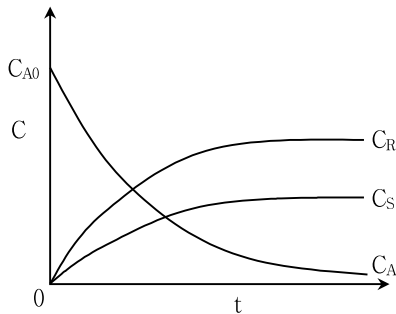
문 1. 부피가 일정한 등온회분식반응기에서 N_2O_5 가 N_2O_4 와 O_2 로 분해되는 기상반응을 진행시켜 100%의 전환율을 얻었다. 초기 반응기 내에는 50 mol%의 N_2O_5 와 50 mol%의 N_2 로 구성되어 있었다. 반응이 끝난 뒤 반응기의 압력은 처음 압력의 몇 배인가? (단, 모든 기체는 이상기체로 가정한다)

- ① 1.25
- ② 1.50
- ③ 1.75
- ④ 2.00

문 2. 반응속도식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 반응속도상수는 반응속도의 농도 의존성을 제외한 부분을 말하며 원칙적으로 온도가 일정하면 상수가 된다.
- ② 반응속도상수는 반응물의 농도를 변화시키면서 반응속도를 측정된 후 적절한 반응모델을 가정하여 측정결과와 잘 맞도록 상수를 결정한다.
- ③ 반응속도상수를 구하는 방법에는 미분법과 적분법 등이 있다.
- ④ 분자도(molecularity)는 일반적으로 화학반응식의 양론계수에 의해 결정된다.

문 3. 다음은 균일계 반응에서 반응시간에 따른 각 성분의 농도변화를 표시한 도표이다. 이 반응을 바르게 나타낸 것은? (단, $k_1 \neq k_2$ 이다)



- ① $A + R \longrightarrow S$
- ② $A \longrightarrow R + S$
- ③ $A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$
- ④ $A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$

문 4. 100 L와 200 L 크기인 2개의 연속교반반응기(CSTR)를 차례로 직렬 연결시켜 $A \rightarrow B$ 의 1차반응을 수행하고자 한다. 반응기 입구로 2 mol L^{-1} 농도의 순수한 반응물 A가 10 L min^{-1} 의 속도로 주입될 때 최종적으로 얻을 수 있는 전환율은 약 몇 %인가? (단, 반응속도상수는 0.1 min^{-1} 이다)

- ① 78%
- ② 81%
- ③ 83%
- ④ 85%

문 5. 플리그흐름반응기(PFR)와 연속교반반응기(CSTR)가 차례로 연결된 반응기시스템에서 액상 0차반응이 일어난다. 반응물 A의 초기 농도는 C_{A0} , 반응속도상수는 k , PFR과 CSTR의 공간시간은 각각 τ_1 과 τ_2 라 할 때, A의 최종 출구농도는?

- ① $C_{A0} - k(\tau_1 + \tau_2)$
- ② $\frac{C_{A0} e^{-k\tau_1}}{1 + k\tau_2}$
- ③ $\frac{C_{A0} e^{-k\tau_2}}{1 + k\tau_1}$
- ④ $\frac{C_{A0}}{k(\tau_1 + \tau_2)}$

문 6. 회분식반응기에서 액상 1차 비가역반응을 통해 1분 만에 90%의 전환율을 얻었다. 이 반응기를 동일한 조건 하에서 공간시간이 1분인 연속교반반응기(CSTR)로 대체하여 얻을 수 있는 전환율은?

- ① $\frac{\ln 10}{1 + \ln 10}$
- ② $\frac{1}{1 + \ln 10}$
- ③ $\frac{\ln 9}{1 + \ln 9}$
- ④ $\frac{1}{1 + \ln 9}$

문 7. 부피가 일정한 등온회분식반응기에서 $A \rightarrow 3B$ 의 기상반응을 1시간 진행시켰다. 이 때 초기 A의 반응물 농도는 2 mol L^{-1} 이었고 반응속도는 $2 \text{ mol L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 이었다. 이 반응기에 피스톤을 설치하여 압력을 일정하게 유지할 경우 동일한 전환율을 얻는데 소요되는 시간은? (단, $\ln 2 = 0.7$, $\ln 3 = 1.1$ 로 가정한다)

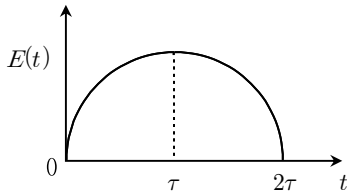
- ① 0.25시간
- ② 0.35시간
- ③ 0.45시간
- ④ 0.55시간

문 8. 동일한 크기로 된 3개의 연속교반반응기(CSTR)가 차례로 직렬 연결된 반응기시스템에서 등온 액상 1차반응이 일어난다. 3번째 반응기 출류에서의 전환율을 Damköhler수(Da)를 이용하여 바르게 나타낸 것은?

- ① $X = 1 - \frac{\text{Da}}{(1 + \text{Da})^3}$
- ② $X = 1 - \frac{1}{(1 + \text{Da})^3}$
- ③ $X = \frac{\text{Da}}{(1 - \text{Da})^3}$
- ④ $X = \frac{1}{(1 - \text{Da})^3}$

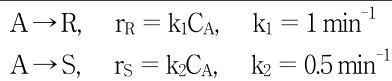
문 9. 공간시간이 τ 인 반응기에서 추적자 실험을 통해 얻은 체류시간 분포함수는 다음과 같다. 이 반응기의 공간시간 [min]은?

$$\begin{cases} E(t) = \sqrt{\tau^2 - (t - \tau)^2} \text{ min}^{-1}, & 0 \leq t \leq 2\tau \\ E(t) = 0 \text{ min}^{-1}, & t > 2\tau \end{cases}$$



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

문 10. 연속교반반응기(CSTR)에서 다음과 같은 액상 복합반응이 일어난다. 이 반응기의 공간시간은 2 min이고 8 mol L^{-1} 의 순수한 A를 주입하였을 때 반응기를 빠져나가는 각 성분의 농도 [mol L^{-1}]는?



	C_A	C_R	C_S
①	1.5	3	1.5
②	1.5	1.5	3
③	2	4	2
④	2	2	4

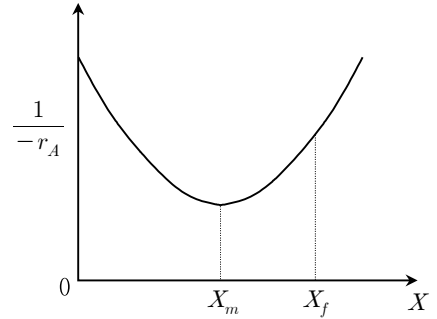
문 11. 연속반응기에 순수한 반응물 A를 주입하여 $A \xrightarrow{k} B$ 인 액상 2차 반응을 수행하고자 한다. 80%의 전환율을 얻기 위한 연속교반반응기(CSTR)의 크기는 동일조건의 플러그흐름반응기(PFR) 크기의 몇 배인가?

- ① 5배
- ② 4배
- ③ 3배
- ④ 2배

문 12. 액상 기초반응 $A \rightarrow P$ 에 대하여 순수한 반응물 A를 연속교반반응기(CSTR)에 주입하여 전환율이 20%가 되었다. 동일한 조건에서 이 반응기를 동일한 크기의 플러그흐름반응기(PFR)로 바꾸었다면 전환율은? (단, $e^{-0.20} = 0.82$, $e^{-0.25} = 0.78$, $e^{-0.30} = 0.74$, $e^{-0.40} = 0.67$, $e^{-0.50} = 0.61$ 로 가정한다)

- ① 18%
- ② 22%
- ③ 26%
- ④ 33%

문 13. 다음은 자동촉매반응(autocatalytic reaction)에 대한 반응속도($-r_A$)와 전환율(X)의 관계를 나타낸 그림이다. X_m 은 반응속도가 최댓값을 갖는 지점의 전환율을 나타낸다. 최종 전환율 X_f 를 얻기 위한 반응기의 조합으로 가장 적합한 것은?

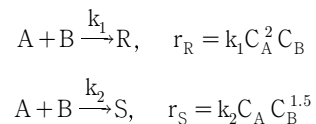


- ① 전환율 X_m 에 도달할 때까지 플러그흐름반응기(PFR)를 사용하고 그 뒤에도 플러그흐름반응기(PFR)를 사용한다.
- ② 전환율 X_m 에 도달할 때까지 연속교반반응기(CSTR)를 사용하고 그 뒤에는 플러그흐름반응기(PFR)를 사용한다.
- ③ 전환율 X_m 에 도달할 때까지 플러그흐름반응기(PFR)를 사용하고 그 뒤에는 연속교반반응기(CSTR)를 사용한다.
- ④ 전환율 X_m 에 도달할 때까지 연속교반반응기(CSTR)를 사용하고 그 뒤에도 연속교반반응기(CSTR)를 사용한다.

문 14. 유효인자(effectiveness factor)에 대한 정의로 적절한 것은?

- ① 촉매의 총부피를 반응물 확산이 일어나는 기공의 표면적으로 나눈 값
- ② 실제 반응속도와 기공을 통한 확산속도를 나눈 값의 제곱근
- ③ 촉매표면의 경막을 통한 확산속도를 기공 내의 확산속도로 나눈 값
- ④ 실제 반응속도를 기공을 통한 확산이 없는 경우의 가상적인 반응속도로 나눈 값

문 15. 다음과 같은 복합반응이 진행되고 있을 때, 원하는 생성물 R의 선택도를 최대로 하기 위한 적절한 반응기의 운전조건은?



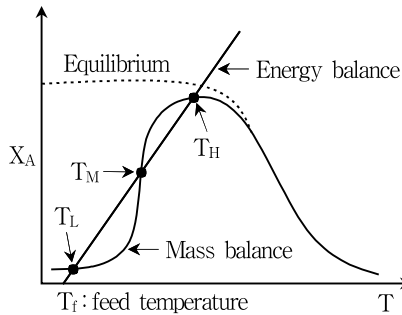
- ① 다량의 A를 반응기 입구에 주입한 후 소량의 B를 반응기의 측면으로 분산시켜 연속 주입시키는 플러그흐름반응기(PFR)
- ② 많은 양의 B 속으로 A를 천천히 주입시키는 반회분식반응기
- ③ 원료물질 중 A와 B의 농도를 낮추기 위해 순환비가 큰 플러그흐름반응기(PFR)
- ④ 같은 양의 A와 B를 주입시키는 연속교반반응기(CSTR)

문 16. 다음은 불균일계 촉매반응 $A \rightarrow B$ 에 대한 속도식이다. 이 식에서 k 는 표면반응 속도상수, K_A 와 K_B 는 각각 A 와 B 의 흡착평형상수, P_A 와 P_B 는 각각 A 와 B 의 분압이다. 이 반응이 높은 온도에서 진행될 때 적용될 수 있는 식은?

$$-r_A = \frac{kP_A}{1 + K_A P_A + K_B P_B}$$

- ① $-r_A = kP_A$
 ② $-r_A = \frac{kP_A}{1 + K_A P_A}$
 ③ $-r_A = \frac{kP_A}{1 + K_B P_B}$
 ④ $-r_A = \frac{kP_A}{K_A P_A + K_B P_B}$

문 17. 다음은 반응전환율과 온도 좌표에 가역 발열반응의 에너지 수지식과 물질 수지식을 동시에 나타낸 그림이다. 두 식의 교점은 정상상태의 조건을 나타낸다. 그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



- ① 낮은 온도의 정상상태인 T_L 은 온도가 T_L 보다 약간 높아지는 변화가 있을 때 열발생속도가 열소멸속도보다 작아서 다시 T_L 로 안정화된다.
 ② 중간 온도의 정상상태인 T_M 은 온도가 T_M 보다 약간 낮아지는 변화가 발생하면 열발생속도가 열소멸속도보다 작아서 T_L 로 안정화된다.
 ③ 중간 온도의 정상상태인 T_M 의 온도로 반응기가 안정화될 수 있는 반응물의 특정 주입온도가 존재한다.
 ④ 높은 온도의 정상상태인 T_H 는 온도가 T_H 보다 약간 낮아지는 변화가 발생하더라도 열발생속도가 열소멸속도보다 커서 다시 T_H 로 안정화된다.

문 18. 끝이 막힌 실린더 형태의 기공으로 기체 반응물이 확산되어 들어가면서 기공 표면의 촉매와 반응한다. 반응은 1차 비가역 반응이며, 반응속도식은 단위 면적당 단위 시간당 반응하는 A 의 몰수 $-r_A'' = k'' C_A$ 로 표시된다. 기공 내의 위치에 따른 반응물의 농도를 계산하는 미분 방정식으로 적합한 것은? (단, 기공의 축 방향으로만 농도 분포가 생기고 반지름 방향으로 농도의 변화가 없다고 가정한다)

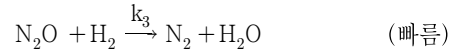
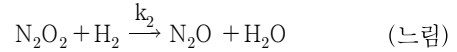
D : 반응물 A 의 기공 속에서의 확산 계수

x : 기공 입구부터의 거리

r : 기공의 반지름

- ① $\frac{d^2 C_A}{dx^2} + \frac{2k''}{Dr} C_A = 0$ ② $\frac{d^2 C_A}{dx^2} - \frac{2k''}{Dr} C_A = 0$
 ③ $\frac{d^2 C_A}{dx^2} + \frac{2k''}{Dr^2} C_A = 0$ ④ $\frac{d^2 C_A}{dx^2} - \frac{2k''}{Dr^2} C_A = 0$

문 19. 산화질소의 환원반응 $2NO(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ 에 대하여 제시된 다음의 반응메카니즘에 맞는 속도식은?



- ① $\text{rate} = kC_{NO} C_{H_2}$
 ② $\text{rate} = kC_{NO}^2 C_{H_2}$
 ③ $\text{rate} = kC_{NO} C_{H_2}^2$
 ④ $\text{rate} = kC_{NO}^2 C_{H_2}^2$

문 20. 단열된 플러그흐름반응기(PFR)에서 액상반응 $A \rightarrow B$ 가 일어나고 있다. 순수 반응물 A 는 100°C 로 유입된다. 100°C 에서의 반응열(ΔH_R)은 $-20 \text{ kcal mol}^{-1}$ 이고, A 와 B 의 열용량은 각각 $50 \text{ cal mol}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$ 이다. 생성물의 출구온도가 400°C 일 때, 반응물 A 의 전환율은?

- ① 0.45
 ② 0.50
 ③ 0.60
 ④ 0.75