



반응 속도

차례

Part 1 · 개념 정리	1
화학 반응 속도	1
반응 속도식	4
활성화 에너지	10
Part 2 · 기본문제	13
Part 3 · 심화문제	17
Part 4 · 정답과 해설	25
개념 체크 정답	25
기본문제 해설	26
심화문제 해설	30

Part 1 · 개념 정리

1 화학 반응 속도

(1) 빠른 반응과 느린 반응

우리 주위에서 일어나는 다양한 화학 반응은 **빠르게 일어나는 반응**과 **느리게 일어나는 반응**으로 구분할 수 있다.

- ① 빠른 반응의 예: 중화 반응, 연소 반응, 앙금 생성 반응 등
- ② 느린 반응의 예: 석회 동굴의 생성 반응, 철의 부식 반응 등

(2) 화학 반응의 빠르기 측정

화학 반응의 빠르기는 화학 반응에 따라 여러 가지 방법으로 측정할 수 있다. 기체가 발생하는 반응은 반응 시간에 따른 **질량**이나 **기체 생성물의 부피**를, 고체가 생성되는 반응은 **×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간**을 측정한다.

반응	기체가 발생하는 경우		고체가 생성되는 경우
측정	반응 시간에 따른 질량 측정	반응 시간에 따른 기체 생성물의 부피 측정	×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간 측정
실험 장치			
화학 반응식	$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$	$\text{Mg}(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{S}(s) + 2\text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{SO}_2(g)$
반응의 빠르기	$\frac{\text{발생한 } \text{CO}_2(g) \text{의 질량}(g)}{\text{반응 시간}(s)}$	$\frac{\text{발생한 } \text{H}_2(g) \text{의 부피}(mL)}{\text{반응 시간}(s)}$	$\frac{1}{\times \text{표가 보이지 않을 때까지 걸린 시간}(s)}$

핵심 정리 화학 반응의 빠르기는 반응에 따라 여러 가지 방법으로 측정할 수 있다.

개념 체크 A 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 기체가 발생하는 반응에서 화학 반응의 빠르기는 반응 시간에 따라 발생한 기체의 _____ 이나 _____ 를 측정하여 나타낼 수 있다.
- 고체가 생성되는 반응에서는 생성된 고체가 ×표를 모두 가릴 때까지 걸린 시간이 _____ 수록 화학 반응의 빠르기가 크다.

탐구자료 살펴보기
화학 반응의 빠르기 측정하기

실험 과정

- 충분한 양의 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크를 전자저울 위에 올려놓는다.
- 1의 삼각 플라스크에 탄산 칼슘 5 g을 넣은 후, 10 s 간격으로 질량을 측정한다.

느슨하게 막은 솥
묽은 염산
탄산 칼슘

실험 결과

반응 시간(s)	0	10	20	30	40	50
질량(g)	192.4	191.4	190.9	190.6	190.4	190.3

분석 point

- 위 반응에서 반응의 빠르기는 반응 시간에 따라 발생한 CO₂의 질량을 측정하여 나타낼 수 있다. 각 구간에
서 질량의 차이는 발생한 CO₂의 질량에 해당하므로 반응의 빠르기는 $\frac{\text{발생한 CO}_2\text{의 질량(g)}}{\text{반응 시간(s)}}$ 으로 나타
낼 수 있고, 단위는 g/s를 사용할 수 있다.
- 각 구간에서 반응의 빠르기

구간	0~10 s	10~20 s	20~30 s	30~40 s	40~50 s
발생한 CO ₂ 의 질량(g)	1	0.5	0.3	0.2	0.1
반응의 빠르기 (g/s)	0.1	0.05	0.03	0.02	0.01

탐구자료 살펴보기 — 화학 반응의 빠르기 측정하기

(3) 반응 속도

반응 속도는 화학 반응이 일어나는 빠르기이며, 반응 시간 동안의 반응물 또는 생성물의 농도 변화량으로 나타낼 수 있다.

$$\text{반응 속도} = \frac{\text{반응물의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}} \quad \text{또는} \quad \frac{\text{생성물의 농도 증가량}}{\text{반응 시간}}$$

(단위: mol/(L·s), mol/(L·min), M/s, M/min 등)

① **반응 속도의 표현**: 화학 반응이 일어날 때 시간 변화(Δt)에 따른 반응물의 농도 변화 또는 생성물의 농도 변화로 반응 속도를 나타낸다. 화학 반응식에서 반응물이나 생성물의 농도 변화를 화학 반응식의 계수로 나누어서 나타낸다. 반응물의 농도는 반응 과정에서 감소하므로 반응 속도를 표현할 때에는 (-)를 붙인다.

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

$$v = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

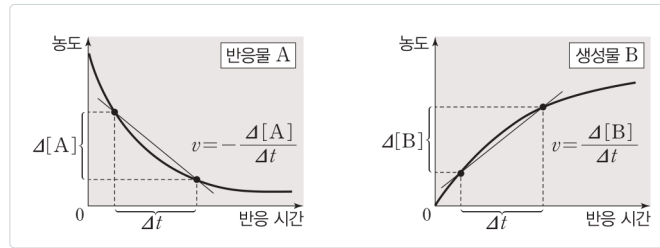
예 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ 의 반응 속도 표현

• 반응 계수비가 $\text{H}_2 : \text{I}_2 : \text{HI} = 1 : 1 : 2$ 이므로 H_2 의 농도가 감소하는 속도나 I_2 의 농도가 감소하는 속도는 HI 의 농도가 증가하는 속도의 $\frac{1}{2}$ 과 같다.

• 반응물과 생성물의 농도 변화에 따른 반응 속도 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

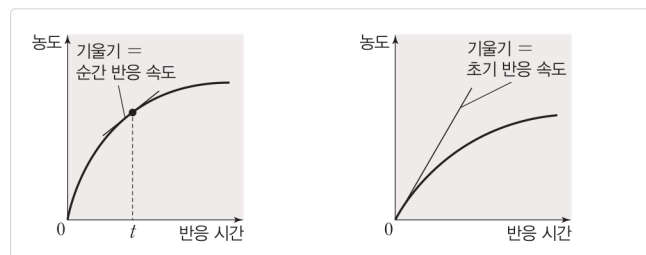
$$-\frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t}$$

② **평균 반응 속도**: 반응물이나 생성물의 농도 변화량을 반응이 일어난 시간으로 나누어 나타내는 반응 속도이며, 시간·농도 그래프에서 **두 점을 지나는 직선의 기울기(절댓값)**에 해당한다.



③ **순간 반응 속도**: 특정 시간에서의 반응 속도를 나타내며, 시간·농도 그래프에서 특정 시간(t)에서의 **접선의 기울기(절댓값)**에 해당한다.

④ **초기 반응 속도**: 시간·농도 그래프에서 $t = 0$ 일 때의 순간 반응 속도이다.



핵심 정리 **반응 속도**: 화학 반응에서 반응 시간 동안 변화한 물질의 농도로 나타낼 수 있다.

평균 반응 속도: 시간·농도 그래프에서 두 지점을 지나는 직선의 기울기(절댓값)이다.

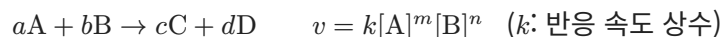
개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 반응 속도는 반응 시간 동안 반응물의 _____ 한 농도나 생성물의 _____ 한 농도를 측정하여 나타낸다.
2. 시간(s)에 따른 반응물의 몰 농도(mol/L) 변화를 나타낸 반응 속도의 단위는 _____ 이다.
3. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ 의 반응에서 HI의 농도가 증가하는 속도는 H_2 의 농도가 감소하는 속도의 _____ 배이다.
4. (평균 / 순간) 반응 속도는 시간·농도 그래프에서 두 지점을 지나는 직선의 기울기(절댓값)에 해당한다.
5. 일반적으로 반응이 진행될수록 반응물의 농도가 감소하므로 반응 속도는 점점 _____ 진다.

2 반응 속도식

(1) 반응 속도식(반응 속도 법칙)

반응 속도(v)는 반응물의 농도에 따라 달라지며, 물질 A와 B가 반응하여 물질 C와 D가 생성되는 반응에서 **반응 속도식**은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



① 반응 차수

- m 과 n 은 각 물질에 대한 반응 차수를 나타낸다.
- m, n 은 **실험을 통해** 구하며, 반응식의 계수인 a, b 와 관계가 없다.
- A에 대한 m 차 반응, B에 대한 n 차 반응이고, **전체 반응 차수**는 $(m + n)$ 이다.

예 화학 반응식과 반응 속도식

화학 반응식	반응 속도식	전체 반응 차수
$H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$	$v = k[H_2][I_2]$	2
$CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$	$v = k[CH_3CHO]^2$	2

② **반응 속도 상수(k)**: k 는 반응에 따라 다른 값을 가지며, 농도에 따라서는 달라지지 않는 상수로, **온도와 활성화 에너지**에 따라서 그 값이 달라진다. k 의 단위는 전체 반응 차수에 따라 다르다.

예 $v = k[A]^2[B]$ 의 반응 속도식에서 전체 반응 차수는 3이고, 반응 속도 상수(k)는 $k = \frac{v}{[A]^2[B]}$ 이므로 반응 시간의 단위가 s일 때, k 의 단위는 다음과 같다.

$$\frac{\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})}{(\text{mol}/\text{L})^2 \times (\text{mol}/\text{L})} = \text{L}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{s})$$

③ 반응 속도식에서 전체 반응 차수와 반응 속도 상수(k)의 단위는 표와 같이 나타낼 수 있다.

반응 속도식	전체 반응 차수	반응 속도 상수(k)의 단위
$v = k$	0	$\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
$v = k[A]$	1	1/s
$v = k[A][B]$	2	$\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$
$v = k[A]^2[B]$	3	$\text{L}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{s})$

핵심 정리 **반응 속도식**: 반응 속도가 반응물의 농도와 어떤 관계가 있는지를 보여주는 식이다.

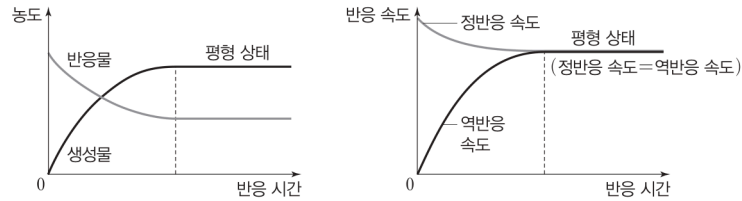
개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. $aA + bB \rightarrow cC + dD$ 의 반응이 A에 대한 m 차 반응이고, B에 대한 n 차 반응이면, 반응 속도식은 _____ 으로 나타낸다.
2. 온도가 일정할 때 반응 속도 상수는 반응물의 농도에 따라 달라진다. ()
3. 반응 속도식이 $v = k[A]$ 의 반응에서 k 는 _____ 이고, 반응 시간의 단위가 s일 때, k 의 단위는 _____ 이다.

과학 돋보기

화학 평형과 반응 속도

화학 평형 상태는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아져서 더 이상 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태이다. 가역 반응에서 반응 용기에 반응물만 넣어 주면 반응물의 농도는 점점 감소하므로 정반응 속도는 점점 느려지고, 생성물의 농도는 점점 증가하므로 역반응 속도는 점점 빨라진다. 시간이 흘러 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지면 화학 평형 상태가 된다.



과학 돋보기 — 화학 평형과 반응 속도

(2) 반응 차수와 반응 속도 상수의 결정

$v = k[A]^m[B]^n$ 에서 반응 차수 m 과 n 은 실험을 통해 구한다. 한 반응물의 초기 농도가 같은 상태에서 다른 반응물의 초기 농도를 변화시켜 가면서 초기 반응 속도를 측정한 다음, 반응물의 초기 농도비와 초기 반응 속도비를 비교하면 구할 수 있다.

예 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ 의 반응에서 반응물인 NO와 O_2 의 초기 농도를 달리하면서 초기 반응 속도를 측정한다.

실험	반응물의 초기 농도(mol/L)		초기 반응 속도 (mol/(L·s))
	NO	O_2	
I	0.02	0.01	0.028
II	0.02	0.02	0.056
III	0.04	0.02	0.224

① 반응 속도식을 쓴다.

$$\Rightarrow v = k[\text{NO}]^m[\text{O}_2]^n$$



② 실험 I과 II를 비교하면 O_2 의 초기 농도가 2배가 될 때 초기 반응 속도가 2배가 됨을 알 수 있다. 이 반응은 O_2 에 대한 1차 반응이다. ($n=1$)

$$\Rightarrow v = k[\text{NO}]^m[\text{O}_2]$$



③ 실험 II와 III을 비교하면 NO의 초기 농도가 2배가 될 때 초기 반응 속도가 4배가 됨을 알 수 있다. 이 반응은 NO에 대한 2차 반응이다. ($m=2$)

$$\Rightarrow v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$$



④ 반응 속도식 $v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ 에 어느 한 실험에서의 반응물의 초기 농도와 초기 반응 속도를 대입하여 반응 속도 상수를 구한다.

$$\Rightarrow k = \frac{v}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]} = \frac{0.028 \text{ mol/(L·s)}}{(0.02 \text{ mol/L})^2 \times 0.01 \text{ mol/L}} = 7 \times 10^3 \text{ L}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{s})$$

핵심 정리 반응 차수 구하기: 반응 속도식 $v = k[A]^m[B]^n$ 에서 반응 차수 m 과 n 은 한 물질의 초기 농도가 같은 상태에서 다른 물질의 초기 농도를 변화시켜 가면서 초기 반응 속도를 비교하는 실험을 통해 구한다.

개념 체크 D 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- $v = k[A]^m[B]^n$ 에서 반응 차수 m 과 n 은 _____ 을 통해 구한다.
- $v = k[A]^m[B]^n$ 에서 B의 농도가 같은 경우, A의 초기 농도가 2배로 될 때 초기 반응 속도가 2배가 된다면 m 은 _____ 이다.

과학 돋보기 반응 차수와 반응 계수

화학 반응식	$2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$
반응 속도식	$v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$
화학 반응식	$2\text{NO}_2(g) \longrightarrow 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$
반응 속도식	$v = k[\text{NO}_2]^2$

- 화학 반응식의 반응 계수와 반응 속도식의 반응 차수는 무관하다.
- 반응 속도식은 실험적으로 반응물의 초기 농도를 바꿔가면서 측정된 결과를 토대로 구할 수 있다.

과학 돋보기 — 반응 차수와 반응 계수

탐구자료 살펴보기 반응 속도식

- 자료**
- 화학 반응식: $2\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2\text{NOBr}(g)$
 - 일산화 질소(NO)와 브로민(Br_2)의 반응에서 NO와 Br_2 의 초기 농도를 달리하면서 초기 반응 속도를 측정한 자료이다.

실험	$[\text{NO}](\text{M})$	$[\text{Br}_2](\text{M})$	초기 반응 속도(M/s)
I	0.1	0.2	20
II	0.2	0.2	80
III	0.1	0.4	40

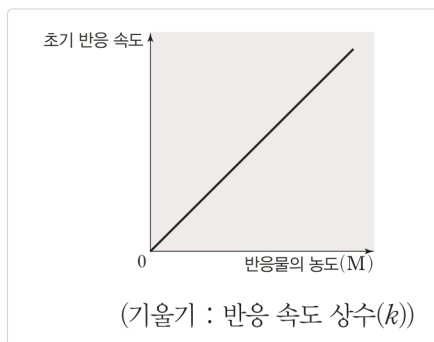
- 분석**
- 실험 I과 II를 비교하여 NO의 농도가 2배가 될 때, 초기 반응 속도가 4배가 됨을 알 수 있다.
⇒ NO에 대한 2차 반응
 - 실험 I과 III을 비교하여 Br_2 의 농도가 2배가 될 때, 초기 반응 속도가 2배가 됨을 알 수 있다.
⇒ Br_2 에 대한 1차 반응
 - 반응 속도식 $v = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$
 - 실험 I에서 $20 \text{ M/s} = k(0.1 \text{ M})^2 \times 0.2 \text{ M}$ 이므로 $k = 1 \times 10^4 \text{ M}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

분석 point 2가지 이상의 반응물이 있는 경우 다른 반응물의 초기 농도가 일정한 상태에서 한 반응물의 농도 변화에 따른 초기 반응 속도의 변화를 통해 각 반응물에 대한 반응 차수를 구한 뒤, 반응 속도식을 완성하면 된다.

탐구자료 살펴보기 — 반응 속도식

(3) 1차 반응과 반감기

① **1차 반응의 특징**: 1차 반응에서 반응 속도는 **반응물의 농도에 비례**한다. 반응물의 농도에 따른 초기 반응 속도 그래프에서 기울기는 **반응 속도 상수(k)**에 해당한다.



예 • 오산화 이질소(N_2O_5)의 분해 반응: $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$

• 과산화 수소(H_2O_2)의 분해 반응: $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$

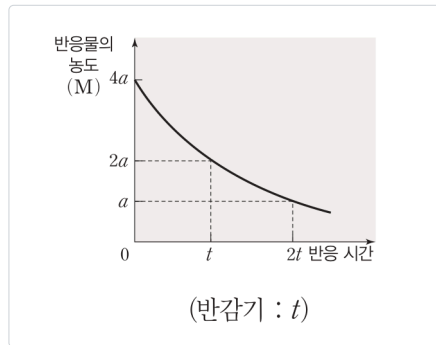
핵심 정리 1차 반응: 반응 속도가 반응물의 농도에 비례한다.

개념 체크 E 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 반응이 A에 대한 1차 반응이고 반응 속도 상수가 k 라면 반응 속도식은 _____ 이다.
2. $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 반응이 A에 대한 1차 반응일 때, 온도가 일정하면 반응 속도는 A의 농도에 비례한다. ()

② **반감기**: 반응물의 농도가 반으로 줄어든 때까지 걸리는 시간이며, 반감기는 반응 차수에 따라 달라진다.

• **1차 반응과 반감기**: 1차 반응에서 반감기는 **반응물의 농도에 관계없이 일정하다**.



핵심 정리 **반감기**: 반응물의 농도가 반으로 줄어든 때까지 걸리는 시간이다.

1차 반응: 반응 속도가 반응물의 농도에 비례하며, 반응물의 농도에 따른 반응 속도 그래프에서 기울기는 반응 속도 상수(k)에 해당한다.

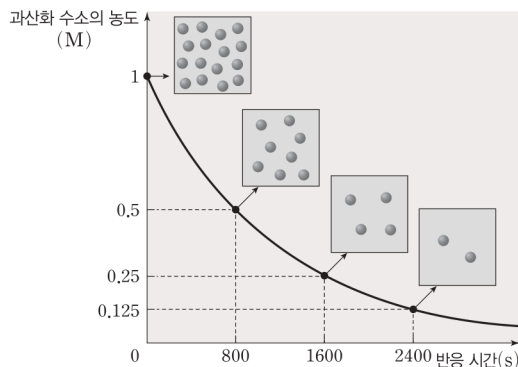
1차 반응의 반감기: 1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

개념 체크 F 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 반응물의 농도가 반으로 줄어든 때까지 걸리는 시간을 _____ 라고 한다.
2. 1차 반응에서 반응물의 농도에 따른 반응 속도 그래프에서 기울기는 _____ 에 해당한다.
3. 1차 반응에서 t s 동안 반응물의 농도가 처음 농도의 $\frac{1}{4}$ 배로 감소한다면 반감기는 _____ s이다.
4. 1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다. ()

탐구자료 살펴보기 1차 반응의 반감기

자료 그림은 과산화 수소의 분해 반응에서 시간에 따른 과산화 수소의 농도 변화를 나타낸 것이다.



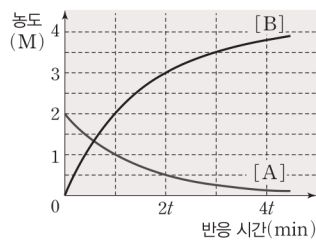
- 분석**
- 화학 반응식 : $2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$
 - 반감기는 800 s로 일정하므로 이 반응은 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ 이다.

분석 point 반감기가 일정한 반응은 1차 반응이므로 반응 속도가 반응물의 농도에 비례한다.

탐구자료 살펴보기 — 1차 반응의 반감기

과학 돋보기 1차 반응과 반응 계수

반응 $a\text{A}(g) \longrightarrow b\text{B}(g)$ (a, b 는 반응 계수)에서 시간에 따른 A와 B의 농도 변화를 통하여 반감기가 t min으로 일정하므로 1차 반응이고, 같은 시간 동안 감소한 A의 양(mol)과 증가한 B의 양(mol)을 통하여 반응 계수비 $a : b = 1 : 2$ 이고, 화학 반응식은 $\text{A}(g) \longrightarrow 2\text{B}(g)$ 임을 알 수 있다.



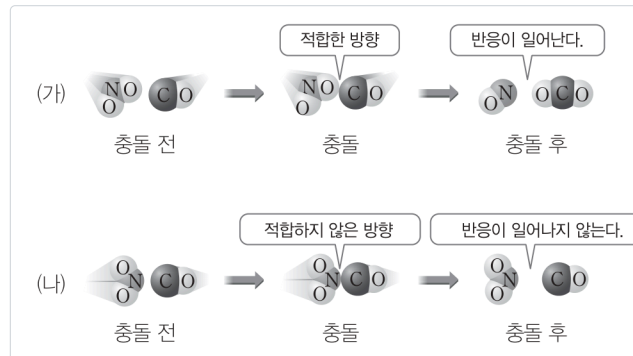
과학 돋보기 — 1차 반응과 반응 계수

3 활성화 에너지

(1) 화학 반응과 충돌 방향

화학 반응이 일어나려면 반응하는 물질의 입자들이 **충돌**해야 하며, 충돌하는 순간에 입자들의 **방향**이 화학 반응을 일으키기에 적합해야 한다.

예 $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 의 반응에서 입자들의 충돌 방향과 화학 반응

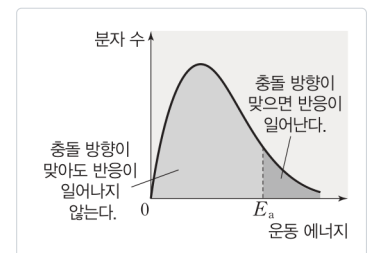


$\text{NO}_2(\text{g})$ 와 $\text{CO}(\text{g})$ 가 반응하여 $\text{NO}(\text{g})$ 와 $\text{CO}_2(\text{g})$ 를 생성하기 위해서는 (가)와 같이 $\text{NO}_2(\text{g})$ 의 O 원자와 $\text{CO}(\text{g})$ 의 C 원자가 충돌해야 한다. (나)와 같이 적합하지 않은 방향으로 충돌하면 반응은 일어나지 않는다.

(2) 유효 충돌과 비유효 충돌

① **유효 충돌**: 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 화학 반응이 일어나기에 적합한 방향으로 충돌하여 화학 반응이 일어나는 충돌이다.

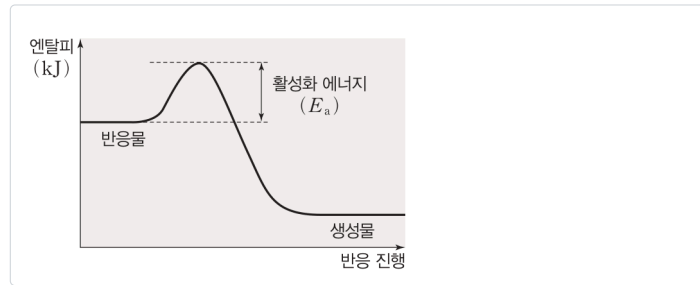
② **비유효 충돌**: 충돌 방향이 반응이 일어나는 데 적합하지 않거나 입자의 에너지가 활성화 에너지보다 작아 충돌해도 화학 반응이 일어나지 않는 충돌이다.



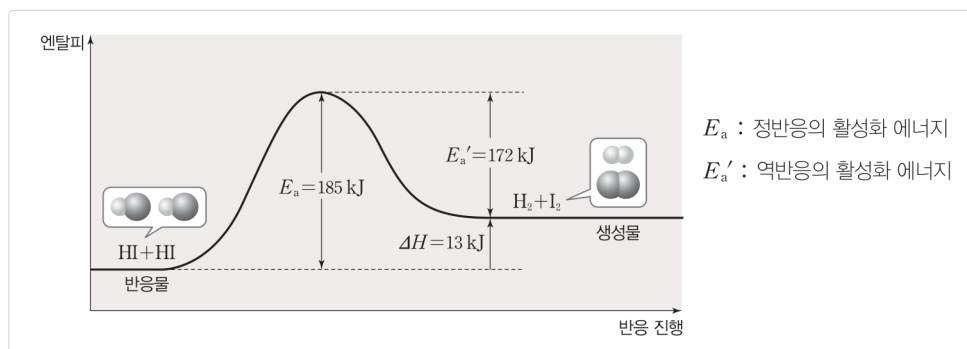
핵심 정리 유효 충돌: 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 반응을 일으킬 수 있는 방향으로 충돌할 때 반응이 일어나는 충돌이다.

(3) 활성화 에너지(E_a)

① **활성화 에너지**: 화학 반응을 일으키는 데 필요한 **최소한의 에너지**이다. 활성화 에너지는 반응물이 생성물로 되기 위해 넘어야 하는 에너지 장벽이라고 할 수 있다.



② **활성화 에너지(E_a)와 반응 엔탈피(ΔH)**: 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값에 해당하므로 활성화 에너지와는 관계가 없다.



③ **활성화 에너지와 반응 속도**: 온도와 반응물의 농도가 일정할 때, 반응의 활성화 에너지가 **작을수록** 반응 속도가 **빠르고**, 활성화 에너지가 클수록 반응 속도가 느리다.

핵심 정리 **활성화 에너지**: 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이다.

활성화 에너지와 반응 속도: 활성화 에너지가 작을수록 반응 속도가 빠르다.

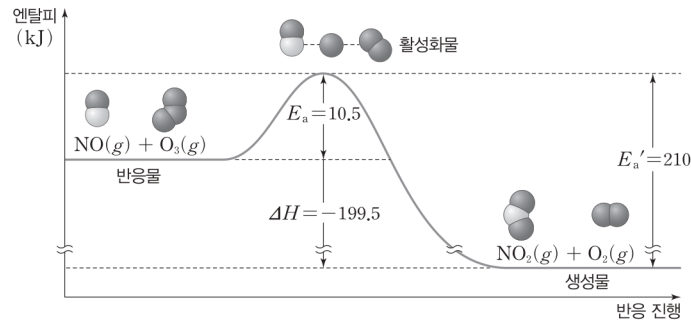
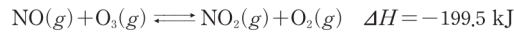
개념 체크 G 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지를 _____ 라고 한다.
- 활성화 에너지는 반응물과 생성물의 엔탈피 차이에 해당한다. ()
- 온도와 반응물의 농도가 일정할 때, 활성화 에너지가 _____ 면 반응 속도가 느리고, 활성화 에너지가 _____ 면 반응 속도가 빠르다.

과학 돋보기

활성화물

일산화 질소(NO)와 오존(O_3)의 반응의 열화학 반응식과 반응의 진행에 따른 엔탈피 변화는 다음과 같다.



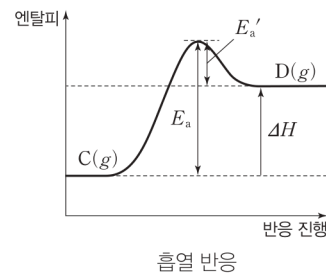
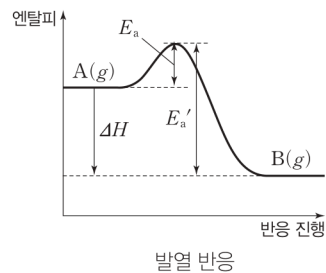
- 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 분자들이 에너지가 가장 높은 불안정한 상태에 도달한 것을 활성화 상태라고 하고, 활성화 상태에 있는 불안정한 화합물을 활성화물이라고 한다.
- 활성화물은 화학 결합이 끊어지거나 생기기 직전의 불안정한 상태이다.
- 활성화물은 다시 반응물이 되거나 생성물로 변한다.

과학 돋보기 — 활성화물

과학 돋보기

발열 반응과 흡열 반응에서의 활성화 에너지

- 열화학 반응식 : $\text{A}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g) \quad \Delta H < 0$
 ➔ 정반응의 활성화 에너지(E_a)가 역반응의 활성화 에너지(E_a')보다 작다.
- 열화학 반응식 : $\text{C}(g) \rightleftharpoons \text{D}(g) \quad \Delta H > 0$
 ➔ 정반응의 활성화 에너지(E_a)가 역반응의 활성화 에너지(E_a')보다 크다.



과학 돋보기 — 발열 반응과 흡열 반응에서의 활성화 에너지

핵심 정리 흡열 반응과 활성화 에너지: 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

개념 체크 H

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

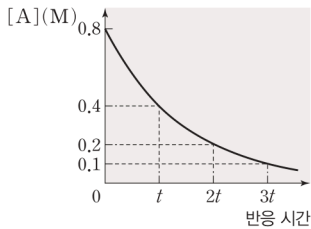
1. 발열 반응은 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 _____ 고, 흡열 반응은 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 _____ 다.
2. (유효 / 비유효) 충돌은 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 반응을 일으킬 수 있는 방향으로 충돌하는 것을 의미한다.

Part 2 · 기본문제

16문항 · 정답과 해설은 Part 4.

01 다음은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣었을 때 일어나는 반응에 대한 자료이다.

- 화학 반응식과 반응 속도식
 $A(g) \rightarrow B(g) + C(g) \quad v = k[A]$ (k 는 반응 속도 상수)
- 반응 시간에 따른 $[A]$



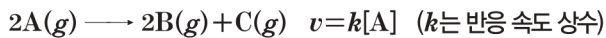
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $A(g)$ 의 반감기는 $2t$ 이다.
- ㄴ. t 일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도
 $3t$ 일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도 = 4이다.
- ㄷ. $t \sim 2t$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도
 $0 \sim 2t$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도 = $\frac{1}{3}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $A(g)$ 의 부분 압력을 나타낸 것이다.

반응 시간	t	$2t$
$A(g)$ 의 부분 압력(상대값)	2	1

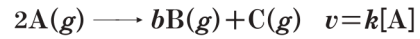
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 혼합 기체의 전체 압력은 t 일 때와 $2t$ 일 때가 같다.
- ㄴ. $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.
- ㄷ. t 일 때 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이다.

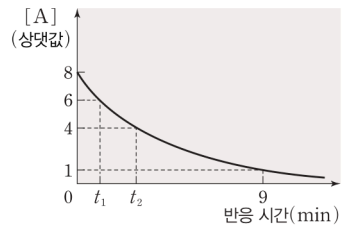
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b 는 반응 계수이고, k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $[A]$ 를 나타낸 것이다.

$\frac{t_2 \text{ min일 때 } [C]}{t_1 \text{ min일 때 } [B]} = 10$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것

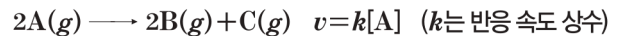
만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. t_2 min일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도
 t_1 min일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도 = $\frac{2}{3}$ 이다.
- ㄴ. $t_2 = 3$ 이다.
- ㄷ. 9 min일 때 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{14}{23}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $\frac{B(g) \text{의 질량(g)} + C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$ 을 나타낸 것이다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
$\frac{B(g) \text{의 질량(g)} + C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$	0	1	3	x

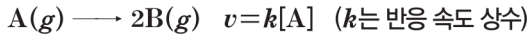
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x = 7$ 이다.
- ㄴ. $t \sim 3t$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도
 $0 \sim t$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도 = $\frac{1}{3}$ 이다.
- ㄷ. 용기 속 기체의 전체 압력
 $[A]$ 은 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{11}{5}$ 배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T에서 부피가 같은 강철 용기 I과 II에 A(g)를 각각 넣고 반응시킬 때, 반응 전 A(g)의 양(mol)과 반응 시간(t)에 따른 [A]를 나타낸 것이다.

용기	반응 전 A(g)의 양(mol)	[A] (M)		
		t=1 min	t=2 min	t=3 min
I	3n	4a		a
II	n		b	

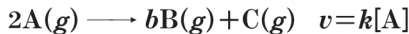
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

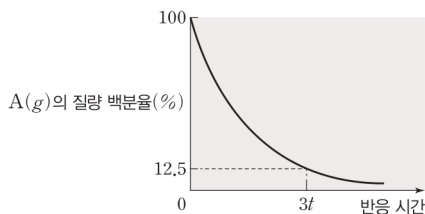
- ㄱ. A(g)의 반감기는 I에서가 II에서의 3배이다.
- ㄴ. $b = \frac{a}{2}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{II에서 } 0 \sim 3 \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{\text{I에서 } 1 \sim 2 \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{7}{18}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b는 반응 계수이고, k는 반응 속도 상수이다.



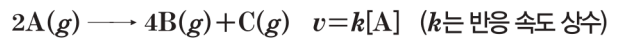
그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 질량 백분율을 나타낸 것이다. $\frac{t \text{일 때 } [B]}{3t \text{일 때 } [A]} = 4$ 이다.



2t일 때 C(g)의 몰 분율은? (단, 온도는 T로 일정하다.)

- ① $\frac{1}{11}$ ② $\frac{3}{17}$ ③ $\frac{3}{11}$ ④ $\frac{3}{8}$ ⑤ $\frac{1}{2}$

07 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 질량을 나타낸 것이다.

반응 시간	0	t	2t
A(g)의 질량(g)	162		40.5
B(g)의 질량(g)		69	

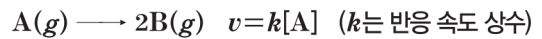
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. t일 때 A(g)의 질량 백분율은 50%이다.
- ㄴ. 2t일 때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{17}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} > \frac{3}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 B(g)의 몰 분율을 나타낸 것이다.

반응 시간	0	t	2t	3t	4t
B(g)의 몰 분율	0	$\frac{2}{3}$	a	$\frac{14}{15}$	

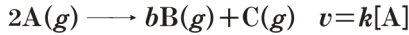
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{3t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.
- ㄴ. $a < \frac{4}{5}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$ 은 4t일 때가 2t일 때의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b 는 반응 계수이고, k 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 양(mol)을 나타낸 것이다.

반응 시간		t	$2t$	$3t$
기체의 양(mol)	A(g)	x		y
	B(g)	2	$\frac{3x}{2}$	
	C(g)	$\frac{x}{2}$		z

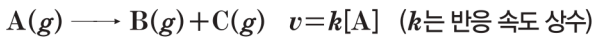
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

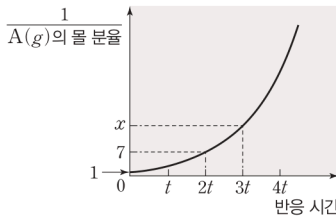
- ㄱ. $\frac{b}{x} = \frac{1}{2}$ 이다. ㄴ. $\frac{z}{y} = \frac{7}{2}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{0 \sim 2t \text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{2t \sim 3t \text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $\frac{1}{A(g) \text{의 몰 분율}}$ 을 나타낸 것이다.



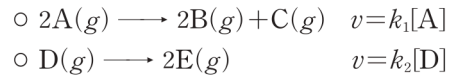
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A(g)의 순간 반응 속도는 t 일 때가 $3t$ 일 때의 4배이다.
 ㄴ. $\frac{t \sim 4t \text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2t \text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{7}{12}$ 이다.
 ㄷ. $x = 15$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가, D(g)로부터 E(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기 (가)와 (나)의 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 반응물의 농도를 나타낸 것이다.

반응 시간		0	$2t$	$4t$
농도 (M)	(가)에서의 [A]	a	$\frac{a}{4}$	
	(나)에서의 [D]	a		$\frac{a}{8}$

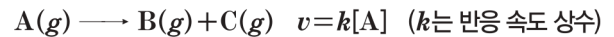
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 $\frac{2t \sim 3t \text{ 동안 생성된 B(g)의 양(mol)}}{t \sim 2t \text{ 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}} = 1$ 이다.
 ㄴ. (나)에서 D(g)의 반감기는 t 이다.
 ㄷ. $\frac{(나)에서 4t일 때 [E]}{(가)에서 3t일 때 [B]} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



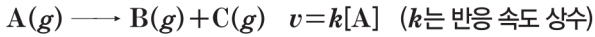
표는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $\frac{[A]}{[B]}$ 를 나타낸 것이다. $2t$ 일 때 C(g)의 질량 백분율은 35%이다.

반응 시간	t	$2t$	$3t$
$\frac{[A]}{[B]}$	x		$\frac{1}{7}$

$x \times \frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}}$ 은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

- ① $\frac{5}{4}$ ② $\frac{5}{3}$ ③ $\frac{15}{8}$ ④ $\frac{5}{2}$ ⑤ $\frac{15}{4}$

13 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 용기 속 기체에 대한 자료이다.

반응 시간	t	2t	3t
[B](M)	$\frac{5}{4}$	$\frac{15}{8}$	
$\frac{B(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)}$			$\frac{28}{11}$

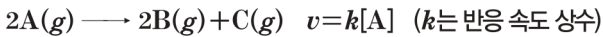
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

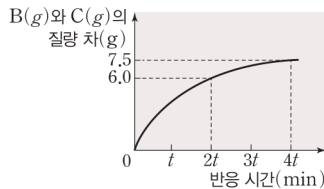
- ㄱ. A(g)의 반감기는 t이다.
- ㄴ. 3t일 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{15}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g) 216 g을 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 B(g)와 C(g)의 질량 차 (|B(g)의 질량 - C(g)의 질량|)를 나타낸 것이다.



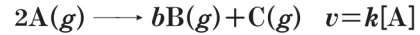
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

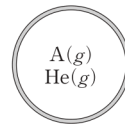
- ㄱ. 2t min일 때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이다.
- ㄴ. 3t min일 때, B(g)와 C(g)의 질량의 합은 162 g이다.
- ㄷ. $\frac{0 \sim 2t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}}{2t \sim 4t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}} = 4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b는 반응 계수이고, k는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)와 He(g)을 넣은 초기 상태를, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 전체 기체의 압력 He(g)의 부분 압력을 나타낸 것이다.



반응 시간	0	t	2t	3t
전체 기체의 압력	5	6	x	$\frac{27}{4}$
He(g)의 부분 압력				$\frac{27}{4}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T로 일정하다.)

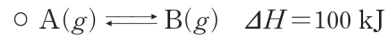
◀ 보기 ▶

- ㄱ. b=2이다.
- ㄴ. 3t일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{14}{27}$ 이다.
- ㄷ. $x = \frac{13}{2}$ 이다.

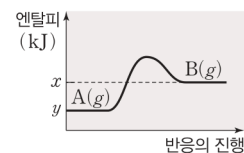
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 25°C, 1 atm에서 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응에 대한 자료이다.

[열화학 반응식]



[반응의 진행에 따른 엔탈피와 활성화 에너지]



- 정반응의 활성화 에너지와 역반응의 활성화 에너지의 합은 280 kJ/mol이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

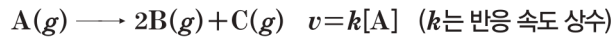
- ㄱ. $x - y = 100$ 이다.
- ㄴ. 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 크다.
- ㄷ. 역반응의 활성화 에너지는 90 kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 3 · 심화문제

16문항 · 정답과 해설은 Part 4. 각 문항의 접근 Point는 해설에 수록.

01 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기 (가)와 (나)에 $A(g)$ 를 각각 넣고 반응시킬 때, 각 용기 속 $A(g)$ 의 초기 농도와 초기 반응 속도 및 반응이 진행되어 $A(g)$ 가 특정 농도가 될 때까지 걸린 시간을 나타낸 것이다.

용기	A(g)의 초기 농도(M)	초기 반응 속도(M·s ⁻¹)	시간(s)	
			[A]= $\frac{a}{10}$ M	[A]= $\frac{a}{20}$ M
(가)		4.5×10^{-4}	t	
(나)	0.4		$3t$	$4t$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㉠. $a=1$ 이다.
- ㉡. (나)에서 $2t$ s일 때 $[B]=0.6\text{ M}$ 이다.
- ㉢. T 에서 $k=4.5 \times 10^{-3}\text{ s}^{-1}$ 이다.

- ① $\neg$ ② $\sqsubset$ ③ $\neg, \sqsubset$ ④ $\sqsubset, \sqsubset$ ⑤ $\neg, \sqsubset, \sqsubset$

02 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. a 와 b 는 반응 계수이고, k 는 반응 속도 상수이다.

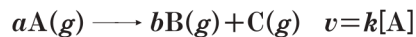
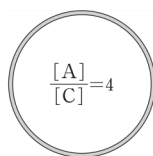
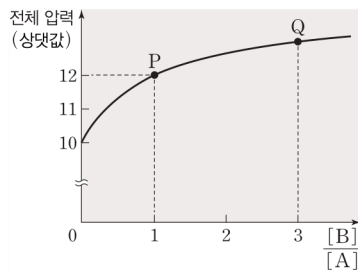


그림 (가)는 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 넣은 초기 상태를, (나)는 반응이 진행될 때 $\frac{[B]}{[A]}$ 에 따른 용기 속 기체의 전체 압력을 나타낸 것이다. $[A]+[B]$ 는 반응 시간에 관계없이 항상 일정하다.



(71)



(L†)

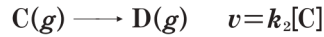
(나)의 P와 Q에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

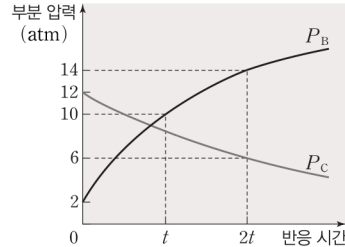
- ㉠. P에서 $\frac{[A]}{[C]} = \frac{2}{3}$ 이다. ㉡. [A]는 P에서가 Q에서의 4배이다.
- ㉢. Q에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{5}{13}$ 이다.

- ① $\neg$ ② $\sqsubset$ ③ $\neg, \sqsubset$ ④ $\sqsubset, \sqsubset$ ⑤ $\neg, \sqsubset, \sqsubset$

03 다음은 A(g)로부터 B(g)가, C(g)로부터 D(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기 (가)에 A(g)와 B(g)를, 강철 용기 (나)에 C(g)를 넣은 후 각 반응이 진행될 때, (가)에서 B(g)의 부분 압력(P_B)과 (나)에서 C(g)의 부분 압력(P_C)을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

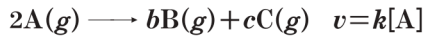
ㄱ. (가)에서 A(g)의 반감기 = (나)에서 C(g)의 반감기 = $\frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. (가)에서 초기 상태 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이다.

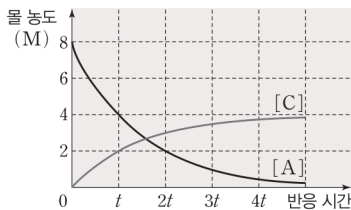
ㄷ. t 일 때, 용기 속 혼합 기체의 전체 압력은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b 와 c 는 반응 계수이고, k 는 반응 속도 상수이다.



온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응이 진행될 때, 그림은 반응 시간에 따른 A(g)와 C(g)의 몰 농도를, 표는 반응 시간에 따른 용기 속 기체의 전체 압력을 나타낸 것이다.



반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
전체 압력 (상댓값)	16	28		x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

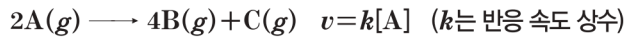
ㄱ. $b=4$ 이다.

ㄴ. $x=37$ 이다.

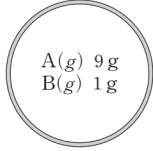
ㄷ. $2t$ 일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{12}{17}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 $\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)} + B(g) \text{의 질량(g)}}$ 을 나타낸 것이다.



반응 시간(min)	0	2	4	6
C(g)의 질량(g)	0	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$	x
A(g)의 질량(g) + B(g)의 질량(g)				

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

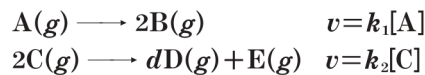
ㄱ. 2 min일 때 B(g)의 질량은 $\frac{29}{6}$ g이다.

ㄴ. $x = \frac{7}{53}$ 이다.

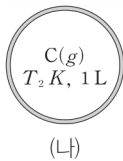
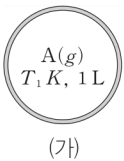
ㄷ. $\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{27}{8}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 A(g)로부터 B(g)가, C(g)로부터 D(g)와 E(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식을 나타낸 것이다. d는 반응 계수이고, k_1 과 k_2 는 반응 속도 상수이다.



그림은 서로 다른 온도 T_1 K와 T_2 K에서 강철 용기 (가)와 (나)의 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 전체 기체의 양(mol)을 나타낸 것이다. t일 때, $\frac{(나)에서 E(g) \text{의 부분 압력}}{(가)에서 B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{2}{3}$ 이다.

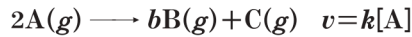


반응 시간		0	t	2t
전체 기체의 양 (mol)	(가)	5n	$\frac{15n}{2}$	
	(나)	8n	11n	$\frac{47n}{4}$

2t일 때, $\frac{(나)에서 D(g) \text{의 부분 압력}}{(가)에서 A(g) \text{의 부분 압력}}$ 은? (단, (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 K와 T_2 K로 일정하다.)

- ① $\frac{10}{3}$ ② $\frac{50}{9}$ ③ $\frac{20}{3}$ ④ $\frac{15}{2}$ ⑤ $\frac{40}{3}$

07 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. b 는 반응 계수이고, k 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $[A]$ 와 $[B]$ 를 나타낸 것이다.

t_1 min일 때, $\frac{B(g) \text{의 몰 분율}}{A(g) \text{의 몰 분율}} = 6$ 이다.

반응 시간(min)	t_1	t_2
$[A](M)$		$\frac{3}{8}$
$[B](M)$	$\frac{9}{2}$	$\frac{21}{4}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

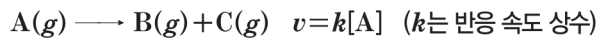
ㄱ. $b=2$ 이다.

ㄴ. t_1 min일 때, $[A]+[C]=\frac{7}{4}$ M이다.

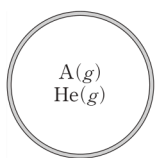
ㄷ. $t_2=\frac{3t_1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 와 $He(g)$ 을 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 반응이 진행 될 때 반응 시간에 따른 용기 속 기체에 대한 자료이다.



반응 시간	0	$3t$	$6t$
$He(g)$ 의 몰 분율		x	$\frac{4}{35}$
$\frac{B(g) \text{의 양(mol)} + C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$	0	6	
혼합 기체의 전체 압력(atm)	P		7

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

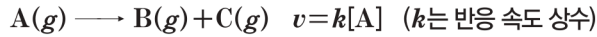
ㄱ. t 일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도
 $\frac{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{4t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = 2$ 이다.

ㄴ. $x=\frac{1}{6}$ 이다.

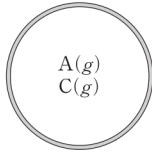
ㄷ. $P=4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 용기 속 기체에 대한 자료이다.



반응 시간	0	t	2t
A(g)의 몰 분율	$\frac{14}{17}$	x	$\frac{7}{55}$
B(g)의 질량 백분율(%)	0	16	y

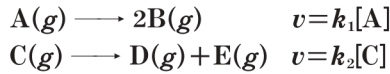
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

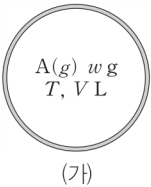
- ㄱ. A(g)의 순간 반응 속도는 t일 때가 2t일 때의 4배이다.
- ㄴ. $x \times y = 7$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{B의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

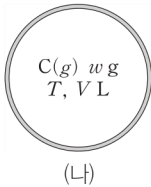
10 다음은 A(g)로부터 B(g)가, C(g)로부터 D(g)와 E(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기 (가)와 (나)의 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 각 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 반응물의 농도를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

반응 시간		0	t	2t	3t
농도 (M)	(가)에서의 [A]	a	b	$\frac{a}{8}$	
	(나)에서의 [C]	2	b		$\frac{1}{3}$

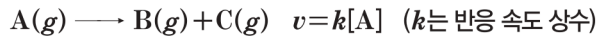
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

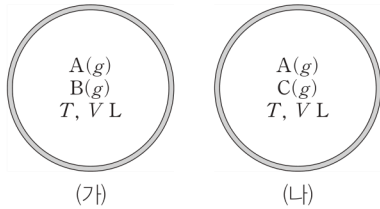
- ㄱ. (가)에서 A(g)의 반감기는 $\frac{2t}{3}$ 이다.
- ㄴ. $b > 1$ 이다.
- ㄷ. 분자량은 C가 A보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 C(g)의 질량 백분율을 나타낸 것이다. t min일 때 B(g)의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{7}{5}$ 배이다.



반응 시간(min)	0	t	$2t$
C(g)의 질량 백분율(%)	(가)	0	16
	(나)	20	$\frac{380}{11}$
			x

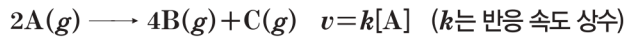
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

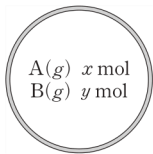
- ㄱ. $x < 40$ 이다.
 ㄴ. (가)에서 초기 상태 B(g)의 질량 백분율은 12%이다.
 ㄷ. $\frac{\text{(나) 속 전체 기체의 질량}}{\text{(가) 속 전체 기체의 질량}} = \frac{11}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 A(g)의 순간 반응 속도와 C(g)의 몰 분율을 나타낸 것이다.



반응 시간	t	$2t$	$3t$
A(g)의 순간 반응 속도(상댓값)	4		1
C(g)의 몰 분율	z	$\frac{1}{7}$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{x}{y} = \frac{3}{2}$ 이다. ㄴ. $z = \frac{1}{10}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{3t \text{일 때 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{일 때 혼합 기체의 전체 압력}} = \frac{6}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.

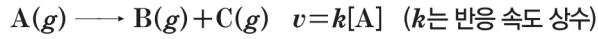
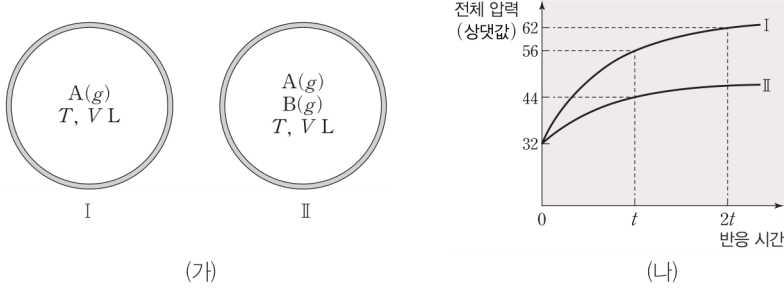


그림 (가)는 온도 T 에서 강철 용기 I과 II의 초기 상태를, (나)는 I과 II에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 기체의 전체 압력을 나타낸 것이다.



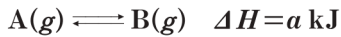
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

◀ 보기 ▶

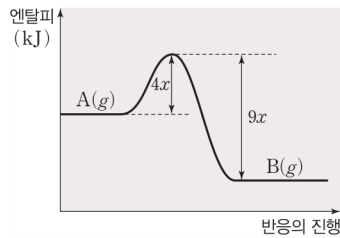
- ㄱ. I에서 $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 t 일 때가 $2t$ 일 때의 2배이다.
- ㄴ. II에서 t 일 때 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{7}{11}$ 이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때 $[A]$ 는 I에서가 II에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 25°C , 1 atm 에서 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식이고, 그림은 25°C , 1 atm 에서 반응의 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다. $|a| = 75$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\Delta H < 0$ 이다.
- ㄴ. 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 크다.
- ㄷ. 역반응의 활성화 에너지는 135 kJ/mol 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. 질량, 부피	2. 짧을	
B	1. 감소, 증가 5. 느려	2. mol/(L·s)	3. 2 4. 평균
C	1. $v = k[A]^m[B]^n$	2. ×	3. 반응 속도 상수, 1/s
D	1. 실험	2. 1	
E	1. $v = k[A]$	2. ○	
F	1. 반감기	2. 반응 속도 상수	3. $t/2$ 4. ○
G	1. 활성화 에너지	2. ×	3. 크, 작으
H	1. 작, 크	2. 유효	

2 기본문제 해설

정답

01	②	02	④	03	⑤	04	③	05	②	06	③	07	③	08	①
09	④	10	③	11	①	12	③	13	⑤	14	②	15	⑤	16	⑤

01 1차 반응의 특징

✕. t 일 때 $[A]$ 는 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

○. 순간 반응 속도는 $[A]$ 에 비례하므로

$$\frac{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{3t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{0.4}{0.1} = 4 \text{이다.}$$

✕. $0 \sim 2t$ 동안 $[A]$ 의 감소량은 0.6 M 이고, $t \sim 2t$ 동안 $[A]$ 의 감소량은 0.2 M 이므로

$$\frac{t \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{0.2 \text{ M}}{t}}{\frac{0.6 \text{ M}}{2t}} = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

02 1차 반응의 반감기

온도와 부피가 일정하므로 강철 용기 속 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다.

✕. $2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$ 에서 반응물의 계수보다 생성물의 계수 합이 크므로 반응이 진행됨에 따라 전체 기체의 양(mol)은 증가한다. 따라서 혼합 기체의 전체 압력은 $2t$ 일 때가 t 일 때보다 크다.

○. $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 t 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

○. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $4n \text{ mol}$ 이라고 하면 t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n \text{ mol}$, $2n \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이다. 따라서 t 일 때 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2n}{2n+2n+n} = \frac{2}{5}$ 이다.

03 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $8n \text{ mol}$ 이라고 하면 반응한 $A(g)$ 의 양은 $0 \sim t_1 \text{ min}$ 동안 $2n \text{ mol}$, $0 \sim t_2 \text{ min}$ 동안 $4n \text{ mol}$ 이며, $t_1 \text{ min}$ 일 때 $B(g)$ 의 양은 $bn \text{ mol}$ 이고, $t_2 \text{ min}$ 일 때 $C(g)$ 의 양은 $2n \text{ mol}$ 이다. $\frac{t_2 \text{ min일 때 } [C]}{t_1 \text{ min일 때 } [B]} = \frac{2}{b} = 1$ 에서 $b=2$ 이며, 화학 반응식은 $2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$ 이다.

○. $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 $[A]$ 에 비례하므로

$$\frac{t_2 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{t_1 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

○. $t_2 \text{ min}$ 일 때 $[A]$ 는 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이고, 9 min 일 때 $[A]$ 는 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 $t_2 \text{ min}$ 일 때와 9 min 일 때는 각각 반감기가 1번, 3번 지난 시점이다. 1차 반응의 반감기는 일정하므로 $t_2 = \frac{9}{3} = 3$ 이다.

○. 반감기가 3번 지난 9 min 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $7n \text{ mol}$, $\frac{7n}{2} \text{ mol}$ 이며, $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{7}{1+7+\frac{7}{2}} = \frac{14}{23}$ 이다.

04 1차 반응에서 질량비

화학 반응이 일어나도 전체 질량은 일정하므로 반응에서 생성된 $B(g)$ 의 질량+ $C(g)$ 의 질량은 반응한 $A(g)$ 의 질량과 같다. $\frac{B(g) \text{의 질량}(g) + C(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)} = 1$ 인 t 일 때 반응한

$A(g)$ 의 질량과 남아 있는 $A(g)$ 의 질량이 같으므로 이 반응의 반감기는 t 이다. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $8n \text{ mol}$ 이라고 하면 반응 시간에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 다음과 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
$A(g)$ 의 양(mol)	$8n$	$4n$	$2n$	n
$B(g)$ 의 양(mol)	0	$4n$	$6n$	$7n$
$C(g)$ 의 양(mol)	0	$2n$	$3n$	$\frac{7n}{2}$

○. 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 $A(g)$ 의 질량은 전체 질량의 $\frac{1}{8}$ 배이고, $(B(g) \text{의 질량} + C(g) \text{의 질량})$ 은 전체 질량의 $\frac{7}{8}$ 배이다. 따라서 $x=7$ 이다.

✕. $0 \sim t$ 동안 감소한 $A(g)$ 의 양은 $4n \text{ mol}$ 이고, $t \sim 3t$ 동안 감소한 $A(g)$ 의 양은 $3n \text{ mol}$ 이므로

$$\frac{t \sim 3t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{3n}{2t}}{\frac{4n}{t}} = \frac{3}{8} \text{이다.}$$

○. 용기 속 전체 기체의 양은 t 일 때와 $2t$ 일 때 각각 $10n \text{ mol}$, $11n \text{ mol}$ 이다. 기체의 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{11}{10}$ 배이며, $[A]$ 는 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\frac{\text{용기 속 기체의 전체 압력}}{[A]}$ 은 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{11}{5}$ 배이다.

05 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

같은 온도에서 동일한 1차 반응이 일어날 때, 반감기는 초기 농도에 관계없이 일정하다.

✕. A(g)의 반감기는 I과 II에서 같다.

✕. I에서 [A]는 3 min일 때가 1 min일 때의 $\frac{1}{4}$ 배로, 1~3 min 동안 반감기가 2번 지난 것이므로 이 반응의 반감기는 1 min이다. 초기 상태 [A]는 I에서가 II에서의 3배이므로 반응 시간(t)에 따른 [A]는 표와 같으며, $b = \frac{2a}{3}$ 이다.

용기	[A] (M)			
	t=0	t=1 min	t=2 min	t=3 min
I	8a	4a	2a	a
II	$\frac{8a}{3}$	$\frac{4a}{3}$	$\frac{2a}{3}(=b)$	$\frac{a}{3}$

㉠. II에서 0~3 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도 =
I에서 1~2 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도 =
$$\frac{\left(\frac{8a}{3} - \frac{a}{3}\right) \text{ M}}{3 \text{ min}} = \frac{7a}{9} \text{ M/min}$$

$$\frac{(4a - 2a) \text{ M}}{1 \text{ min}} = \frac{2a}{1} \text{ M/min}$$

= $\frac{7}{18}$ 이다.

06 1차 반응에서 반응물의 질량 백분율

A(g)의 질량 백분율은 3t일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{8}$ 배로, 3t일 때는 반감기가 3번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t이다. 초기 상태 A(g)의 몰 농도(상댓값)를 8이라고 하면 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 몰 농도(상댓값)는 다음과 같다.

반응 시간	0	t	2t	3t
몰 농도 (상댓값)	[A]	8	4	2
	[B]	0	2b	3b
	[C]	0	2	3

$$\frac{t \text{일 때 } [B]}{3t \text{일 때 } [A]} = \frac{2b}{1} = 4 \text{에서 } b=2 \text{이며, } 2t \text{일 때 } C(g) \text{의 몰 분율은 } \frac{3}{2+6+3} = \frac{3}{11} \text{이다.}$$

07 1차 반응에서 질량 관계

2t일 때 A(g)의 질량은 초기 상태 A(g)의 질량의 $\frac{1}{4}$ 배로, 2t일 때는 반감기가 2번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t이다.

㉠. 반감기가 1번 지난 t일 때 A(g)의 질량 백분율은 50%이다.

㉠. 초기 상태 A(g)의 양을 8n mol이라고 하면 반감기가 2번 지난 2t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 2n mol, 12n mol, 3n mol이며, C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{2+12+3} = \frac{3}{17}$ 이다.

✕. 반감기가 1번 지난 t일 때 B(g)의 질량+C(g)의 질량은 81 g이고, B(g)의 질량이 69 g이므로 C(g)의 질량은 12 g이며, B(g)와 C(g)의 몰비가 4 : 1이므로 $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{69}{12} = \frac{23}{4}$ 이다.

08 1차 반응에서 생성물의 몰 분율

초기 상태 A(g)의 양을 16n mol, 0~t 동안 반응한 A(g)의 양을 x mol이라고 하면 t일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 (16n-x) mol, 2x mol이고, B(g)의 몰 분율은 $\frac{2x}{(16n-x)+2x} = \frac{2}{3}$ 에서 x=8n이다. t일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t이다.

㉠. A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하며, [A]는 3t일 때가 t일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $\frac{3t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.

✕. 반감기가 2번 지난 2t일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 4n mol, 24n mol이고, B(g)의 몰 분율 $a = \frac{24}{4+24} = \frac{6}{7}$ 이다. 따라서 $a > \frac{4}{5}$ 이다.

✕. 반감기가 4번 지난 4t일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 n mol, 30n mol이다. $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$ 은 2t일 때와 4t일 때 각각 6, 30이므로 4t일 때가 2t일 때의 5배이다.

09 1차 반응에서 반응물과 생성물의 양(mol)

A(g)와 C(g)의 반응 계수비가 2 : 1이므로 0~t 동안 반응한 A(g)의 양(mol)은 t일 때 C(g)의 양(mol)의 2배이다. 따라서 초기 상태 A(g)의 양은 2x mol이며, t일 때 A(g)의 양(mol)이 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t이다.

✕. t~2t 동안 생성된 B(g)의 양(mol)은 0~t 동안 생성된 B(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\frac{3x}{2} - 2 = 1$ 에서 x=2이다. t일 때 B(g)와 C(g)의 양은 각각 2 mol, 1 mol로 B(g)와 C(g)의 반응 계수비는 2 : 1이므로 $b = \frac{2}{2} = 1$ 이다.

㉠. 반감기가 3번 지난 3t일 때 A(g)와 C(g)의 양은 각각 $\frac{1}{2}$ mol, $\frac{7}{4}$ mol이므로 $\frac{z}{y} = \frac{7}{2}$ 이다.

㉠.
$$\frac{0 \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{2t \sim 3t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{4-1}{2t}}{\frac{1-\frac{1}{2}}{t}} = 3 \text{이다.}$$

10 1차 반응에서 $\frac{1}{\text{반응물의 몰 분율}}$

초기 상태 A(g)의 양을 16n mol, 0~2t 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 2t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 (16n-m) mol, m mol, m mol이며 $\frac{1}{A(g) \text{의 몰 분율}} = \frac{(16n-m)+m+m}{16n-m} = 7$ 에서 m=12n이다. 2t일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{4}$ 배이며 1차 반응의 반감기는 일정하므로 이 반응의 반감기는 t이다.

㉠. 반감기가 t이므로, t일 때 [A]는 3t일 때 [A]의 4배이다. A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하므로 t일 때가 3t일 때의 4배이다.

$$\times. \frac{t \sim 4t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{8n-n}{3t}}{\frac{16n-4n}{2t}} = \frac{7}{18}$$

이다.

㉡. 반감기가 3번 지난 3t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 2n mol, 14n mol, 14n mol이며 $x = \frac{1}{A(g) \text{의 몰 분율}} = \frac{2+14+14}{2} = 15$ 이다.

11 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

㉠. (가)에서 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간이 2t이므로, 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t로 A(g)의 반감기는 t이다. (가)에서 초기 상태 A(g)의 양을 16n mol이라고 하면 반감기가 1번 지난 t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 8n mol, 8n mol, 4n mol이고, 반감기가 2번 지난 2t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 4n mol, 12n mol, 6n mol이고, 반감기가 3번 지난 3t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 2n mol, 14n mol, 7n mol이다. (가)에서 $\frac{2t \sim 3t \text{ 동안 생성된 } B(g) \text{의 양(mol)}}{t \sim 2t \text{ 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{(14n-12n) \text{ mol}}{(6n-4n) \text{ mol}} = 1$ 이다.

㉡. (나)에서 4t일 때 반응물의 농도는 초기 상태 반응물의 농도의 $\frac{1}{8}$ 배로, 4t일 때는 반감기가 3번 지난 시점이다. 1차 반응의 반감기는 일정하므로 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은

$$\frac{4t}{3} \text{로 } D(g) \text{의 반감기는 } \frac{4t}{3} \text{이다.}$$

㉢. (가)에서 반감기가 3번 지난 3t일 때 $[A] = \frac{a}{8} \text{ M}$, $[B] = \frac{7a}{8} \text{ M}$ 이며, (나)에서 4t일 때 $[D] = \frac{a}{8} \text{ M}$, $[E] = 2\left(a - \frac{a}{8}\right) \text{ M} = \frac{14a}{8} \text{ M}$ 이므로 $\frac{(\text{나})에서 } 4t \text{일 때 } [E]}{(\text{가})에서 } 3t \text{일 때 } [B]} = 2$ 이다.

12 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도비

3t일 때 A(g)의 양을 n mol이라고 하면 B(g)의 양은 7n mol이며, $A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$ 에서 반응한 A(g)의 양(mol)과 생성된 B(g)의 양(mol)이 같으므로 초기 상태 A(g)의 양은 8n mol이다. 3t일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{8}$ 배로 3t일 때는 반감기가 3번 지난 시점이며, 1차 반응의 반감기는 일정하므로 이 반응의 반감기는 t이다. 반감기가 1번 지난 t일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 같으므로 x=1이다. 반감기가 2번 지난 2t일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 2n mol, 6n mol이고, A(g)의 질량 백분율은 25%, B(g)의 질량 백분율은 (100-25-35)%=40%이므로 $\frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}}$

$$= \frac{\frac{25}{40}}{\frac{15}{6}} = \frac{15}{8} \text{이다. 따라서 } x \times \frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = 1 \times \frac{15}{8} = \frac{15}{8} \text{이다.}$$

13 1차 반응에서 생성물의 농도와 질량 관계

1차 반응의 반감기는 일정하고, 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 [B]의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

㉠. t~2t 동안 [B]의 증가량 $\left(\frac{15}{8} \text{ M} - \frac{5}{4} \text{ M} = \frac{5}{8} \text{ M}\right)$ 이 0~t 동안 [B]의 증가량 $\left(\frac{5}{4} \text{ M}\right)$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 A(g)의 반감기는 t이다.

㉡. 초기 상태 A(g)의 양을 8n mol이라고 하면 반감기가 3번 지난 3t일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 n mol, 7n mol, 7n mol이며, A(g)의 몰 분율은 $\frac{n}{n+7n+7n} = \frac{1}{15}$ 이다.

㉢. 3t일 때 A(g)와 B(g)의 질량비는 11 : 28이고, A(g)와 B(g)의 몰비는 1 : 7이므로 $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{\frac{28}{7}}{\frac{11}{1}} = \frac{4}{11}$ 이다.

$A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$ 에서 (A의 분자량=B의 분자량+C의 분자량)이므로 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

14 1차 반응에서 질량 관계

1차 반응의 반감기는 일정하고, 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 B(g)와 C(g)의 질량 차의 증가는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. $2t \sim 4t$ min 동안 B(g)와 C(g)의 질량 차의 증가량($7.5 \text{ g} - 6.0 \text{ g} = 1.5 \text{ g}$)이 $0 \sim 2t$ min 동안 B(g)와 C(g)의 질량 차의 증가량(6 g)의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $2t$ min은 반감기가 2번 지나는 시간이며 이 반응의 반감기는 t min이다.

✕ 초기 상태 A(g)의 양을 $16n \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 2번 지난 $2t$ min일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n \text{ mol}$, $12n \text{ mol}$, $6n \text{ mol}$ 이며, C(g)의 몰 분율은 $\frac{6}{4+12+6} = \frac{3}{11}$ 이다.

✕ 반감기가 3번 지난 $3t$ min일 때, A(g)의 질량은 전체 질량의 $\frac{1}{8}$ 배이고, B(g)와 C(g)의 질량의 합은 감소한 A(g)의 질량과 같으므로 전체 질량의 $\frac{7}{8}$ 배인 $216 \text{ g} \times \frac{7}{8} = 189 \text{ g}$ 이다.

㉠ $0 \sim 2t$ min 동안 생성된 C(g)의 양은 $6n \text{ mol} (= 4n \text{ mol} + 2n \text{ mol})$ 이고, $2t \sim 4t$ min 동안 생성된 C(g)의 양은 $\frac{3n}{2} \text{ mol} (= n \text{ mol} + \frac{n}{2} \text{ mol})$ 이다. 따라서

$$\frac{0 \sim 2t \text{ min 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}}{2t \sim 4t \text{ min 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}} = \frac{6n}{\frac{3n}{2}} = 4 \text{이다.}$$

[다른 풀이] 반감기가 t min이므로 $2t$ min은 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간이다. 따라서

$$\frac{0 \sim 2t \text{ min 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}}{2t \sim 4t \text{ min 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}} = 4 \text{이다.}$$

15 1차 반응에서 전체 압력과 부분 압력

반응이 진행될 때 He(g)의 부분 압력은 일정하고, 전체 압력의 변화량은 반응한 A(g)의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{\text{He(g)의 부분 압력}}$ 의 변화량은 반응한 A(g)의 양(mol)에 비

례한다. $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{\text{He(g)의 부분 압력}}$ 의 변화량은 $0 \sim t$ 동안 $1 (= 6 - 5)$

이고, $0 \sim 3t$ 동안 $\frac{7}{4} (= \frac{27}{4} - 5)$ 이며, $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{7}{4}$ 이 성립하므로 이 반응의 반감기는 t 라는 것을 알 수 있다.

㉠ 초기 상태에서 $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{\text{He(g)의 부분 압력}}$ 은 5이므로 초기 상태 He(g)와 A(g)의 양을 각각 $n \text{ mol}$, $4n \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 He(g)와 A(g)~C(g)의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $2n \text{ mol}$, $bn \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이다. 전체 기체의 양(mol)과 전체 압력은 비례하므로 t 일 때 전체 기체의 양은 $6n \text{ mol}$ 이며, $b + 4 = 6$ 에서 $b = 2$ 이다.

㉡ 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 He(g)와 A(g)~C(g)의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $\frac{n}{2} \text{ mol}$, $\frac{7n}{2} \text{ mol}$, $\frac{7n}{4} \text{ mol}$ 이며 B(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{7}{2}}{1 + \frac{1}{2} + \frac{7}{2} + \frac{7}{4}} = \frac{14}{27}$ 이다.

㉢ 반감기가 t 이므로 $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{\text{He(g)의 부분 압력}}$ 의 변화량은 $t \sim 2t$ 동안 1 이 $0 \sim t$ 동안의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 $x = 5 + 1 + \frac{1}{2} = \frac{13}{2}$ 이다.

16 활성화 에너지

$\Delta H > 0$ 인 흡열 반응에서 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

㉠ 반응 엔탈피(ΔH)는 $(x - y) \text{ kJ}$ 이므로 $x - y = 100$ 이다.

㉡ 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 100 kJ/mol 만큼 크다.

㉢ 정반응의 활성화 에너지와 역반응의 활성화 에너지를 각각 E_a , E_a' 이라고 하면 $E_a - E_a' = 100 \text{ kJ/mol}$, $E_a + E_a' = 280 \text{ kJ/mol}$ 에서 $E_a = 190 \text{ kJ/mol}$, $E_a' = 90 \text{ kJ/mol}$ 이다.

3 심화문제 해설

정답

01	④	02	②	03	①	04	⑤	05	⑤	06	③	07	②	08	②
09	④	10	⑤	11	③	12	①	13	②	14	②	15	④	16	③

심화 01번

접근 Point (나)에서 $4t$ s일 때 $[A]$ 는 $3t$ s일 때 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

01 반응 속도식과 반응 속도 상수

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

✕. (나)에서 $4t$ s일 때 $[A]$ 는 $3t$ s일 때 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t s이다. $0 \sim 3t$ s 동안 반감기가 3번 지난 것이므로 초기 상태 $[A]$ 는 $3t$ s일 때 $[A]$ 의 8배이며, $\frac{a}{10} \times 8 = 0.4$ 에서 $a = \frac{1}{2}$ 이다.

㉠. (나)에서 $2t$ s일 때 $[A] = 0.1$ M이고 $0 \sim 2t$ s 동안 $[A]$ 의 감소량이 0.3 M이므로 $2t$ s일 때 $[B] = 0.3 \text{ M} \times 2 = 0.6$ M이다.

㉡. (가)와 (나)에서 동일한 반응이 같은 온도에서 일어나므로 반감기는 t s로 같다. (가)에서 초기 상태 $[A]$ 는 t s일 때 $[A]$ 의 2배로 $\frac{1}{20} \text{ M} \times 2 = 0.1$ M이며, 초기 반응 속도가 $4.5 \times 10^{-4} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ 이므로 $4.5 \times 10^{-4} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} = k \times 0.1 \text{ M}$ 에서 $k = 4.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 이다.

심화 02번

접근 Point $[A] + [B]$ 가 반응 시간에 관계없이 항상 일정하므로 반응 계수 a 와 b 는 같다.

02 1차 반응에서 기체의 전체 압력, 몰 분율

$[A] + [B]$ 가 반응 시간에 관계없이 항상 일정하므로 반응 계수 a 와 b 는 같으며, 반감기가 1번 지났을 때 $\frac{[B]}{[A]} = 1$ 이다. 초기 상태 전체 기체의 양을 $10n$ mol이라고 하면 $\frac{[A]}{[C]} = 4$ 에서 초기 상태 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 $8n$ mol, $2n$ mol이다. $\frac{[B]}{[A]} = 1$ 일 때 전체 기체의 양은 $12n$ mol, $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $4n$ mol이며, 전체 기체의 양(mol)에서 $A(g)$ 의 양 + $B(g)$ 의 양(mol)을 빼면 $C(g)$ 의 양은 $4n$ mol로, 초기 상태보다 $C(g)$ 가 $2n$ mol 증가한 것이므로 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 반응 계수비 $a : 1 = (8n - 4n) : 2n$ 에서 $a = 2$ 이다.

✕. P에서 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 $4n$ mol이므로 $\frac{[A]}{[C]} = 1$ 이다.

✕. $A(g)$ 의 양 + $B(g)$ 의 양은 $8n$ mol로 일정하므로 $\frac{[B]}{[A]} = 3$ 인 Q에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $6n$ mol이다. P에서 $A(g)$ 의 양은 $4n$ mol이므로 $[A]$ 는 P에서가 Q에서의 2배이다(P는 반감기가 1번 지난 시점이고, Q는 반감기가 2번 지난 시점이다).

㉠. Q에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $6n$ mol, $5n$ mol ($= 2n \text{ mol} + 3n \text{ mol}$)이며 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{5n}{2n + 6n + 5n} = \frac{5}{13}$ 이다.

심화 03번

접근 Point (가)에서 $t \sim 2t$ 동안 P_B 의 증가량이 $0 \sim t$ 동안 P_B 의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

03 1차 반응에서 반응물과 생성물의 부분 압력

(가)에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 P_B 의 증가량($14 \text{ atm} - 10 \text{ atm} = 4 \text{ atm}$)이 $0 \sim t$ 의 t 동안 P_B 의 증가량($10 \text{ atm} - 2 \text{ atm} = 8 \text{ atm}$)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $A(g) \longrightarrow 2B(g)$ 반응에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다. (나)에서 $2t$ 일 때 P_C 6 atm 은 초기 상태 P_C 12 atm 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $C(g) \longrightarrow D(g)$ 반응에서 $C(g)$ 의 반감기는 $2t$ 이다.

㉠. (가)에서 $A(g)$ 의 반감기 $= \frac{t}{2t} = \frac{1}{2}$ 이다.
(나)에서 $C(g)$ 의 반감기 $= \frac{t}{2t} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉡. (가)에서 초기 상태 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양을 각각 $m \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $\frac{m}{2} \text{ mol}$, $(n+m) \text{ mol}$ 이고, $\frac{t \text{일 때 } P_B}{\text{초기 상태 } P_B} = \frac{n+m}{n} = \frac{10}{2}$ 에서 $m=4n$ 이다. 따라서 (가)에서 초기 상태 $B(g)$ 의 몰분율은 $\frac{n}{4n+n} = \frac{1}{5}$ 이다.

㉢. (가)에서 초기 상태 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 부분 압력은 각각 8 atm , 2 atm 이고, (나)에서 초기 상태 $C(g)$ 의 부분 압력은 12 atm 이다. (가)에서 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 부분 압력은 각각 4 atm 과 10 atm 으로 전체 압력은 14 atm 이고, $C(g) \longrightarrow D(g)$ 반응이 일어나도 전체 기체의 양(mol)이 변하지 않으므로 (나)에서 t 일 때 전체 압력은 12 atm 이다. 따라서 t 일 때, 용기 속 혼합 기체의 전체 압력은 (가)에서가 (나)에 서보다 크다.

심화 04번

접근 Point $[A]$ 는 t 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

04 1차 반응에서 몰 농도와 전체 압력

$[A]$ 는 t 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다. $\frac{[A] \text{의 감소량}}{[C] \text{의 증가량}} = 2$ 이므로 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 반응 계수비 $2 : c = 2 : 1$ 에서 $c=1$ 이다.

㉠. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $4n \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n \text{ mol}$, $bn \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이고, 전체 기체의 양은 $(3n+bn) \text{ mol}$ 이다. 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{t \text{일 때 전체 압력}}{\text{초기 상태 전체 압력}} =$

$$\frac{3n+bn}{4n} = \frac{28}{16} = \frac{7}{4} \text{에서 } b=4 \text{이다.}$$

㉡. 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 전체 압력의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 첫 번째 반감기를 지나는 동안 전체 압력(상대값)의 증가량이 12이므로 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 전체 압력(상대값) $x=16+12+6+3=37$ 이다.

㉢. 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $6n \text{ mol}$, $\frac{3n}{2} \text{ mol}$ 이며, $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6n}{n+6n+\frac{3n}{2}} = \frac{12}{17}$ 이다.

심화 05번

접근 Point 반응이 진행되어도 전체 질량은 10 g 으로 일정하다.

05 1차 반응에서 질량 관계

전체 질량은 10 g 으로 일정하므로 반응 시간에 따른 질량 관계는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	2	4
$\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)} + B(g) \text{의 질량(g)}}$	0	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{\text{전체 질량(g)}}$	0	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$
$C(g) \text{의 질량(g)}$	0	$\frac{2}{3}$	1

$2 \sim 4 \text{ min}$ 의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량 $\left(1 \text{ g} - \frac{2}{3} \text{ g} = \frac{1}{3} \text{ g}\right)$

이 $0 \sim 2 \text{ min}$ 의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량 $\left(\frac{2}{3} \text{ g}\right)$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 2 min 이다.

㉠ 2 min일 때 A(g)와 C(g)의 질량은 각각 $\frac{9}{2}$ g, $\frac{2}{3}$ g이며, B(g)의 질량은 $(10 - \frac{9}{2} - \frac{2}{3})\text{g} = \frac{29}{6}$ g이다.

㉡ 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 C(g)의 질량 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 4~6 min의 2 min 동안 C(g)의 질량 증가량은 2~4 min의 2 min 동안 C(g)의 질량 증가량($\frac{1}{3}$ g)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 6 min일 때 C(g)의 질량은 $1\text{g} + \frac{1}{6}\text{g} = \frac{7}{6}\text{g}$ 이다. 전체 질량이 10 g이므로 A(g)와 B(g)의 질량 합은 $\frac{53}{6}\text{g} (10\text{g} - \frac{7}{6}\text{g})$ 이며, $x = \frac{7}{53}$ 이다.

㉢ 반응 몰비는 A : C = 2 : 1이고, A(g) $\frac{9}{2}$ g이 반응하는 동안 C(g) $\frac{2}{3}$ g이 생성되므로 $\frac{\text{A의 분자량}}{\text{C의 분자량}} = \frac{\frac{9}{2}}{\frac{2}{3}} = \frac{27}{8}$ 이다.

심화 06번

접근 Point (가)에서 생성된 B(g)의 양(mol)은 반응한 A(g)의 양(mol)의 2배이므로 반응한 A(g)의 양(mol)만큼 전체 기체의 양(mol)이 증가한다.

06 1차 반응의 특징

(가)에서 생성된 B(g)의 양(mol)은 반응한 A(g)의 양(mol)의 2배이므로 반응한 A(g)의 양(mol)만큼 전체 기체의 양(mol)이 증가하며, 0~t 동안 반응한 A(g)의 양($\frac{15n}{2}\text{mol} - 5n\text{mol} = \frac{5n}{2}\text{mol}$)이 초기 상태 A(g)의 양(5n mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 A(g)의 반감기는 t이다. (나)에서 t~2t의 t 동안 증가한 전체 기체의 양($\frac{47n}{4}\text{mol} - 11n\text{mol} = \frac{3n}{4}\text{mol}$)이 0~t의 t 동안 증가한 전체 기체의 양($11n\text{mol} - 8n\text{mol} = 3n\text{mol}$)의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 C(g)의 양(mol)이 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t이며, C(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다. 초기 상태 C(g)가 8n mol이므로 반감기가 2번 지난 t일 때 C(g)~E(g)의 양은 각각 2n mol, 3dn mol, 3n mol이며, $2n + 3dn + 3n = 11n$ 에서 d=2이다. t일 때 (가)에서 B(g)의 양은 5n mol, (나)에서 E(g)의 양은 3n mol이며, $PV = nRT$ 이므로 $\frac{\text{(나)에서 E(g)의 부분 압력}}{\text{(가)에서 B(g)의 부분 압력}} = \frac{3 \times T_2}{5 \times T_1} = \frac{2}{3}$ 에서 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{10}{9}$ 이다. 2t일 때 (가)에서 A(g)의 양은 $\frac{5n}{4}\text{mol}$, (나)에서 D(g)의 양은 $\frac{15n}{2}\text{mol}$ 이므로

$\frac{\text{(나)에서 D(g)의 부분 압력}}{\text{(가)에서 A(g)의 부분 압력}} = \frac{\frac{15}{2}}{\frac{5}{4}} \times \frac{T_2}{T_1} = 6 \times \frac{10}{9} = \frac{20}{3}$ 이다.

심화 07번

접근 Point t_1 min일 때, B(g)의 몰 분율 / A(g)의 몰 분율 = B(g)의 양(mol) / A(g)의 양(mol) = [B]/[A] = 6에서 [A] = $\frac{3}{4}$ M이다.

07 1차 반응에서 반응물과 생성물의 몰 농도

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

✕ t_1 min일 때 $\frac{\text{B(g)의 몰 분율}}{\text{A(g)의 몰 분율}} = \frac{\text{B(g)의 양(mol)}}{\text{A(g)의 양(mol)}} = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}$
= 6에서 [A] = $\frac{3}{4}$ M이다. $t_1 \sim t_2$ min 동안 [B]의 증가량($\frac{3}{4}$ M)이 [A]의 감소량($\frac{3}{8}$ M)의 2배이므로 A(g)와 B(g)의 계수비 2 : b = 1 : 2에서 b=4이다.

✕ t_1 min일 때, [A] = $\frac{3}{4}$ M, [C] = $\frac{[\text{B}]}{4} = \frac{9}{8}$ M이므로 [A] + [C] = $\frac{15}{8}$ M이다.

㉠ 0~ t_1 min 동안 [B]의 증가량이 $\frac{9}{2}$ M이므로 [A]의 감소량은 $\frac{9}{4}$ M이며, 초기 상태 [A]는 3 M이다. 반응 시간에 따른 [A]는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	t_1	t_2
[A](M)	3	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

t_1 min일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{4}$ 배이고, t_2 min일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 t_1 min일 때와 t_2 min일 때는 각각 반감기가 2번, 3번 지난 시점이며, $t_1 : t_2 = 2 : 3$ 에서 $t_2 = \frac{3t_1}{2}$ 이다.

심화 08번

접근 Point 초기 상태 A(g)의 양을 $16n$ mol, $0 \sim 3t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $3t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(16n - m)$ mol, m mol, m mol이다.

08 1차 반응에서 몰 분율과 전체 압력

초기 상태 A(g)의 양을 $16n$ mol, $0 \sim 3t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $3t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(16n - m)$ mol, m mol, m mol이며

$$\frac{B(g)의 양(mol) + C(g)의 양(mol)}{A(g)의 양(mol)} = \frac{2m}{16n - m} = 6 \text{에서}$$

$m = 12n$ 이다. $3t$ 일 때 A(g)의 양($4n$ mol)은 초기 상태 A(g)의 양($16n$ mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, $3t$ 일 때는 반감기가 2번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 $\frac{3t}{2}$ 이다.

✕. 반감기가 $\frac{3t}{2}$ 이므로 $4t$ 일 때는 t 일 때로부터 반감기가

2번 지난 시점으로, [A]는 $4t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이다. 따라서

$$\frac{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{4t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = 4 \text{이다.}$$

✕. He(g)의 양을 y mol이라고 하면 반감기가 4번 지난 $6t$ 일 때 He(g)과 A(g)~C(g)의 양은 각각 y mol, n mol, $15n$ mol,

$15n$ mol이며, He(g)의 몰 분율 $\frac{y}{y + 31n} = \frac{4}{35}$ 에서 $y = 4n$ 이다. 반감기가 2번 지난 $3t$ 일 때 He(g)과 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n$ mol, $4n$ mol, $12n$ mol, $12n$ mol이며, He(g)의 몰 분율 $x = \frac{4n}{4n + 4n + 12n + 12n} = \frac{1}{8}$ 이다.

㉔. 초기 상태 A(g)와 He(g)의 양은 각각 $16n$ mol, $4n$ mol이고, 전체 기체의 양은 $20n$ mol이며, $6t$ 일 때 He(g)과 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n$ mol, n mol, $15n$ mol, $15n$ mol이고, 전체 기체의 양은 $35n$ mol이다. 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $P : 7 = 20 : 35$ 에서 $P = 4$ 이다.

심화 09번

접근 Point 초기 상태 A(g)와 C(g)의 양을 각각 $14n$ mol, $3n$ mol, $0 \sim 2t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(14n - m)$ mol, m mol, $(3n + m)$ mol이다.

09 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

초기 상태 A(g)와 C(g)의 양을 각각 $14n$ mol, $3n$ mol, $0 \sim 2t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(14n - m)$ mol, m mol, $(3n + m)$ mol이고, A(g)의 몰 분율 $= \frac{14n - m}{17n + m} = \frac{7}{55}$ 에서

$$m = \frac{21n}{2} \text{이다. } 2t \text{일 때 } A(g) \text{의 양} \left(\frac{7n}{2} \text{ mol} \right) \text{은 초기 상태}$$

A(g)의 양($14n$ mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, $2t$ 일 때는 반감기가 2번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

✕. [A]는 t 일 때가 $2t$ 일 때의 2배이다. A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하므로 t 일 때가 $2t$ 일 때의 2배이다.

㉔. 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $7n$ mol, $7n$ mol, $10n$ mol이며, A(g)의 몰 분율 $x = \frac{7n}{7n + 7n + 10n} = \frac{7}{24}$ 이다. 전체 질량이 일정하므로 B(g)의 질량 백분율은 B(g)의 질량에 비례한다. $t \sim 2t$ 동안 B(g)의 질량 백분율 증가량은 $0 \sim t$ 동안 B(g)의 질량 백분율 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배

이므로 $2t$ 일 때 B(g)의 질량 백분율(%) $y = 16 + 8 = 24$ 이다. 따라서 $x \times y = \frac{7}{24} \times 24 = 7$ 이다.

㉔. A(g) $\longrightarrow$ B(g) + C(g) 반응에서 (A의 분자량 = B의 분자량 + C의 분자량)이며, t 일 때 B(g)의 질량 백분율이 16%이므로 $\frac{7 \times B \text{의 분자량}}{7 \times A \text{의 분자량} + 7 \times B \text{의 분자량} + 10 \times C \text{의 분자량}} = \frac{16}{100}$ 이다. $\frac{7 \times B \text{의 분자량}}{14 \times B \text{의 분자량} + 17 \times C \text{의 분자량}} = \frac{4}{25}$ 이고, 역수를 취하면 $2 + \frac{17}{7} \times \frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{25}{4}$ 에서 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

심화 10번

접근 Point (가)에서 $2t$ 일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이고, (나)에서 $3t$ 일 때 [C]는 초기 상태 [C]의 $\frac{1}{4}$ 배보다는 작고 $\frac{1}{8}$ 배보다는 크다.

10 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

(가)에서 $2t$ 일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이고, (나)에서 $3t$

- 일 때 $[C]$ 는 초기 상태 $[C]$ 의 $\frac{1}{4}$ 배보다는 작고 $\frac{1}{8}$ 배보다는 크다.
- ㉠. (가)에서 $2t$ 일 때는 반감기가 3번 지난 시점이며, 1차 반응의 반감기는 일정하므로 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{2t}{3}$ 이다.
- ㉡. (나)에서, $3t < \text{반감기} \times 3$ 이므로 $C(g)$ 의 반감기는 t 보다 길다. 따라서 t 일 때 $[C]$ 는 초기 상태 $[C]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크므로 $b > 1$ 이다.
- ㉢. (가)에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 보다 짧으므로 t 일 때 $[A]$ 는 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배보다 작아서 $b < \frac{a}{2}$ 이며, $b > 1$ 이므로 $a > 2$ 이다. 같은 부피의 용기에 같은 질량의 $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 넣었을 때 $[A] > [C]$ 이므로 분자량은 C 가 A 보다 크다.

심화 11번

접근 Point 4 min일 때 $A(g)$ 의 질량 백분율이 초기 상태 $A(g)$ 의 질량 백분율의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $A(g)$ 의 반감기는 2 min이다.

11 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

전체 질량이 일정하므로 $A(g)$ 의 질량 백분율은 $A(g)$ 의 질량에 비례한다. 4 min일 때 $A(g)$ 의 질량 백분율이 초기 상태 $A(g)$ 의 질량 백분율의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 4 min일 때는 반감기가 2번 지난 시점이며 $A(g)$ 의 반감기는 2 min이다.

㉠. 2~4 min 동안 $C(g)$ 의 질량 백분율의 증가량은 0~2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 백분율의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\left(2x - \frac{80}{3}\right) : \left(\frac{140}{3} - 2x\right) = 2 : 1$ 에서 $x = 20$ 이다.

㉡. 초기 상태에서 $A(g)$ 의 질량 백분율은 60%, $B(g)$ 의 질량 백분율은 $\frac{40}{3}\%$ ($=100\% - 60\% - \frac{80}{3}\%$), $C(g)$ 의 질량 백분율은 $\frac{80}{3}\%$ 이다. 질량비와 질량 백분율비는 같으므로 $\frac{w_2}{w_1} = \frac{\frac{80}{3}}{\frac{40}{3}} = 2$ 이다.

✕. 0~2 min 동안, $A(g)$ 의 질량 백분율의 감소량은 30%이고 $C(g)$ 의 질량 백분율의 증가량은 $\frac{40}{3}\%$ 이므로 $B(g)$ 의 질량 백분율의 증가량은 $\frac{50}{3}\%$ 이다. 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량비와

몰비가 각각 5 : 4와 2 : 1이므로 $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{4}{1}} = \frac{5}{8}$ 이다.

심화 12번

접근 Point (가)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량은 0~ $2t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량의 $\frac{1}{4}$ 배이다. (나)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량은 0~ $2t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

12 1차 반응의 반감기

(가)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량 $\left(\frac{5a}{4}M - aM = \frac{a}{4}M\right)$ 은 0~ $2t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량 (aM) 의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $[A]$ 가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 $2t$ 이며, $2A(g) \longrightarrow 2B(g)$

$+ C(g)$ 반응에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다. (나)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량 $\left(2aM - \frac{4a}{3}M = \frac{2a}{3}M\right)$ 은 0~ $2t$ 의 $2t$ 동안 $[C]$ 의 증가량 $\left(\frac{4a}{3}M\right)$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $2D(g) \longrightarrow 4E(g) + C(g)$ 반응에서 $D(g)$ 의 반감기는 $2t$ 이다.

㉠. (가)에서 반감기는 t 이므로 $3t \sim 4t$ 동안 $[C]$ 의 증가량은 $2t \sim 3t$ 동안 $[C]$ 의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이다. $b - a = 2\left(\frac{5a}{4} - b\right)$ 에서 $\frac{b}{a} = \frac{7}{6}$ 이다.

✕. (나)에서 $D(g)$ 의 반감기는 $2t$ 이다.

✕. 초기 상태 $[A]$ 와 $[D]$ 를 각각 c , $2c$ 라고 하면 $2t$ 일 때, (가)에서는 반감기가 2번 지난 시점이므로 $[A] = \frac{c}{4}$ 이고, (나)에서는 반감기가 1번 지난 시점이므로 $[D] = c$ 이다. $2t$ 일 때,

(가)에서 $A(g)$ 의 순간 반응 속도 $= \frac{k_1 \times \frac{c}{4}}{k_2 \times c} = \frac{2k_2 \times \frac{c}{4}}{k_2 \times c} = \frac{1}{2}$
(나)에서 $D(g)$ 의 순간 반응 속도 $= \frac{1}{2}$ 이다.

심화 13번

접근 Point 각 용기 속 전체 기체의 질량이 일정하게 유지되므로 (가)와 (나) 각각에서 C(g)의 질량 백분율은 C(g)의 질량에 비례한다.

13 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

각 용기 속 전체 기체의 질량이 일정하게 유지되므로 (가)와 (나) 각각에서 C(g)의 질량 백분율은 C(g)의 질량에 비례한다. (가)에서 $t \sim 2t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량($24\% - 16\% = 8\%$)은 $0 \sim t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량(16%)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t min이다.

✕. 같은 온도에서 동일한 반응이 일어나므로 (가)와 (나)에서 반감기는 t min으로 같다. (나)에서 $t \sim 2t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량은 $0 \sim t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\left(\frac{380}{11} - 20\right) : \left(x - \frac{380}{11}\right) = 2 : 1$ 에서 $x = \frac{460}{11}$ 이다. 따라서 $x > 40$ 이다.

㉠. (나)에서 초기 상태 A(g)의 질량 백분율은 80%이므로 반감기가 1번 지난 t min일 때 A(g)의 질량 백분율은 40%이고, B(g)의 질량 백분율은 $\frac{280}{11}\% \left(= 100\% - 40\% - \frac{380}{11}\%\right)$ 이다. A(g)~C(g)의 분자량을 각각 $M_A \sim M_C$ 라고 하면 (나)에서 t min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같아서 질량비(질량 백분율비)와 분자량비가 같으므로 $M_A : M_B = 40 : \frac{280}{11} = 11 : 7$ 이고, A(g) $\longrightarrow$ B(g) + C(g) 반응에서 $M_A = M_B + M_C$ 이므로 $M_A : M_B : M_C = 11 : 7 : 4$ 이다. (가)에서 반감기가 1번 지난 t min일 때 A(g)와 C(g)의 양(mol)이 같으므로 $\frac{C(g) \text{의 질량 백분율}}{A(g) \text{의 질량 백분율}} = \frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{4}{11}$ 이며, A(g)의 질량 백분율은 $16\% \times \frac{11}{4} = 44\%$ 이다. (가)에서 초기 상태 A(g)의 질량 백분율이 88%이므로 B(g)의 질량 백분율은 12%이다.

✕. t min일 때, B(g)의 질량 백분율은 (가)에서 $40\% (= 100\% - 44\% - 16\%)$, (나)에서 $\frac{280}{11}\%$ 이며, B(g)의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{7}{5}$ 배이다. (가) 속 전체 기체의 질량을 $w_{(가)}$, (나) 속 전체 기체의 질량을 $w_{(나)}$ 라고 하면 $40 \times w_{(가)} : \frac{280}{11} \times w_{(나)} = 5 : 7$ 이 성립하여 $\frac{w_{(나)}}{w_{(가)}} = \frac{11}{5}$ 이다.

심화 14번

접근 Point A(g)의 순간 반응 속도는 $3t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

14 1차 반응에서 생성물의 몰 분율

$3t$ 일 때 A(g)의 순간 반응 속도는 t 일 때 A(g)의 순간 반응 속도의 $\frac{1}{4}$ 배로, 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간이 $2t$ 이므로 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간인 반감기는 t 이다. 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양이 각각 x mol, y mol이므로 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{x}{4}$ mol, $\left(y + \frac{3x}{2}\right)$ mol, $\frac{3x}{8}$ mol이며, C(g)의 몰 분율

$$\frac{\frac{3x}{8}}{\frac{17x}{8} + y} = \frac{1}{7} \text{에서 } x = 2y \text{이다.}$$

✕. $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

✕. 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{x}{2}$ mol, $(y + x)$ mol, $\frac{x}{4}$ mol이며, $x = 2y$ 이므로 C(g)의 몰 분율 $z = \frac{\frac{x}{4}}{\frac{x}{2} + \left(\frac{x}{2} + x\right) + \frac{x}{4}} = \frac{1}{9}$ 이다.

㉠. $2t$ 일 때 전체 기체의 양은 $\frac{x}{4}$ mol + $\left(y + \frac{3x}{2}\right)$ mol + $\frac{3x}{8}$ mol = $\frac{21x}{8}$ mol이고, 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 B(g)의 양은 $\left(y + \frac{7x}{4}\right)$ mol = $\frac{9x}{4}$ mol이다. 기체의 압력은 기체의 양 (mol)에 비례하므로 $\frac{3t \text{일 때 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{일 때 혼합 기체의 전체 압력}} = \frac{\frac{9x}{4}}{\frac{21x}{8}} = \frac{6}{7}$ 이다.

심화 15번

접근 Point I에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 전체 압력의 증가량은 $0 \sim t$ 의 t 동안 전체 압력의 증가량의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

15 1차 반응에서 기체의 전체 압력

I에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 전체 압력(상대값)의 증가량($62 - 56 = 6$)은 $0 \sim t$ 의 t 동안 전체 압력(상대값)의 증가량($56 - 32 = 24$)의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 A(g)의 양(mol)이 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t 로

일정하며, t 는 반감기가 2번 지나는 시간이므로 이 반응의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

✕. $[A]$ 는 t 일 때가 $2t$ 일 때의 4배이다. $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 $[A]$ 에 비례하므로 t 일 때가 $2t$ 일 때의 4배이다.

㉠. I과 II에서 동일한 반응이 같은 온도에서 일어나므로 II에서의 반감기도 $\frac{t}{2}$ 이다. II에서 초기 상태 전체 기체의 양을 $32n \text{ mol}$ 이라고 하면 t 일 때 전체 기체의 양은 $44n \text{ mol}$ 이며, $A(g) \longrightarrow B(g) + C(g)$ 반응에서 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)만큼 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 $0 \sim t$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 양은 $(44n - 32n) \text{ mol} = 12n \text{ mol}$ 이며, 첫 번째 반감기를 거치는 $0 \sim \frac{t}{2}$ 동안 $A(g)$ $8n \text{ mol}$ 이 반응하고, 두 번째 반감기를 거치는 $\frac{t}{2} \sim t$ 동안 $A(g)$ $4n \text{ mol}$ 이 반응한 것이다. 따라서 II에서 초기 상태 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $16n \text{ mol}$, $16n \text{ mol}$ 이며, t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $4n \text{ mol}$, $28n \text{ mol} (= 16n \text{ mol} + 12n \text{ mol})$, $12n \text{ mol}$ 이고 $B(g)$ 의 몰분율은 $\frac{28n}{4n + 28n + 12n} = \frac{7}{11}$ 이다.

㉡. 초기 상태에서 I에는 $A(g)$ 만 $32n \text{ mol}$, II에는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 각각 $16n \text{ mol}$ 씩 들어 있으므로 초기 상태 $[A]$ 는 I에서가 II에서의 2배이다. 반감기가 4번 지난 $2t$ 일 때도 $[A]$ 는 I에서가 II에서의 2배이다.

심화 16번

접근 Point $\Delta H < 0$ 인 발열 반응에서 역반응의 활성화 에너지는 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

16 활성화 에너지

$\Delta H < 0$ 인 발열 반응에서 역반응의 활성화 에너지는 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

㉠. 생성물의 엔탈피가 반응물의 엔탈피보다 작으므로 $\Delta H < 0$ 인 발열 반응이다.

✕. 정반응의 활성화 에너지 $4x \text{ kJ/mol}$ 은 역반응의 활성화 에너지 $9x \text{ kJ/mol}$ 보다 작다.

㉡. $\Delta H < 0$ 인 발열 반응의 경우 역반응의 활성화 에너지는 정반응의 활성화 에너지와 반응 엔탈피의 절댓값($|\Delta H|$)을 합한 값과 같다. $9x = 4x + 75$ 에서 $x = 15$ 이며, 역반응의 활성화 에너지는 135 kJ/mol 이다.