

반응공학

- 문 1. 회분식 반응기에서 액상반응 $3A + B \rightarrow 3C + D$ 가 진행된다. 원료물질이 10 mol L^{-1} 의 A 와 4 mol L^{-1} 의 B 로만 구성되어 있다면, A 의 전환율이 20%일 때 B 와 D 의 농도 $[\text{mol L}^{-1}]$ 는?

	B 농도(C_B)	D 농도(C_D)
①	2.67	2
②	4	0.67
③	2.67	1.33
④	3.33	0.67

- 문 2. 부피변화가 없는 비가역 1차 반응을 혼합흐름 반응기와 플러그 흐름 반응기에서 각각 진행하고자 한다. 동일한 입구조건으로부터 두 반응기 모두 80% 전환율을 달성하고자 한다면 혼합흐름 반응기 부피는 플러그흐름 반응기 부피의 몇 배인가? (단, $\ln 0.2 = -1.6$ 으로 가정한다)

- ① 0.4
② 1.6
③ 2.0
④ 2.5

- 문 3. 다음의 기상 기초반응이 등온 정압 혼합흐름 반응기에서 진행된다. 순수한 반응물 A 가 반응기에 공급될 때 전환율 X_A 에서 이 반응기의 부피(V)는? (단, A 와 R 은 이상기체이고 v_{A0} 는 A 의 초기 부피유속, C_{A0} 는 A 의 초기농도이다)



- ① $\frac{v_{A0}}{kC_{A0}} \int_0^{X_A} \left(\frac{1-0.5X_A}{1-X_A} \right)^2 dX_A$
 ② $\frac{v_{A0}X_A}{kC_{A0}} \left(\frac{1-0.5X_A}{1-X_A} \right)^2$
 ③ $\frac{v_{A0}X_A}{kC_{A0}^2} \left(\frac{1-0.5X_A}{1-X_A} \right)^2$
 ④ $\frac{v_{A0}}{kC_{A0}} \int_0^{X_A} X_A \left(\frac{1-0.5X_A}{1-X_A} \right)^2 dX_A$

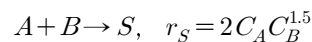
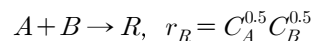
- 문 4. 온도 100 K에서 어떤 기상반응의 반응 속도식은 다음의 (가)와 같다. 이 속도식을 (나)와 같이 반응물 A 의 분압(p_A)에 대하여 나타낼 때 k 의 값은? (단, A 는 이상기체이고 반응진행에 따른 몰수변화는 없으며 R 은 기체상수이다)

$$(가) \quad -r_A [\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}] = -\frac{dC_A}{dt} = 2C_A^2$$

$$(나) \quad -\frac{dp_A}{dt} = kp_A^2$$

- ① $50R$
 ② $\frac{1}{50R}$
 ③ $100R$
 ④ $\frac{1}{100R}$

- 문 5. 다음과 같이 경쟁하는 두 반응이 있다. 이 반응이 동시에 진행될 때 반응물 A 에 대한 생성물 R 의 순간수율은?



- ① $1/(1 + C_A^{0.5} C_B)$ ② $1/(1 + C_A^{-0.5} C_B^{-1})$
 ③ $1/(1 + 2C_A^{0.5} C_B)$ ④ $1/(1 + 2C_A^{-0.5} C_B^{-1})$

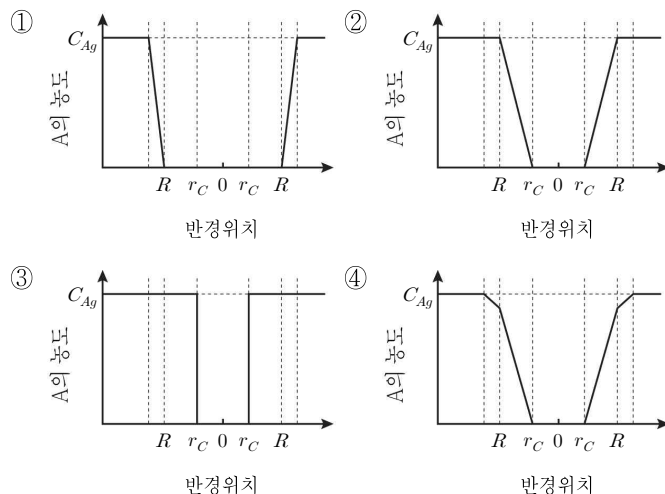
- 문 6. 회분식 반응기에서 진행된 액상반응 실험결과, $X_A/(1 - X_A)$ 가 시간 t [h]에 대하여 기울기 1인 직선으로 표현되었다. A 의 초기 농도(C_{A0})가 0.1 mol L^{-1} 일 때 이 반응의 속도상수 $[\text{L mol}^{-1} \text{h}^{-1}]$ 는? (단, 반응속도는 A 의 농도에만 의존하며 X_A 는 A 의 전환율이다)

- ① 7 ② 8
 ③ 9 ④ 10

- 문 7. 불균일촉매반응에서 단위면적을 기준으로 한 반응속도가 $-r'' = kC_{As}$ 로 표현되었다. 반응면까지 전달되는 반응물 A 의 물질전달 플럭스(flux) $J_A = k_m(C_A - C_{As})$ 이다. 정상상태에서 벨크상의 A 농도(C_A)로 표현된 반응속도식($-r''$)은? (단, C_{As} 는 촉매입자표면에서의 A 의 농도, k_m 은 물질전달계수이다)

- ① $\frac{kC_A}{k + k_m}$ ② $\frac{k_m C_A}{k + k_m}$
 ③ $\frac{k}{1 + \frac{k}{k_m} C_A}$ ④ $\frac{kC_A}{1 + \frac{k}{k_m}}$

- 문 8. 구형 고체 연료의 연소 과정은 수축핵 모델(shrinking core model)로 설명될 수 있다. 이는 연소되는 과정에서 회(ash)가 생성되고 고체 입자 크기는 유지되면서 미반응 핵이 점차 줄어드는 모델이다. 고체 연료의 반경을 R , 미반응 핵의 반경을 r_c 라고 할 때, 화학반응이 율속단계인 경우 반응 기체 A 의 농도 그래프로 옳은 것은? (단, C_{Ag} 는 기체 경막 밖에서의 농도를 나타낸다)



문 9. 액상 비가역반응의 혼합흐름 반응기에 대한 담켈러 수(Damköhler 수, Da)의 설명으로 옳은 것은?

- ① 1차 반응의 경우 Da 는 반응물 A 의 유입유량과 출구 반응속도의 비이다.
- ② 1차 반응의 경우 Da 는 반응속도와 대류속도의 비이다.
- ③ Da 가 0.1 이하이면 단일반응기에서 전환율이 90% 이상이다.
- ④ 2차 반응의 경우 Da 는 반응물 A 의 초기농도(C_{A0})의 제곱에 비례한다.

문 10. 혼합흐름 반응기에서 초기농도 C_{A0} 인 순수한 반응물 A 로부터

기초 연속반응 $A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$ 가 진행된다. k_1 과 k_2 의 값이 동일할 때 R 의 농도(C_R)를 공간시간(τ)의 함수로 표현한 식은?

- ① $C_R = \frac{C_{A0}k_1\tau}{1+k_1\tau}$
- ② $C_R = \frac{C_{A0}k_1}{(1+k_1\tau)^2}$
- ③ $C_R = k_1C_{A0}e^{-k_1\tau}$
- ④ $C_R = \frac{C_{A0}k_1\tau}{(1+k_1\tau)^2}$

문 11. 정용 회분식 반응기에서 반응물 A 의 반감기를 측정하였다. 측정된 반감기는 초기 반응물 농도에 관계없이 일정하였다. 이 반응의 반응차수는?

- ① 0차
- ② 1차
- ③ 2차
- ④ 3차

문 12. 회분식 반응기에서 비가역 1차 반응 $A \rightarrow B$ 가 진행되었다. A 의 초기농도(C_{A0})가 5.0 mol L^{-1} 일 때 반응시간 460 s 경과 후 A 의 농도(C_A)가 0.5 mol L^{-1} 로 감소하였다. 반응속도상수(k) 및 A 의 농도가 초기농도에서 0.05 mol L^{-1} 로 감소할 때까지 걸리는 시간(t)은? (단, $\ln 10 = 2.30$ 으로 가정한다)

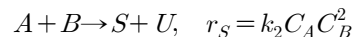
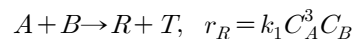
$k[\text{s}^{-1}]$ $t[\text{s}]$

- ① 0.005 1840
- ② 0.005 920
- ③ 0.010 1840
- ④ 0.010 920

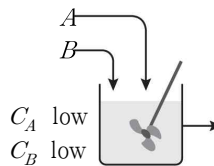
문 13. 플러그흐름 반응기에서 $2A \rightarrow R + P$ ($-r_A = kC_A^2$) 액상 비가역 2차 반응이 일어날 때, 부피 1L 반응기를 사용하여 A 의 전환율 50%를 얻었다. 4L 반응기를 사용할 때 A 의 전환율[%]은?

- ① 65
- ② 70
- ③ 75
- ④ 80

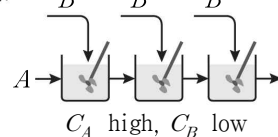
문 14. 반응물 A , B 에 대해 다음 두 액상반응이 경쟁하여 진행된다. 보기에 제시된 반응기들을 목적생성물 R 의 수율이 높은 순으로 나열한 것은?



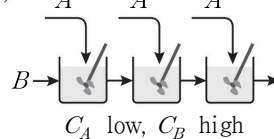
(가)



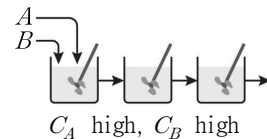
(나)



(다)

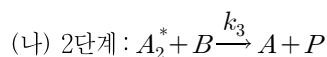
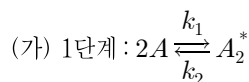


(라)



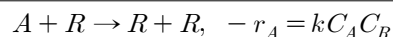
- ① (나) - (가) - (라) - (다)
- ② (나) - (라) - (가) - (다)
- ③ (다) - (라) - (가) - (나)
- ④ (라) - (나) - (다) - (가)

문 15. 다음은 중간체 A_2^* 를 거치는 2단계 반응으로 구성된 비기초반응이다. 중간체 생성속도를 0으로 가정하여 구한 생성물 P 의 반응속도식은?



- ① $r_P = \frac{k_1 k_3 C_A^2 C_B}{2(k_2 + k_3 C_B)}$
- ② $r_P = \frac{2k_1 k_3 C_A^2 C_B}{(k_2 + k_3 C_B)}$
- ③ $r_P = \frac{k_1 k_3 C_A^2 C_B}{k_2 + k_3 C_B}$
- ④ $r_P = \frac{k_2 + k_3 C_A}{k_1 k_3 C_A C_B^2}$

문 16. 다음 반응을 위해 동일한 입구 조건에서 플러그흐름 반응기 또는 혼합흐름 반응기 중 하나를 선택하여 사용하고자 한다. 이 반응과 관련된 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 반응기로 유입되는 반응물 중 A 와 R 의 초기농도는 각각 9 mol L^{-1} 및 1 mol L^{-1} 이다)

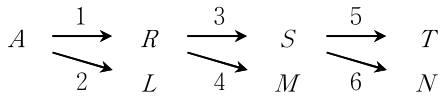


- ① 반응속도가 최대일 때 A 의 전환율은 약 44.4%이다.
- ② A 의 출구 전환율이 30%일 때 혼합흐름 반응기 부피가 플러그흐름 반응기 부피에 비해 작다.
- ③ 최대 반응속도를 보이는 A 의 출구 전환율에서 플러그흐름 반응기와 혼합흐름 반응기의 부피는 같다.
- ④ A 의 출구 전환율이 90%일 때 플러그흐름 반응기의 부피가 혼합흐름 반응기의 부피에 비해 작다.

문 17. 다공성 촉매입자 표면 속도론에서 정의된 유효인자(effectiveness factor)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 유효인자가 1이면 기공확산에 의한 저항은 무시할 수 있다.
- ② 유효인자가 1보다 크면 반응의 유효속단계는 물질전달 단계이다.
- ③ C_A 를 기공 내 반응물의 농도, C_{As} 를 기공 입구에서 반응물의 농도라 하면 0차 반응에서 유효인자는 $\frac{C_A}{C_{As}}$ 와 같다.
- ④ 유효인자는 경막확산이 개입할 때 반응속도와 경막확산이 없을 때 반응속도의 비로 정의된다.

문 18. 다음 복합반응에서 S 의 농도를 최대로 하기 위한 온도 진행 순서는? (단, E_n 은 n 번 반응의 활성화에너지를 나타낸다)



$$\begin{aligned}
 E_1 &= 10 \text{ kJ mol}^{-1}, & E_3 &= 15 \text{ kJ mol}^{-1}, & E_5 &= 20 \text{ kJ mol}^{-1} \\
 E_2 &= 25 \text{ kJ mol}^{-1}, & E_4 &= 10 \text{ kJ mol}^{-1}, & E_6 &= 25 \text{ kJ mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

- ① 고온 $\rightarrow$ 고온 $\rightarrow$ 저온
- ② 저온 $\rightarrow$ 저온 $\rightarrow$ 저온
- ③ 저온 $\rightarrow$ 고온 $\rightarrow$ 저온
- ④ 고온 $\rightarrow$ 저온 $\rightarrow$ 저온

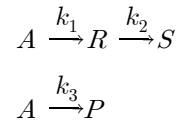
문 19. 순수한 A 가 반응하는 경우 반응기의 단열조작선(adiabatic operating line)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, X_A 는 A 의 전환율, C_p 는 비열, ΔH_R 은 반응엔탈피, ΔT 는 온도변화를 의미한다)

- ① 반응물과 생성물의 비열 차이가 없는 경우, 단열조작선은

$$X_A = \frac{C_p \Delta T}{-\Delta H_R} \text{로 표현된다.}$$

- ② 단열조작에서 $\frac{C_p}{-\Delta H_R}$ 값이 큰 반응에서는 혼합흐름 반응기가 적절하고, 이 값이 작은 반응에서는 플러그흐름 반응기가 적절하다.
- ③ 흡열반응의 경우 온도 T 에 대한 전환율 X_A 그래프에서 단열조작선의 기울기가 음의 값으로 나타난다.
- ④ 등온조건의 경우 온도 T 에 대한 전환율 X_A 그래프에서 단열조작선의 기울기는 무한대이다.

문 20. 다음 액상 기초반응들이 혼합흐름 반응기에서 일어난다. 반응물로 순수한 A 가 100 mol min^{-1} 의 속도로 공급되며, 반응기의 공간 시간은 20 min 이다. 반응기 출구에서 A, R, S, P 의 몰분율은 각각 $0.2, 0.5, 0.2, 0.1$ 이다. 이 때, k_1, k_2, k_3 의 값[min^{-1}]은?



k_1	k_2	k_3
① 0.175	0.02	0.025
② 0.02	0.175	0.025
③ 0.025	0.02	0.175
④ 0.02	0.025	0.175