반응공학

문 1. $A+2B \rightarrow C+D$ 반응에서 $-r_A = 20\,\mathrm{mol\,m^{-3}\,s^{-1}}$일 때, r_A, $-r_B$, r_C, $-r_D\,[\mathrm{mol\,m^{-3}\,s^{-1}}]$를 바르게 연결한 것은? (단, r_j는 화학종 j의 생성속도이다)

	r_A	$-r_B$	r_C	$-r_D$
①	20	−40	−20	20
②	20	−40	20	−20
③	−20	40	20	−20
④	−20	40	−20	20

문 2. $A \rightarrow B$ 반응의 반응속도상수가 400 K에서 $1\,\mathrm{s^{-1}}$, 500 K에서 $100\,\mathrm{s^{-1}}$으로 각각 측정되었다. 이 반응의 반응차수와 활성화 에너지[$\mathrm{J\,mol^{-1}}$]는? (단, 반응속도상수는 Arrhenius 관계식을 따르며, R은 기체상수[$\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$], $\ln 100 = 4.6$이다)

	반응차수	활성화 에너지
①	0	$1.2\times10^3\times R$
②	0	$2.3\times10^3\times R$
③	1	$4.6\times10^3\times R$
④	1	$9.2\times10^3\times R$

문 3. 등온 회분식반응기에서 $A \xrightarrow{k} B$ 액상 반응을 진행한다. 실험 결과를 이용하여 적분법으로 얻은 반응차수와 반응속도상수에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, k는 반응속도상수, t는 반응시간, C_A는 A의 농도, C_{A0}는 A의 초기농도이다)

① 0차 반응이라면, $C_A = kt - C_{A0}$이다.

② 1차 반응이라면, $\ln\dfrac{C_{A0}}{C_A} = kt$이다.

③ 2차 반응이라면, $\dfrac{1}{C_{A0}} - \dfrac{1}{C_A} = kt$이다.

④ 3차 반응이라면, $2(C_A^{-2} - C_{A0}^{-2}) = kt$이다.

문 4. $A \rightarrow B$ 액상 반응을 진행한다. 부피가 같은 연속교반탱크반응기(CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR) 중 어느 반응기를 사용하더라도 동일한 A의 전환율을 얻게 된다면, 이 반응의 반응차수는? (단, 반응은 등온 정상상태에서 진행하고, 나머지 조건은 동일하다)

① 0
② 1
③ 2
④ 3

문 5. 등온 회분식반응기에서 $A \xrightarrow{k} B$ 액상 기초반응을 진행한다. 반응물 A의 농도가 초기농도의 10 %로 줄어드는 데 걸리는 시간[min]은? (단, 반응속도상수 $k = 0.2\,\mathrm{min^{-1}}$, $\ln 10 = 2.3$이다)

① 2.3
② 4.6
③ 11.5
④ 23

문 6. 등온 회분식반응기에서 $A \rightleftarrows R$ 가역 기상 기초반응을 진행한다. 반응이 평형에 도달했을 때 A의 전환율이 0.75이면, 이 반응의 농도평형상수(K_C)는? (단, 기체는 모두 이상기체이고, C_{I0}는 I의 초기농도, $C_{A0} = 2\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$, $C_{R0} = 2\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$이다)

① 4
② 5
③ 6
④ 7

문 7. $A \rightarrow B$ 액상 반응의 반응속도식이 $-r_A = \dfrac{kC_A}{1+KC_A}$일 때, 초기농도 10 mol L^{-1}인 순수한 반응물 A를 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 공간시간(τ) 60 min으로 운전하여 생성물 B를 얻었다(C_{B1}). 동일 반응 조건에서 초기농도만 6 mol L^{-1}로 변경하여 생성물 B를 얻었다면(C_{B2}), 생성물 B의 농도비(C_{B2}/C_{B1})는? (단, C_A는 A의 농도, $k = 0.1\ \text{min}^{-1}$, $K = 1\ \text{L mol}^{-1}$이다)

① 0.75
② 0.8
③ 0.9
④ 1.0

문 8. $A \rightarrow B$ 액상 2차 반응을 연속교반탱크반응기(CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR)에서 각각 진행한다. 동일 운전 조건에서 반응물 A를 90 % 전환하기 위해 필요한 CSTR 부피와 PFR 부피의 비(V_{CSTR}/V_{PFR})는?

① 2
② 5
③ 10
④ 20

문 9. 정상상태 단열 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한 A를 반응물로 $A \rightarrow B$ 발열 액상 반응을 진행한다. 반응기 입구에서 A의 농도와 온도가 각각 5 mol L^{-1}, 400 K일 때 반응기 출구에서 온도가 440 K에 도달하였다면, 반응물 A의 출구 농도[mol L^{-1}]는? (단, 반응물 A의 몰당 열용량 $C_P = 0.4\ \text{kcal mol}^{-1}\text{K}^{-1}$, 반응열 $\triangle H_R = -20\ \text{kcal mol}^{-1}$이며, C_P와 $\triangle H_R$은 온도에 무관하며 일정한 값을 갖는다)

① 0.5
② 1
③ 1.5
④ 2

문 10. 촉매의 비활성화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 소결은 촉매가 고온에 장시간 노출되어 촉매활성 표면적이 상실됨으로써 촉매의 활성을 잃어버리는 것이다.
② 코크스화는 촉매 표면상에 탄소계 물질이 침적되는 현상이다.
③ 피독은 촉매독 분자가 활성점에 비가역적으로 화학흡착하여 주반응에 이용할 수 있는 활성점의 수를 감소시킴으로써 발생한다.
④ 코크스화는 분산된 금속 활성점의 응집을 초래한다.

문 11. 등온 회분식반응기에서 다음의 액상 반응을 1 mol L^{-1}의 순수한 반응물 A를 이용하여 진행한다. 반응물이 생성물로 완전히 전환될 때까지 걸리는 시간[h]은?

$$A \rightarrow R,\ -r_A = 2C_A^{0.5}\ \ [\text{mol L}^{-1}\,\text{h}^{-1}]$$

① 0.25
② 0.5
③ 0.75
④ 1

문 12. $A \rightarrow B$ 액상 기초반응을 진행한다. 여러 개의 연속교반탱크반응기(CSTR)가 직렬로 연결되어 있을 때, 하나의 플러그흐름반응기(PFR)와 직렬로 연결된 CSTR들의 최종전환율이 같아지는 조건은? (단, 총 CSTR 부피의 합과 하나의 PFR 부피는 같다)

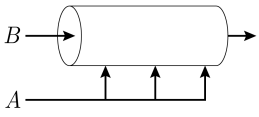
① PFR에서 반응물의 공급 유량을 느리게 한다.
② PFR에서 반응물의 공급 유량을 빠르게 한다.
③ CSTR의 부피를 작게 하여 CSTR 개수를 무수히 많게 한다.
④ CSTR의 부피를 크게 하여 CSTR 개수가 한 개가 되게 한다.

문 13. 다음 두 개의 반응이 일정 온도에서 동시에 진행될 때 S의 생산을 최대화할 수 있는 흐름 방식은?

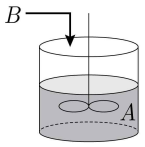
$$A + B \xrightarrow{k_1} R, \quad \frac{dC_R}{dt} = k_1 C_A^{1.5} C_B^{0.5}$$

$$A + B \xrightarrow{k_2} S, \quad \frac{dC_S}{dt} = k_2 C_A^{0.5} C_B^{1.5}$$

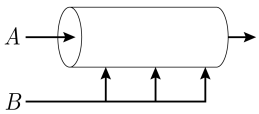
①



②



③

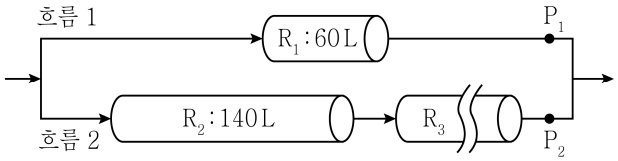


④

문 14. 등온 등압 플러그흐름반응기(PFR)에서 $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ 기상 기초반응을 진행한다. 순수한 반응물 A가 198 L min^{-1}의 부피유량으로 주입될 때, B의 농도가 최대가 되는 반응기 부피[L]는? (단, 기체는 모두 이상기체이고, $k_1 = 1\,\text{min}^{-1}$, $k_2 = 100\,\text{min}^{-1}$, ln10 = 2.3이다)

① 2.3
② 4.6
③ 6.9
④ 9.2

문 15. 플러그흐름반응기(PFR) 3개를 직렬 및 병렬로 연결하여 액상 반응을 진행한다. 몰유량 기준으로 전체 공급물의 25 %는 흐름 1로, 75 %는 흐름 2로 흘러간다. P_1과 P_2에서 전환율이 동일할 때, 반응기 R_3의 부피[L]는?



① 10
② 20
③ 40
④ 80

문 16. 다음 반응메커니즘으로 $A \rightarrow B$ 촉매반응이 진행된다. 표면반응이 속도결정단계일 때, 총괄반응속도식은? (단, S는 촉매활성점, C_t는 전체 활성점의 농도, P_I는 I의 분압, $K_i = \frac{k_i}{k_{-i}}$이다)

$$A(g) + S \xrightarrow{k_1} A \bullet S$$

$$A \bullet S \xrightarrow{k_{-1}} A(g) + S$$

$$A \bullet S \xrightarrow{k_2} B \bullet S$$

$$B \bullet S \xrightarrow{k_{-3}} B(g) + S$$

$$B(g) + S \xrightarrow{k_3} B \bullet S$$

① $\dfrac{k_2 K_1 P_A C_t}{1 + K_1 P_A + K_3 P_B}$

② $\dfrac{k_2 K_1 P_A C_t}{K_1 P_A + K_3 P_B}$

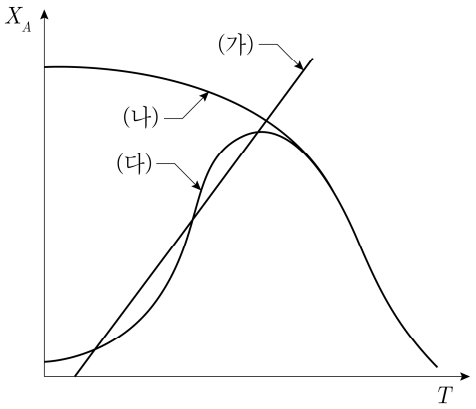
③ $\dfrac{k_1 P_A C_t}{1 + \dfrac{1}{K_1} P_B + K_3 P_B}$

④ $\dfrac{k_{-3} K_1 P_A C_t}{1 + K_1 P_A + K_1 K_3 P_A}$

문 17. 부피가 250 L로 동일한 두 개의 연속교반탱크반응기(CSTR)를 직렬로 연결하였다. 순수한 반응물 A를 부피유량 25 L min^{-1}로 주입하여 $A \xrightarrow{k} B$인 액상 기초반응을 진행할 때, 두 번째 반응기 출구에서 A의 전환율은? (단, 반응속도상수 $k = 0.1\,\text{min}^{-1}$이다)

① 0.5
② 0.75
③ 0.85
④ 0.9

문 18. 정상상태 단열 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 $A \rightleftarrows B$ 발열 가역 기초반응을 진행한다. 에너지 수지식, 물질 수지식, 화학평형식으로부터 도출된 반응온도(T)와 A의 전환율(X_A) 사이의 관계들이 그림과 같을 때, (가) ~ (다)에 해당하는 것은?



	(가)	(나)	(다)
①	에너지 수지식	물질 수지식	화학평형식
②	물질 수지식	에너지 수지식	화학평형식
③	물질 수지식	화학평형식	에너지 수지식
④	에너지 수지식	화학평형식	물질 수지식

문 19. 다공성 구형 촉매 입자상에서 일어나는 불균일계 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 표면반응이 율속단계이면 촉매 입자 기공 내부에서의 반응물 농도가 촉매 입자 외부 표면에서의 반응물 농도와 유사하다.
② 내부확산이 율속단계이면 반응의 내부유효인자는 1에 가까워진다.
③ 내부확산이 율속단계이면 Thiele 계수가 1보다 작아진다.
④ 촉매 입자 직경이 작아질수록 내부유효인자는 0에 가까워진다.

문 20. 정상상태 단열 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한 반응물 A를 이용하여 $A \rightleftarrows B$ 가역 반응을 진행한다. 입구와 출구에서의 온도가 각각 T_1, T_2일 때, 입구 온도에서의 평형상수에 대한 출구 온도에서의 평형상수 비(K_2/K_1)는? (단, 반응열과 반응물 A의 몰당 열용량 C_P는 온도에 무관하게 일정한 값을 가지며, R은 기체상수, X_A는 반응기 출구에서 A의 전환율이다)

① $\exp\left\{\dfrac{C_P(T_2-T_1)}{RX_A}\left(\dfrac{1}{T_2}-\dfrac{1}{T_1}\right)\right\}$

② $\exp\left\{\dfrac{X_A C_P(T_2-T_1)}{R}\left(\dfrac{1}{T_2}-\dfrac{1}{T_1}\right)\right\}$

③ $\exp\left\{\dfrac{(T_2-T_1)}{RX_A C_P}\left(\dfrac{1}{T_2}-\dfrac{1}{T_1}\right)\right\}$

④ $\exp\left\{\dfrac{X_A(T_2-T_1)}{RC_P}\left(\dfrac{1}{T_2}-\dfrac{1}{T_1}\right)\right\}$

문 21. 부피가 1 L인 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ 등온 액상 반응을 진행한다. B의 농도가 최대로 되는 공급원료의 부피유량[L min^{-1}]은? (단, 공급원료 내 A, B, C의 농도는 각각 1 mol L^{-1}, 0.5 mol L^{-1}, 0 mol L^{-1}이며, $k_1 = k_2 = 1\,\text{min}^{-1}$이다)

① 1
② 3
③ 4
④ 8

문 22. 연속교반탱크반응기(CSTR) 뒤에 플러그흐름반응기(PFR)가 직렬로 연결된 반응기에서 $A \xrightarrow{k} B$ 등온 액상 기초반응을 진행한다. CSTR 부피는 PFR 부피의 2배이고 CSTR의 공간시간(τ)은 1.0 h일 때, PFR 출구에서 A의 전환율은? (단, 두 반응기에서 반응온도는 동일하고, 반응속도상수 $k = 2.0\,\text{h}^{-1}$이다)

① $1-\dfrac{e^{-1}}{2}$

② $1-\dfrac{e^{-2}}{2}$

③ $1-\dfrac{e^{-1}}{3}$

④ $1-\dfrac{e^{-2}}{3}$

문 23. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 두 개의 비가역 액상 기초반응을 동시에 진행한다. 비목적 생성물(U)에 대한 목적 생성물(D)의 순간 선택도($S_{D/U}$)를 0.8로 유지하려고 할 때, 반응물 A의 전환율은? (단, A의 초기농도는 10 mol L^{-1}, $-r_{A,i}$는 i번 반응에서 A의 소멸속도, $S_{D/U} = \dfrac{r_D}{r_U} = \dfrac{D\text{의 생성속도}}{U\text{의 생성속도}}$이다)

> 1번 반응: $A \rightarrow D$, $-r_{A,1} = 5\,C_A$ [mol L^{-1} s^{-1}]
>
> 2번 반응: $2A \rightarrow U$, $-r_{A,2} = 2\,C_A^{\,2}$ [mol L^{-1} s^{-1}]

① 0.25
② 0.375
③ 0.5
④ 0.625

문 24. 기체 A_2가 촉매표면의 활성점(S)에 아래와 같이 해리 흡착될 때, 기체 A_2에 대한 흡착등온식은? (단, C_t는 전체 활성점의 농도, $C_{A\cdot S}$는 A에 의해 점유된 활성점의 농도, K_{A_2}는 A_2의 흡착평형상수, P_{A_2}는 A_2의 분압이다)

$$A_2 + 2S \rightleftarrows A\cdot S + A\cdot S$$

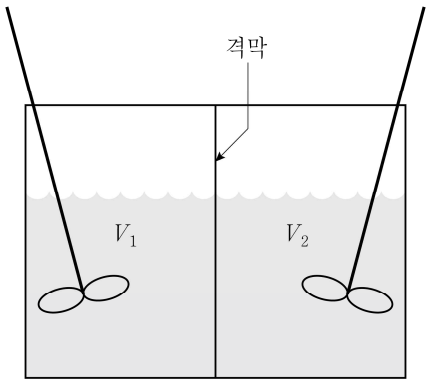
① $\dfrac{C_{A\cdot S}}{C_t} = \dfrac{(K_{A_2}P_{A_2})^{1/2}}{1+(K_{A_2}P_{A_2})^{1/2}}$

② $\dfrac{C_{A\cdot S}}{C_t} = \dfrac{K_{A_2}P_{A_2}}{1+(K_{A_2}P_{A_2})^{1/2}}$

③ $\dfrac{C_{A\cdot S}}{C_t} = \dfrac{K_{A_2}P_{A_2}}{1+K_{A_2}P_{A_2}}$

④ $\dfrac{C_{A\cdot S}}{C_t} = \dfrac{K_{A_2}P_{A_2}^2}{1+K_{A_2}P_{A_2}^2}$

문 25. 회분식반응기를 격막을 이용하여 같은 부피로 나눈 후 왼쪽 반응기에 초기농도 $20\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$, 오른쪽 반응기에 초기농도 $10\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$의 순수한 반응물 A를 동일한 부피로($V_1 = V_2$) 주입하여 $A \rightarrow B$ 등온 비가역 액상 1차 반응을 동시에 진행한다. 왼쪽 반응기의 전환율이 0.7일 때 반응을 멈추고 두 반응기 사이의 격막을 제거하여 혼합하였다면 반응기 전체에서 A의 농도 [$\mathrm{mol\,L^{-1}}$]는? (단, 두 반응기의 온도는 항상 같게 유지되고, 격막 제거 시 두 반응기 용액은 완전히 혼합된다)



① 3.0
② 4.5
③ 5.5
④ 6.0