



반응 속도에 영향을 미치는 요인

차례

Part 1 · 개념 정리	1
충돌 횟수와 반응 속도	1
온도와 반응 속도	3
촉매와 반응 속도	6
생명 현상과 산업 현장에서 촉매의 이용	9
Part 2 · 기본문제	14
Part 3 · 심화문제	16
Part 4 · 정답과 해설	20
개념 체크 정답	20
기본문제 해설	21
심화문제 해설	23

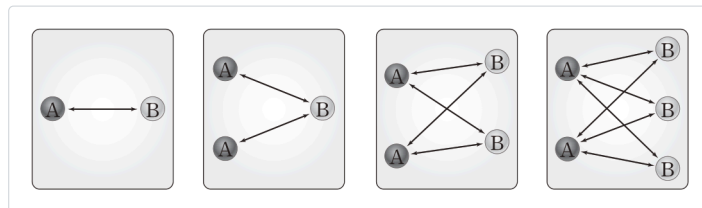
Part 1 · 개념 정리

1 충돌 횟수와 반응 속도

(1) 농도와 반응 속도

일반적으로 온도가 일정할 때 반응물의 **농도**가 증가하면 **단위 부피당 입자 수**가 증가하여 입자 간의 **충돌 횟수**가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

농도 증가 → 충돌 횟수 증가 → 반응 속도 증가



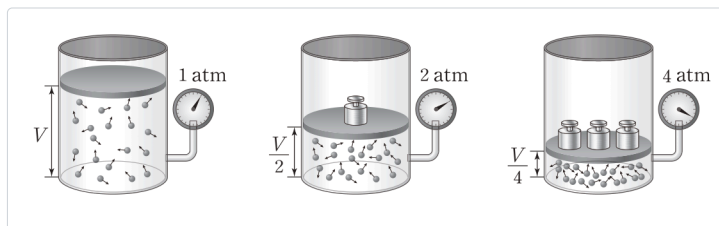
예 농도에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 강철솥은 공기 중에서보다 산소가 든 집기병에서 빠르게 연소된다.
- 탄산 칼슘과 염산의 반응에서 염산의 농도가 증가할수록 반응 속도가 빨라진다.

(2) 기체의 압력과 반응 속도

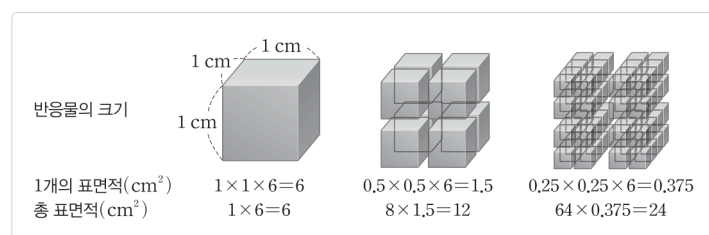
일반적으로 온도가 일정할 때 기체 사이의 반응에서 기체의 **부분 압력**이 증가하면 단위 부피당 기체 분자 수가 증가하여 충돌 횟수도 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

압력 증가 → 단위 부피당 분자 수 증가 → 충돌 횟수 증가 → 반응 속도 증가



(3) 표면적과 반응 속도

온도가 일정할 때 반응물이 고체인 경우 **표면적**이 넓어 반응물 사이의 **접촉 면적**이 커지면 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.



예 표면적에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 석탄 가루로 인해 탄광에서 폭발 사고가 일어나기 쉽다.
- 알약보다 가루약의 흡수가 더 빠르다.

핵심 정리 농도와 반응 속도: 화학 반응이 일어나려면 입자 사이에 충돌이 일어나야 하므로 반응물의 농도가 증가하면 반응 속도가 빨라진다.

기체의 압력과 반응 속도: 온도가 일정할 때 기체의 부분 압력이 증가하면 단위 부피당 기체 분자 수가 증가하여 충돌 횟수도 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

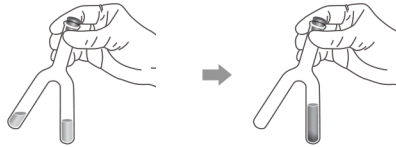
개념 체크 A 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 반응물의 농도가 증가하면 입자 간의 충돌 횟수가 _____ 하여 반응 속도가 _____ 진다.
2. 기체의 부분 압력이 증가하면 단위 부피당 입자 수가 _____ 하여 충돌 횟수도 _____ 하므로 반응 속도가 _____ 진다.
3. 고체 반응물의 표면적이 _____ 하면 접촉 면적이 커지고, 충돌 횟수가 _____ 하므로 반응 속도가 _____ 진다.

탐구자료 살펴보기 농도가 반응 속도에 미치는 영향

실험 과정

1. Y자 시험관 3개의 한쪽 가지에 각각 0.05 M $\text{NaHSO}_3(aq)$ 6 mL를 넣고 여기에 녹말 용액 2 mL를 첨가한다.
2. 과정 1의 Y자 시험관의 다른 한쪽에 0.1 M $\text{KIO}_3(aq)$ 을 각각 1.4 mL, 2.8 mL, 4.2 mL씩 넣고, 여기에 증류수를 가해 각각의 부피가 6 mL가 되게 한 뒤 시험관을 마개로 막는다.
3. 초시계를 누르면서 3개의 Y자 시험관을 2번씩 뒤집어 두 용액을 잘 섞이게 한다.
4. 한쪽 가지에 혼합 용액을 모은 후 용액의 색이 청람색으로 변하기 시작할 때까지 걸린 시간을 측정한다.



실험 결과

시험관	혼합 용액		반응 초기 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도(M)	색이 변할 때까지 걸린 시간(s)
	0.1 M $\text{KIO}_3(aq)$ 의 부피(mL)	전체 부피(mL)		
I	1.4	14	0.01	36
II	2.8	14	0.02	18
III	4.2	14	0.03	12

분석 point

- 용액의 색이 청람색으로 변하기 시작할 때까지의 시간이 짧을수록 반응 속도는 빠르다.
- $\text{NaHSO}_3(aq)$ 과 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 반응에서 $\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 초기 농도가 일정하면 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 초기 농도가 증가할수록 반응 속도가 빨라진다.

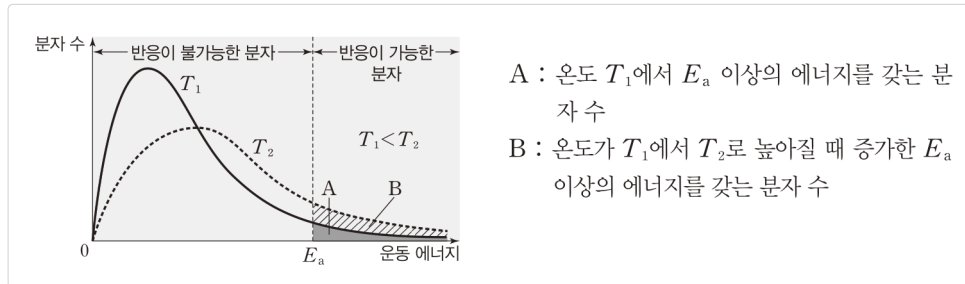
탐구자료 살펴보기 — 농도가 반응 속도에 미치는 영향

2 온도와 반응 속도

(1) 온도와 반응 속도

온도가 높아지면 분자들의 **평균 운동 에너지**가 증가하고, **활성화 에너지(E_a)** 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 증가한다. 따라서 온도가 높아지면 반응이 가능한 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

온도 증가 → 활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 갖는 분자 수 증가 → 반응 속도 증가



① 온도가 T_1 에서 T_2 로 높아져도 **전체 분자 수는 변하지 않는다.**

② 온도가 T_1 에서 T_2 로 높아져도 화학 반응의 **활성화 에너지(E_a)는 변하지 않지만**, 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수는 온도 T_1 일 때 A에서, 온도 T_2 일 때 (A+B)로 증가하므로 반응 속도는 T_1 에서보다 T_2 에서가 빠르다.

핵심 정리 온도와 반응 속도: 온도가 높아지면 활성화 에너지 이상의 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

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

- 온도가 높아지면 _____ 에너지 이상의 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 _____ 진다.
- 온도가 높아지면 활성화 에너지가 감소하므로 반응 속도가 빨라진다. ()

(2) 반응 속도 상수와 온도

온도가 높아지면 반응 속도식에서 **반응 속도 상수(k)**의 값이 커지기 때문에 **정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다**.

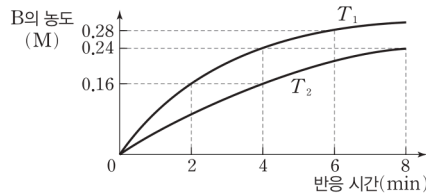
예 온도에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 온실에서 식물이 잘 자란다.
- 음식물을 냉장고에 보관하면 실온에서보다 오랫동안 보관할 수 있다.

과학 돋보기

온도와 반응 속도

$2A(g) \longrightarrow B(g)$ 의 반응이 A에 대한 1차 반응일 때 생성물 B의 농도 변화를 통하여 다음과 같은 내용을 알 수 있다.



- 반응물 A의 초기 농도 $[A]_0$: A에 대한 1차 반응이므로 반감기는 일정하다. T_1 에서 2 min일 때 B의 농도가 0.16 M, 4 min일 때 0.24 M, 6 min일 때 0.28 M이다. B의 농도 증가량이 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하는 데 걸린 시간이 2 min으로 일정하므로 T_1 에서 A의 반감기는 2 min이다. 처음 2 min 동안 생성된 B의 농도가 0.16 M이므로 A의 농도 감소량은 0.32 M이다. 따라서 A의 초기 농도 $[A]_0 = 0.32 \text{ M} \times 2 = 0.64 \text{ M}$ 이다.
- 반감기와 반응 속도 상수 : 반감기는 T_1 에서 2 min, T_2 에서 4 min이고, 1차 반응에서 반감기가 짧을수록 반응 속도 상수는 크다. T_1 , T_2 에서 반응물의 초기 농도가 같으므로 초기 반응 속도는 T_1 일 때가 T_2 일 때보다 빠르다.
- 8 min일 때 각 온도에서의 A의 농도 : T_1 에서 8 min일 때 반감기를 4번 거쳤으므로 A의 농도는 $0.64 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 0.04 \text{ (M)}$ 이고, T_2 에서 8 min일 때 반감기를 2번 거쳤으므로 A의 농도는 $0.64 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.16 \text{ (M)}$ 이다.

과학 돋보기 — 온도와 반응 속도

핵심 정리 온도와 반응 속도 상수: 온도가 높아지면 정반응의 반응 속도 상수와 역반응의 반응 속도 상수가 모두 증가하며, 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다.

반감기와 반응 속도 상수: 1차 반응에서 반응 속도 상수가 클수록 반감기가 짧다.

개념 체크 C

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 온도가 높아져도 반응 속도 상수는 일정하다. ()
2. 온도가 높아지면 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다. ()
3. 반응물의 종류와 농도가 같아도 온도가 높을수록 반응 속도 상수가 _____ 지고, 반응 속도가 빨라지므로 반감기가 _____ 진다.

탐구자료 살펴보기

온도가 반응 속도에 미치는 영향

실험 과정

1. 시험관 3개에 0.5 M 싸이오황산 나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 수용액을 5 mL씩 넣고, 또 다른 시험관 3개에 1 M 염산을 5 mL씩 넣는다.
2. 100 mL 비커 3개에 각각 0°C, 25°C, 50°C의 물을 넣은 후 각 비커에 싸이오황산 나트륨 수용액이 담긴 시험관과 염산이 담긴 시험관을 각각 1개씩 넣어 비커에 담긴 물과 온도가 같도록 놓아둔다.
3. 3개의 삼각 플라스크 바닥에 유성 펜으로 ×표시를 한다.
4. 온도가 0°C, 25°C, 50°C로 유지되는 장치에 넣은 3개의 삼각 플라스크에 각각 0°C, 25°C, 50°C의 싸이오황산 나트륨 수용액과 염산을 넣어 섞은 후, ×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정한다.

실험 결과

온도(°C)	0	25	50
걸린 시간(s)	140	50	42
반응의 빠르기(s^{-1})	0.007	0.02	0.024

분석 point

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq)$ 과 염산의 반응에서 온도가 높아질수록 반응 속도가 빨라진다.

탐구자료 살펴보기 — 온도가 반응 속도에 미치는 영향

3 촉매와 반응 속도

(1) 촉매

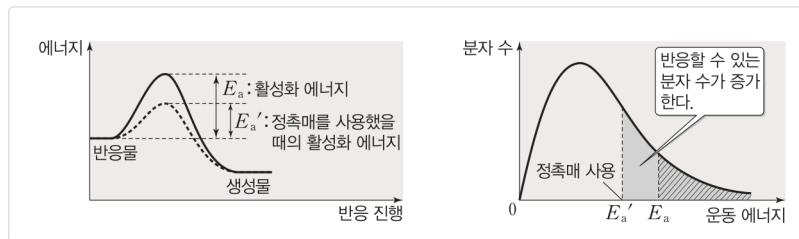
촉매는 화학 반응에서 자신은 소모되지 않으면서 반응 속도를 빠르게 또는 느리게 하는 물질이다. 촉매를 사용하면 반응의 **활성화 에너지의 크기**가 변하여 반응 속도가 달라진다.

촉매 사용 → 활성화 에너지의 크기 변화 → 반응 속도 변화

(2) 촉매의 종류

① **정촉매**: 활성화 에너지의 크기를 **감소**시켜 반응할 수 있는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

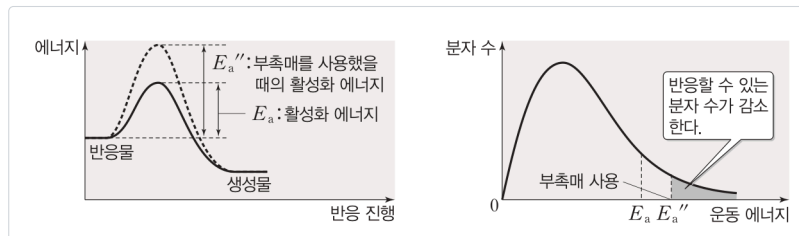
정촉매 사용 → 활성화 에너지 감소 → 반응할 수 있는 분자 수 증가 → 반응 속도 증가



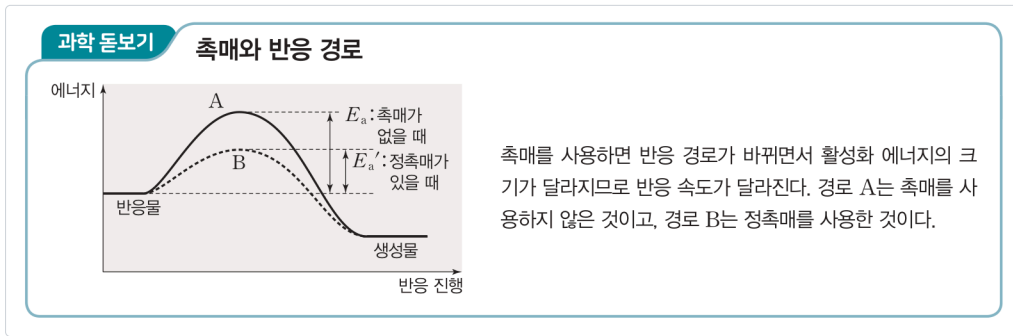
예 과산화 수소수에 이산화 망가니즈를 넣으면 과산화 수소가 물과 산소로 분해되는 속도가 빨라진다.

② **부촉매**: 활성화 에너지의 크기를 **증가**시켜 반응할 수 있는 분자 수가 감소하므로 반응 속도가 느려진다.

부촉매 사용 → 활성화 에너지 증가 → 반응할 수 있는 분자 수 감소 → 반응 속도 감소



예 과산화 수소수에 인산을 넣으면 과산화 수소의 분해 반응 속도가 느려진다.



과학 돋보기 — 촉매와 반응 경로

핵심 정리 촉매: 화학 반응에서 자신은 소모되지 않으면서 반응 속도를 변화게 하는 물질이다.

촉매와 활성화 에너지: 촉매를 사용하면 활성화 에너지의 크기가 달라져서 반응 속도가 변한다.

촉매와 반응 경로: 촉매를 사용하면 반응 경로가 달라지면서 활성화 에너지가 달라지므로 반응 속도가 변한다.

정촉매: 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 빠르게 한다.

부촉매: 활성화 에너지를 증가시켜 반응 속도를 느리게 한다.

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

1. _____ 를 사용하면 활성화 에너지의 크기를 감소시키므로 반응 속도가 빨라진다.
2. 정촉매를 사용하면 반응 속도 상수가 _____ 지므로 반응 속도가 빨라진다.
3. 과산화 수소의 분해 반응에서 이산화 망가니즈는 _____ 로 작용하고, 인산은 _____ 로 작용한다.

탐구자료 살펴보기

촉매가 반응 속도에 미치는 영향

실험 과정 1. 눈금실린더 2개에 10% 과산화 수소수($\text{H}_2\text{O}_2(aq)$)를 10 mL씩 넣고 주방용 세제 2 mL를 각각 넣는다.
 2. 한 실린더에는 아무것도 넣지 않고, 다른 실린더에는 소량의 KI(s) 가루를 넣고 변화를 관찰한다.

실험 결과 • 소량의 KI(s)을 넣은 눈금실린더에서 비누 거품이 더 빠르게 생성되었다.

분석 point KI은 과산화 수소의 분해 반응을 빠르게 일어나게 하는 정촉매이다.

탐구자료 살펴보기 — 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

③ 촉매의 특징

- 촉매는 활성화 에너지의 크기를 변화시키므로 **정반응 속도와 역반응 속도를 모두 변화시킨다**.
- 촉매를 사용해도 활성화 에너지의 크기만 달라지고, 반응물과 생성물의 에너지는 달라지지 않는다. 따라서 촉매를 사용해도 **반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않는다**.

과학 돋보기 **암모니아(NH_3) 합성 과정에서 촉매의 역할**

암모니아의 합성 반응식은 다음과 같다.

$$\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}$$

암모니아를 합성할 때 정촉매를 사용하면 활성화 에너지의 크기가 작아지므로 반응 속도가 빨라지며, 정촉매를 사용하기 전보다 낮은 온도에서도 반응이 쉽게 진행된다. 이때 $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ 로 변화 없다.

수소 분자와 질소 분자가 촉매의 표면에 흡착한다.

촉매 표면에서 N_2 분자와 H_2 분자 내의 결합이 끊어지고 질소 원자와 수소 원자가 재결합하여 암모니아 분자를 생성한다. 이때 반응이 일어나는 데 필요한 활성화 에너지가 감소한다.

암모니아 분자가 촉매의 표면에서 떨어져 나온다.

과학 돋보기 — 암모니아(NH_3) 합성 과정에서 촉매의 역할

핵심 정리 촉매와 반응 엔탈피(ΔH): 촉매를 사용해도 화학 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않는다.

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

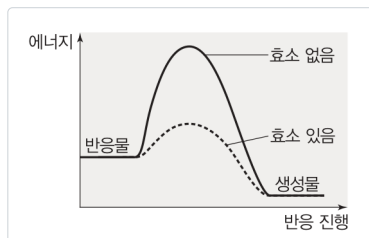
1. 촉매를 사용하면 화학 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 감소한다. ()
2. 촉매를 사용하면 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 달라진다. ()

4 생명 현상과 산업 현장에서 촉매의 이용

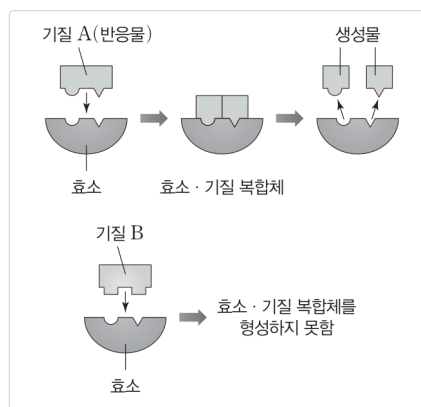
(1) 효소의 작용

① **효소**: 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응에서 **촉매 역할**을 하는 물질이다.

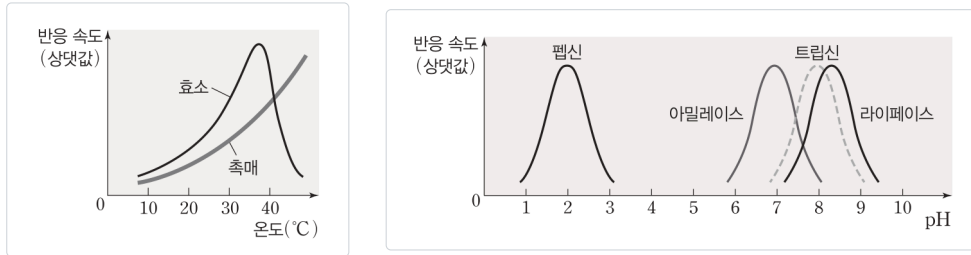
예 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$ 의 반응에서 효소는 정촉매와 마찬가지로 반응의 활성화 에너지의 크기를 감소시킨다. 효소가 활성화 에너지를 감소시키므로 반응 속도는 효소를 사용할 때가 효소를 사용하지 않을 때보다 빠르다.



② **효소의 기질 특이성**: 효소에는 특정 기질과 반응할 수 있는 **활성 부위**가 존재한다. 따라서 효소는 특정 기질과 반응하며, 다른 기질과는 반응하지 않는 **기질 특이성**이 있다.



③ **효소의 작용과 온도 및 pH:** 효소는 주로 단백질로 이루어져 있기 때문에 온도와 pH의 영향을 받는다. 효소는 백금과 같은 표면 촉매와는 달리 **최적 온도**와 **최적 pH**가 있다. 일반적으로 온도가 높아질수록 반응 속도가 증가하지만 효소가 작용하는 반응의 경우 최적 온도 이상으로 온도가 높아지면 효소가 파괴되어 반응 속도가 현저하게 감소한다. 또한 pH에 따라서도 효소의 활성 부위가 파괴될 수 있으므로 효소는 특정 pH에서 반응 속도가 최대가 된다.



④ **효소의 중요성:** 효소는 생체 내에서 일어나는 반응의 촉매 역할을 하므로 시간이 오래 걸리는 반응들의 반응 속도를 빠르게 하여 반응이 쉽게 일어날 수 있게 하는 역할을 한다.

과학 돋보기 효소와 온도

기질
효소

결합 기회 감소

온도를 10°C로 낮춤

최적 온도 37°C

온도를 50°C로 높임

결합 부위 영구 변화

일반적으로 온도가 높아질수록 반응 속도가 증가하지만, 효소가 작용하는 반응의 경우 온도가 너무 낮으면 기질과의 결합 기회가 감소하여 반응 속도가 느려지고 온도가 너무 높으면 효소가 파괴되어 반응 속도가 느려진다. 따라서 효소가 작용하는 최적 온도가 있다.

과학 돋보기 — 효소와 온도

핵심 정리 효소: 생물체 내에서 일어나는 화학 반응에서 촉매 작용을 하는 물질이다.

효소의 기질 특성: 효소는 특정 기질과 결합할 수 있는 활성 부위를 가지고 있다.

효소의 작용과 온도: 효소는 주로 단백질로 이루어져 있으므로 효소가 작용할 수 있는 최적 온도가 있다.

효소의 작용과 pH: 각각의 효소가 작용할 수 있는 최적 pH가 있다.

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

1. 생물체 내에서 일어나는 화학 반응의 촉매 역할을 하는 물질을 _____ 라고 한다.
2. 효소는 생물체 내에서 일어나는 화학 반응의 _____ 에너지를 변화시키는 역할을 한다.
3. 효소는 특정 기질에만 작용하며, 이를 _____ 이라고 한다.
4. 효소가 작용할 때 온도와 pH의 영향을 받는다. ()
5. 효소는 온도가 너무 높으면 구조가 변화되거나 파괴되어 촉매로 작용하지 않을 수 있다. ()

⑤ **효소의 이용**: 주로 식품에 이용하고 있으며 포도주, 치즈, 된장, 청국장, 식혜, 김치 등이 효소를 이용한 **발효 식품**의 예이다.

탐구자료 살펴보기
효소의 구조와 기능

목적 효소의 구조와 기능에 대한 열쇠·자물쇠 모형을 알아본다.

자료 그림은 효소의 기질 특이성에 대한 모형을 나타낸 것이다.

분석 point

- 효소는 열쇠, 기질은 자물쇠에 비유할 수 있다. 자물쇠는 특정 열쇠로만 열 수 있고 다른 열쇠로는 열리지 않으므로 효소의 특성을 설명할 수 있는 모형이다.
- 효소는 특정 기질과 반응할 수 있는 활성 부위가 존재하기 때문에 다른 기질과는 반응하지 않는다. 즉, 효소는 특정 기질과만 반응하는 기질 특이성을 갖는다.
- 기질 특이성을 갖는 효소는 다른 촉매에 비하여 활성화 에너지를 더 크게 감소시킬 수 있기 때문에 효율적으로 반응 속도를 빠르게 하는 역할을 한다.

탐구자료 살펴보기 — 효소의 구조와 기능

핵심 정리 효소의 열쇠·자물쇠 모형: 효소는 열쇠, 기질은 자물쇠에 비유하여 효소가 특정 기질과만 반응하는 기질 특이성을 설명한다.

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

1. 효소의 _____ 는 특정 기질과 반응하여 기질 특이성을 나타낸다.

2. 효소는 모든 온도에서 반응 속도를 빠르게 해 준다.

()

(2) 현대 산업과 촉매

촉매를 사용하면 활성화 에너지가 낮아지므로 낮은 온도에서 반응이 빠르게 일어날 수 있어서 산업에서 **제조 비용의 감소, 시간의 단축, 생산량 증가**의 측면에서 매우 유용하다.

① **효소의 산업적 이용**: 효소를 산업에 적용하여 효율적으로 이용할 수 있다.

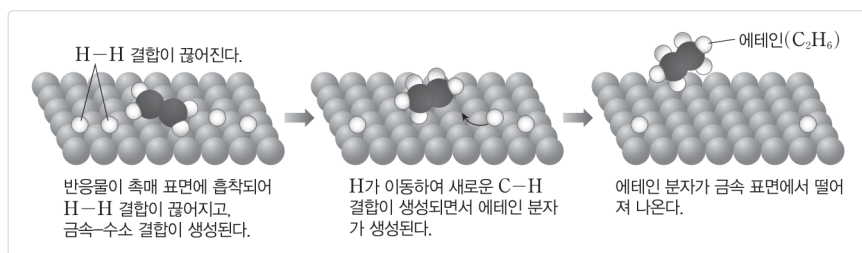
분류	효소의 이용	효소(주성분)
식품	녹말을 엿당으로 분해시킨다.	아밀레이스
	유지방을 지방산으로 분해시켜 치즈의 생성 속도를 빠르게 한다.	라이페이스
생활용품	세탁물의 때를 빠르게 분해시킬 수 있다. 콘택트렌즈에 남아 있는 단백질질을 빠르게 분해시킬 수 있다.	프로테이스, 라이페이스 등
의약품	소화 효소를 포함한 소화제를 복용하면 소화가 빨리 된다.	펩신, 아밀레이스, 프로테이스 등

② 표면 촉매

• 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 니켈(Ni)과 같은 다양한 금속이 포함된 **고체 상태의 촉매**로 암모니아의 합성, 탄소 사이의 2중 결합의 수소화 반응 등에 널리 사용되고 있다.

• 표면 촉매의 작용은 기체 또는 액체 상태의 반응물이 고체 상태의 촉매 표면에 **흡착**되어 일어난다.

예 에텐(C_2H_4)의 수소화 반응에서 표면 촉매의 작용



• 표면 촉매는 촉매로서의 활성이 높아서 널리 사용되지만, 불안정하고 부수적인 반응물에 대한 예측이 어려워서 폐기물의 문제가 나타나기도 한다.

③ 유기 촉매

• 반응을 조절하기 어려운 표면 촉매의 단점을 보완하고자 유기물 형태로 유기 촉매를 만들어 사용하고 있다.

• 유기 촉매는 반응의 **선택성이 높고**, 쉽게 분해될 수 있다.

예 의약품의 합성 과정에서 유기 촉매로 사용할 수 있는 프롤린($C_5H_9NO_2$)

④ 광촉매

• 빛에너지를 받을 때 촉매 작용을 일으키는 물질을 **광촉매**라고 한다.

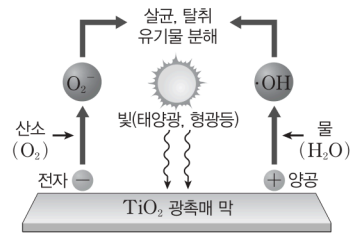
• 이산화 타이타늄(TiO_2)이 가장 널리 사용되며, TiO_2 은 빛에너지를 받으면 물을 수소와 산소로 분해하거나 유기물을 분해하는 특징을 나타낸다.

예 TiO_2 은 수소 연료 전지에 수소를 공급하는 장치나 공기 청정기, 타일, 벽지 등의 세균 번식을 막는 데 이용된다.

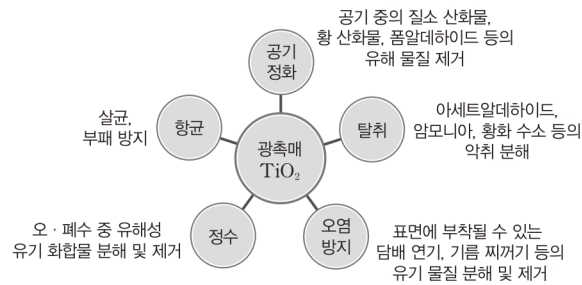
과학 돋보기

광촉매의 작용과 이용

- 광촉매인 TiO_2 에 빛에너지를 가하면 공기 중의 산소와 수분으로부터 에너지가 높은 활성화물이 만들어지고 이 물질들이 오염 물질을 분해하게 된다.



- 광촉매는 항균, 공기 정화, 탈취, 정수, 오염 방지 등에 활용할 수 있다.



과학 돋보기 — 광촉매의 작용과 이용

핵심 정리 표면 촉매: 금속이 포함된 고체 상태의 촉매

유기 촉매: 유기물로 이루어진 촉매

광촉매: 빛에너지를 받을 때 촉매 작용을 일으키는 물질

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

- 암모니아 합성에 촉매로 이용되는 철(Fe)은 _____ 촉매이다.
- 빛에너지를 받을 때 촉매 작용을 일으키는 물질을 _____ 라고 한다.

Part 2 · 기본문제

8문항 · 정답과 해설은 Part 4.

01 다음은 온도 T 에서 $X(g)$ 로부터 $Y(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 이 반응에서 촉매로 작용하는 $Z(s)$ 를 첨가했을 때 반응 속도가 증가한 것에 대한 학생들의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.)

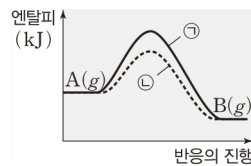
- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

02 다음은 온도 T 에서 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



표는 온도 T 에서 부피가 같은 2개의 강철 용기에 $A(g)$ 1 mol을 각각 넣고 반응시킨 실험 (가)와 (나)에 대한 자료이고, 그림은 반응의 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 (가)와 (나)를 순서 없이 나타낸 것이다.

실험	첨가한 촉매	초기 반응 속도 ($M \cdot s^{-1}$)
(가)	없음	v
(나)	$X(s)$	$3v$

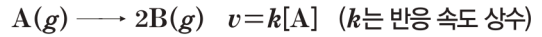


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 촉매의 첨가를 제외한 반응 조건은 동일하다.)

- ㉠. $\Delta H < 0$ 이다.
 ㉡. $X(s)$ 는 부촉매이다.
 ㉢. ㉠은 (나)이다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

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



표는 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 $A(g)$ 를 각각 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $A(g)$ 의 양(mol)을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 K와 T_2 K로 일정하다.

반응 시간	0	$2t$	$4t$
$A(g)$ 의 양(mol)	(가)	a	$\frac{a}{2}$
	(나)		$\frac{a}{8}$

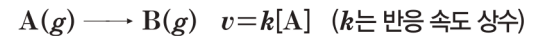
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

㉠. 보기

- ㉠. $T_2 > T_1$ 이다.
 ㉡. $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 (가)와 (나)에서 같다.
 ㉢. $4t$ 일 때 $B(g)$ 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{5}{2}$ 배이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

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



표는 온도 T 에서 4개의 강철 용기에 $A(g)$ 를 각각 넣고 반응시킨 실험 I~IV에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 정촉매, 부촉매, 없음을 순서 없이 나타낸 것이다.

실험	$A(g)$ 의 초기 농도(M)	첨가한 촉매	초기 반응 속도 (상댓값)
I	a	㉠	1
II	$2a$	㉡	1
III	a	㉢	x
IV	a	㉣	3

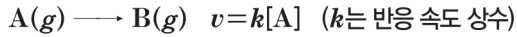
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 초기 농도와 촉매의 첨가를 제외한 반응 조건은 동일하다.)

㉠. 보기

- ㉠. ㉠은 정촉매이다. ㉡. $x > 1$ 이다.
 ㉢. 반응의 활성화 에너지는 III에서가 IV에서보다 크다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

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



표는 부피가 같은 4개의 강철 용기에 A(g) 1 mol을 각각 넣고 반응시킨 실험 (가)~(라)에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 정촉매와 부촉매를 순서 없이 나타낸 것이다.

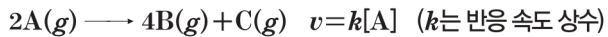
실험	온도(K)	첨가한 촉매	초기 반응 속도(상댓값)
(가)	T_1	없음	2
(나)	T_1	㉠	3
(다)	T_2	㉡	2
(라)	T_2	없음	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도와 촉매의 첨가를 제외한 반응 조건은 동일하다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ㉡은 정촉매이다.
 - ㄴ. $x < 2$ 이다.
 - ㄷ. $T_2 > T_1$ 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.



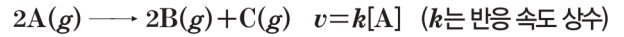
표는 부피가 같은 2개의 강철 용기에 물질의 종류와 양을 달리하여 넣고 반응시킨 실험 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하며, A(g)의 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서의 2배이다.

실험	반응 전 용기 속 기체		B의 양(mol) A의 양(mol)		
	종류	전체 양(mol)	$t=0$	$t=1 \text{ min}$	$t=2 \text{ min}$
(가)	A(g)	$4n$	0		2
(나)	A(g), B(g)	$3n$	x	$6x$	

$t=2 \text{ min}$ 일 때 $\frac{\text{(가)에서 전체 기체의 양(mol)}}{\text{(나)에서 전체 기체의 양(mol)}} \times x$ 는? (단, 역반응은 일어나지 않는다.)

- ① $\frac{1}{6}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{2}{3}$ ⑤ $\frac{3}{4}$

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



표는 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 같은 양(mol)의 A(g)를 각각 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 [A]를 나타낸 것이다. 반응이 진행되는 동안 (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하다.

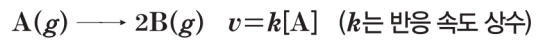
반응 시간		t	$2t$	$3t$
[A](M)	(가)	x	$\frac{1}{2}$	$\frac{x}{8}$
	(나)	2		y

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $y = \frac{1}{2}$ 이다.
 - ㄴ. A(g)의 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서보다 길다.
 - ㄷ. $2t$ 일 때, $\frac{\text{(가)에서 B(g)의 양(mol)}}{\text{(나)에서 C(g)의 양(mol)}} = \frac{7}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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



표는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)와 He(g)을 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 용기 속 [A]+[B]+[He]를 나타낸 것이다. 10 min일 때 [B]는 초기 상태 [A]와 같으며, 20 min과 30 min 사이의 특정 시점에 소량의 정촉매 X(s)를 첨가하였다.

반응 시간(min)	0	10	20	30
[A]+[B]+[He] (M)	5	a	$\frac{29}{4}$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T 로 일정하며, X(s)의 부피는 무시한다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $a = \frac{13}{2}$ 이다.
 - ㄴ. 20 min일 때 He(g)의 몰 분율은 $\frac{8}{29}$ 이다.
 - ㄷ. 30 min일 때, $\frac{\text{B(g)의 질량}}{\text{A(g)의 질량}} > 7$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 3 · 심화문제

8문항 · 정답과 해설은 Part 4. 각 문항의 접근 Point는 해설에 수록.

01 다음은 탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.



표는 1 g의 $\text{CaCO}_3(s)$ 을 충분한 양의 $\text{HCl}(aq)$ 과 반응시킬 때, 농도, 온도, 고체 반응물의 표면적이 반응 속도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험 I~V의 조건이다.

실험	I	II	III	IV	V
$\text{HCl}(aq)$ 75 mL의 몰 농도(M)	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
온도($^{\circ}\text{C}$)	10	25	25	25	10
$\text{CaCO}_3(s)$ 의 형태	굵은 알갱이	굵은 알갱이	고운 가루	고운 가루	굵은 알갱이

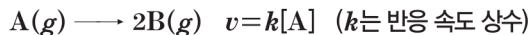
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 농도, 온도, 고체 반응물의 표면적 이외의 조건은 모두 동일하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 H_2 이다.
- ㄴ. 초기 반응 속도는 I에서가 II에서보다 빠르다.
- ㄷ. 고체 반응물의 표면적이 반응 속도에 미치는 영향을 알아보기 위한 2가지 실험으로 가장 적절한 것은 II와 III이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 $\text{A}(g)$ 로부터 $\text{B}(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 4개의 강철 용기에 $\text{A}(g)$ 를 각각 넣고 반응시킨 실험 I~IV에 대한 자료이다. ㉡과 ㉢은 정촉매와 부촉매를 순서 없이 나타낸 것이다.

실험	온도(K)	$\text{A}(g)$ 의 초기 농도(M)	첨가한 촉매	초기 반응 속도(상댓값)
I	T_1	a	없음	5
II	T_1	a	㉡	8
III	T_1	$2a$	없음	b
IV	T_2	$2a$	㉢	14

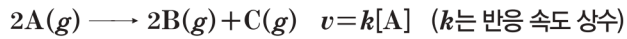
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도, 초기 농도, 촉매의 첨가를 제외한 반응 조건은 동일하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $b=10$ 이다.
- ㄴ. ㉡은 부촉매이다.
- ㄷ. $T_1 > T_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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



표는 온도 T에서 부피가 다른 3개의 강철 용기에 물질의 종류와 양을 달리하여 넣고 반응시킨 실험 (가)~(다)에 대한 자료이다. 온도 T에서 A(g)의 반감기는 t이다.

실험	용기의 부피(L)	반응 전 용기 속 기체			초기 반응 속도 (M·s ⁻¹)
		종류	A(g)의 몰 분율	혼합 기체의 전체 양(mol)	
(가)	4	A(g), B(g)	$\frac{4}{5}$	5	12x
(나)	2	A(g), B(g)	$\frac{5}{6}$	n	15x
(다)	V	A(g), C(g)	$\frac{1}{3}$	12	8x

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. n=4이다.
 ㄴ. V=5이다.
 ㄷ. (가)에서 반응 시간이 t일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

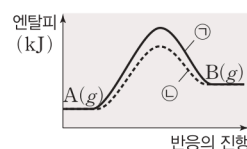
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



표는 온도 T에서 이 반응이 일어날 때 촉매를 사용하지 않은 경우 (가)와 촉매 X(s)를 첨가한 경우 (나)에서 활성화 에너지에 대한 자료이고, 그림은 반응의 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 (가)와 (나)를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	첨가한 촉매	정반응의 활성화 에너지(kJ/mol)	역반응의 활성화 에너지 정반응의 활성화 에너지
(가)	없음	a	b
(나)	X(s)	1.2a	



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\Delta H < 0$ 이다.
 ㄴ. $b < 1$ 이다.
 ㄷ. ㉠은 (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

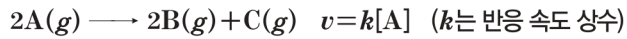
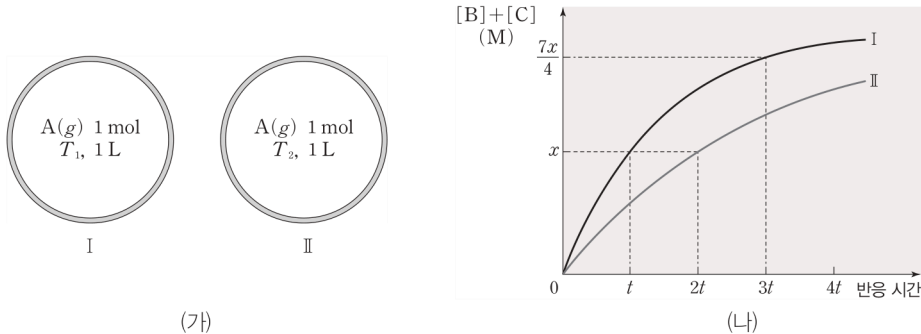


그림 (가)는 서로 다른 온도 T_1 와 T_2 에서 강철 용기 I과 II에 A(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 I과 II에서 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 [B]+[C]를 나타낸 것이다.



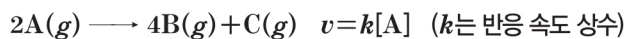
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, I과 II의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x = \frac{3}{2}$ 이다.
- ㄴ. $\frac{T_2 \text{에서 } A(g) \text{의 반감기}}{T_1 \text{에서 } A(g) \text{의 반감기}} = 2$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{II에서 } 4t \text{일 때 } [A]}{\text{I에서 } 3t \text{일 때 } [C]} = \frac{4}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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



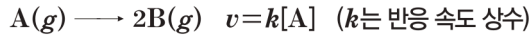
그림은 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 B(g)와 C(g)의 질량의 합을 나타낸 것이다. (가)에서 A(g)의 반감기는 t 이다.

반응 시간		0	t	$2t$
B(g)와 C(g)의 질량의 합 (g)	(가)		50	$\frac{127}{2}$
	(나)	$4w$	$\frac{35w}{2}$	

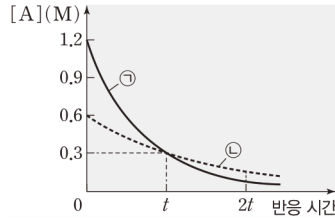
(나)에서 t 일 때 C(g)의 몰 분율은? (단, (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{9}{23}$ ③ $\frac{2}{5}$ ④ $\frac{5}{11}$ ⑤ $\frac{11}{19}$

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



그림은 온도 T_1 에서 V_1 L 강철 용기 (가)에 A(g) n mol을, 온도 T_2 에서 V_2 L 강철 용기 (나)에 A(g) $\frac{n}{2}$ mol을 넣은 후, (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 [A]를 나타낸 것이다. k 는 T_2 에서가 T_1 에서의 2배이며, ㉠과 ㉡은 (가)와 (나)를 순서 없이 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하다.)

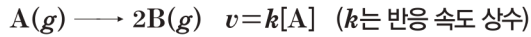


◀ 보기 ▶

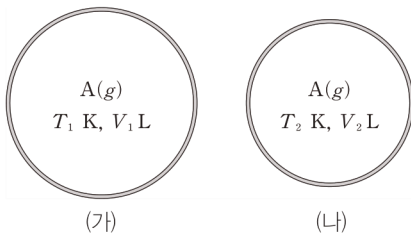
- ㄱ. A(g)의 반감기는 ㉠과 ㉡에서 같다. ㄴ. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4}$ 이다.
 ㄷ. $2t$ 일 때, $\frac{(\text{나}) \text{에서 } [A]}{(\text{가}) \text{에서 } [B]} = \frac{1}{12}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

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



그림은 서로 다른 온도에서 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 A(g)의 양(mol)을 나타낸 것이다. $2t$ 일 때 (가)와 (나)에서 [B]는 같고, $\frac{3t \text{일 때 (가)에서 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{일 때 (나)에서 A(g)의 부분 압력}} = \frac{4}{3}$ 이다.



반응 시간		0	t	$2t$	$3t$
A(g)의 양 (mol)	(가)	a	6	3	$\frac{3}{2}$
	(나)	18		a	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 K와 T_2 K로 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{T_2 \text{ K에서 } A(g) \text{의 반감기}}{T_1 \text{ K에서 } A(g) \text{의 반감기}} < 2$ 이다. ㄴ. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{8}{5}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{T_1}{T_2} = \frac{8}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. 증가, 빨라	2. 증가, 증가, 빨라	3. 증가, 증가, 빨라
B	1. 활성화, 빨라	2. ×	
C	1. ×	2. ○	3. 커, 짧아
D	1. 정촉매	2. 커	3. 정촉매, 부촉매
E	1. ×	2. ○	
F	1. 효소 5. ○	2. 활성화	3. 기질 특이성 4. ○
G	1. 활성 부위	2. ×	
H	1. 표면	2. 광촉매	

2 기본문제 해설

정답

01	③	02	①	03	④	04	②	05	②	06	④	07	③	08	⑤
----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---

01 정촉매의 작용

정촉매는 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 증가시키는 물질이다.

- Ⓐ. $Z(s)$ 는 반응 속도를 증가시키므로 정촉매로 작용한 것이다.
 ✕. 정촉매로 작용한 $Z(s)$ 는 $X(g) \rightarrow Y(g)$ 반응의 활성화 에너지를 감소시킨다.
 ㉠. 촉매를 사용해도 반응물과 생성물의 엔탈피는 달라지지 않으므로 반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않는다.

02 촉매와 반응 속도

정촉매는 반응 속도를 증가시키고, 부촉매는 반응 속도를 감소시킨다.

- ㉠. 반응물의 엔탈피보다 생성물의 엔탈피가 작으므로 $\Delta H < 0$ 인 발열 반응이다.
 ✕. 촉매를 넣지 않은 (가)에 비해 촉매를 넣은 (나)에서 반응 속도가 증가하였으므로 $X(s)$ 는 정촉매이다.
 ✕. $X(s)$ 는 정촉매로, $X(s)$ 를 넣었을 때가 넣지 않았을 때보다 활성화 에너지가 작으므로 활성화 에너지가 큰 ㉠이 (가)이고, 활성화 에너지가 작은 ㉡이 (나)이다.

03 온도와 반응 속도

A에 대한 1차 반응이므로 온도가 일정하면 반감기는 일정하다.

- ㉠. (가)에서 2t일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 A(g)의 반감기는 2t이다. (나)에서 4t일 때 A(g)의 양(mol)은 2t일 때 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, 2t~4t의 2t 동안 반감기가 2번 지난 것이므로 A(g)의 반감기는 t이다. 반감기는 T_2 K에서가 T_1 K에서보다 짧으므로 $T_2 > T_1$ 이다.
 ✕. 2t일 때 (가)와 (나)에서 [A]는 같지만, 온도가 달라서 반응 속도 상수가 다르므로 A(g)의 순간 반응 속도는 (가)와 (나)에서 같지 않다. A(g)의 반감기는 T_2 K에서가 T_1 K에서보다 짧으므로 반응 속도 상수는 T_2 K에서가 T_1 K에서보다 크다. 따라서 2t일 때 순간 반응 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 빠르다.
 ㉡. (가)에서 4t일 때는 초기 상태부터 반감기가 2번 지난 시점으로, 반응한 A(g)의 양이 $\frac{3a}{4}$ mol이므로 생성된 B(g)의 양은 $\frac{3a}{2}$ mol이다. (나)에서 초기 상태 A(g)의 양은 2t일 때 A(g)의 양의 4배로 2a mol이며, 4t일 때 반응한 A(g)의 양은 $\frac{15a}{8}$ mol이므로 생성된 B(g)의 양은 $\frac{15a}{4}$ mol이다. 따라서 4t일 때 B(g)의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{\frac{15a}{4}}{\frac{3a}{2}} = \frac{5}{2}$ 배이다.

04 반응 속도에 영향을 미치는 요인

- A(g)의 초기 농도는 $II > I$ 이고 초기 반응 속도는 $II = I$ 이므로 ㉠은 ㉠보다 반응 속도를 느리게 만드는 요인이다. A(g)의 초기 농도는 $IV = I$ 이고 초기 반응 속도는 $IV > I$ 이므로 ㉡은 ㉠보다 반응 속도를 빠르게 만드는 요인이다. 따라서 ㉠은 없음, ㉡은 부촉매, ㉢은 정촉매이다.
 ✕. ㉠은 없음이다.
 ✕. A(g)의 초기 농도가 같은 I과 III 중 부촉매를 넣은 III이 촉매를 넣지 않은 I보다 초기 반응 속도가 느리므로 $x < 1$ 이다.
 ㉢. 반응의 활성화 에너지는 부촉매를 넣은 III에서가 정촉매를 넣은 IV에서보다 크다.

05 반응 속도에 영향을 미치는 요인

- 정촉매를 넣으면 넣지 않았을 때보다 반응 속도가 빠르고, 부촉매를 넣으면 넣지 않았을 때보다 반응 속도가 느리다.
 ✕. (가)와 (나)는 온도가 같으며, 초기 반응 속도는 ㉠을 넣은 (나)가 넣지 않은 (가)보다 빠르므로 ㉠은 정촉매이다. 따라서 ㉡은 부촉매이다.
 ✕. 온도가 같은 (다)와 (라) 중 촉매를 넣지 않은 (라)가 부촉매(㉢)를 넣은 (다)보다 초기 반응 속도가 빠르므로 $x > 2$ 이다.
 ㉢. 촉매를 넣지 않은 (가)와 (라) 중 초기 반응 속도가 빠른 (라)가 (가)보다 온도가 높으므로 $T_2 > T_1$ 이다.

06 온도와 반응 속도

- (가)에서 0~2 min 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $t=2$ min일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(4n-m)$ mol, 2m mol이고 $\frac{B의 양(mol)}{A의 양(mol)} = \frac{2m}{4n-m} = 2$ 에서 $m=2n$ 이며, $t=2$ min일 때 A(g)의 양(2n mol)은 초기 상태 A(g)의 양(4n mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 T_1 에서 A(g)의 반감기는 2 min이다. (나)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양을 각각 an mol, xan mol이라고 하면 $a+xa=3$ 이며, T_2 에서 반감기가 1 min

이므로 $t=1$ min일 때 $A(g)$ 의 양은 $\frac{an}{2}$ mol, $B(g)$ 의 양은 $(xan+an)$ mol $= 3n$ mol이고, $\frac{B\text{의 양(mol)}}{A\text{의 양(mol)}} = \frac{3n}{\frac{an}{2}}$
 $= \frac{6}{a} = 6x$ 에서 $xa=1$ 이며, $a+xa=3$ 에서 $a=2$, $x=\frac{1}{2}$ 이다.
 $t=2$ min일 때 (가)에서는 반감기가 1번 지난 시점으로 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $4n$ mol, n mol이고, 전체 기체의 양은 $7n$ mol이며, (나)에서는 반감기가 2번 지난 시점으로 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 $\frac{n}{2}$ mol, $(n+3n)$ mol $= 4n$ mol, $\frac{3n}{4}$ mol이고, 전체 기체의 양은 $\frac{21n}{4}$ mol이다. 따라서 $t=2$ min일 때 $\frac{(가)에서\ 전체\ 기체의\ 양(mol)}{(나)에서\ 전체\ 기체의\ 양(mol)} \times x = \frac{7n}{\frac{21n}{4}} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3}$ 이다.

07 온도와 반응 속도

(가)에서 $t \sim 3t$ 의 $2t$ 동안 $[A]$ 가 x M에서 $\frac{x}{8}$ M로 $\frac{1}{8}$ 배가 되므로 (가)에서 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{2t}{3}$ 이며, 초기 상태 $[A]$ 는 $2t$ 일 때 $[A]$ 의 8배인 4 M이다. (나)에서 초기 상태 $[A]$ 는 (가)에서와 같은 4 M이며, t 일 때 $[A]$ 는 2 M로 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 (나)에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

㉠. (나)에서 반감기는 t 이므로 $y = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄨ. $A(g)$ 의 반감기는 T_1 에서 $\frac{2t}{3}$, T_2 에서 t 로 T_1 에서 T_2 에 서보다 짧다.

㉡. 초기 상태 $[A]$ 는 (가)와 (나)에서 4 M로 같고, $2t$ 일 때 $[A]$ 는 (가)와 (나)에서 각각 $\frac{1}{2}$ M, 1 M이다. $2t$ 일 때, (가)에서 $[B] = \frac{7}{2}$ M, (나)에서 $[C] = \frac{3}{2}$ M이며, (가)와 (나)의 부피가 같으므로 $\frac{(가)에서\ B(g)\text{의 양(mol)}}{(나)에서\ C(g)\text{의 양(mol)}} = \frac{(가)에서\ [B]}{(나)에서\ [C]} = \frac{7}{3}$ 이다.

08 촉매와 반응 속도

반응이 일어나도 $[He]$ 는 일정하며, 반응이 일어남에 따라 $[A]$ 의 감소량의 2배에 해당하는 $[B]$ 의 증가량이 있으므로 전체 농도 $([A]+[B]+[He])$ 는 $[A]$ 의 감소량만큼 증가한다.

㉠. 10 min일 때 $[B]$ 가 초기 상태 $[A]$ 와 같으므로 $0 \sim 10$ min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)은 초기 상태 $A(g)$ 의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배로, 이 반응의 반감기는 10 min이다. $0 \sim 20$ min 동안 $([A]+[B]+[He])$ 의 증가량은 $\frac{29}{4}$ M $- 5$ M $= \frac{9}{4}$ M로, 첫 번째 반감기인 $0 \sim 10$ min 동안 $\frac{6}{4}$ M 증가하고, 두 번째 반감기인

$10 \sim 20$ min 동안 $\frac{3}{4}$ M 증가한 것이므로 $a = 5 + \frac{6}{4} = \frac{13}{2}$ 이다.

㉡. $0 \sim 10$ min 동안 $[A]$ 의 감소량(전체 농도의 증가량)은 $\frac{3}{2}$ M이므로 초기 상태에서 $[A] = 3$ M, $[He] = 2$ M이다. 반감기가 2번 지난 20 min일 때 $[He]$, $[A]$, $[B]$ 는 각각 2 M, $\frac{3}{4}$ M, $\frac{9}{2}$ M이

므로 $He(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{2 + \frac{3}{4} + \frac{9}{2}} = \frac{8}{29}$ 이다.

㉢. 정촉매 $X(s)$ 를 넣지 않았다면 반감기가 3번 지난 30 min일 때 $A(g)$ 의 질량은 $\frac{\text{초기 상태 } A(g)\text{의 질량}}{8}$, $B(g)$ 의 질량은 $\frac{7 \times \text{초기 상태 } A(g)\text{의 질량}}{8}$ 이며, $\frac{B(g)\text{의 질량}}{A(g)\text{의 질량}} = 7$ 이다. 정촉매를 넣어 반응이 빨라지면 남아 있는 $A(g)$ 의 질량은 더 작고, 생성된 $B(g)$ 의 질량은 더 크므로 $\frac{B(g)\text{의 질량}}{A(g)\text{의 질량}} > 7$ 이다.

3 심화문제 해설

정답

01	②	02	①	03	②	04	②	05	④	06	②	07	⑤	08	②
----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---

심화 01번

접근 Point $\text{CaCO}_3(s)$ 이 고운 가루일 때가 굵은 알갱이일 때보다 표면적이 넓다.

01 반응 속도에 영향을 미치는 요인

$\text{CaCO}_3(s)$ 이 고운 가루일 때가 굵은 알갱이일 때보다 표면적이 넓다.

✕. ①은 CO_2 이다.

✕. 온도가 높아지면 반응 속도가 빨라지므로 초기 반응 속도는 II에서가 I에서보다 빠르다.

○. $\text{HCl}(aq)$ 의 농도와 온도는 같고, $\text{CaCO}_3(s)$ 의 표면적만 달리하여 반응시킨 실험 II와 III을 비교하면 고체 반응물의 표면적이 반응 속도에 미치는 영향을 파악할 수 있다.

심화 02번

접근 Point 온도가 같고, 촉매를 첨가하지 않은 실험 I과 III에서 반응 속도 상수는 같다.

02 반응 속도에 영향을 미치는 요인

온도와 반응물의 초기 농도가 같은 경우 정촉매를 넣으면 촉매를 넣지 않을 때보다 초기 반응 속도가 빠르다.

○. 반응 속도 상수 k 는 I과 III에서 같고, $A(g)$ 의 초기 농도는 III에서가 I에서의 2배이므로 초기 반응 속도는 III에서가 I에서의 2배이다. 따라서 $b=10$ 이다.

✕. 온도와 $A(g)$ 의 초기 농도가 같은 I과 II 중 촉매를 넣지 않은 I보다 ①을 넣은 II에서 초기 반응 속도가 빠르므로 ①은 정촉매이다.

✕. $A(g)$ 의 초기 농도가 같은 III과 IV 중 부촉매(㉠)를 넣은 IV가 촉매를 넣지 않은 III보다 초기 반응 속도가 빠르므로 IV의 온도는 III의 온도보다 높다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

심화 03번

접근 Point 초기 반응 속도는 초기 상태 [A]에 비례한다.

03 농도와 반응 속도

초기 반응 속도는 초기 상태 [A]에 비례하므로 초기 상태 [A]

$$\text{의 비는 (가) : (나) : (다)} = \frac{5 \times \frac{4}{5}}{4} : \frac{n \times \frac{5}{6}}{2} : \frac{12 \times \frac{1}{3}}{V}$$

$$= 1 : \frac{5n}{12} : \frac{4}{V} = 12 : 15 : 8 \text{에서 } n=3, V=6 \text{이다.}$$

✕. $n=3$ 이다.

✕. $V=6$ 이다.

○. (가)에서 초기 상태 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 4 mol, 1 mol이므로 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 2 mol, 3 mol(=1 mol+2 mol), 1 mol이며, $B(g)$ 의 몰분율은 $\frac{3}{2+3+1} = \frac{1}{2}$ 이다.

심화 04번

접근 Point 촉매 X(s)를 넣은 (나)에서가 촉매를 넣지 않은 (가)에서보다 활성화 에너지가 크다.

04 촉매와 활성화 에너지

촉매 X(s)를 넣은 (나)에서가 촉매를 넣지 않은 (가)에서보다 활성화 에너지가 크므로 X(s)는 부촉매이다.

✕. 생성물의 엔탈피가 반응물의 엔탈피보다 크므로 $\Delta H > 0$ 이다.

○. 흡열 반응에서 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크므로 $b < 1$ 이다.

✕. ①에서가 ②에서보다 활성화 에너지가 크므로 ①은 부촉매 X(s)를 넣은 (나)이다.

심화 05번

접근 Point 반응에서 [B]의 증가량은 [A]의 감소량과 같고, [C]의 증가량은 $\frac{[A] \text{의 감소량}}{2}$ 과 같다.

05 온도와 반응 속도

I과 II에서 초기 상태 [A]는 1 M로 같다. 반응에서 [B]의 증가량은 [A]의 감소량과 같고, [C]의 증가량은 $\frac{[A] \text{의 감소량}}{2}$

과 같으므로 ([B]+[C])의 증가량은 $\frac{3 \times [A] \text{의 감소량}}{2}$ 으로,

([B]+[C])의 증가량과 [A]의 감소량은 서로 비례한다.

✕. I에서 $t \sim 3t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량 $\left(\frac{7x}{4} \text{ M} - x \text{ M} = \frac{3x}{4} \text{ M} \right)$ 은 $0 \sim t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량($x \text{ M}$)의 $\frac{3}{4}$ (= $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$)배로, $t \sim 2t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량은 $\frac{x}{2} \text{ M}$ 이고, $2t \sim 3t$ 동안

([B]+[C])의 증가량은 $\frac{x}{4} \text{ M}$ 이다. 따라서 [A]가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데

걸리는 시간은 t 로 일정하며, T_1 에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

I에서 t 일 때 [A]~[C]는 각각 $\frac{1}{2} \text{ M}$, $\frac{1}{2} \text{ M}$, $\frac{1}{4} \text{ M}$ 이고, $x = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$ 이다.

○. I에서 t 일 때와 II에서 $2t$ 일 때 ([B]+[C])가 같으므로 II에서 $2t$ 일 때 [A]는 $\frac{1}{2} \text{ M}$ 이다. 따라서 T_2 에서 $A(g)$ 의 반감기는 $2t$

이며, $\frac{T_2 \text{에서 } A(g) \text{의 반감기}}{T_1 \text{에서 } A(g) \text{의 반감기}} = \frac{2t}{t} = 2$ 이다.

○. I에서 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 [A]는 $\frac{1}{8} \text{ M}$, [C]는 $\frac{1}{2} \times \left(1 - \frac{1}{8} \right) \text{ M} = \frac{7}{16} \text{ M}$ 이며, II에서 반감기가 2번 지난 $4t$ 일 때

[A]는 $\frac{1}{4} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{II에서 } 4t \text{일 때 } [A]}{\text{I에서 } 3t \text{일 때 } [C]} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{7}{16}} = \frac{4}{7}$ 이다.

심화 06번

접근 Point 전체 질량이 일정하므로 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량은 A(g)의 질량의 감소량과 같다.

06 온도와 반응 속도

전체 질량이 일정하므로 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량은 A(g)의 질량의 감소량과 같다. A(g)의 반감기가 t 인 (가)에서 $t \sim 2t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량 ($\frac{127}{2} \text{ g} - 50 \text{ g} = \frac{27}{2} \text{ g}$)은 $0 \sim t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 (가)에서 $0 \sim t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량은 27 g 이고, 초기 상태 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)은 $23 \text{ g}(=50 \text{ g} - 27 \text{ g})$ 이다.

(가)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 질량은 각각 $54 \text{ g}(=77 \text{ g} - 23 \text{ g})$, 23 g 이고, A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같으므로 A와 B의 분자량비는 질량비와 같은 $54 : 23$ 이며, $2\text{A(g)} \longrightarrow 4\text{B(g)} + \text{C(g)}$ 에서 ($2 \times \text{A의 분자량} = 4 \times \text{B의 분자량} + \text{C의 분자량}$)이므로 A~C의 분자량비는 $\text{A} : \text{B} : \text{C} = 54 : 23 : 16$ 이다.

(나)에서 초기 상태 A(g)의 질량은 $18w \text{ g}(=22w \text{ g} - 4w \text{ g})$ 이고, t 일 때 A(g)의 질량은 $\frac{9w}{2} \text{ g}(=22w \text{ g} - \frac{35w}{2} \text{ g})$ 이다.

A(g)의 질량은 t 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 t 는 반감기가 2번 지나는 시간이며, (나)에서 A(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

(나)에서 초기 상태 A(g)와 C(g)의 질량이 각각 $18w \text{ g}$, $4w \text{ g}$ 이므로 A(g)와 C(g)의 몰비는 $\frac{18w}{54} : \frac{4w}{16} = 4 : 3$ 이며, 초기 상태 A(g)와 C(g)의 양을 각각 $4m \text{ mol}$, $3m \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 2번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $m \text{ mol}$, $6m \text{ mol}$, $(3m + \frac{3m}{2}) \text{ mol} = \frac{9m}{2} \text{ mol}$ 이고, C(g)의 몰 분율

$$= \frac{\frac{9m}{2}}{m + 6m + \frac{9m}{2}} = \frac{9}{23} \text{ 이다.}$$

심화 07번

접근 Point t 일 때 반응물의 농도는 ㉠에서는 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 배이고, ㉡에서는 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

07 온도와 반응 속도

순간 반응 속도는 시간·농도 그래프에서 특정 시간에서의 접선의 기울기(절댓값)에 해당한다.

✕. t 일 때 반응물의 농도가 ㉠에서는 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 배이고, ㉡

에서는 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 A(g)의 반감기는 ㉠과 ㉡

에서 각각 $\frac{t}{2}$, t 이다.

㉠. t 일 때 ㉠과 ㉡에서 [A]가 같고, 순간 반응 속도가 ㉠>㉡이므로 반응 속도 상수는 ㉠>㉡이다. 따라서 ㉠은 온도 T_2 의 (나)이고, ㉡은 온도 T_1 의 (가)이며, (가)(㉡)와 (나)(㉠)의 초기 농도가

각각 0.6 M , 1.2 M 이므로 $\frac{n}{V_1} : \frac{n}{V_2} = 1 : 2$ 에서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉢. $2t$ 일 때, (가)(㉡)에서 [B]는 0.9 M , (나)(㉠)에서 [A]는 $\frac{0.3}{4}$

M이므로 $\frac{(\text{나})에서 [A]}{(\text{가})에서 [B]} = \frac{1}{12}$ 이다.

심화 08번

접근 Point (가)에서 $2t$ 일 때 A(g)의 양(mol)은 t 일 때 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

08 온도와 반응 속도

(가)에서 $2t$ 일 때 A(g)의 양(3 mol)은 t 일 때 A(g)의 양(6 mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $T_1 \text{ K}$ 에서 A(g)의 반감기는 t 이며, 초기 상태 A(g)의 양은 12 mol 이다. (나)에서 초기 상태 A(g)의 양은 18 mol 이고, $2t$ 일 때 A(g)의 양은 12 mol 이므로 $T_2 \text{ K}$ 일 때 A(g)의 반감기는 $2t$ 보다 길다.

✕. $\frac{T_2 \text{ K에서 A(g)의 반감기}}{T_1 \text{ K에서 A(g)의 반감기}} > 2$ 이다.

✕. $2t$ 일 때 B(g)의 양은 (가)에서 $2 \times (12 - 3) \text{ mol} = 18 \text{ mol}$, (나)에서 $2 \times (18 - 12) \text{ mol} = 12 \text{ mol}$ 이며, (가)와 (나)에서 [B]가 같으므로 $\frac{18}{V_1} = \frac{12}{V_2}$ 에서 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉢. $2t$ 일 때 (나)에서 A(g)의 양은 12 mol 이고, $3t$ 일 때 (가)에서 B(g)의 양은 $2 \times (12 - \frac{3}{2}) \text{ mol} = 21 \text{ mol}$ 이며, $PV = nRT$

이므로 $\frac{3t \text{일 때 (가)에서 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{일 때 (나)에서 A(g)의 부분 압력}} = \frac{\frac{21T_1}{V_1}}{\frac{12T_2}{V_2}} = \frac{7T_1}{6T_2}$

$= \frac{4}{3}$ 에서 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{8}{7}$ 이다.