

## 반응공학

- 문 1. 회분식 반응기에서 액상반응  $3A + B \rightarrow 3C + D$ 가 진행된다. 원료물질이  $10 \text{ mol L}^{-1}$ 의  $A$ 와  $4 \text{ mol L}^{-1}$ 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  $\frac{v_{A0}}{kC_{A0}} \int_0^{X_A} X_A \left( \frac{1-0.5X_A}{1-X_A} \right)^2 dX_A$

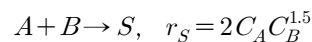
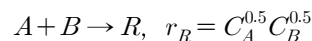
- 문 4. 온도 100 K에서 어떤 기상반응의 반응 속도식은 다음의 (가)와 같다. 이 속도식을 (나)와 같이 반응물  $A$ 의 분압( $p_A$ )에 대하여 나타낼 때  $k$ 의 값은? (단,  $A$ 는 이상기체이고 반응진행에 따른 몰수변화는 없으며  $R$ 은 기체상수이다)

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

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

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

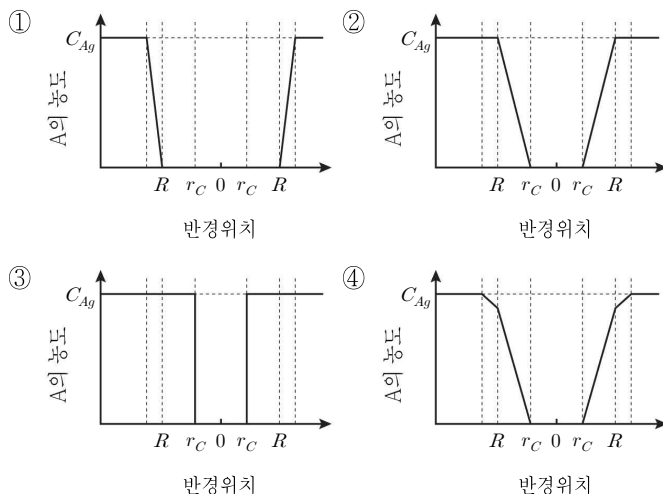
- 문 6. 회분식 반응기에서 진행된 액상반응 실험결과,  $X_A/(1 - X_A)$ 가 시간  $t$ 에 대하여 기울기 1인 직선으로 표현되었다.  $A$ 의 초기 농도( $C_{A0}$ )가  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$ 일 때 이 반응의 속도상수 $[\text{L mol}^{-1} \text{h}^{-1}]$ 는? (단, 반응속도는  $A$ 의 농도에만 의존하며  $X_A$ 는  $A$ 의 전환율이다)

- 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( $\tau$ )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

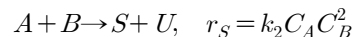
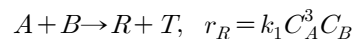
문 12. 회분식 반응기에서 비가역 1차 반응  $A \rightarrow B$ 가 진행되었다.  $A$ 의 초기농도( $C_{A0}$ )가  $5.0 \text{ mol L}^{-1}$ 일 때 반응시간 460 s 경과 후  $A$ 의 농도( $C_A$ )가  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$ 로 감소하였다. 반응속도상수( $k$ ) 및  $A$ 의 농도가 초기농도에서  $0.05 \text{ mol L}^{-1}$ 로 감소할 때까지 걸리는 시간( $t$ )은? (단,  $\ln 10 = 2.30$ 으로 가정한다)

$k[\text{s}^{-1}]$	$t[\text{s}]$
① 0.005	1840
② 0.005	920
③ 0.010	1840
④ 0.010	920

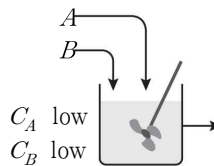
문 13. 플러그흐름 반응기에서  $2A \rightarrow R + P$  ( $-r_A = kC_A^2$ ) 액상 비가역 2차 반응이 일어날 때, 부피 1L 반응기를 사용하여  $A$ 의 전환율 50%를 얻었다. 4L 반응기를 사용할 때  $A$ 의 전환율[%]은?

- ① 65
- ② 70
- ③ 75
- ④ 80

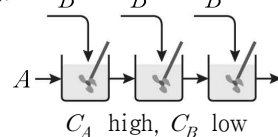
문 14. 반응물  $A$ ,  $B$ 에 대해 다음 두 액상반응이 경쟁하여 진행된다. 보기에 제시된 반응기들을 목적생성물  $R$ 의 수율이 높은 순으로 나열한 것은?



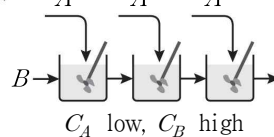
(가)



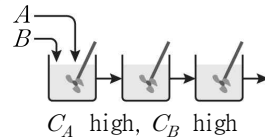
(나)



(다)

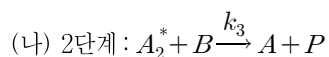
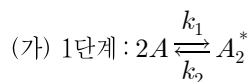


(라)



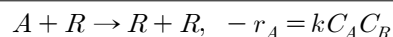
- ① (나) - (가) - (라) - (다)
- ② (나) - (라) - (가) - (다)
- ③ (다) - (라) - (가) - (나)
- ④ (라) - (나) - (다) - (가)

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  $9 \text{ mol L}^{-1}$  및  $1 \text{ mol L}^{-1}$ 이다)

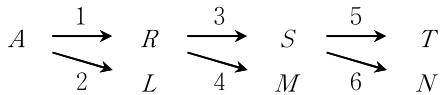


- ① 반응속도가 최대일 때  $A$ 의 전환율은 약 44.4%이다.
- ②  $A$ 의 출구 전환율이 30%일 때 혼합흐름 반응기 부피가 플러그흐름 반응기 부피에 비해 작다.
- ③ 최대 반응속도를 보이는  $A$ 의 출구 전환율에서 플러그흐름 반응기와 혼합흐름 반응기의 부피는 같다.
- ④  $A$ 의 출구 전환율이 90%일 때 플러그흐름 반응기의 부피가 혼합흐름 반응기의 부피에 비해 작다.

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 유효단계는 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

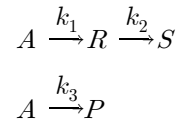
문 19. 순수한  $A$ 가 반응하는 경우 반응기의 단열조작선(adiabatic operating line)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $X_A$ 는  $A$ 의 전환율,  $C_p$ 는 비열,  $\Delta H_R$ 은 반응엔탈피,  $\Delta T$ 는 온도변화를 의미한다)

- 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  $100 \text{ mol min}^{-1}$ 의 속도로 공급되며, 반응기의 공간 시간은  $20 \text{ min}$ 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 [ $\text{min}^{-1}$ ]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