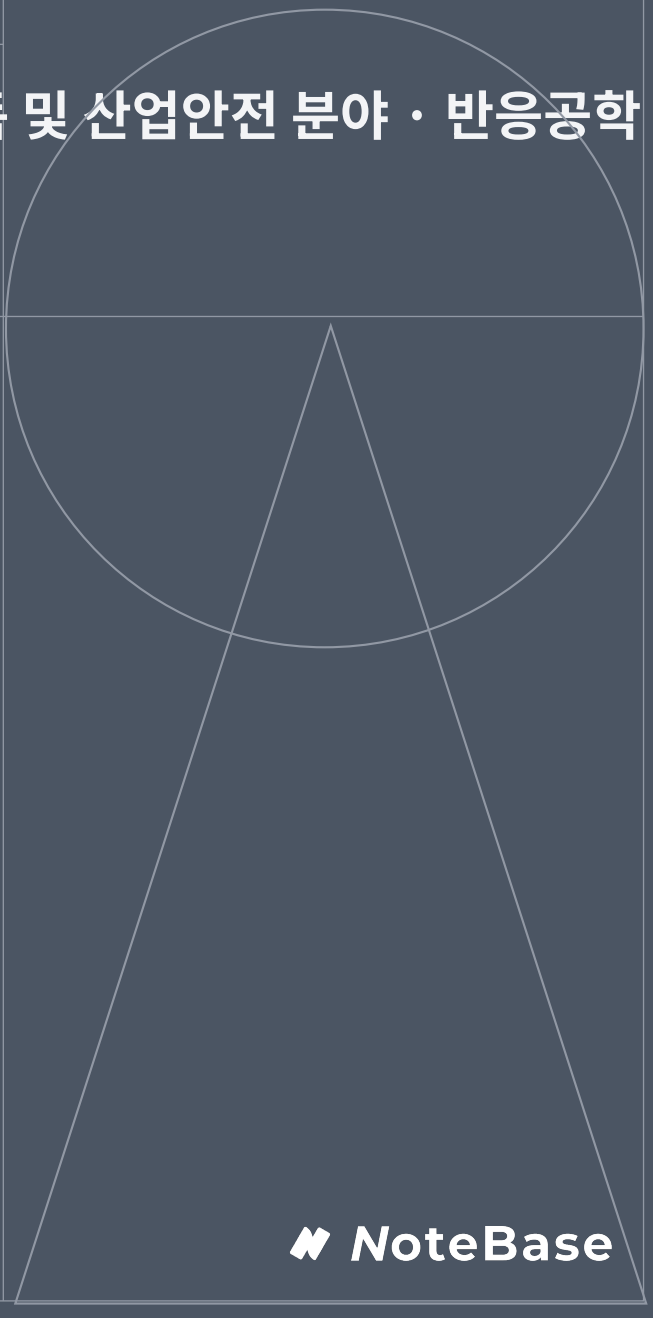
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 반응공학 · 202



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 반응공학 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 반응공학 · 2025 · 2차

문 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.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 CSTR의 완전혼합 가정과 PFR의 플러그흐름 가정, 그리고 여러 CSTR을 직렬로 연결했을 때의 거동을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

CSTR은 반응기 내부가 완전히 혼합되어 반응기 어느 지점이나 조성·온도가 같다고 보는 이상반응기이다.
따라서 내부 농도는 출구 농도와 같다.
PFR은 유체가 마치 마개처럼 이동하여 반경 방향 혼합은 없고 축방향 위치에 따라 조성이 변한다고 보는 이상반응기이다.
같은 전환율을 만들 때 여러 CSTR을 직렬로 늘려 가면 전체 거동이 PFR에 가까워지고 필요 부피도 PFR 값에 접근한다.

선지별 해설

① O: CSTR의 기본 가정이 완전혼합이다. 그래서 반응기 내부의 농도와 온도는 공간적으로 균일하다고 본다.
② X: 틀린 부분은 "유입되는 반응물의 농도와 같다"이다. CSTR에서는 완전혼합 때문에 내부 농도는 유출 농도와 같고, 반응이 진행되므로 일반적으로 유입 농도와는 다르다. 올바르게는 "CSTR의 내부 농도는 유출되는 반응물의 농도와 같다"이다.
③ O: 이상적인 PFR에서는 단면 내 농도는 같고 흐름 방향으로만 농도가 변한다. 즉 반경 방향 변화는 없고 축방향 변화만 고려한다.
④ O: 동일 전환율 기준으로 CSTR을 여러 개 직렬로 연결하면 체류시간 분포가 PFR에 가까워진다. 따라서 필요한 전체 부피도 단일 PFR의 부피에 점점 유사해진다.

NoteBase

오답 포인트

CSTR의 "내부 농도 = 출구 농도"를 "내부 농도 = 입구 농도"로 바꾸어 놓은 표현이 대표적 함정이다.
완전혼합이라는 말만 보고 유입 즉시 반응기 전체가 입구 농도와 같다고 오해하면 ②를 맞는 선지로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

CSTR이 보이면 먼저 "완전혼합이므로 내부 = 출구"를 확인하고, PFR이 보이면 "단면은 같고 축방향으로만 변한다"를 대입하면 된다. 여러 CSTR 직렬은 PFR 근사라는 연결고리까지 함께 판단하면 선지 정리가 빨라진다.

암기 포인트

CSTR은 내부 = 출구, PFR은 축방향 변화, 직렬 CSTR 증가는 PFR 접근이라는 대응으로 기억된다.

NoteBase

문 2. 다음은 반응물 A를 넣어 원하는 생성물 B를 얻음과 동시에 부반응이 발생해 원하지 않는 생성물 C가 생성되는 기초반응이다. 활성화에너지를 E라고 할 때 $E_1 > E_2$이다. 이 과정에서 상대적으로 C의 생성보다 B의 생성이 증가하도록 온도를 조절하려고 한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

aligned A &1 B \ A &2 C aligned

① 반응이 진행되는 동안 온도를 높인다.

② 반응이 진행되는 동안 온도를 낮춘다.

③ 반응이 진행되는 동안 온도를 일정하게 한다.

④ 온도와 관계없다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 병렬반응에서 활성화에너지가 더 큰 경로가 온도 상승에 더 민감하다는 점을 이용해 선택도를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

병렬반응에서 원하는 생성물과 원하지 않는 생성물이 같은 반응물 A로부터 동시에 생성되면 상대 생성비는 속도상수비로 판단한다. 이 문항에서는 $r_B/r_C = k_1/k_2$이고, 아레니우스식 $k = Ae^{-E/RT}$에 따라 활성화에너지가 큰 반응일수록 온도 변화의 영향을 더 크게 받는다.

선지별 해설

① O: $E_1 > E_2$이므로 온도를 올리면 원하는 반응 1의 속도상수 증가폭이 부반응 2보다 더 크다. 따라서 k_1/k_2가 커져 상대적으로 B의 생성이 C보다 더 증가한다.

② X: 틀린 표현은 "온도를 낮춘다"이다. 온도를 낮추면 활성화에너지가 더 큰 반응 1이 더 크게 억제되어 B/C 비가 감소하므로, 올바르게는 온도를 높여야 한다.

③ X: 틀린 표현은 "온도를 일정하게 한다"이다. 온도를 일정하게 유지하면 기존 선택도는 바뀌지 않으므로 B 생성이 C 생성보다 상대적으로 더 커지지 않는다. 올바르게는 선택도를 높이기 위해 온도를 상승시키는 방향이어야 한다.

④ X: 틀린 표현은 "온도와 관계없다"이다. 병렬반응의 선택도는 각 반응의 활성화에너지 차이에 따라 온도 의존성을 가진다. 올바르게는 E_1과 E_2가 다르면 온도 변화가 상대 생성비에 영향을 준다.

NoteBase

오답 포인트

반응 속도가 빨라진다는 말만 보고 모든 생성물이 같은 비율로 함께 늘어난다고 생각하면 ③이나 ④로 흐르기 쉽다. 이 문항의 핵심은 절대 속도 증가가 아니라 활성화에너지가 더 큰 경로가 온도 상승에 더 민감하다는 상대 비교이다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬반응에서 원하는 생성물의 경로와 부반응 경로의 활성화에너지를 먼저 비교한다. 원하는 쪽의 활성화에너지가 더 크면 온도 상승이 선택도를 높이고, 원하는 쪽의 활성화에너지가 더 작으면 온도 하강이 선택도를 높인다.

암기 포인트

병렬반응 선택도는 활성화에너지가 큰 쪽이 온도 상승의 수혜를 더 크게 받는다.

NoteBase

문 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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 촉매 비활성화 현상과 정상적인 촉매 반응 단계를 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

촉매 비활성화는 활성점이 막히거나 줄어들어 촉매 활성이 감소하는 현상이다.
생성물 탈착은 반응이 끝난 뒤 생성물이 촉매 표면을 떠나는 정상적인 촉매 반응 단계이므로 비활성화가 아니다.
피독은 독성분자가 활성점을 점유하는 현상이고, 소결은 금속 입자가 응집하여 표면적이 감소하는 현상이며,
탄소 침적은 코크가 표면이나 기공을 막는 현상이다.

선지별 해설

① X: 생성물 탈착은 촉매 표면에서 생성물이 떨어져 나가는 정상 단계이다. 비활성화 현상이 아니라 촉매 반응의 생성물 탈착 단계라고 보는 것이 옳다.
② O: 독성분자에 의한 피독은 촉매 활성점이 점유되어 반응물이 흡착하지 못하게 되는 대표적 비활성화 현상이다.
③ O: 금속 나노입자의 소결은 입자들이 뭉쳐 커지면서 유효 표면적과 활성점 수가 감소하는 비활성화 현상이다.
④ O: 탄화수소 관련 반응에서 탄소성 물질이 축적되는 코킹은 촉매 표면과 기공을 막아 활성을 떨어뜨리는 비활성화 현상이다.

오답 포인트

①의 탈착을 표면에서 일어나는 모든 현상과 같은 범주로 묶으면 혼동하기 쉽다. 비활성화는 활성을 떨어뜨리는 현상이고, 탈착은 촉매 순환에서 정상적으로 반복되는 단계라는 점이 핵심 구분점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지가 촉매 표면을 막거나 활성점을 줄여 반응성을 떨어뜨리는지부터 본다. 활성 저하를 직접 일으키면 비활성화이고, 흡착·반응·탈착처럼 촉매 사이클의 정상 단계이면 비활성화가 아니다.

NoteBase

암기 포인트

피독·소결·코킹은 비활성화이고, 생성물 탈착은 정상 반응 단계이다.

NoteBase

문 4. $2A \rightarrow B$인 2차 반응에서 기울기 dy/dx가 반응속도상수 k인 그래프의 x축과 y축에 해당하는 것을 바르게 연결한 것은? (단, A의 농도는 C_A, 반응시간은 t이다)

① x축: $\frac{1}{C_A}$, y축: t

② x축: C_A, y축: t

③ x축: t, y축: $\frac{1}{C_A}$

④ x축: t, y축: C_A

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 2차 반응의 적분 속도식을 직선식으로 바꾸었을 때 기울기가 k가 되도록 x축과 y축 변수를 대응시키는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $2A \rightarrow B$인 2차 반응이다.
A의 농도는 C_A, 반응시간은 t이다.
기울기 dy/dx가 k인 직선 그래프의 축 배치를 찾아야 한다.

사용할 공식

2차 반응의 적분식은 $\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt$이다.
이 식을 $y = mx + b$ 꼴로 보면 $y = \frac{1}{C_A}$, $x = t$, 기울기 $m = k$가 된다.

계산 과정

1. 2차 반응의 적분 속도식 $\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt$를 쓴다.
2. 이를 정리하면 $\frac{1}{C_A} = kt + \frac{1}{C_{A0}}$이다.
3. 직선식 $y = mx + b$와 비교하면 x축은 t, y축은 $\frac{1}{C_A}$이다.

선지별 해설

① X: x축을 $\frac{1}{C_A}$, y축을 t로 두면 기울기는 $dt/d(1/C_A) = 1/k$가 되어 k가 아니다. 틀린 표현은 'y축이 t'이고, 올바르게는 'x축이 t, y축이 $\frac{1}{C_A}$'이다.
② X: C_A를 그대로 축에 두면 2차 반응 적분식이 직선형으로 나타나지 않는다. 틀린 표현은 'x축이 C_A, y축이 t'이고, 올바르게는 '시간 t와 농도의 역수 $\frac{1}{C_A}$를 축에 둔다'이다.
③ O: $y = \frac{1}{C_A}$, $x = t$로 두면 $y = kt + \frac{1}{C_{A0}}$가 되어 기울기 dy/dx가 k이다.
④ X: y축에 C_A를 두면 C_A-t 관계는 일정 기울기의 직선이 아니라 비선형 곡선이 된다. 틀린 표현은 'y축이 C_A'이고, 올바르게는 'y축이 $\frac{1}{C_A}$'이다.

NoteBase

오답 포인트

2차 반응에서는 농도 자체가 아니라 농도의 역수 $\frac{1}{C_A}$를 써야 직선이 된다는 점을 놓치기 쉽다. ①처럼 축을 서로 바꾸면 기울기가 k가 아니라 $1/k$가 되는 점이 대표적 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응차수를 먼저 확인한 뒤 해당 적분 속도식을 $y = mx + b$ 꼴로 정리해 본다. 기울기를 묻는 문제는 어떤 변수를 y, x에 둘 때 계수 m이 k가 되는지만 판단하면 된다.

암기 포인트

0차는 C_A-t, 1차는 $\ln C_A$-t, 2차는 $1/C_A$-t가 직선이다.

NoteBase

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

① 20

② 40

③ 60

④ 80

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 화학양론 계수비를 이용해 생성물 C의 생성속도로부터 반응물 B의 소멸속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A + 3B \rightarrow 4C$, 생성물 C의 생성속도는 $80 moldm^{-3}min^{-1}$이다.
구해야 할 값: 반응물 B의 소멸속도이다.
주의할 조건: 성분별 속도는 반응식의 계수비로 연결되며, 생성속도와 소멸속도를 그대로 같은 값으로 두면 안 된다.

사용할 공식

반응식 $aA + bB \rightarrow cC$에서 반응속도는 $-\frac{1}{a}\frac{dC_A}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{dC_B}{dt} = \frac{1}{c}\frac{dC_C}{dt}$이다.
이 문제에는 $-\frac{1}{3}\frac{dC_B}{dt} = \frac{1}{4}\frac{dC_C}{dt}$를 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 한 번의 반응 진행에서 각 성분의 변화속도는 화학양론 계수에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. C의 생성속도는 $\frac{dC_C}{dt} = 80 moldm^{-3}min^{-1}$이다.
2. 반응속도는 $r = \frac{1}{4}\frac{dC_C}{dt} = \frac{80}{4} = 20$이다.
3. B의 소멸속도는 $-\frac{dC_B}{dt} = 3r = 3 \times 20 = 60 moldm^{-3}min^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 20은 $\frac{1}{4}\frac{dC_C}{dt}$로 계산한 반응속도 r일 뿐이며, 반응물 B의 소멸속도는 아니다. 올바르게는 B의 소멸속도는 $60 mol dm^{-3} min^{-1}$이다.
② X: 40은 화학양론 계수비 3 : 4를 적용하지 못하고 중간에 잘못 비례시킨 값이다. 올바르게는 $-\frac{dC_B}{dt} = \frac{3}{4} \times 80 = 60 mol dm^{-3} min^{-1}$이다.
③ O: B와 C의 속도비는 계수비에 따라 $-\frac{dC_B}{dt} : \frac{dC_C}{dt} = 3 : 4$이므로 $-\frac{dC_B}{dt} = \frac{3}{4} \times 80 = 60 mol dm^{-3} min^{-1}$이다.
④ X: 80은 생성물 C의 생성속도를 그대로 옮긴 값이며, B는 계수 3을 가지므로 같은 수치가 되지 않는다. 올바르게는 B의 소멸속도는 $60 mol dm^{-3} min^{-1}$이다.

오답 포인트

20을 바로 답으로 고르면 반응속도 r와 성분별 생성·소멸속도를 구분하지 못한 것이다. 80을 그대로 고르면 생성물 속도와 반응물 속도를 같은 값으로 본 실수이다. 이 문제의 함정은 계수 3과 4를 끝까지 적용하지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응속도 문제는 먼저 반응식의 계수 아래에 각 성분 속도를 연결한 뒤, 주어진 성분의 속도를 반응속도 r로 바꾸고, 마지막에 구하려는 성분의 계수를 다시 곱해 판단한다.

암기 포인트

성분별 속도는 값이 같지 않고 속도계수가 같다.

NoteBase

문 6. A → B인 1차 등온 회분식 반응에서 75 %가 반응하는 데 필요한 시간은 반감기의 몇 배인가?

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 1차 등온 회분식 반응의 적분식과 반감기 관계를 이용해 75% 반응에 필요한 시간이 반감기의 몇 배인지를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 A → B인 1차 등온 회분식 반응이다.
75%가 반응했다는 뜻은 전환율이 $X = 0.75$이고 잔존분율이 $1 - X = 0.25$라는 뜻이다.
구해야 할 값은 필요한 시간 t가 반감기 $t_{1/2}$의 몇 배인지이다.

사용할 공식

1차 회분식 반응의 적분식은 $t = \frac{1}{k}\ln\frac{C_{A0}}{C_A} = \frac{1}{k}\ln\frac{1}{1-X}$이다.
반감기는 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 1차 반응에서는 전환율로부터 시간을 바로 계산할 수 있고, 반감기가 농도와 무관하게 일정하기 때문이다.

계산 과정

75% 반응이면 $C_A/C_{A0} = 0.25$이다.
따라서 필요한 시간은
$t = \frac{1}{k}\ln\frac{1}{0.25} = \frac{1}{k}\ln 4 = \frac{2\ln 2}{k}$
반감기는
$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$
이므로
$\frac{t}{t_{1/2}} = \frac{(2\ln 2)/k}{(\ln 2)/k} = 2$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과 $t = 2t_{1/2}$이므로 2배가 맞다. 75% 반응은 25% 잔존이고, 이는 반으로 두 번 줄어든 상태이다.
② X: 3배이면 $t = 3t_{1/2} = \frac{3\ln 2}{k}$이어야 하지만 실제는 $\frac{2\ln 2}{k}$이다. 틀린 표현은 "75% 반응 시간이 3배"이고, 올바르게는 "2배"이다.
③ X: 4배이면 잔존분율이 $(1/2)^4 = 1/16$이어서 93.75% 반응에 해당한다. 틀린 표현은 "75% 반응 시간이 4배"이고, 올바르게는 "93.75% 반응 시간이 4배"이다.
④ X: 5배이면 잔존분율이 $(1/2)^5 = 1/32$이어서 96.875% 반응에 해당한다. 틀린 표현은 "75% 반응 시간이 5배"이고, 올바르게는 "96.875% 반응 시간이 5배"이다.

오답 포인트

75% 반응을 잔존분율 75%로 착각하면 틀린다. 이 문항은 반응한 비율과 남은 비율을 구분할 수 있는지, 그리고 1차 반응의 반감기가 일정하다는 점을 연결할 수 있는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

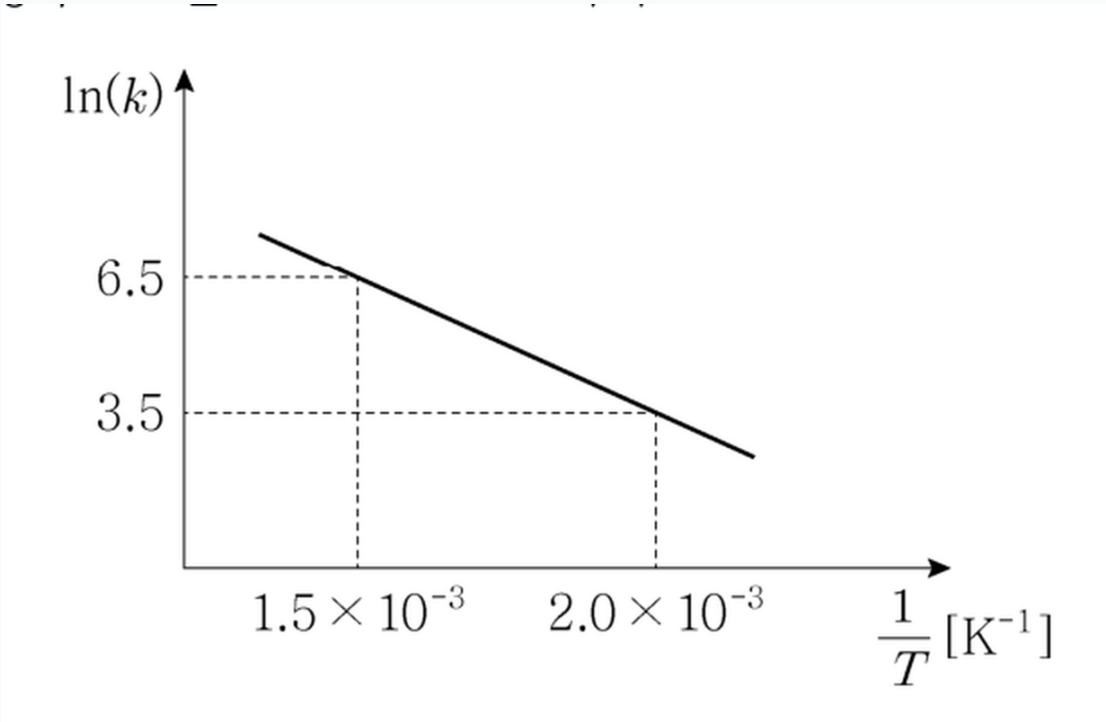
1차 반응에서 몇 %가 반응했다는 표현이 나오면 먼저 잔존분율 $1 - X$로 바꾼다. 그 값이 1/2, 1/4, 1/8처럼 반감기의 반복과 바로 연결되면 반감기 횟수로 시간을 판단한다.

암기 포인트

1차 반응은 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$이고, 25% 잔존은 반감기 2번이므로 75% 반응 시간은 반감기의 2배이다.

NoteBase

문 7. 다음 그래프는 어떤 반응의 반응속도상수 k와 반응온도 T와의 상관관계를 나타낸 것이다. 이 반응의 활성화에너지[J mol^-1]는? (단, 기체상수 R는 8 J mol^-1 K^-1이다)



① 2.4×10^3

② 2.4×10^4

③ 4.8×10^3

④ 4.8×10^4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Arrhenius 식 $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$에서 $\ln k$ 대 $1/T$ 그래프의 기울기 $-E_a/R$를 이용해 활성화에너지를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- $1/T = 1.5 \times 10^{-3} K^{-1}$일 때 $\ln k = 6.5$이다.
- $1/T = 2.0 \times 10^{-3} K^{-1}$일 때 $\ln k = 3.5$이다.
- 기체상수 $R = 8 J mol^{-1} K^{-1}$이다.

구해야 할 값:
- 활성화에너지 E_a이다.

주의할 조건:
- $\ln k$ 대 $1/T$ 직선의 기울기는 $-E_a/R$이다.

사용할 공식

$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$
기울기=(Δ(k))/(Δ(1/T))=-(E_a)/(R)
이 공식을 쓰는 이유:
문제의 그래프가 바로 $\ln k$와 $1/T$의 직선관계를 제시하고 있으므로, 두 점으로 구한 기울기에서 바로 E_a를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 그래프의 기울기를 구한다.
$m = \frac{3.5 - 6.5}{2.0 \times 10^{-3} - 1.5 \times 10^{-3}} = \frac{-3.0}{0.5 \times 10^{-3}} = -6.0 \times 10^{3}$
2. Arrhenius 식에서 $m = -E_a/R$이므로 다음이 성립한다.
$-\frac{E_a}{R} = -6.0 \times 10^{3}$
3. $R = 8$을 대입하면 활성화에너지는 다음과 같다.
$E_a = (6.0 \times 10^{3}) \times 8 = 4.8 \times 10^{4} J mol^{-1}$
따라서 정답값은 $4.8 \times 10^{4} J mol^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 계산 결과 활성화에너지는 $4.8 \times 10^4 J mol^{-1}$이다. ①의 2.4×10^3은 기울기와 기체상수를 모두 반영한 값이 아니다.
- 틀린 표현은 2.4×10^3이다. 올바르게는 4.8×10^4이다.

② X

- ②의 2.4×10^4는 $\Delta(1/T)$를 실제보다 크게 읽어 기울기 절댓값을 절반으로 계산했을 때 나오는 오답이다.
- 틀린 표현은 2.4×10^4이다. 올바르게는 4.8×10^4이다.

③ X

- ③의 4.8×10^3는 정답에서 지수 한 자리를 빠뜨린 값이다. 기울기 6.0×10^3에 $R = 8$을 곱하면 반드시 10^4 자리까지 올라간다.
- 틀린 표현은 4.8×10^3이다. 올바르게는 4.8×10^4이다.

④ O

- 기울기 -6.0×10^3에서 E_a=-(기울기)× R를 적용하면 $E_a = 4.8 \times 10^4 J mol^{-1}$이 된다.
- 그래프에서 읽은 두 점과 Arrhenius 식을 정확히 연결한 값이므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $\Delta(1/T)$의 크기를 잘못 읽어 기울기를 절반으로 계산하거나, 최종 곱셈 뒤 지수 한 자리를 빠뜨리는 경우이다. 이 문제는 숫자 자체보다도 기울기와 $-E_a/R$의 대응관계를 정확히 연결하는지가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Arrhenius 그래프가 $\ln k$ 대 $1/T$로 주어지면 먼저 기울기를 구하고, 그 기울기가 $-E_a/R$인지 $-E_a/2.303R$인지 축 표기를 확인한 뒤 R을 곱해 활성화에너지를 계산하면 된다.

암기 포인트

$\ln k$ 대 $1/T$의 기울기는 $-E_a/R$, $\log k$ 대 $1/T$의 기울기는 $-E_a/2.303R$이다.

NoteBase

문 8. $A \rightarrow B$ **반응에서 반응물 A의 농도가** $0.010 \mathrm{mol dm^{-3}}$**일 때 반응 속도를 측정하였더니** $0.20 \mathrm{mol dm^{-3} s^{-1}}$**이었다. 이 반응의 속도상수가** $2.0 \times 10^3 \mathrm{dm^3 mol^{-1} s^{-1}}$**이라 할 때, 반응차수는?**

① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 속도식 $r = kC_A^n$과 속도상수의 단위를 함께 이용해 반응차수 n을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 반응속도 $r = 0.20 mol dm^{-3} s^{-1}$, 농도 $C_A = 0.010 mol dm^{-3}$, 속도상수 $k = 2.0 \times 10^3 dm^3 mol^{-1} s^{-1}$이다.
구해야 할 값은 반응차수 n이다.
주의할 조건은 속도식에 수치를 대입한 계산값과 속도상수의 단위가 동시에 맞아야 한다는 점이다.

사용할 공식

사용할 공식은 $r = kC_A^n$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 반응속도, 농도, 속도상수가 모두 주어졌으므로 미지수인 반응차수 n를 속도식으로 바로 판별할 수 있기 때문이다.

계산 과정

속도식에 주어진 값을 대입하면 $0.20 = 2.0 \times 10^3 \times (0.010)^n$이다.
$(0.010)^2 = 10^{-4}$이므로 $2.0 \times 10^3 \times 10^{-4} = 2.0 \times 10^{-1} = 0.20$이다.
따라서 $n = 2$이다.
또한 k의 단위가 $dm^3 mol^{-1} s^{-1}$인 것은 2차 반응의 속도상수 단위와 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① X: 0차 반응이면 속도식은 $r = k$가 되어 농도와 무관해야 하고, 속도상수 단위도 $mol dm^{-3} s^{-1}$이어야 한다. 틀린 표현은 '반응차수는 0'이고, 올바르게는 '주어진 속도상수 단위와 계산값에 맞는 반응차수는 2'이다.
② X: 1차 반응이면 $r = kC_A = 2.0 \times 10^3 \times 0.010 = 20$이 되어 주어진 속도 0.20과 맞지 않는다. 틀린 표현은 '반응차수는 1'이고, 올바르게는 '1차로 계산하면 속도가 지나치게 커지므로 2차 반응이어야 한다'이다.
③ O: 2차 반응이면 $r = kC_A^2 = 2.0 \times 10^3 \times (0.010)^2 = 0.20$이 되어 문제의 반응속도와 정확히 일치한다. 속도상수 단위도 2차 반응과 일치하므로 옳다.
④ X: 3차 반응이면 $r = kC_A^3 = 2.0 \times 10^3 \times (0.010)^3 = 0.002$가 되어 주어진 값보다 100배 작다. 틀린 표현은 '반응차수는 3'이고, 올바르게는 '3차로 계산하면 속도가 너무 작으므로 반응차수는 2'이다.

오답 포인트

농도 0.010에 제곱이 붙는지를 놓치고 1차로 계산하거나, 속도상수의 단위를 확인하지 않고 수치만 대입하면 틀리기 쉽다. 특히 $dm^3 mol^{-1} s^{-1}$는 2차 반응의 단위라는 점이 함정 회피의 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응차수를 묻는 계산형 문제는 먼저 $r = kC_A^n$에 값을 대입해 후보 차수를 계산하고, 이어서 속도상수의 단위가 그 차수와 일치하는지 검산하면 된다.

암기 포인트

2차 반응의 속도상수 단위는 $dm^3 mol^{-1} s^{-1}$이며, 속도식은 $r = kC^2$이다.

NoteBase

문 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.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 기상 2차 반응이 일어나는 PBR에서 압력강하 유무가 압력, 반응물 농도, 전환율, 부피유량에 어떤 방향으로 영향을 주는지를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

A는 압력강하가 있는 경우이고 B는 압력강하가 없는 경우이다.
입구 이후 같은 위치에서는 A의 압력이 B보다 낮고, 기상 반응에서 반응물 농도는 압력에 비례하므로 A의 반응물 몰농도도 더 낮다.
2차 반응은 보통 $-r_A = kC_A^2$로 나타나므로 농도 저하의 영향이 크게 작용해 A의 반응속도와 누적 전환율이 B보다 작다.
부피유량은 이상기체 관계에서 $v = F_T RT/P$로 보므로 압력이 더 낮은 A가 작아지는 것이 아니라 커지는 방향으로 본다.

선지별 해설

① O: 압력강하가 있는 A는 입구를 지난 같은 위치에서 B보다 압력이 더 낮다. 압력강하를 가정했기 때문에 이 비교는 옳다.
② O: A에서는 압력강하 때문에 반응물 농도가 낮아지고, 기상 2차 반응은 농도 감소에 민감하므로 반응속도가 더 작다. 따라서 같은 위치까지의 누적 전환율도 A가 B보다 낮다.
③ O: 압력강하가 생기면 같은 위치의 전체압력과 반응물 부분압력이 함께 낮아지므로 반응물의 몰농도도 A가 B보다 낮다.
④ X: 틀린 부분은 "작다"이다. 기체의 부피유량은 압력이 낮아질수록 커지는 방향으로 변하므로 A의 부피유량을 B보다 작다고 볼 수 없다. 올바르게는 "부피유량은 A가 B보다 크다"이다.

NoteBase

오답 포인트

압력강하가 있으면 흐름이 막히는 느낌 때문에 부피유량도 작아진다고 착각하기 쉽다. 그러나 기상 PBR에서는 압력 저하로 기체가 팽창하므로 부피유량은 오히려 커지는 방향으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기상 PBR 비교 문제는 먼저 압력강하 유무를 보고 압력의 대소를 정한 뒤, 그 결과로 반응물 농도, 반응속도, 전환율, 부피유량의 순서로 연결해서 판단한다. 압력은 농도와 같은 방향, 부피유량은 반대 방향으로 본다.

암기 포인트

기상 PBR에서 압력강하가 있으면 압력과 농도는 낮아지고, 2차 반응의 속도와 전환율도 낮아지며, 부피유량은 커진다.

NoteBase

문 10. 다음 반응에 포함된 것만을 모두 고르면?

$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O$
$C_2H_5OH \rightarrow CH_3CHO + H_2$
$C_2H_4 + CH_3CHO \rightarrow C_4H_6 + H_2O$
ㄱ. 직렬반응
ㄴ. 병렬반응
ㄷ. 복합반응

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 하나의 반응망 안에서 직렬반응, 병렬반응, 복합반응이 각각 어떻게 드러나는지를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

직렬반응: 앞 반응에서 생긴 생성물이나 중간체가 다음 반응의 반응물로 이어지는 반응망이다. 키워드는 생성물의 후속 소비이다.
병렬반응: 같은 반응물이 둘 이상의 경로로 서로 다른 생성물로 가는 반응망이다. 키워드는 동일 출발물질의 분기이다.
복합반응: 직렬반응과 병렬반응처럼 둘 이상의 반응 형태가 함께 섞여 있는 반응망이다. 키워드는 혼합 반응망이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 "ㄱ, ㄴ"이다. 첫째 식과 둘째 식은 같은 반응물인 C2H5OH가 두 경로로 갈라지므로 병렬반응이고, 그 생성물인 C2H4와 CH3CHO가 셋째 식의 반응물로 다시 이어지므로 직렬반응 성격도 있다. 따라서 전체 반응망은 복합반응이기도 하다. 올바르게는 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이다.
② X: 틀린 부분은 "ㄱ, ㄷ"이다. C2H5OH가 C2H4와 CH3CHO로 각각 가는 두 경로가 동시에 존재하므로 병렬반응인 ㄴ을 제외하면 안 된다. 올바르게는 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이다.
③ X: 틀린 부분은 "ㄴ, ㄷ"이다. 앞 단계에서 만들어진 C2H4와 CH3CHO가 셋째 식에서 다시 반응하므로 생성물이 후속 반응에 참여하는 직렬반응인 ㄱ도 포함된다. 올바르게는 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이다.
④ O: 첫째 식과 둘째 식은 같은 반응물에서 두 생성경로가 나뉘는 병렬반응이다. 또 그 생성물들이 셋째 식의 반응물로 이어져 직렬반응을 이룬다. 이런 직렬과 병렬이 함께 존재하므로 전체는 복합반응이다.

오답 포인트

복합반응을 직렬반응이나 병렬반응과 별개의 완전히 다른 분류로만 보면 틀리기 쉽다. 이 문항은 같은 출발물질의 분기만 보고 병렬반응에서 멈추거나, 직렬반응을 A→B→C 형태로만 좁게 이해하면 ㄱ 또는 ㄷ을 빠뜨리게 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 반응물에서 경로가 갈라지면 병렬반응으로 보고, 앞 반응의 생성물이 뒤 반응의 반응물로 쓰이면 직렬반응으로 본다. 두 판단이 동시에 성립하면 전체 반응망은 복합반응으로 판단한다.

암기 포인트

한 출발물질의 분기는 병렬, 생성물의 후속 소비는 직렬, 둘이 함께 있으면 복합이다.

NoteBase

문 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** $molm^{-3}$**일 때 A의 전환율(**X_A**)과 B의 전환율(**X_B**)을 바르게 연결한 것은? (단, A의 초기농도(**C_{A0}**)는 100** $molm^{-3}$**, B의 초기농도(**C_{B0}**)는 100** $molm^{-3}$**, i의 초기농도(**C_{i0}**)는 100** $molm^{-3}$**이다)**

① X_A: $\frac{1}{3}$, X_B: $\frac{1}{3}$

② X_A: $\frac{1}{3}$, X_B: $\frac{2}{3}$

③ X_A: $\frac{1}{2}$, X_B: $\frac{1}{2}$

④ X_A: $\frac{1}{2}$, X_B: 1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등온·등압 기상반응에서 체적유량 변화까지 반영하여 C_A로부터 X_A를 구하고, 화학양론으로 X_B를 연결하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A + 2B \rightarrow 6R$, $C_{A0} = 100\text{molm}^{-3}$, $C_{B0} = 100\text{molm}^{-3}$, $C_{i0} = 100\text{molm}^{-3}$,
$C_A = 50\text{molm}^{-3}$이다.
구해야 할 값: X_A, X_B이다.
주의할 조건: 등온·등압 기상반응이므로 반응 진행에 따라 총 몰수와 체적유량이 변한다.

사용할 공식

$C_A = C_{A0}\frac{1 - X_A}{1 + \varepsilon X_A}$
$\varepsilon = y_{A0}\Delta = \frac{100}{100 + 100 + 100} \times (6 - 1 - 2) = \frac{1}{3} \times 3 = 1$
$X_B = \frac{2F_{A0}X_A}{F_{B0}}$
이 공식을 쓰는 이유는 등온·등압 기상반응에서는 총 몰수 변화가 체적유량 변화로 이어지므로
$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$로 바로 두면 안 되기 때문이다.

계산 과정

1. 초기 총농도는 $C_{T0} = 100 + 100 + 100 = 300\text{molm}^{-3}$이므로 $y_{A0} = 100/300 = 1/3$이다.
2. 반응식 $A + 2B \rightarrow 6R$의 총 몰수 변화는 Δ=6-(1+2)=3이므로 ε는 1이다.
3. 따라서 $50 = 100(1 - X_A)/(1 + X_A)$이고, 정리하면 $1 - X_A = 0.5 + 0.5X_A$, $0.5 = 1.5X_A$, $X_A = 1/3$이다.
4. 화학양론상 A가 1 mol 반응하면 B가 2 mol 반응한다. 또 $F_{A0} = F_{B0}$이므로 $X_B = 2X_A = 2/3$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$X_A = 1/3$은 맞지만 $X_B = 1/3$이 틀리다. 틀린 표현은 $X_B = 1/3$이고, 올바르게는 A가 1 mol 반응할 때 B가 2 mol 반응하므로 $X_B = 2/3$이다.

② O
계산 결과 $X_A = 1/3$, $X_B = 2/3$이므로 옳다. 등온·등압에 따른 팽창 보정과 화학양론을 모두 반영한 값이다.

③ X
$X_A = 1/2$가 틀리다. 이 값은 $C_A/C_{A0} = 1 - X_A$로 두어 체적유량 증가를 무시할 때 나오는 값이다. 올바르게는 $X_A = 1/3$이다. 따라서 X_B도 1/2가 아니라 2/3이다.

④ X
$X_A = 1/2$는 체적변화를 무시한 오답이다. $X_B = 1$은 $X_A = 1/2$일 때만 화학양론상 가능하지만, 실제로는 $X_A = 1/3$이므로 X_B는 전환완료가 아니라 2/3이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 등온·등압 기상반응에서도 $C_A = C_{A0}(1 - X_A)$로 처리하는 것이다. 이 문제는 총 몰수 증가로 체적유량이 커지므로 분모의 $1 + \varepsilon X_A$를 반드시 넣어야 한다. 또 X_A와 X_B를 같은 값으로 두면 화학양론의 계수 2를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

등온·등압 기상반응에서 농도로 전환율을 묻으면 먼저 총 몰수 변화 Δ와 y_{A0}로 ε를 구한 뒤 $C_A = C_{A0}(1 - X_A)/(1 + \varepsilon X_A)$를 적용한다. 그 다음 다른 성분 전환율은 화학양론 계수로 연결한다.

암기 포인트

등온·등압 기상반응의 농도식은 반응소모만 보지 않고 팽창분모 $1 + \varepsilon X_A$까지 함께 본다.

NoteBase

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

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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 1차 비가역 액상반응이 일어나는 동일 용적 CSTR 2기 직렬계에서 단계별 출구농도와 최종 전환율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 반응기 부피 $V = 10m^3$, 부피 유량 $v_0 = 2m^3s^{-1}$, 반응속도상수 $k = 0.4s^{-1}$, 초기농도 $C_{A0} = 1molm^{-3}$이다.
구해야 할 값은 2번째 CSTR 출구에서의 최종 전환율 X이다.
정상상태의 액상 1차반응이므로 각 CSTR에서 체류시간 $\tau = V/v_0$를 먼저 구해 순차적으로 적용한다.

사용할 공식

정상상태 1차반응 CSTR의 설계식은 $C_{A,\,\text{out}} = \frac{C_{A,\,\text{in}}}{1 + k\tau}$ 이고, 체류시간은 $\tau = \frac{V}{v_0}$ 이다.
최종 전환율은 $X = 1 - \frac{C_{A,2}}{C_{A0}}$ 로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 반응이 비가역 등온 액상 1차반응이고, 반응기가 연속교반탱크반응기(CSTR) 2기 직렬이기 때문이다.

계산 과정

1. 각 반응기의 체류시간은 $\tau = 10/2 = 5s$ 이다.
2. 따라서 $k\tau = 0.4 \times 5 = 2$ 이고, 각 반응기에서 미반응분 비율은 $1/(1 + k\tau) = 1/3$ 이다.
3. 1번째 반응기 출구농도는 $C_{A1} = C_{A0}/3 = 1/3molm^{-3}$ 이다.
4. 2번째 반응기 출구농도는 $C_{A2} = C_{A1}/3 = C_{A0}/9 = 1/9molm^{-3}$ 이다.
5. 최종 전환율은 $X = 1 - C_{A2}/C_{A0} = 1 - 1/9 = 8/9$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
3/4는 계산 결과와 다르다. 각 CSTR에서 미반응분이 1/3씩 남으므로 두 반응기 후 미반응분은 1/9가 되어야 한다. 틀린 표현은 최종 전환율을 3/4로 둔 부분이고, 올바르게는 최종 전환율이 8/9이다.

② O
8/9는 $C_{A2} = C_{A0}/9$를 이용한 최종 전환율과 정확히 일치한다. 두 반응기를 순차 적용한 결과이므로 정답이다.

③ X
15/16은 실제 계산값보다 큰 값이다. CSTR는 완전혼합 때문에 각 탱크 출구에서 반응물 농도가 즉시 희석되므로 같은 총 체류시간이라도 전환율이 과도하게 커지지 않는다. 틀린 표현은 최종 전환율을 15/16으로 둔 부분이고, 올바르게는 8/9이다.

④ X
24/25도 실제 계산값보다 큰 값이다. 주어진 조건에서는 각 반응기마다 반드시 미반응분이 1/3씩 남으므로 두 반응기 후 미반응분은 1/9보다 작아질 수 없다. 틀린 표현은 최종 전환율을 24/25로 둔 부분이고, 올바르게는 8/9이다.

오답 포인트

총 부피가 $20m^3$라는 이유만으로 전체 체류시간 $10s$를 한 번에 대입하면 직렬 CSTR의 단계별 혼합 효과를 놓치게 된다. 이 문항의 함정은 각 탱크에서 따로 적용해야 하는 $1 + k\tau$ 분모를 한 번만 쓰거나, 거의 완전전환처럼 과대평가하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 CSTR 계산형 문항은 각 반응기의 τ를 먼저 구하고, $C_{\text{out}} = C_{\text{in}}/(1 + k\tau)$를 탱크 수만큼 순차 적용한 뒤 마지막에 $X = 1 - C_A/C_{A0}$로 전환율을 바꾸면 된다.

암기 포인트

1차반응 CSTR 1기의 미반응분은 $1/(1 + k\tau)$이고, 동일한 CSTR 2기 직렬의 미반응분은 $(1 + k\tau)^{-2}$이다.

NoteBase

문 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, 등온 반응 및 정상상태를 가정하며,** $\ln 0.2 = -1.6$**이다)**

① 0.05

② 0.125

③ 0.4

④ 0.8

정답 3번

출제 포인트

등온 액상 1차 비가역 반응에서 동일 전환율 X를 달성할 때 PFR과 CSTR의 설계식 차이로부터 V_P/V_C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 반응: $A \rightarrow B$ 비가역 액상 기초반응
- 전환율: $X = 0.8$
- 조건: 두 반응기의 A 몰유량, 초기농도, 온도 동일, 등온, 정상상태
- 추가 정보: $\ln 0.2 = -1.6$

구해야 할 값:
- V_P/V_C

주의할 조건:
- 액상 기초반응이므로 속도식은 $-r_A = kC_A = kC_{A0}(1 - X)$인 1차 반응으로 본다.

NoteBase

사용할 공식

플러그흐름반응기:
$V_P = F_{A0}\int_0^X \frac{dX}{-r_A}$

연속교반탱크반응기:
$V_C = \frac{F_{A0}X}{(-r_A)_{\text{exit}}}$

이 공식을 쓰는 이유:
- PFR은 반응기 내부에서 전환율에 따라 농도와 반응속도가 계속 변하므로 적분식이 필요하다.
- CSTR은 반응기 내부 조성이 출구 조성과 같으므로 출구 반응속도로 한 번에 계산한다.

계산 과정

1. 액상 1차 반응 속도식은 $-r_A = kC_{A0}(1-X)$이다.
2. PFR 부피는
$V_P = F_{A0}\int_0^{0.8} \frac{dX}{kC_{A0}(1-X)} = \frac{F_{A0}}{kC_{A0}}[-\ln(1-X)]_0^{0.8} = \frac{F_{A0}}{kC_{A0}}(-\ln 0.2) = 1.6\frac{F_{A0}}{kC_{A0}}$
3. CSTR 부피는
$V_C = \frac{F_{A0}(0.8)}{kC_{A0}(1-0.8)} = \frac{0.8}{0.2}\frac{F_{A0}}{kC_{A0}} = 4\frac{F_{A0}}{kC_{A0}}$
4. 따라서
$\frac{V_P}{V_C} = \frac{1.6}{4} = 0.4$

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 $V_P/V_C = 0.4$이므로 0.05는 틀리다.
- 틀린 표현은 '0.05'이고, 올바르게는 '0.4'이다.
- 0.05는 적분 결과와 비 정리를 중복으로 나누는 등 분모·분자 처리를 잘못할 때 나올 수 있는 오답이다.

② X
- 계산 결과 $V_P/V_C = 0.4$이므로 0.125는 틀리다.
- 틀린 표현은 '0.125'이고, 올바르게는 '0.4'이다.
- 0.125는 CSTR 부피식을 잘못 세우거나 $X/(1-X)$ 계산을 틀릴 때 가까워지는 오답이다.

③ O
- 계산 결과 $V_P/V_C = 0.4$이므로 옳다.
- 같은 전환율의 1차 반응에서는 PFR이 CSTR보다 더 작은 부피를 요구하므로 비가 1보다 작게 나온다.

④ X
- 계산 결과 $V_P/V_C = 0.4$이므로 0.8은 틀리다.
- 틀린 표현은 '0.8'이고, 올바르게는 '0.4'이다.
- 0.8은 전환율 X 자체를 부피비와 혼동할 때 대표적으로 나오는 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전환율 $X = 0.8$을 그대로 부피비로 착각하는 점과, PFR은 적분식인데 CSTR처럼 출구 농도만 넣어 계산하려는 점이다. 특히 V_P의 $-\ln(1-X)$와 V_C의 $X/(1-X)$를 서로 다른 식으로 구해야 한다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

액상 1차 반응의 반응기 부피 비교가 나오면 먼저 $-r_A = kC_{A0}(1-X)$를 세운다. 그다음 PFR은 $\int dX/(1-X)$, CSTR은 $X/(1-X)$로 계산하고, 마지막에 공통인 $F_{A0}/(kC_{A0})$를 약분해 비만 정리하면 된다.

암기 포인트

1차 액상반응에서 같은 전환율의 부피식은 PFR이 $-\ln(1-X)$, CSTR이 $X/(1-X)$이다. 따라서 같은 X에서는 보통 $V_P < V_C$가 된다.

NoteBase

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

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

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

미분반응기의 사용 목적과 미소 전환율 조건에서의 농도·반응속도 가정을 묻는 문제이다.

핵심 개념

미분반응기는 전환율이 매우 작도록 운전하여 유입 조건과 거의 같은 상태에서 순간 반응속도를 측정하는 반응기이다.
핵심은 반응속도식을 구하는 데 쓰인다는 점과, 반응기 내부에서 농도 변화가 매우 작아 반응속도를 거의 일정하게 볼 수 있다는 점이다.
따라서 미분반응기에서는 축방향 농도 변화 자체를 해석 대상으로 크게 잡지 않고, 거의 일정한 조성에서 속도를 측정한다고 이해하면 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 오답이다.
ㄱ의 미분반응기는 낮은 전환율 조건에서 반응속도를 측정하여 반응속도식을 구하는 데 사용된다.
ㄴ의 틀린 부분은 '축방향으로 선형적으로 변한다'이다. 미분반응기는 농도 변화가 매우 작아서 반응기 내부 농도를 거의 일정하다고 가정한다.
올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

② O
ㄱ은 맞다. 미분반응기는 속도식 결정용 반응기로 사용된다.
ㄷ도 맞다. 전환율이 매우 작아 반응기 내부 조성 변화가 작으므로 반응속도를 거의 일정하다고 가정한다.
따라서 옳은 것만 묶은 선택지는 ②이다.

③ X
ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 오답이다.
ㄴ의 '축방향으로 선형적으로 변한다'는 미분반응기의 핵심 가정이 아니다. 실제로는 농도 변화가 무시될 만큼 작다고 본다.
올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

④ X
ㄱ과 ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 전체 조합은 성립하지 않는다.
이 선택지의 틀린 부분은 ㄴ을 포함한 점이다.
올바르게는 'ㄱ, ㄷ만 옳다'이다.

오답 포인트

관형반응기 일반론과 미분반응기를 혼동하면 ㄴ에 끌리기 쉽다. 미분반응기는 반응기 길이 방향 변화 자체를 크게 보는 장치가 아니라, 전환율을 극히 작게 유지하여 거의 일정한 농도에서 반응속도를 측정하는 장치라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

미분반응기 문제가 나오면 먼저 '속도식 측정용, 미소 전환율'을 떠올리면 된다. 그 다음 농도나 반응속도가 반응기 내부에서 크게 변한다거나 축방향 변화가 본질이라는 문장이 나오면 틀린 진술로 판단할 수 있다.

암기 포인트

미분반응기 = 속도식 측정, 전환율 매우 작음, 농도·반응속도 거의 일정이다.

NoteBase

문 15. $A \rightleftharpoons B$**인 상압 액상 기초반응에서 A와 B의 초기농도가 각각** $1\text{mol}\text{L}^{-1}$, $2\text{mol}\text{L}^{-1}$**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** $8{,}300\text{J}\text{mol}^{-1}$**로 일정하고, 기체상수(**$R$**)는** $8.3\text{J}\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$**이다.)**

① $2e^{\frac{1}{2}}$

② $2e^{\frac{1}{3}}$

③ $3e^{\frac{1}{6}}$

④ $3e^{\frac{5}{6}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 300 K에서의 평형조성으로 K_{300}를 구한 뒤, 반트호프 식으로 K_{400}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $C_{A0} = 1 mol L^{-1}$, $C_{B0} = 2 mol L^{-1}$, 300 K에서 $X_A = 0.25$, $\Delta H_R = 8300 J mol^{-1}$, $R = 8.3 J mol^{-1} K^{-1}$이다.
구해야 할 값: 400 K에서의 평형상수 K_{400}이다.
주의할 조건: 액상 1:1 가역반응이므로 부피를 일정하게 보고 평형농도를 바로 계산할 수 있으며, $\Delta H_R > 0$이므로 온도가 오르면 평형상수는 커진다.

사용할 공식

평형상수는 $K = \frac{C_B}{C_A}$이다.
반트호프 식은 $\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H_R}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 300 K에서의 평형상수는 전환율로 구할 수 있고, 300 K와 400 K 사이에서 ΔH_R가 일정하다고 했으므로 온도 변화에 따른 평형상수 변화는 반트호프 식으로 바로 연결된다.

계산 과정

1. 300 K에서 $X_A = 0.25$이므로 평형농도는 $C_A = 1(1 - 0.25) = 0.75 mol L^{-1}$, $C_B = 2 + 1 \times 0.25 = 2.25 mol L^{-1}$이다.
2. 따라서 $K_{300} = \frac{C_B}{C_A} = \frac{2.25}{0.75} = 3$이다.
3. 반트호프 식에 대입하면 $\ln \frac{K_{400}}{K_{300}} = \frac{8300}{8.3}\left(\frac{1}{300} - \frac{1}{400}\right) = 1000 \times \frac{1}{1200} = \frac{5}{6}$ 이다.
4. 따라서 $K_{400} = K_{300} e^{5/6} = 3e^{5/6}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 300 K 평형상수는 $K_{300}=3$이므로 앞의 계수가 2가 될 수 없다.
- 반트호프 식의 지수도 5/6이어야 하므로 1/2도 틀리다. 틀린 표현은 $2e^{1/2}$이고, 올바르게는 $3e^{5/6}$이다.

② X

- 이 값도 계수를 2로 두어 K_{300}를 잘못 구한 경우이다.
- 지수 역시 $\frac{8300}{8.3}\left(\frac{1}{300}-\frac{1}{400}\right)=\frac{5}{6}$이므로 1/3은 맞지 않는다. 틀린 표현은 $2e^{1/3}$이고, 올바르게는 $3e^{5/6}$이다.

③ X

- 계수 3은 맞지만 지수 계산이 틀렸다.
- $1000\left(\frac{1}{300}-\frac{1}{400}\right)=\frac{5}{6}$이어야 하므로 1/6은 잘못이다. 틀린 표현은 $3e^{1/6}$이고, 올바르게는 $3e^{5/6}$이다.

④ O

- $K_{300}=3$과 반트호프 식 결과 $e^{5/6}$를 정확히 반영한 식이다.
- 계산 결과가 $K_{400}=3e^{5/6}$이므로 이 선지가 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 300 K 평형상수 K_{300}를 먼저 구하지 않고 보기의 계수를 감으로 고르는 경우이다. 또 $\frac{1}{300}-\frac{1}{400}=\frac{1}{1200}$ 계산을 틀리면 ③처럼 지수가 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

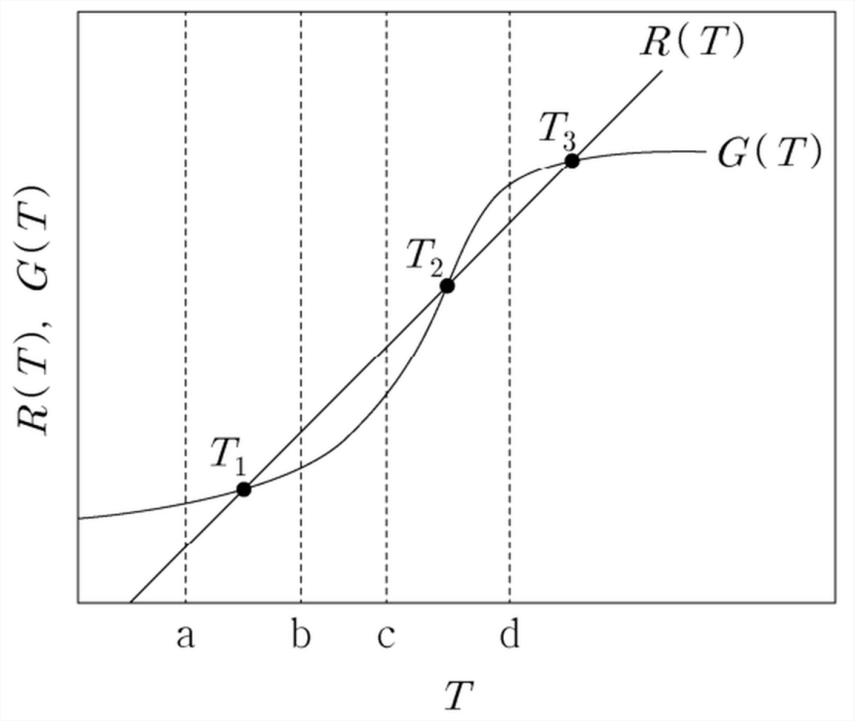
가역 평형 계산형은 먼저 전환율로 평형농도를 구해 기준 온도의 K를 만든 뒤, 온도 변화가 주어지면 반트호프 식에 ΔH_R의 부호와 $1/T$ 차이를 넣어 새 K를 판단하는 순서로 푼다.

암기 포인트

흡열반응은 온도 상승 시 K가 커지며, 반트호프 식은 $\ln(K_2/K_1)=\frac{\Delta H_R}{R}(1/T_1-1/T_2)$ 형태로 쓴다.

NoteBase

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



① 온도가 T_1에서 a로 낮아지면, 생성열이 제거열보다 많아지므로 온도가 T_1으로 되돌아온다.

② 온도가 T_1에서 b로 높아지면, 생성열보다 더 많은 열이 제거되므로 온도가 T_1으로 되돌아온다.

③ 온도가 T_2에서 c로 낮아지면, 생성열이 제거열보다 적어지므로 온도가 T_2로 되돌아온다.

④ 온도가 T_2에서 d로 높아지면, 생성열보다 더 적은 열이 제거되므로 온도가 T_3로 높아진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단열 CSTR의 생성열 곡선과 제거열 직선의 교점 주변에서 $G(T)$와 $R(T)$의 대소관계를 비교하여 정상상태의 안정성을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- a는 T_1보다 낮은 온도이며 이 지점에서는 생성열이 제거열보다 크다. 순생성열이 양수이므로 온도가 다시 상승하여 T_1으로 복귀한다.

② O
- b는 T_1보다 높은 온도이며 이 지점에서는 제거열이 생성열보다 크다. 순제거열이 커지므로 온도가 다시 하강하여 T_1으로 복귀한다.

③ X
- c는 T_2보다 낮은 온도이며 이 지점에서는 제거열이 생성열보다 크다. 따라서 온도는 더 낮아져 T_2로 되돌아오지 않고 T_1 쪽으로 이동한다.
- 틀린 표현은 "온도가 T_2로 되돌아온다"이다. 올바르게는 "온도는 T_1 쪽으로 더 낮아진다"이다.

④ O
- d는 T_2보다 높은 온도이며 이 지점에서는 생성열이 제거열보다 크다. 순생성열이 양수이므로 온도는 더 상승하여 T_3 쪽으로 이동한다.

오답 포인트

교점이라는 이유만으로 T_2도 안정하다고 착각하기 쉽다. 안정성은 교점의 존재가 아니라 교점 좌우에서 온도 변화 방향이 다시 교점으로 향하는지, 아니면 교점에서 멀어지는지로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

교점마다 좌우 한 점을 잡아 $G(T)$와 $R(T)$를 비교하면 된다. $G > R$이면 온도는 올라가고 $R > G$이면 온도는 내려가므로, 양쪽의 변화 방향이 모두 교점으로 향하면 안정 상태이고 양쪽 모두 교점에서 멀어지면 불안정 상태이다.

암기 포인트

단열 CSTR 안정성은 "교점 좌우 한 점에서 $G - R$ 부호 확인"으로 판단하며, 가운데 교점은 좌우가 바깥으로 벌어지면 불안정하다.

NoteBase

문 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 0.2m일 때, 반응기의 평균유속 [m min^{-1}]은? (단, 반응속도상수 k는 1 L mol^{-1} min^{-1}, 반응물 A의 초기농도 C_{A0}는 0.3 mol L^{-1}, 원주율 π는 3이며 정상상태를 가정한다)

① 1.5×10^{-2}

② 2.5×10^{-2}

③ 3.5×10^{-2}

④ 4.5×10^{-2}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 액상 2차 반응 PFR 설계식으로 체적유량을 구한 뒤, 단면적으로 나누어 평균유속을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반응기 부피 10 L, 전환율 0.8, $k = 1 L mol^{-1} min^{-1}$, $C_{A0} = 0.3 mol L^{-1}$, 지름 0.2m이다.
구해야 할 값: 반응기의 평균유속 $u(m min^{-1})$이다.
주의할 조건: 액상이므로 밀도 변화가 없어서 $C_A = C_{A0}(1 - X_A)$로 두고, 체적유량 v_0를L/min에서 m^3/min으로 바꾼 뒤 단면적으로 나누어야 한다.

사용할 공식

PFR 설계식은 $V = F_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{-r_A}$ 이다.
액상 2차 반응이므로 $-r_A = kC_A^2 = kC_{A0}^2(1 - X_A)^2$, 또 $F_{A0} = v_0 C_{A0}$ 이다.
평균유속은 $u = Q/A$, 단면적은 $A = \pi d^2/4$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 PFR, 액상 2차 반응, 전환율, 반응기 부피가 함께 주어져 먼저 유입 체적유량을 설계식으로 역산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 반응속도를 전환율로 바꾸면 $-r_A = kC_{A0}^2(1 - X_A)^2$ 이다.
2. 이를 PFR 식에 대입하면 $10 = v_0 C_{A0} \int_0^{0.8} \frac{dX_A}{kC_{A0}^2(1 - X_A)^2} = \frac{v_0}{kC_{A0}} \left[\frac{1}{1 - X_A} - 1 \right]_0^{0.8}$ 이다.
3. 수치를 넣으면 $10 = \frac{v_0}{1 \times 0.3}(5 - 1) = \frac{4v_0}{0.3}$ 이므로 $v_0 = 0.75 L/min$ 이다.
4. 단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3 \times 0.2^2}{4} = 0.03 m^2$ 이다.
5. 체적유량을 바꾸면 $Q = 0.75 \times 10^{-3} = 7.5 \times 10^{-4} m^3/min$ 이고, 평균유속은 $u = \frac{Q}{A} = \frac{7.5 \times 10^{-4}}{0.03} = 2.5 \times 10^{-2} m min^{-1}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과 평균유속은 $2.5 \times 10^{-2} mmin^{-1}$ 이다. 틀린 표현은 평균유속을 1.5×10^{-2}로 본 수치이다. 올바르게는 $2.5 \times 10^{-2} mmin^{-1}$ 이다.
② O: PFR 설계식으로 구한 체적유량이 $0.75 L/min$, 단면적이 $0.03 m^2$ 이므로 평균유속은 $2.5 \times 10^{-2} mmin^{-1}$ 이다.
③ X: 3.5×10^{-2}는 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 평균유속을 3.5×10^{-2}로 본 수치이다. 올바르게는 $2.5 \times 10^{-2} mmin^{-1}$ 이다.
④ X: 4.5×10^{-2}는 전환율 적분값이나 단면적 계산을 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 오답이다. 틀린 표현은 평균유속을 4.5×10^{-2}로 본 수치이다. 올바르게는 $2.5 \times 10^{-2} mmin^{-1}$ 이다.

오답 포인트

PFR 문제에서 바로 $u = V/A$처럼 반응기 부피를 단면적으로 나누면 틀린다. 먼저 설계식으로 체적유량 v_0를 구해야 하고, 그다음 $L/min \rightarrow m^3/min$ 단위 변환까지 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 PFR 문항은 반응차수에 맞는 $-r_A$ 식 정리 → 설계식 적분으로 체적유량 계산 → 단면적 계산 → 유속 환산 순서로 판단한다.

암기 포인트

액상 PFR 2차 반응은 $V = v_0/(kC_{A0}) \times \{1/(1 - X_A) - 1\}$ 형태로 정리되고, 평균유속은 마지막에 $u = Q/A$ 로 구한다.

NoteBase

문 18. 회분식 등온 반응기에서 비가역 액상 기초반응 2A → R을 진행할 때, A의 20%가 전환되기까지 3분이 걸렸다면 75%가 전환되기 위해서 걸리는 시간[min]은?

① 12

② 24

③ 36

④ 48

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등온 회분식 반응기에서 액상 기초반응 $2A \rightarrow R$의 적분식으로 주어진 전환율 조건에서 kC_{A0}를 소거한 뒤 다른 전환율에 필요한 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전환율 $X = 0.20$일 때 $t = 3min$이다.
- 목표 전환율은 $X = 0.75$이다.

구해야 할 값:
- $X = 0.75$에 도달하는 시간 t이다.

주의할 조건:
- 액상 반응이므로 부피를 일정하게 본다.
- 기초반응 $2A \rightarrow R$의 속도식은 $-r_A = kC_A^2$로 본다.

사용할 공식

회분식 반응기의 물질수지와 2차 반응 적분식을 쓰면
$\frac{dX}{dt} = kC_{A0}(1 - X)^2$
이고, 이를 적분하면
$t = \frac{1}{kC_{A0}} \frac{X}{1 - X}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문항이 등온, 액상, 회분식, 기초반응 $2A \rightarrow R$ 조건을 모두 주었기 때문이다. 따라서 $C_A = C_{A0}(1 - X)$를 대입한 2차 반응 적분식으로 시간과 전환율의 관계를 바로 잡을 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. $X = 0.20$, $t = 3$을 대입하면
$3 = \frac{1}{kC_{A0}} \frac{0.20}{1 - 0.20} = \frac{1}{kC_{A0}} \times 0.25$
이다.

2. 따라서
$\frac{1}{kC_{A0}} = 12$
이다.

3. $X = 0.75$를 대입하면
$t = \frac{1}{kC_{A0}} \frac{0.75}{1 - 0.75} = 12 \times \frac{0.75}{0.25} = 12 \times 3 = 36min$
이다.

선지별 해설

① X
12분이라는 판단이 틀리다. 12는 $1/(kC_{A0})$ 값일 뿐이고, 75% 전환 시간은 여기에 $X/(1 - X) = 3$을 다시 곱해야 한다. 틀린 표현은 "75% 전환 시간이 12분"이라는 값 판단이며, 올바르게는 36분이다.

② X
24분이라는 판단이 틀리다. 75% 전환에서는 $X/(1 - X) = 0.75/0.25 = 3$이 되어야 하는데, 이를 정확히 반영하지 않으면 시간이 과소평가된다. 틀린 표현은 "75% 전환 시간이 24분"이라는 값 판단이며, 올바르게는 36분이다.

③ O
적분식에 $X = 0.75$를 대입하면 $t = 36min$이므로 맞다. 주어진 3분 조건으로 먼저 $1/(kC_{A0}) = 12$를 구한 뒤 목표 전환율을 대입하면 일관되게 36분이 나온다.

④ X
48분이라는 판단이 틀리다. 이는 초기 조건에서 구한 상수값이나 $X/(1 - X)$ 비를 잘못 적용한 결과로 생기는 과대평가이다. 틀린 표현은 "75% 전환 시간이 48분"이라는 값 판단이며, 올바르게는 36분이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 시간을 전환율에 단순 비례한다고 보는 데 있다. 2차 반응 회분식 적분식은 $t \propto X/(1 - X)$이므로, 20%에서 75%로 갈 때 선형 비례로 처리하면 오답이 된다. 특히 12를 바로 시간으로 착각하면 ①에 걸리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

회분식 계산형 문제는 반응차수 확인, C_A를 전환율로 바꾸기, 적분식 선택, 주어진 한 점으로 상수 조합 kC_{A0}를 먼저 구하기 순서로 판단하면 된다. 2차 반응이면 최종적으로 t가 $X/(1-X)$에 비례하는지 반드시 검산한다.

암기 포인트

액상 등온 회분식 2차 반응은 $t = \frac{1}{kC_{A0}} \frac{X}{1-X}$ 형태로 정리된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 19. 반응물 A가 다음과 같은 액상 동시반응에 의해 분해되어 1개의 목적 생성물 D와 2개의 비목적 생성물 U_1, U_2가 생성된다. 이때 순간 선택도$S_{D/U_1U_2} = \frac{r_D}{r_{U_1} + r_{U_2}}$가 최대가 되는 A의 농도[$\text{molL}^{-1}$]는? (단, $k_{U_1} = 0.001\text{molL}^{-1}\text{min}^{-1}$, $k_D = 0.0015\text{min}^{-1}$, $k_{U_2} = 0.004\text{Lmol}^{-1}\text{min}^{-1}$이다)

◯ U_1 생성 반응(비가역 0차 반응): A k_U_1 U_1
◯ D 생성 반응(비가역 1차 반응): $A \rightarrow D$
◯ U_2 생성 반응(비가역 2차 반응): A k_U_2 U_2

① 0
② 0.5
③ 1.0
④ 2.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬반응의 순간 선택도식을 세운 뒤 C_A에 대해 미분하여 최대가 되는 농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $r_{U_1} = k_{U_1} = 0.001 molL^{-1}min^{-1}$
- $r_D = k_D C_A = 0.0015 C_A molL^{-1}min^{-1}$
- $r_{U_2} = k_{U_2} C_A^2 = 0.004 C_A^2 molL^{-1}min^{-1}$

구해야 할 값:
- 순간 선택도 $S_{D/U_1U_2} = \frac{r_D}{r_{U_1} + r_{U_2}}$가 최대가 되는 C_A

주의할 조건:
- U_1은 0차, D는 1차, U_2는 2차 반응이므로 속도식 차수를 그대로 반영해야 한다.

사용할 공식

$S = \frac{r_D}{r_{U_1} + r_{U_2}} = \frac{0.0015 C_A}{0.001 + 0.004 C_A^2}$

이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 순간 선택도를 직접 $\frac{r_D}{r_{U_1} + r_{U_2}}$로 정의했고, 각 생성반응의 차수가 서로 다르므로 C_A에 따른 선택도 변화를 식으로 만든 뒤 최대조건 $\frac{dS}{dC_A} = 0$을 적용해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 속도식을 대입하면
$S(C_A) = \frac{0.0015 C_A}{0.001 + 0.004 C_A^2}$
2. C_A에 대해 미분하면
$\frac{dS}{dC_A} = \frac{0.0015(0.001 - 0.004 C_A^2)}{(0.001 + 0.004 C_A^2)^2}$
3. 최대점에서는 분자가 0이므로
$0.001 - 0.004 C_A^2 = 0$
$C_A^2 = \frac{0.001}{0.004} = 0.25, \quad C_A = 0.5 mol L^{-1}$
따라서 순간 선택도가 최대가 되는 농도는 $0.5 mol L^{-1}$이다.

선지별 해설

① X
- $C_A = 0$이면 $r_D = 0$이므로 $S = 0$이다. 최대값이 아니라 출발점 값이다.
- 틀린 표현은 "최대가 되는 농도"를 0으로 본 점이다. 올바르게는 $C_A = 0.5 mol L^{-1}$에서 최대가 된다.

② O
- 미분조건 $0.001 - 0.004 C_A^2 = 0$에서 $C_A = 0.5 mol L^{-1}$가 나온다.
- 실제로 $S(0.5) = \frac{0.0015 \times 0.5}{0.001 + 0.004 \times 0.25} = 0.375$로, 다른 보기 값보다 크다.

③ X
- $C_A = 1.0$이면 $S(1.0) = \frac{0.0015}{0.005} = 0.3$이다. 최대점 0.375보다 작다.
- 틀린 표현은 최대 농도를 1.0으로 본 점이다. 올바르게는 C_A가 1.0까지 커지면 2차 부반응 U_2가 더 빨라져 선택도가 오히려 감소한다.

④ X
- $C_A = 2.0$이면 $S(2.0) = \frac{0.003}{0.017} \approx 0.176$이다. 최대점에서 더 멀어져 선택도가 더 작아진다.
- 틀린 표현은 고농도일수록 목적생성물 선택도가 계속 커진다고 본 점이다. 올바르게는 2차 부반응 영향 때문에 너무 큰 C_A에서는 선택도가 감소한다.

오답 포인트

0차, 1차, 2차 반응의 속도식을 한꺼번에 쓸 때 차수를 빼먹기 쉽다. 특히 U_1을 $k_{U_1} C_A$로 잘못 두거나, 최대조건을 선택도 자체가 아니라 분자 r_D만 크게 만드는 방향으로 오해하면 1.0이나 2.0을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬반응 선택도 최대 문제는 먼저 각 생성속도를 반응차수대로 쓰고, 선택도 (목적속도)/(비목적속도합)를 C_A의 함수로 만든 다음, 미분해서 극값을 찾는 순서로 판단한다.

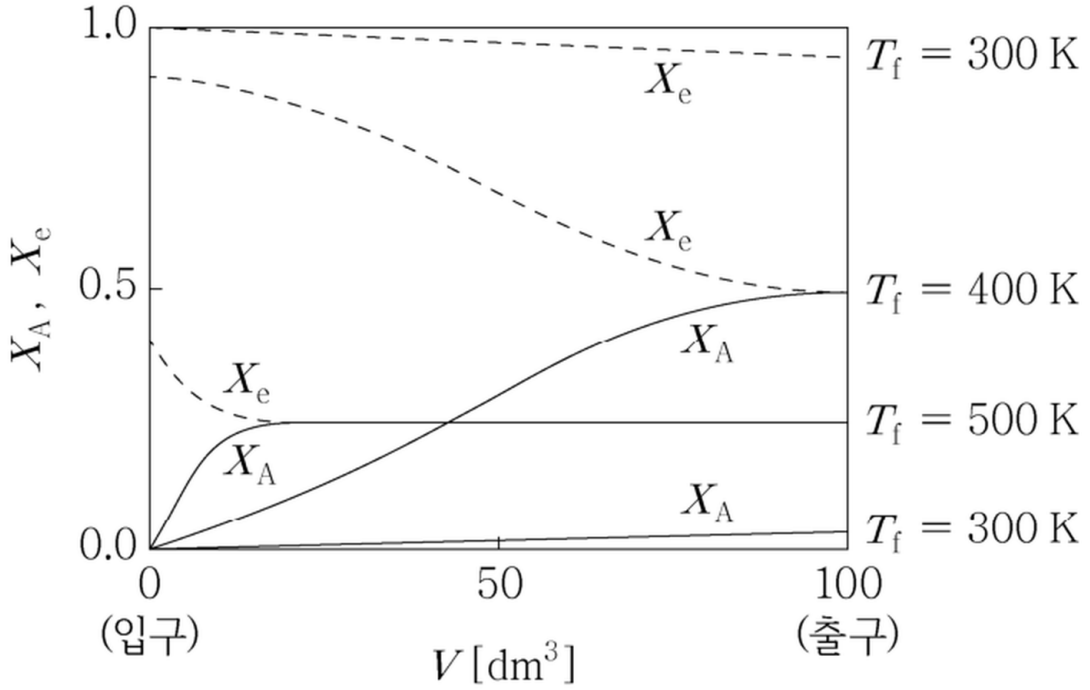
NoteBase

암기 포인트

병렬반응 선택도 최대는 속도식 대입 후 $\frac{dS}{dC_A} = 0$으로 찾으며, 고차 부반응이 있으면 C_A가 너무 커질수록 선택도가 불리해진다.

NoteBase

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



① 공급 원료의 온도 T_f가 500 K일 경우 반응속도가 커서 가장 많은 생성물을 얻을 수 있다.

② 공급 원료의 온도 T_f가 300 K일 경우 반응기의 출구에서 평형전환율에 도달하지 못한다.

③ 공급 원료의 온도 T_f가 높아짐에 따라 평형전환율을 얻을 수 있는 위치는 반응기 입구에 가까워진다.

④ 단열 가역 발열반응의 경우 반응기 내에서 전환율을 최대화하는 최적의 반응물 공급 온도 T_f가 존재한다.

정답 1번

출제 포인트

가역 발열반응의 단열 PFR에서 공급 온도가 반응속도는 높이지만 평형전환율은 낮춘다는 상충관계를 그래프로 해석하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $T_f = 500K$에서는 초기 반응속도는 가장 크지만, 가역 발열반응이므로 온도가 높을수록 평형전환율 X_e가 낮다. 그래프에서도 X_A는 약 0.2 부근에서 일찍 평형에 도달해 더 이상 증가하지 못하므로 최종 생성량이 가장 많지 않다. 틀린 표현은 "가장 많은 생성물을 얻을 수 있다"이고, 올바르게는 "반응속도는 가장 빠르지만 평형 제한 때문에 최종 생성량은 가장 크지 않다"이다.
② O: $T_f = 300K$에서는 X_e가 전 구간에서 매우 높지만 실제 X_A는 거의 0에 머문다. 저온이라 반응속도가 매우 느려 반응기 출구에서도 평형전환율에 도달하지 못한다.
③ O: 공급 온도가 높을수록 반응속도가 빨라져 X_A가 X_e와 만나는 위치가 앞쪽으로 당겨진다. 그래프에서 $T_f = 500K$는 입구 근처에서, $T_f = 400K$는 출구 부근에서 평형에 도달하므로 진술이 맞다.
④ O: 단열 가역 발열반응에서는 저온에서는 속도 부족, 고온에서는 평형전환율 저하가 지배적이다. 따라서 두 효과가 절충되는 중간 공급 온도에서 전환율이 최대가 되는 최적 T_f가 존재하며, 그래프에서는 $400K$ 곡선이 그 예를 보여 준다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 "반응속도가 크다"를 곧바로 "최종 생성량이 크다"로 연결하는 데 있다. 가역 발열반응에서는 온도 상승이 평형전환율을 낮추므로, 빠른 반응과 높은 최종 전환율은 같은 뜻이 아니다. 또한 실제 전환율 X_A와 평형전환율 X_e를 구분하지 않으면 ①을 맞는 말처럼 보기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

가역 발열반응 그래프는 먼저 온도 상승이 평형전환율 X_e를 낮춘다는 점을 확인하고, 다음에 각 공급 온도에서 출구의 실제 전환율 X_A가 어디에서 가장 큰지를 비교하면 된다. 속도 비교만으로 답을 정하면 오답이 된다.

암기 포인트

가역 발열반응은 고온에서 빠르지만 덜 간다.

NoteBase

문 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** 0.8**에 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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등온·등압 기상 1차 반응의 PFR 설계식에 팽창 효과를 반영하여 전환율 $X = 0.8$에서 필요한 반응기 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $F_{A0} = 200 mol s^{-1}$, $C_{A0} = 1 mol L^{-1}$, $k = 2 s^{-1}$, 목표 전환율 $X = 0.8$이다.
구해야 할 값: PFR 부피 V이다.
주의할 조건: 반응식이 $A \rightarrow B + C$이므로 몰수가 증가한다. 초기 유입물은 A만이어서 $\varepsilon = 1$이고, 등온·등압 기상 반응이므로 농도식에 팽창이 반영된다.

사용할 공식

PFR 설계식은 $V = F_{A0} \int_0^X \frac{dX}{-r_A}$이다.
등온·등압 기상 반응에서 $A \rightarrow B + C$, 순수 A 공급이면
$C_A = C_{A0} \frac{1 - X}{1 + X}$
이고 1차 반응이므로
$-r_A = k C_A = k C_{A0} \frac{1 - X}{1 + X}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문제가 기상 반응이며 반응이 진행될수록 총 몰수가 증가하여 체적유량이 커지기 때문이다. 따라서 $C_A = C_{A0}(1 - X)$로 두면 안 된다.

NoteBase

계산 과정

먼저 초기 체적유량은 $v_0 = F_{A0}/C_{A0} = 200Ls^{-1}$이다.

PFR 식에 속도식을 대입하면

$V = F_{A0}\int_0^{0.8} \frac{dX}{kC_{A0}(1-X)/(1+X)} = \frac{200}{2\times 1}\int_0^{0.8}\frac{1+X}{1-X}dX$

이다.

적분하면

$V = 100\int_0^{0.8}\left(-1+\frac{2}{1-X}\right)dX = 100[-X-2\ln(1-X)]_0^{0.8}$

이다.

따라서

$V = 100(-0.8-2\ln 0.2) = 100(-0.8+2\ln 5)$

이다.

문제에서 $\ln 5 = 1.6$을 주었으므로

$V = 100(-0.8+3.2) = 240L$

이다.

선지별 해설

① X

- 80 L는 $V = F_{A0}X/(kC_{A0}) = 200\times 0.8/2$처럼 반응속도를 일정하다고 본 값이다.
- 이 문항은 C_A가 X에 따라 계속 감소하므로 적분이 필요하다. 틀린 수치 80 L → 올바르게는 240 L이다.

② X

- 160 L는 $V = (F_{A0}/kC_{A0})\ln\{1/(1-X)\} = 100\ln 5$로 계산한 값이다.
- 이는 기상 팽창을 무시하고 밀도 일정처럼 처리한 경우의 결과이다. 이 문제는 $A \to B + C$라서 $1+X$ 항이 반드시 들어가야 한다. 틀린 수치 160 L → 올바르게는 240 L이다.

③ O

- 팽창을 반영한 농도식 $C_A = C_{A0}(1-X)/(1+X)$를 써서 PFR 설계식을 적분하면 $V = 100(-0.8+2\ln 5)$이다.
- $\ln 5 = 1.6$을 대입하면 $V = 240L$가 되어 정답과 일치한다.

④ X

- 320 L는 $100\times 2\ln 5$만 취하고 앞의 $-X$ 항을 빠뜨린 값이다.
- $\int(1+X)/(1-X)dX$의 결과에는 반드시 $-X$가 함께 남는다. 틀린 수치 320 L → 올바르게는 240 L이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 오답은 ②처럼 기상 팽창을 빼고 $C_A = C_{A0}(1 - X)$만 쓰는 경우이다. 또한 ④처럼 적분 결과에서 $-X$ 항을 누락하기 쉽다. 반응식에서 총 몰수 변화가 있는지 먼저 확인해야 이런 실수를 막을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

기상 PFR 계산문제는 반응식에서 총 몰수 변화 여부를 먼저 본다. 총 몰수가 변하면 ε를 반영한 C_A식을 세운 뒤 $V = F_{A0}\int dX/(-r_A)$에 대입하여 적분값까지 끝까지 정리하면 된다.

암기 포인트

등온·등압 기상반응에서 총 몰수가 늘면 $C_A = C_{A0}(1 - X)/(1 + \varepsilon X)$ 꼴이 되고, 순수 A 공급의 $A \rightarrow B + C$는 $\varepsilon = 1$이다.

NoteBase

문 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** $molL^{-1}$**, 초기 반응온도는 373 K, A와 B의 부피당 열용량은 2** $kcalL^{-1}K^{-1}$**로 같고, 반응열** ΔH_R**은 -40** $kcalmol^{-1}$**이며, 반응열과 부피당 열용량 모두 온도와 무관하게 일정한 값을 가지고, 교반기를 통해 반응기로 전달되는 일은 무시한다)**

① 264

② 328

③ 462

④ 517

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 단열 CSTR의 에너지수지로부터 전환율 X에 따른 반응기 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $C_{A0} = 8molL^{-1}$, $T_0 = 373K$, $-\Delta H_R = 40kcalmol^{-1}$, 부피당 열용량 $C_{pv} = 2kcalL^{-1}K^{-1}$, 전환율 $X = 0.9$이다.
단열이고 상변화가 없으며 A와 B의 부피당 열용량이 같으므로 반응열이 모두 유체의 온도 상승으로 전환된다.

사용할 공식

정상상태 단열 액상반응기의 에너지수지는 $T = T_0 + \frac{(-\Delta H_R)C_{A0}X}{C_{pv}}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 열손실과 축일이 없고, 반응으로 방출된 열이 유체의 현열 증가분과 같기 때문이다.

계산 과정

1. 단위 부피당 반응한 A의 몰수는 $C_{A0}X = 8 \times 0.9 = 7.2molL^{-1}$이다.
2. 단위 부피당 방출열은 $(40)(7.2) = 288kcalL^{-1}$이다.
3. 온도 상승은 $\Delta T = 288/2 = 144K$이다.
4. 따라서 반응기 온도는 $T = 373 + 144 = 517K$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 264 K는 계산값 517 K와 다르다. 단열 발열반응이므로 온도는 초기 373 K보다 상승해야 하며, 틀린 부분은 온도값 자체이다. 올바르게는 반응기 온도는 517 K이다.

② X

- 328 K는 계산값 517 K와 다르다. 반응열 $288 kcal L^{-1}$을 부피당 열용량 $2 kcal L^{-1} K^{-1}$로 나누면 온도 상승은 $144 K$이므로, 틀린 부분은 온도값 자체이다. 올바르게는 517 K이다.

③ X

- 462 K는 초기 온도에서 $89 K$ 상승한 값이지만, 주어진 수치로 계산한 실제 온도 상승은 $144 K$이다. 틀린 부분은 온도값 자체이며, 올바르게는 517 K이다.

④ O

- $T = 373 + \frac{40 \times 8 \times 0.9}{2} = 517 K$로 계산되므로 옳다.

오답 포인트

발열반응인데도 반응열의 부호를 그대로 대입해 온도를 낮추거나, 전환율 $X = 0.9$를 빠뜨리거나, 반응열을 열용량으로 나누지 않고 바로 더하는 실수가 잦다. 이 문항은 부호, 전환율, 열용량 적용 순서를 함께 점검한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 액상반응기 온도 문제는 먼저 $C_{A0}X$로 반응한 몰수를 구하고, 다음에 $(-\Delta H_R)C_{A0}X$로 방출열을 구한 뒤, 이를 C_{pv}로 나누어 온도 상승을 계산하고 마지막에 T_0에 더하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

단열 발열 액상반응기는 $T = T_0 + (-\Delta H_R)C_{A0}X/C_{pv}$로 정리되고, 발열이면 온도가 상승한다.

NoteBase

문 23. 회분식반응기에서 $A \rightarrow B \rightarrow C (k_1 \neq k_2)$인 기초 액상 직렬반응이 일어날 경우, B의 농도 C_B를 나타내는 식은? (단, t는 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 $C_B = k_2 C_{A0}\left[\frac{e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1}\right]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 회분식반응기에서 일어나는 1차 직렬반응 $A \rightarrow B \rightarrow C$의 중간생성물 B 농도식을 유도하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A \rightarrow B \rightarrow C$, $k_1 eq k_2$, $C_A(0) = C_{A0}$, $C_B(0) = 0$, $C_C(0) = 0$
구해야 할 값: 시간 t에서의 B 농도 C_B
주의할 조건: B는 $A \rightarrow B$로 생성되고 $B \rightarrow C$로 동시에 소모되는 중간생성물이다.

사용할 공식

회분식 1차 직렬반응의 물질수지는 다음과 같다.
$\frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A, \qquad \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B$
먼저 A의 농도는
$C_A = C_{A0} e^{-k_1 t}$
이므로 이를 B의 수지식에 대입해 C_B를 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 회분식반응기에서 축적량이 곧 시간에 따른 농도변화이고, B는 생성항 $k_1 C_A$와 소모항 $k_2 C_B$를 함께 가지기 때문이다.

계산 과정

1. A에 대해 $\frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A$를 적분하면 $C_A = C_{A0} e^{-k_1 t}$이다.
2. 이를 B 수지식에 대입하면
$\frac{dC_B}{dt} + k_2 C_B = k_1 C_{A0} e^{-k_1 t}$
이다.
3. $C_B(0) = 0$ 조건으로 풀면
$C_B = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1}(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$
이므로 보기 ①과 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① O: $C_B = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1}(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$로 유도식과 정확히 일치한다.
② X: 지수항의 순서가 $e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}$로 뒤집혀 전체 부호가 반대가 된다. 올바르게는 $e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}$가 와야 한다.
③ X: 앞계수는 k_2가 아니라 k_1이어야 한다. B의 생성속도는 $A \rightarrow B$ 단계에 의해 결정되므로 올바르게는 $k_1 C_{A0} \frac{e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1}$이다.
④ X: 앞계수를 k_2로 둔 점도 틀리고, 지수항 순서도 반대이다. 올바르게는 $k_1 C_{A0} \frac{e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 중간생성물 B의 생성항이 $k_1 C_A$라는 점을 놓치고 앞계수를 k_2로 바꾸는 실수이고, 다른 하나는 $e^{-k_1 t}$와 $e^{-k_2 t}$의 순서를 뒤집어 부호를 반대로 쓰는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬반응 농도식 문제는 먼저 출발물질 A의 농도를 구한 뒤, 중간생성물 B에 대해 생성항과 소모항을 함께 적은 선형 미분방정식을 세워 판단한다. 앞계수는 B를 만드는 속도상수 k_1이고, 지수항은 $e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}$ 순서가 된다.

암기 포인트

1차 직렬반응의 중간생성물 농도는 생성속도상수 k_1가 앞에 붙고, 형태는 $\frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1}(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$이다.

NoteBase

문 24. 불균일 등온 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 W은 50 g, 반응물 A의 초기농도 C_{A0}는 $2 mol L^{-1}$, 단위 촉매 질량 당 반응속도상수 k는 $0.2 L g^{-1} min^{-1}$, 반응부피 V는 $10 L$, $\ln 0.15 = -1.9$이다)

① 1.9

② 3.8

③ 7.6

④ 9.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 고체 촉매를 사용하는 등온 회분식반응기에서 $-r'_A = kC_A$를 적용해 전환율 85%까지의 반응시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 촉매 질량 $W = 50 g$, 초기농도 $C_{A0} = 2 mol L^{-1}$, 반응속도상수 $k = 0.2 L g^{-1} min^{-1}$, 반응부피 $V = 10 L$이다.
구해야 할 값은 전환율 $X_A = 0.85$에 도달할 때의 시간 t이다.
주의할 조건은 전환율 85%를 남은 농도비 $C_A/C_{A0} = 1 - X_A = 0.15$로 바꿔 적분식에 넣는 점이다.

사용할 공식

회분식 물질수지와 1차 촉매반응 속도식을 결합한다.
$V\frac{dC_A}{dt} = -WkC_A$
적분하면
$\ln\frac{C_A}{C_{A0}} = -\frac{kW}{V}t$
이 된다.
액상 등온 회분식반응기이고 부피가 일정하며, 반응속도가 C_A에 1차이고 촉매 질량 W에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

전환율이 $X_A = 0.85$이므로 남은 농도비는 $1 - X_A = 0.15$이다.
따라서 $C_A/C_{A0} = 0.15$이다.
$t = -\frac{V}{kW}\ln\frac{C_A}{C_{A0}} = -\frac{10}{0.2 \times 50}\ln(0.15)$
문제에서 $\ln 0.15 = -1.9$이므로
$t = -\frac{10}{10} \times (-1.9) = 1.9\text{min}$
따라서 필요한 반응시간은 1.9 min이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 1.9 min이므로 정답이다.
② X: 3.8 min은 올바른 값 1.9 min의 2배로, 농도비 대입을 잘못하거나 계수를 중복해서 곱한 오산값이다. 올바르게는 1.9 min이다.
③ X: 7.6 min은 올바른 값 1.9 min의 4배에 해당하는 오산값이다. 이 문제에서는 $kW/V = V/(kW) = 1.0$이어서 계수를 뒤집어도 값이 달라지지 않으므로, 7.6 min은 어떤 단계에서 상수를 거듭 곱한 정수배 오산으로 보일 뿐 구체적 오류 경로를 일의적으로 특정하기는 어렵다. 올바르게는 1.9 min이다.
④ X: 9.5 min은 올바른 값 1.9 min의 5배에 해당하는 오산값으로, 어느 계산 단계에서 상수를 중복 적용한 결과로 추정되나 오류 경로를 일의적으로 특정하기는 어렵다. 올바르게는 1.9 min이다.

오답 포인트

회분식반응기에서도 고체 촉매가 있으면 물질수지에 W/V가 들어간다. 다만 이 문제는 $kW/V = 1.0$이라 계수의 크기 자체는 결과를 좌우하지 않고, 전환율 85%를 남은 농도비 0.15로 바꾸지 않고 0.85를 그대로 대입하는 실수가 가장 흔한 오답 원인이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

불균일 촉매 회분식 1차 반응은 먼저 $C_A/C_{A0} = 1 - X_A$를 만든 뒤, $\ln(C_A/C_{A0}) = -(kW/V)t$에 바로 대입해 시간을 구하면 된다.

암기 포인트

$X_A = 0.85$이면 남은 농도비는 0.15이고, 회분식 촉매 1차 반응 시간식은 $t = -(V/kW)\ln(1 - X_A)$이다.

NoteBase

문 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 $[mol s^{-1} g^{-1}]$는?

① 1.25×10^{-6}

② 2.50×10^{-5}

③ 2.50×10^{-6}

④ 5.00×10^{-6}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 담지촉매 1 g 기준에서 표면에 실제 노출된 촉매 분자 몰수를 구한 뒤 TOF를 곱해 질량당 B 생성 속도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 전체 담지촉매 기준 질량을 1 g으로 둔다.
- 촉매 분자 함량은 0.5 wt%이므로 촉매 분자 질량은 0.005 g이다.
- 촉매 분자 분자량은 $100 g mol^{-1}$이다.
- 표면 노출 비율은 50%이다.
- TOF는 $0.05 s^{-1}$이다.
- 구할 값은 전체 담지촉매 질량당 B 생성 속도이다.

사용할 공식

$r_B = \mathrm{TOF} \times n_{\mathrm{surface}}$

$n_{\mathrm{surface}} = \left(\frac{w_{\mathrm{cat}} \times m_{\mathrm{total}}}{M}\right) \times f_{\mathrm{exposed}}$

이 문제는 반응속도를 총 담지촉매 질량 기준으로 묻고, TOF가 표면에 노출된 촉매 분자 1개당 초당 반응 횟수이므로 먼저 표면 노출 촉매 몰수를 구한 뒤 TOF를 곱해야 한다.

계산 과정

1. 전체 담지촉매 1 g 중 촉매 분자 질량은 $1 \times 0.005 = 0.005 g$이다.
2. 촉매 분자 총 몰수는 $0.005/100 = 5.0 \times 10^{-5} mol$이다.
3. 이 중 표면에 노출된 촉매 분자 몰수는 $5.0 \times 10^{-5} \times 0.5 = 2.5 \times 10^{-5} mol$이다.
4. B 생성 속도는 $0.05 \times 2.5 \times 10^{-5} = 1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1}$이다.
5. 처음에 전체 담지촉매를 1 g으로 두었으므로 질량당 B 생성 속도는 그대로 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$이므로 일치한다.

② X
- 2.50×10^{-5}는 표면에 노출된 촉매 분자 몰수 $2.5 \times 10^{-5} mol$와 같은 수치로, TOF $0.05 s^{-1}$를 곱하지 않은 값이다.
- 틀린 표현은 2.50×10^{-5}이고, 올바르게는 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$이다.

③ X
- 2.50×10^{-6}는 촉매 분자 총몰수 $5.0 \times 10^{-5} mol$에 TOF만 곱하고 표면 노출 50%를 반영하지 않은 값이다.
- 틀린 표현은 2.50×10^{-6}이고, 올바르게는 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$이다.

④ X
- 최종 계산값 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$와 4배 차이가 나는 값으로, 표면 노출 비율과 TOF를 함께 정확히 반영한 결과가 아니다.
- 틀린 표현은 5.00×10^{-6}이고, 올바르게는 $1.25 \times 10^{-6} mol s^{-1} g^{-1}$이다.

오답 포인트

0.5 wt%를 바로 몰수로 바꾸지 않고 먼저 1 g 기준 질량으로 환산해야 한다는 점과, TOF가 전체 촉매량이 아니라 표면에 노출된 촉매 분자 수에 적용된다는 점이 핵심 함정이다. ②는 TOF 누락, ③은 노출비율 누락이 대표적인 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

담지촉매 TOF 문제는 전체 기준 질량 설정 → 활성종 질량분율 반영 → 분자량으로 몰수 변환 → 표면 노출 비율 반영 → TOF 곱셈 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

질량기준 속도는 전체 1 g 기준으로 환산하고, TOF는 표면에 노출된 활성점 몰수에만 곱해진다.

NoteBase