반응공학

문 1. $A \rightarrow 2R$은 비가역 2차반응이다. 반응물 A의 농도가 $2\,mol\,L^{-1}$일 때 반응속도($-r_A$)가 $0.04\,mol\,L^{-1}\,s^{-1}$라고 한다면, 반응물 A의 농도가 $6\,mol\,L^{-1}$일 때의 반응속도[$mol\,L^{-1}\,s^{-1}$]는?

① 0.036 ② 0.36
③ 3.6 ④ 36

문 2. 온도와 압력이 일정한 회분반응기(batch reactor)에서 $2A + B \rightarrow 2R$ 반응이 일어난다. 반응물 A가 25%, 반응물 B가 20%, 그리고 불활성기체가 55%인 혼합기체로 반응이 시작되었다고 가정할 때, 부피변화율(ϵ_A)은?

① -0.05 ② -0.075
③ -0.125 ④ -0.25

문 3. 반응물 A에 대해 $A + R \rightarrow R + R$인 액상 자동촉매반응(auto-catalytic reaction)이 회분반응기(batch reactor)에서 진행된다. 이 반응의 반응속도식이 $-r_A = 2\,C_A\,C_R$이고, 초기농도가 $C_{A0} + C_{R0} = 6\,mol\,L^{-1}$인 경우 최대반응속도[$mol\,L^{-1}\,min^{-1}$]는?

① 12 ② 14
③ 16 ④ 18

문 4. 다음의 병렬반응에서 원하는 생성물 R을 많이 생성하기 위한 방법으로 옳은 것은?

$$A \xrightarrow{k_1} R, \quad r_R = k_1 C_A^m$$
$$A \xrightarrow{k_2} S, \quad r_S = k_2 C_A^n$$

① n − m > 0 일 때 C_A를 증가, $\frac{k_2}{k_1}$ 값을 크게 한다.

② n − m > 0 일 때 C_A를 감소, $\frac{k_2}{k_1}$ 값을 작게 한다.

③ n − m < 0 일 때 C_A를 증가, $\frac{k_2}{k_1}$ 값을 크게 한다.

④ n − m < 0 일 때 C_A를 감소, $\frac{k_2}{k_1}$ 값을 작게 한다.

문 5. $A \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} B + C$인 액상 기초 가역반응에서 초기 A, B, C의 농도를 각각 $1\,mol\,L^{-1}$, $0\,mol\,L^{-1}$, $0\,mol\,L^{-1}$로 할 때 평형에서 A의 농도가 $0.5\,mol\,L^{-1}$였다. 주어진 온도에서 정반응속도상수(k_1)가 $0.01\,min^{-1}$일 경우, 역반응속도상수(k_{-1}, [$L\,mol^{-1}\,min^{-1}$])는?

① 0.001
② 0.005
③ 0.01
④ 0.02

문 6. 반응 $A + B \rightarrow R$이 다음과 같이 AB_2^*를 활성중간체로 한 기초반응(elementary reaction)들로 이루어졌다고 가정할 때 그 반응속도식으로 옳은 것은?

$$A + 2B \xrightarrow{k_1} AB_2^*, \qquad AB_2^* + A \xrightarrow{k_2} 2R$$

① $-r_A = k_1\,C_A\,C_B$ ② $-r_A = 2\,k_1\,C_A\,C_B$
③ $-r_A = k_1\,C_A\,C_B^2$ ④ $-r_A = 2\,k_1\,C_A\,C_B^2$

문 7. 다음과 같은 $A \rightarrow R$ 반응이 혼합흐름반응기(CSTR)에서 일어난다.

$A \rightarrow R$,
300 K에서 $-r_A = (0.05\,\text{min}^{-1})\,C_A$, $\Delta H_r = -20\,kcal\,mol^{-1}$

반응물 A는 온도 300 K, 초기농도(C_{A0}) $2\,mol\,L^{-1}$로 $10\,L$의 반응기에 공급된다. 반응을 300 K의 등온으로 유지하기 위해 필요한 열제거속도[$kcal\,min^{-1}$]는?
(단, 출구에서 A의 전화율(X_A)은 0.9이다)

① 2 ② 5
③ 10 ④ 20

문 8. 플러그흐름반응기(PFR)에서 $A + B \rightarrow R + S$인 액상 기초반응이 일어난다. 반응기에 유입되는 반응물 A와 B의 농도가 각각 $1\,mol\,L^{-1}$로 동일할 때, 0.96의 전화율을 얻기 위한 Damköhler 수는?

① 12 ② 24
③ 25 ④ 32

문 9. 알루미나에 $0.1wt\,\%$의 팔라듐(Pd)이 담지된 촉매 $1\,g$에 수소가 $0.0224\,mL$(STP 상태)만큼 화학흡착되었다. 수소분자는 해리하여 표면 팔라듐 원자에 1:1로 흡착한다. 팔라듐의 원자량을 100으로 가정하고 촉매의 분산(dispersion, 전체 금속원자에 대한 표면노출 금속원자의 분율)을 구하면?

① 0.05 ② 0.15
③ 0.20 ④ 0.40

문 10. 알루미나에 $28wt\,\%$의 Fe가 활성성분으로 담지된 촉매에서 $3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$ 반응이 진행된다. 분산(dispersion)은 표면에 노출된 활성성분의 분율을 나타내며, 이 촉매의 경우 0.1로 조사되었다. 이 반응에서 반응물 N_2에 대한 전도수(turnover frequency, 단위시간·단위활성점 당 반응하는 분자수)가 $0.01\,s^{-1}$일 때, NH_3의 생성속도를 [$(mol\,NH_3)(g\,\text{촉매})^{-1}\,s^{-1}$]의 단위로 나타내면?
(단, Fe 원자량 = 56이다)

① 1×10^{-5} ② 2×10^{-5}
③ 1×10^{-4} ④ 2×10^{-4}

문 11. 혼합흐름반응기(CSTR)를 사용하여 $A \rightarrow R$의 액상 반응을 통해 R을 생성하고자 한다. A의 농도에 따른 반응 속도는 다음과 같다.

$C_A\ [mol\ L^{-1}]$	$-r_A\ [mol\ L^{-1}\ \min^{-1}]$
0.1	0.1
0.3	0.5
0.7	0.1
1.2	0.05
2.0	0.04

초기농도(C_{A0})가 $1.2\ mol\ L^{-1}$인 반응물 A를 $600\ mol\ hr^{-1}$의 몰유속으로 공급하면서 0.75의 전화율을 얻고자 할 때 반응기의 크기[L]는?

① 15 ② 75
③ 150 ④ 900

문 12. 균일계 비가역 액상 2차반응을 혼합흐름반응기(CSTR)와 플러그흐름반응기(PFR)에서 각각 진행시킬 때 공간시간의 비(τ_{CSTR}/τ_{PFR})를 전화율(X_A)의 함수로 옳게 나타낸 것은?

① $\dfrac{X_A/(1-X_A)}{-\ln(1-X_A)}$ ② $\dfrac{1}{1-X_A}$

③ $\dfrac{X_A}{1-X_A}$ ④ $\dfrac{1}{-\ln(1-X_A)}$

문 13. $A \rightarrow 3R$인 1차 기상반응이 부피가 일정한 등온 회분반응기(batch reactor)에서 진행된다. 일정 시간 경과 후 반응기의 압력이 2배 증가하였다면 이상기체라고 가정했을 때 A의 전화율은?

① 0.3 ② 0.4
③ 0.5 ④ 0.6

문 14. $A + B \rightarrow 2R$ 반응의 25℃에서의 반응열은 $\Delta H_{r,298K} = -50{,}000\ J\ mol^{-1}$이다. 25℃와 1,025℃의 온도영역에서 A, B 및 R의 평균비열($\overline{C_p}$)이 각각 $35\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$, $45\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$, $70\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$일 경우, 1,025℃에서의 반응열[$J\ mol^{-1}$]은?

① −10,000 ② 10,000
③ −50,000 ④ 50,000

문 15. 다음과 같은 액상 병렬반응에서 반응물 A에 대한 생성물 R의 순간수율로 옳은 것은?

$2A + B \rightarrow R, \quad r_R = C_A^2\, C_B$
$A + 2B \rightarrow S, \quad r_S = C_A\, C_B^2$

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

문 16. 부피가 $6\ m^3$인 혼합흐름반응기(CSTR)에서 1차반응 $A \rightarrow R$이 일어나고 0.75의 전화율을 나타내고 있다. 체류시간분포를 측정한 결과 반응기 부피 중 $4\ m^3$가 사각지역으로 반응에 관여하지 않고 있었다. 혼합을 개선하여 완전혼합상태에서 반응기를 운전하였을 경우의 전화율은?

① 0.80 ② 0.85
③ 0.90 ④ 0.95

문 17. 혼합흐름반응기(CSTR)에 플러그흐름반응기(PFR)가 직렬로 연결되어 있다. CSTR에 유입되는 반응물의 농도는 $3\ mol\ L^{-1}$이고, CSTR 출구에서의 농도는 $1\ mol\ L^{-1}$였다. 이 때 반응속도식이 $-r_A = kC_A^2$인 액상 2차반응이고 PFR의 부피가 CSTR의 2배라면 PFR 출구에서의 농도는?

① 0.1 ② 0.2
③ 0.4 ④ 0.5

문 18. 액상 1차반응 $A \rightarrow R$에 대하여 전화율 0.99에서 조업하고 있는 혼합흐름반응기(CSTR)가 있다. 최종 전화율을 동일하게 유지하면서 생산량을 증가시키기 위해 같은 크기의 CSTR을 1개 더 직렬로 연결하고자 한다. CSTR 1개만 있는 경우에 비하여 생산능력은 몇 배가 되는가?

① 1배 ② 2배
③ 10배 ④ 11배

문 19. 부피가 변하는 기상반응의 경우 반응속도는 시간에 따른 부피 변화를 측정함으로써 미분법이나 적분법을 사용하여 구할 수 있다. 온도와 압력이 일정한 회분반응기(batch reactor)에서 반응속도를 부피변화속도로 올바르게 표현한 식은?
(단, ϵ_A는 부피 변화율이다)

① $-r_A = \dfrac{C_{A0}}{\epsilon_A}\dfrac{d(\ln V)}{dt}$ ② $-r_A = \dfrac{C_{A0}}{\epsilon_A}\dfrac{dV}{dt}$

③ $-r_A = \dfrac{C_{A0}}{V\epsilon_A}\dfrac{d(\ln V)}{dt}$ ④ $-r_A = \dfrac{VC_{A0}}{\epsilon_A}\dfrac{dV}{dt}$

문 20. 순환비가 2인 등온 순환반응기(recycle reactor)에서 액상 기초 2차반응 $A \rightarrow R$의 전화율이 0.5였다. 만약 순환류를 폐쇄시킨다면 전화율은 얼마가 되겠는가?

① 0.60 ② 0.70
③ 0.75 ④ 0.80