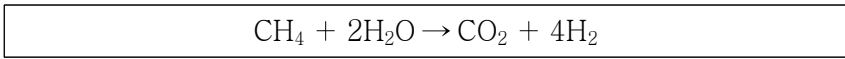


반응공학

1. 다음 반응이 기초반응일 때, 총괄반응차수는?



- ① 0
② 1
③ 2
④ 3

2. 회분식반응기에서 $\text{A} + 3\text{B} \rightarrow \text{C} + 2\text{D}$ 비가역 액상 반응을 진행한다. 반응기 내 A와 B의 초기농도는 각각 10 mol m^{-3} 와 9 mol m^{-3} 이다. 제한반응물(limiting reactant)의 전환율이 0.50일 때, C와 D의 농도의 합[mol m^{-3}]은? (단, 반응기 내 C와 D의 초기농도는 0이다)

- ① 1.5
② 3.0
③ 4.5
④ 9.0

3. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 비가역 액상 1차 반응을 진행한다. A의 전환율 0.50을 얻기 위해 필요한 공간시간은? (단, k 는 반응속도상수이다)

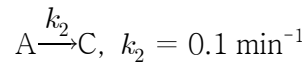
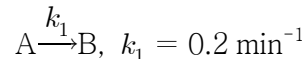
- ① k
② $2k$
③ $\frac{1}{k}$
④ $\frac{1}{2k}$

4. 등온 회분식반응기에서 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 액상 반응을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었을 때, 반응속도상수(k)는? (단, 반응속도는 $-r_{\text{A}} = kC_{\text{A}}^{\alpha}$ 로 표현되며, C_{A} 는 A의 농도이고, α 는 정수이다)

시간[min]	0	1	2	3
C_{A} [mol L^{-1}]	1	0.9	0.8	0.7

- ① 0.1 min^{-1}
② $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$
③ 0.2 min^{-1}
④ $0.2 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$

5. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 다음의 두 비가역 액상 기초반응이 동시에 진행된다. 출구에서 A의 농도가 0.5 mol L^{-1} 일 때, 출구에서 B의 농도[mol L^{-1}]는? (단, 반응기에는 농도 2 mol L^{-1} 의 A만 유입되며, k_1 과 k_2 는 각 반응의 반응속도상수이다)



- ① 0.6
② 0.8
③ 1.0
④ 1.2

6. 등온 충전층반응기(PBR)에서 압력강하 없이 $A \rightarrow B$ 비가역 기상 2차 반응이 진행된다. A의 초기농도는 1 mol L^{-1} 이며, 부피유량은 10 L min^{-1} 이다. A의 전환율이 0.80에 도달하기 위해 필요한 촉매의 양[kg]은? (단, A와 B는 이상기체이고, 촉매 단위 질량 당 반응속도식의 속도상수는 $2 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ 이다)

① 10
② 12
③ 16
④ 20

7. 등온 회분식반응기에서 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 기초반응을 진행한다. 반응 시작 5분 후 A의 농도는 20 mol L^{-1} 이고, 반응 시작 10분 후 A의 농도는 10 mol L^{-1} 이다. 해당 반응의 반응속도상수 [min^{-1}]는? (단, $\ln 2 = 0.7$ 이다)

① 0.140
② 0.175
③ 0.350
④ 0.700

8. 부피가 500 L인 등온 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한 A를 반응물로 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 1차 반응을 진행하여, A의 전환율 0.50을 얻었다. 동일한 반응에 대하여 A의 전환율 0.75에 도달하기 위해 필요한 PFR의 부피[L]는? (단, A의 초기농도, A의 공급 몰유량, 반응온도는 모두 동일하다)

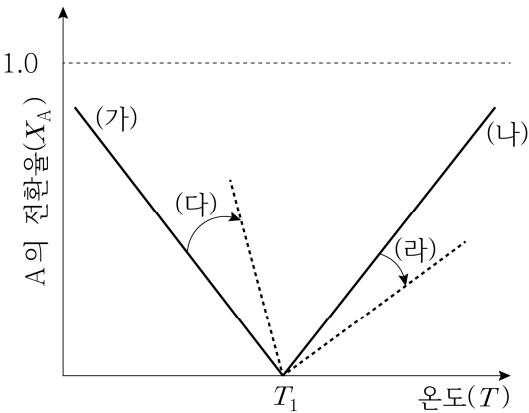
① 750
② 1,000
③ 1,250
④ 1,500

9. 반응 $A + B \rightarrow C$ 에 대해, A의 초기농도(C_{A0})와 B의 초기농도(C_{B0})에 따라 다음과 같은 초기 반응속도($-r_{A0}$)를 얻었다. 이에 대한 A와 B의 반응차수를 바르게 연결한 것은? (단, 반응온도는 동일하다)

$C_{A0} [\text{mol L}^{-1}]$	$C_{B0} [\text{mol L}^{-1}]$	$-r_{A0} [\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}]$
0.3	2.0	5.0×10^{-3}
0.6	4.0	40.0×10^{-3}
0.6	8.0	160×10^{-3}

	A의 반응차수	B의 반응차수
①	1차	1차
②	1차	2차
③	2차	1차
④	2차	2차

10. 다음은 제한반응물(limiting reactant) A의 전환율(X_A)에 관한 연속교반탱크반응기(CSTR)의 단열조작선(adiabatic operating line) 그래프이다. 흡열반응과 불활성물질 감소에 각각 해당하는 것을 바르게 연결한 것은? (단, T_1 은 공급온도이다)



	흡열반응	불활성물질 감소
①	(가)	(다)
②	(가)	(라)
③	(나)	(다)
④	(나)	(라)

11. 등온 멤브레인 반응기(membrane reactor)에서 $A \rightleftharpoons B + C$ 가역 기상 기초반응을 진행한다. 반응 중 멤브레인을 통해 생성물 C만 반응기에서 선택적으로 제거할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① A의 전환율은 평형전환율을 넘어설 수 있다.
- ② C의 선택적 제거는 반응의 평형상수를 증가시킨다.
- ③ 반응기 내 모든 위치에서 평형 조성이 유지된다.
- ④ A의 전환율은 멤브레인의 투과도와 무관하다.

12. 부피가 V 인 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 순수한 A를 반응물로 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 2차 반응을 진행하여, A의 전환율 0.50을 얻었다. 부피가 $\frac{V}{3}$ 인 등온 플러그흐름반응기(PFR) 3개를 직렬로 연결하여 동일한 반응을 진행할 때, 마지막 반응기 출구에서 A의 전환율은? (단, A의 초기농도, A의 공급 몰유량, 반응온도는 동일하다)

- ① $\frac{1}{2}$
- ② $\frac{2}{3}$
- ③ $\frac{3}{4}$
- ④ $\frac{4}{5}$

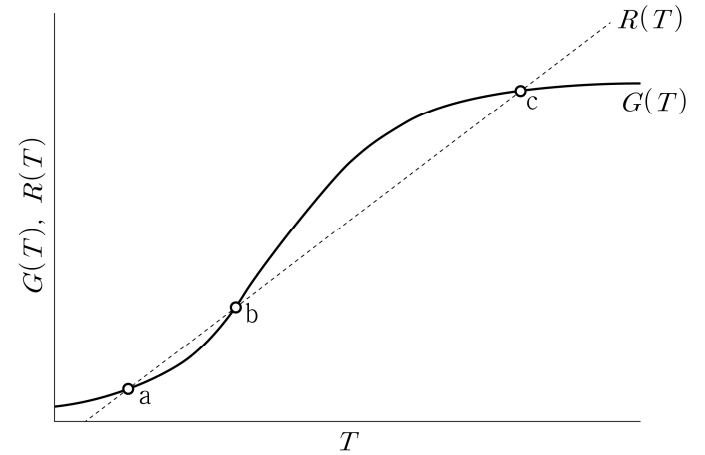
13. 다음 두 반응이 동시에 진행될 때, A의 전환율 0.80에서 U에 대한 D의 순간 선택도($S_{D/U}$)는 0.5이다. D가 생성되는 반응속도식의 속도상수(k_D)[min^{-1}]는? (단, A의 초기농도는 40 mol L^{-1} 이고,

$$S_{D/U} = \frac{r_D}{r_U}, \quad r_j \text{는 } j \text{의 생성 속도, } C_A \text{는 A의 농도이다}$$



- ① 0.5
- ② 1.0
- ③ 2.0
- ④ 4.0

14. 다음은 열교환기가 설치된 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 발열 비가역 반응이 진행될 때, 반응기 온도(T)에 따른 발생열($G(T)$)과 제거열($R(T)$)을 나타낸 그래프이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, a, b, c는 $G(T)$ 와 $R(T)$ 의 교점이며, $R(T)$ 는 직선이다)



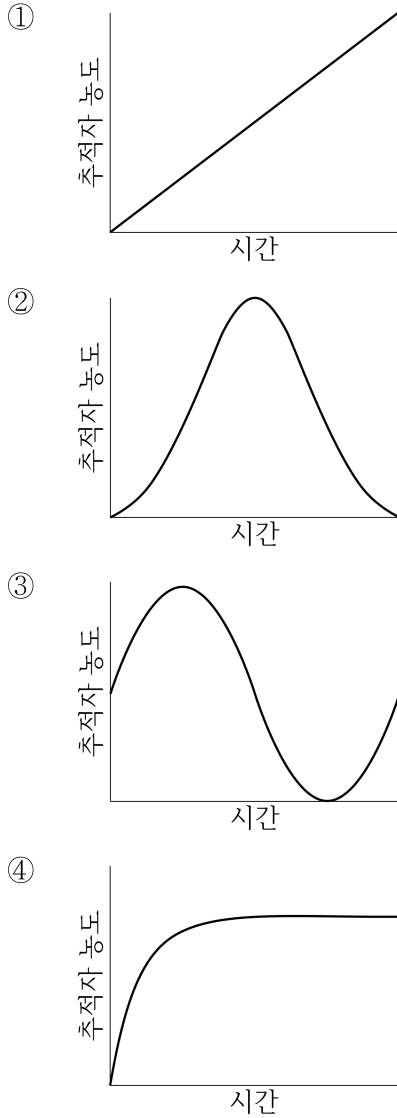
- ① 열교환기에 의한 총괄 열전달 계수와 열교환 면적의 곱이 증가하면 $R(T)$ 의 기울기는 감소한다.
- ② 원료의 유입온도가 증가하면 $R(T)$ 는 기울기의 변화 없이 오른쪽으로 이동한다.
- ③ a와 c에서는 반응기가 안정적인 정상상태로 운전된다.
- ④ b에서 반응기 온도가 미세하게 상승하면, 반응기 온도는 c를 향해 더 증가한다.

15. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 반응을 진행하며, 반응속도식은 $-r_A = \frac{kC_A}{1+KC_A} [\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}]$ 이다.

초기농도 10 mol L^{-1} 의 A를 반응물로 공급하고, 공간시간 60 min 으로 운전하여 B를 생산하였다. 동일한 반응기에서 B의 생산량을 10% 증가시키기 위해 공급해야 하는 반응물 A의 초기농도 [mol L^{-1}]는? (단, $k = 0.1 \text{ min}^{-1}$, $K = 1 \text{ L mol}^{-1}$, A의 공급 부피유량과 반응온도는 동일하다)

- ① 11.0
- ② 11.5
- ③ 16.0
- ④ 16.5

16. 관형 반응기 내에서의 체류시간분포(residence time distribution)를 얻기 위해 추적자(tracer)를 펄스(pulse) 형태로 반응기 입구에 주입했을 때, 반응기 출구에서 관찰되는 추적자의 농도분포는? (단, 축 방향으로의 분산이 발생한다)



17. 부피가 일정한 등온 회분식반응기에서 순수한 A를 반응물로 $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ 비가역 연속 1차 반응을 진행한다. B의 농도가 최대일 때, A의 농도[mol L^{-1}]는? (단, $k_1 = 3 \text{ min}^{-1}$, $k_2 = 6 \text{ min}^{-1}$, A의 초기 농도는 2 mol L^{-1} 이다)

- ① 0.8
② 1.0
③ 1.2
④ 1.4

18. 등온 회분식반응기에서 순수한 A를 반응물로 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 기초반응을 진행하며, 반응속도상수는 아레니우스(Arrhenius) 식을 따른다. 온도 400 K에서 A의 전환율이 0.70에 도달할 때까지 1시간이 소요되었다. 동일한 초기 조건에서 온도만 800 K로 증가시킬 경우, 전환율 0.70을 달성하기 위해 필요한 반응시간[h]은? (단, 기체상수는 $8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, 활성화 에너지는 33.2 kJ mol^{-1} 이며, 빈도인자는 온도에 상관없이 일정하다)

- ① $e^{-0.5}$
② e^{-2}
③ e^{-4}
④ e^{-5}

19. 공극이 있는 촉매 입자 내에서 반응물의 평균 확산을 나타내기 위해 사용되는 유효확산계수(effective diffusivity)와 반비례 관계인 것은?

- ① 굴곡도
② 분자 확산계수
③ 세공분율
④ Knudsen 확산계수

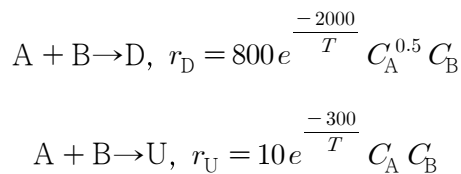
20. 부피가 1,000 L인 등온 회분식반응기에서 $A \rightarrow B$ 비가역 액상 1차 반응을 진행하며, 반응속도상수는 0.05 min^{-1} 이다. A의 초기 농도는 2 mol L^{-1} 이며, 전환율 0.875까지 반응시킨 후 배출한다. 매 회분마다 반응시간 외에도 충전, 가열, 배출, 세척에 총 30분이 소요된다. 24시간 동안 최대 생산할 수 있는 B의 양[kmol]은? (단, $\ln 2 = 0.7$ 이고, 반응기는 24시간 연속 가동하며, 완결된 회분만 생산량에 포함한다)

- ① 35
② 40
③ 42
④ 72

21. 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 $A \rightleftharpoons B$ 가역 액상 기초반응을 진행한다. 동일한 몰유량의 A와 B가 반응기로 공급될 때, 반응속도식($-r_A$)은? (단, k_A 는 정반응의 반응속도상수, C_{A0} 는 A의 초기농도, K_C 는 농도평형상수, X_A 는 A의 전환율이다)

- ① $k_A C_{A0}(1 - X_A)$
 ② $k_A C_{A0} \left(1 - \frac{1 - X_A}{X_A K_C}\right)$
 ③ $k_A C_{A0} \left[1 - X_A \left(1 + \frac{1}{K_C}\right)\right]$
 ④ $k_A C_{A0} \left[(1 - X_A) - \frac{(1 + X_A)}{K_C}\right]$

22. 다음 두 기상 반응이 동시에 진행될 때, U에 대한 D의 선택도를 높이는 방법으로 옳지 않은 것은? (단, C_j 는 j의 농도, r_j 는 j의 생성속도, T 는 온도이다)



- ① 반응온도를 높인다.
 ② 반응기 내 A의 농도를 낮춘다.
 ③ 반응기 내 B의 농도를 낮춘다.
 ④ 반응기 운전압력을 낮춘다.

23. 불균일 촉매반응의 표면반응모델에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 반응물 A와 반응물 B가 서로 다른 유형의 활성점에 흡착한 경우에는 표면반응이 일어나지 않는다.
 ② 흡착된 화합물의 표면반응속도는 분자들에 의해 점유된 촉매 활성점의 농도와 무관하다.
 ③ 엘레이-리디얼(Eley-Rideal) 메커니즘은 흡착된 분자와 기체 분자 간의 반응을 설명한다.
 ④ 랭뮤어(Langmuir) 등온선은 촉매 활성점에서 표면반응 속도를 나타낸다.

24. 등온 및 정압 조건의 이상적인 흐름반응기에서 순수한 A를 반응물로 $A \rightleftharpoons 2B$ 가역 기상 기초반응을 진행한다. A의 초기농도(C_{A0})와 A의 평형전환율(X_{Ae})로 나타낸 해당 반응의 농도평형상수는? (단, A와 B는 이상기체이다)

- ① $\frac{2X_{Ae}}{(1 - X_{Ae})}$
 ② $\frac{C_{A0} X_{Ae}}{(1 + X_{Ae})}$
 ③ $\frac{4C_{A0} X_{Ae}^2}{(1 - X_{Ae})(1 + X_{Ae})}$
 ④ $\frac{4C_{A0} X_{Ae}^2}{(1 - X_{Ae})(1 + 2X_{Ae})}$

25. $A \rightarrow B$ 비가역 액상 반응에서 A의 전환율(X_A)에 따른 반응속도($-r_A$)는 다음과 같으며, 부피가 V_1 인 단일 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 해당 반응을 진행하여 A의 최종 전환율 0.80을 얻었다. 동일한 최종 전환율을 얻을 수 있도록 직렬 연결된 2개의 흐름반응기 전체의 최소 부피를 V_2 라 할 때, 반응기 부피의 감소량($V_1 - V_2$) [m^3]은? (단, A의 공급 몰유량은 50 kmol h^{-1} 으로 일정하고, $-r_A$ 는 온도와 무관하며, 흐름반응기는 CSTR 또는 플러그흐름반응기(PFR)이다)

$$0 \leq X_A \leq 0.4 \text{ 일 때, } -r_A = \frac{X_A + 0.6}{30} [\text{kmol m}^{-3} \text{ h}^{-1}]$$

$$0.4 \leq X_A \leq 0.8 \text{ 일 때, } -r_A = \frac{1}{100X_A - 10} [\text{kmol m}^{-3} \text{ h}^{-1}]$$

- ① 1,200
 ② 1,600
 ③ 1,800
 ④ 2,200