1. 정상상태에서 운전하는 반응기의 공간시간(space time)에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?
   ① 반응기 부피를 공급유체의 입구 체적유량으로 나눈 값이다.
   ② 공급유체의 체적유량을 반응기 부피로 나눈 값이다.
   ③ 공급유체가 단위시간 동안 반응기를 통과하는 부피를 의미한다.
   ④ 반응기 내부 유체의 실제 평균 체류시간과 항상 동일하다.

2. 순수한 A(부피유량 $v_0=1\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, 초기농도 C_{A0})를 먼저 연속교반탱크반응기(CSTR, $V=1\text{L}$)에 통과시킨 뒤, 이어서 플러그흐름반응기(PFR, $V=0.7\text{L}$)에 직렬로 통과시킨다. 1차 비가역 액상반응 A → B가 일어나며 반응속도상수 $k=1\text{min}^{-1}$이다. 최종 출구에서 A의 전화율은? (단, $e^{-0.7}=0.5$로 가정한다.)
   ① 0.65 ② 0.70
   ③ 0.75 ④ 0.80

3. <보기>의 기상반응에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, k는 반응속도상수, C_A는 반응물 A의 농도, C_{A0}는 반응물 A의 초기 농도, X_A는 반응물 A의 전화율이며, X_A는 0과 1사이의 값을 갖는다.)

<보기>

$$A(g)\xrightarrow{k}B(g)+C(g)$$

   ① 이 반응이 기초반응인 경우, 부피가 일정한 등온 회분식 반응기에서 반응시간은 초기 반응물 A의 농도와 무관하다.
   ② 이 반응이 기초반응인 경우, 압력이 일정한 등온 회분식 반응기에서 반응시간은 초기 반응물 A의 농도와 무관하다.
   ③ 이 반응이 이차반응인 경우, 부피가 일정한 등온 회분식 반응기에서 반응시간은 초기 반응물 A의 농도에 반비례한다.
   ④ 이 반응이 이차반응인 경우, 압력이 일정한 등온 회분식 반응기에서 반응시간은 $\dfrac{1}{kC_{A0}}\displaystyle\int_0^{X_A}\dfrac{dX_A}{(1-X_A)^2}$로 나타낼 수 있다.

4. 반회분식반응기(semibatch reactor)에 B가 120mol 들어 있는 액상 용액 60L가 채워져 있다. 여기에 A의 농도가 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$인 용액을 $4\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$으로 공급하여 액상 반응 A + B → C를 진행한다. 반응이 매우 빨라 공급된 A가 즉시 전부 소모된다고 할 때, 공급 시작 후 10분 경과 시의 반응기 내 B의 농도[$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$]는? (단, 반응기로의 유입에 의해 부피가 변하며, 온도와 밀도는 일정하다.)
   ① 0.2 ② 0.4
   ③ 0.6 ④ 1.2

5. 등온·등압 변용(variable volume) 회분식반응기에서 기상반응 A → 3B를 진행한다. 초기 반응물은 A 60%와 비활성 기체 40%로 구성되며 초기 부피는 5L이다. A의 전화율이 0.5일 때 반응기 부피[L]는? (단, 모든 기체는 이상기체이다.)
   ① 4 ② 5
   ③ 8 ④ 10

6. <보기>와 같은 액상반응에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, k는 반응속도상수, C_A는 반응물 A의 농도, C_{A0}는 반응물 A의 초기 농도, v_0는 연속 반응기에 주입하는 총 부피유량, X_A는 반응물 A의 전화율로 0과 1 사이의 값을 갖는다.)

<보기>

$$A\xrightarrow{k}B$$

   ① 이 반응이 기초반응인 경우, 연속교반탱크반응기(CSTR)의 부피는 $\dfrac{v_0X_A}{k(1-X_A)}$로 나타낼 수 있다.
   ② 이 반응이 기초반응인 경우, 플러그흐름반응기(PFR)의 부피는 $\dfrac{v_0}{k}\displaystyle\int_0^{X_A}\dfrac{dX_A}{(1-X_A)}$로 나타낼 수 있다.
   ③ 이 반응이 이차반응인 경우, 연속교반탱크반응기(CSTR)의 부피는 $\dfrac{v_0X_A}{kC_{A0}(1-X_A)^2}$로 나타낼 수 있다.
   ④ 이 반응이 이차반응인 경우, 플러그흐름반응기(PFR)의 부피는 $\dfrac{v_0}{kC_{A0}}\displaystyle\int_0^{X_A}\dfrac{X_AdX_A}{(1-X_A)}$로 나타낼 수 있다.

7. <보기>와 같은 액상 기초반응을 부피가 V인 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 진행하여 반응물 A에 대한 전화율(X_A)로 $X_A=0.50$를 달성하였다. 같은 조건에서 부피가 $\frac{V}{3}$인 등온 연속교반탱크반응기(CSTR) 3개를 직렬로 연결하였을 경우 반응물 A에 대한 최종 전화율은?

<보기>

$$A \xrightarrow{k} B$$

① $\frac{27}{64}$ ② $\frac{37}{64}$

③ $\frac{47}{64}$ ④ $\frac{56}{64}$

8. 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 비가역 2차 액상반응 A → B를 진행한다. 초기농도가 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 반응속도상수가 $0.1\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 공간시간이 10분일 때 반응기 출구에서 A의 전화율은?

① 0.4 ② 0.5

③ 0.6 ④ 0.7

9. <보기>와 같이 반응물인 기질(S)과 저해자(I)가 존재하는 효소반응에 대한 반응메커니즘이 있다. 생성물(P)의 생성속도(r_P)의 역수를 Y축으로 하고 기질의 농도(C_S)의 역수를 X축으로 할 때 상호 간의 상관관계에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, E는 효소, E·S는 효소와 기질과의 중간체, E·I는 효소와 저해자와의 중간체를 의미한다.)

<보기>

$$E+S \xrightarrow{k_1} E\cdot S$$

$$E\cdot S \xrightarrow{k_2} E+S$$

$$E\cdot S \xrightarrow{k_3} P+E$$

$$I+E \xrightarrow{k_4} E\cdot I$$

$$E\cdot I \xrightarrow{k_5} I+E$$

① 저해자의 농도가 증가함에 따라 Y절편은 변화가 없으나 기울기는 증가한다.

② 저해자의 농도가 증가함에 따라 Y절편과 기울기가 동시에 증가한다.

③ 저해자의 농도가 증가함에 따라 Y절편은 증가하나 기울기는 변화가 없다.

④ 저해자의 농도가 증가함에 따라 Y절편은 증가하나 기울기는 감소한다.

10. 반응물 A와 B로부터 생성물 D가 만들어지는 반응에 대해 <보기>와 같은 반응메커니즘이 제시되어 있으며 이때 C^*는 반응중간체로 볼 수 있다. 유사정상상태 가정을 적용하여 반응중간체 C^*의 농도가 일정하다고 가정하였을 때 아래의 설명 중에서 가장 옳지 않은 것은? (단, [A], [B], [C^*]는 각각 A, B, C^*의 농도이고, k_1, k_2, k_3는 각각의 반응에 대한 속도 상수이며, 각 반응은 기초반응이다.)

<보기>

$$A+B \xrightarrow{k_1} C^*$$

$$C^* \xrightarrow{k_2} A+B$$

$$C^*+A \xrightarrow{k_3} 2D$$

① 반응 중간체(C^*)의 농도는 $[C^*]=\frac{k_1[A][B]}{k_2+k_3[A]}$로 나타낼 수 있다.

② 온도가 일정할 때 생성물 D의 생성속도(r_D)는 $\frac{[A]^2[B]}{k_2+k_3[A]}$와 비례한다.

③ 생성물 D의 생성속도(r_D)는 반응온도가 증가함에 따라 항상 증가한다.

④ $k_2 \ll k_3[A]$인 경우 생성물 D의 생성속도(r_D)는 반응물 A와 B에 대해 각각 반응차수가 1차이다.

11. <보기>와 같은 두 개의 반응들이 동시에 진행될 때 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

- 반응 1: $A+2B \rightarrow C+2D$ $\quad r_{1C}=k_{1C}C_AC_B$
- 반응 2: $A+2C \rightarrow 3E$ $\quad -r_{2A}=k_{2A}C_AC_C$

① 반응 1에서 B의 반응속도는 A의 반응속도의 2배이다.

② 반응 2에서 E의 생성속도(r_{2E})를 $r_{2E}=k_{2E}C_AC_C$로 나타낸다면 이때 $k_{2E}=3k_{2A}$가 성립한다.

③ A에 대한 전체 반응속도($-r_A$)는 $-r_A=k_{1C}C_AC_B+k_{2A}C_AC_C$로 나타낼 수 있다.

④ C에 대한 전체 생성속도(r_C)는 $r_C=k_{1C}C_AC_B-k_{2A}C_AC_C$로 나타낼 수 있다.

12. <보기>와 같은 액상 반응에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, k는 반응속도상수이며 C_A는 반응물 A의 농도이다.)

<보기>

$$A \xrightarrow{k} B$$

① 이 반응의 반응속도가 C_A에 무관하다면 동일한 조건에서 일정한 전화율을 달성하기 위한 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)와 등온 플러그흐름반응기(PFR)의 부피는 동일하다.

② 이 반응이 기초반응이면 동일한 조건에서 같은 전화율(X_A, $0<X_A<1$)을 달성하기 위한 등온 반응기의 부피는 항상 플러그흐름반응기(PFR)가 연속교반탱크반응기(CSTR)보다 작다.

③ 반응차수에 상관없이 여러 개의 등온 플러그흐름반응기(PFR)를 직렬로 연결할 경우의 최종 전화율은 이 반응기들의 총 부피와 동일한 하나의 등온 플러그흐름반응기(PFR)를 사용한 경우와 동일하다.

④ 이 반응이 기초반응이면 동일한 부피의 등온 연속교반탱크반응기(CSTR)-등온 플러그흐름반응기(PFR)순으로 직렬 연결하는 것이 등온 플러그흐름반응기(PFR)-등온 연속교반탱크반응기(CSTR)순으로 직렬 연결한 경우보다 항상 전화율이 높게 나온다.

13. 내부확산 저항이 매우 큰 조건에서 불균일 촉매반응의 속도자료를 측정하였다. 이 반응의 참 반응차수가 3이고 참 활성화에너지가 80kJ·mol^{-1}일 때, 실험적으로 관측되는 겉보기 반응차수와 겉보기 활성화에너지[kJ·mol^{-1}]를 옳게 짝지은 것은?

	겉보기 차수	겉보기 활성화에너지
①	1.5	40
②	2	40
③	2	80
④	3	40

14. 비가역 액상 1차 직렬반응 $A \rightarrow B \rightarrow C$를 등온에서 진행한다. 두 단계의 반응속도상수가 서로 같을 때 ($k_1 = k_2$), 플러그흐름반응기(PFR)에서 얻을 수 있는 B의 최대 농도를 a, 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 얻을 수 있는 B의 최대 농도를 b라고 하면 $\frac{a}{b}$는? (단, 순수한 A만 공급하며 e는 자연상수이다.)

① $e/4$ ② $2/e$
③ $e/2$ ④ $4/e$

15. 공간시간이 각각 τ_p인 플러그흐름반응기(PFR)와 τ_s인 연속교반탱크반응기(CSTR)를 <보기>와 같이 직렬로 연결하여 액상 반응을 진행한다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>

(가) PFR − CSTR 순으로 연결
(나) CSTR − PFR 순으로 연결

① (가)와 (나)의 체류시간분포 $E(t)$는 동일하지만, 2차 반응의 전화율은 서로 다르다.

② (가)와 (나)의 체류시간분포 $E(t)$는 서로 다르다.

③ (가)와 (나)의 체류시간분포 $E(t)$가 동일하므로 반응차수와 무관하게 전화율도 동일하다.

④ (가)와 (나) 모두 추적자는 주입 직후부터 출구에서 검출된다.

16. <보기>와 같은 세 개의 비가역 액상 반응이 동시에 진행될 때, 화학종 C의 순생성속도(r_C)로 가장 옳은 것은? (단, k_1, k_2, k_3는 반응속도상수이고, C_i는 i의 농도이다.)

<보기>

- 반응 1: $A + 2B \rightarrow C$ $\quad r_{1A} = -k_1 C_A C_B^2$
- 반응 2: $2A + 3C \rightarrow D$ $\quad r_{2D} = k_2 C_A^2 C_C^3$
- 반응 3: $C \rightarrow E$ $\quad r_{3E} = k_3 C_C$

① $k_1 C_A C_B^2 - 3k_2 C_A^2 C_C^3 - k_3 C_C$

② $k_1 C_A C_B^2 - 3k_2 C_A^2 C_C^3 + k_3 C_C$

③ $k_1 C_A C_B^2 - k_2 C_A^2 C_C^3 - k_3 C_C$

④ $-k_1 C_A C_B^2 + 3k_2 C_A^2 C_C^3 - k_3 C_C$

17. 등온 플러그흐름반응기(PFR)에서 순수한 A로 <보기>와 같은 연속 비가역 1차 액상반응을 진행한다. $k_1 = 0.2\text{min}^{-1}$, $k_2 = 0.1\text{min}^{-1}$일 때, 중간생성물 R의 농도가 최대가 되는 공간시간[min]과 그때의 최대 농도비 $C_{R,max}/C_{A0}$를 옳게 짝지은 것은? (단, k_1, k_2는 반응속도상수, C_{A0}는 반응물 A의 초기 농도이며, $\ln 2 = 0.7$로 가정한다.)

<보기>

$$A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$$

	공간시간(min)	$C_{R,max}/C_{A0}$
①	7	0.25
②	7	0.5
③	14	0.25
④	14	0.5

18. 단열 회분식반응기에서 순수한 A 20mol을 반응물로 발열 액상 1차 반응 A → B를 진행한다. 초기 온도가 300K일 때, A의 전화율이 0.4인 시점에서 반응기의 온도[K]는? (단, 반응열 $\Delta H_{Rx} = -50\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$이고 A와 B의 열용량은 $100\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$으로 동일하며, 반응열과 열용량은 온도에 무관하고 교반기에 의한 일은 무시한다.)

① 350 ② 400
③ 500 ④ 600

19. 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 발열반응이 진행될 때 나타날 수 있는 다중정상상태(multiple steady states)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① S자 형태의 열 발생 곡선과 열 제거 직선의 교점이 정상상태에 해당한다.
② 열 발생 곡선과 열 제거 직선의 교점이 3개일 때 가운데 정상상태는 일반적으로 불안정하다.
③ 유입온도를 변화시키면 점화(ignition) 현상이 나타날 수 있다.
④ 다중정상상태는 등온 CSTR에서 1차 비가역 반응이 일어날 때 항상 나타난다.

20. 냉각기가 설치된 연속교반탱크반응기(CSTR)에서 발열 액상반응 A → B가 진행된다. 순수한 A가 $F_{A0} = 1\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, 300K으로 유입되고 반응기 출구 온도는 350K으로 일정하게 유지되며, 출구 전화율은 0.8이다. 반응열 $\Delta H = -100\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$이고, A와 B의 열용량은 $200\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$으로 동일할 때, 반응기 온도를 유지하기 위해 제거해야 하는 열속도[kW]는? (단, 축일은 무시한다.)

① 60 ② 70
③ 80 ④ 90