

수능완성

과학탐구영역 화학Ⅱ

CONTENTS

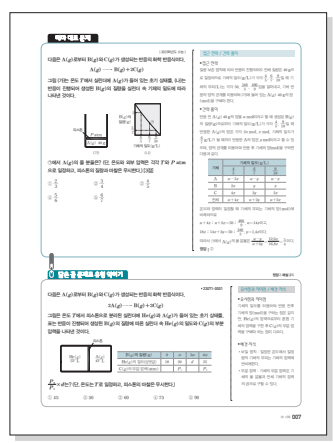
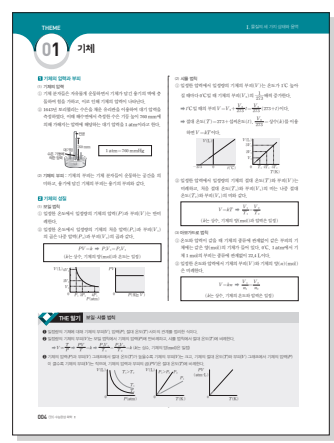
테마	제목	페이지
01	기체	004
02	액체와 고체	014
03	용액의 농도	022
04	묽은 용액의 성질	030
05	엔탈피와 열화학 반응식	038
06	결합 에너지와 헤스 법칙	045
07	화학 평형과 평형 상수	054
08	화학 평형 이동	061
09	상평형	070
10	산 염기 평형	076
11	반응 속도	085
12	반응 속도에 영향을 미치는 요인	095
13	화학 전지와 전기 분해	105
14	수소 연료 전지의 활용	114
	실전 모의고사 1회	120
	실전 모의고사 2회	125
	실전 모의고사 3회	130
	실전 모의고사 4회	135
	실전 모의고사 5회	140

이 책의 구성과 특징

STRUCTURE

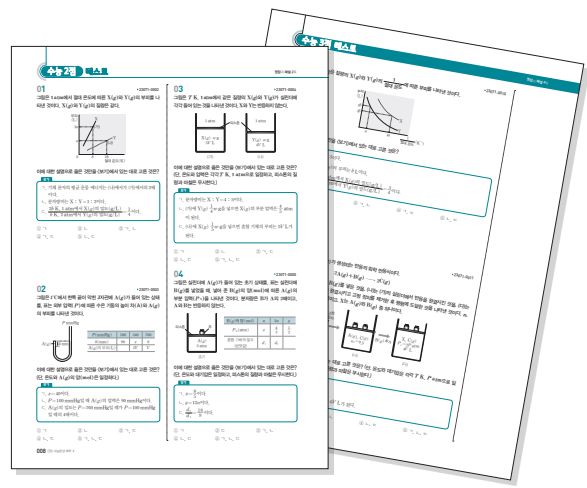
테마별 교과 내용 정리

교과서의 주요 내용을 핵심만 일목요연하게 정리하고, 하단에 THE 알기를 수록하여 심층적인 이해를 도모하였습니다.



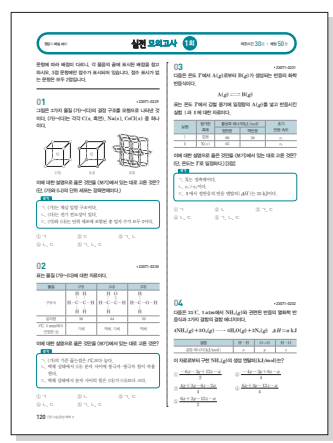
테마 대표문제

기출문제, 접근 전략, 간략 풀이를 통해 대표 유형을 익힐 수 있고, 함께 실린 닳은 꼴 문제를 스스로 풀며 유형에 대한 적응력을 기를 수 있습니다.



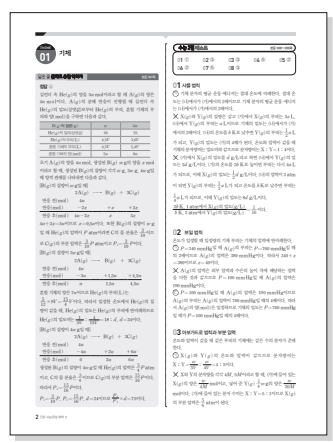
수능 2점 테스트와 수능 3점 테스트

수능 출제 경향 분석에 근거하여 개발한 다양한 유형의 문제들을 수록하였습니다.



실전 모의고사 5회분

실제 수능과 동일한 배점과 난이도의 모의고사를 풀어봄으로써 수능에 대비할 수 있도록 하였습니다.



정답과 해설

정답의 도출 과정과 교과의 내용을 연결하여 설명하고, 오답을 찾아 분석함으로써 유사 문제 및 응용 문제에 대한 대비가 가능하도록 하였습니다.

학생 > EBS 교재 문제 검색

EBS 단추에서 문항코드를 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

23071-0001

[23071-0001]

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

[23071-0001]
1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

▶

※ EBS의 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.
※ 사진 검색은 EBS의 교고강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.

교사 > 교사지원센터 교재 자료실

교재 문항 한글 문제(HWP)와 교재의 이미지 파일을 무료로 제공합니다.

교재 자료실

한글다운로드

교재이미지 활용용

강의활용자료

※ 교사지원센터(<http://teacher.ebsi.co.kr>) 접속 후 '교사인증'을 통해 이용 가능

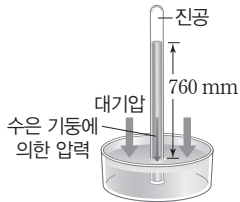
01

기체

1 기체의 압력과 부피

(1) 기체의 압력

- ① 기체 분자들은 자유롭게 운동하면서 기체가 담긴 용기의 벽에 충돌하여 힘을 가하고, 이로 인해 기체의 압력이 나타난다.
- ② 1643년 토리첼리는 수은을 채운 유리관을 이용하여 대기 압력을 측정하였다. 이때 해수면에서 측정한 수은 기둥 높이 760 mm에 의해 가해지는 압력에 해당하는 대기 압력을 1 atm이라고 한다.



$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

- (2) 기체의 부피 : 기체의 부피는 기체 분자들이 운동하는 공간을 의미하고, 용기에 담긴 기체의 부피는 용기의 부피와 같다.

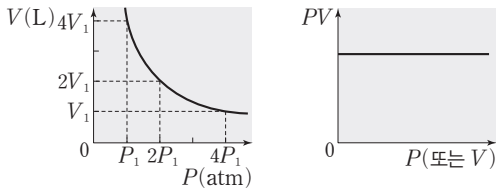
2 기체의 성질

(1) 보일 법칙

- ① 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력(P)과 부피(V)는 반비례한다.
- ② 일정한 온도에서 일정량의 기체의 처음 압력(P₁)과 부피(V₁)의 곱은 나중 압력(P₂)과 부피(V₂)의 곱과 같다.

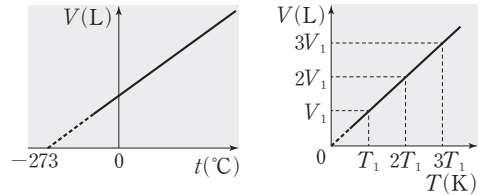
$$PV = k \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$$

(k는 상수, 기체의 양(mol)과 온도는 일정)



(2) 샤를 법칙

- ① 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피(V)는 온도가 1°C 높아질 때마다 0°C일 때 기체의 부피(V₀)의 $\frac{1}{273}$ 배씩 증가한다.
- t°C일 때의 부피 $V = V_0 + \frac{V_0}{273}t = \frac{V_0}{273}(273+t)$ 이다.
- 절대 온도(T) = 273 + 섭씨온도(t), $\frac{V_0}{273} = \text{상수}(k)$ 를 이용하면 $V = kT$ 이다.



- ② 일정한 압력에서 일정량의 기체의 절대 온도(T)와 부피(V)는 비례하고, 처음 절대 온도(T₁)와 부피(V₁)의 비는 나중 절대 온도(T₂)와 부피(V₂)의 비와 같다.

$$V = kT \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(k는 상수, 기체의 양(mol)과 압력은 일정)

(3) 아보가드로 법칙

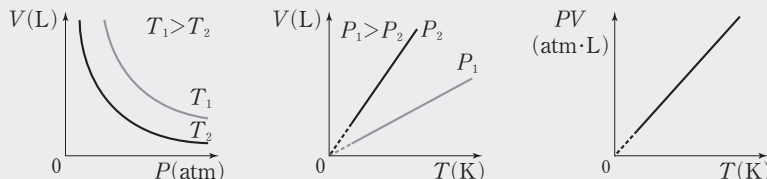
- ① 온도와 압력이 같을 때 기체의 종류에 관계없이 같은 부피의 기체에는 같은 양(mol)의 기체가 들어 있다. 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 종류에 관계없이 22.4 L이다.
- ② 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피(V)와 기체의 양(n)(mol)은 비례한다.

$$V = kn \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

(k는 상수, 기체의 온도와 압력은 일정)

THE 알기 보일·샤를 법칙

- ① 일정량의 기체에 대해 기체의 부피(V), 압력(P), 절대 온도(T) 사이의 관계를 정리한 식이다.
- ② 일정량의 기체의 부피(V)는 보일 법칙에서 기체의 압력(P)에 반비례하고, 샤를 법칙에서 절대 온도(T)에 비례한다.
- $V \propto \frac{T}{P} \Rightarrow \frac{PV}{T} = k \Rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = k$ (k는 상수, 기체의 양(mol)은 일정)
- ③ 기체의 압력(P)과 부피(V) 그래프에서 절대 온도(T)가 높을수록 기체의 부피(V)는 크고, 기체의 절대 온도(T)와 부피(V) 그래프에서 기체의 압력(P)이 클수록 기체의 부피(V)는 작으며, 기체의 압력과 부피의 곱(PV)은 절대 온도(T)에 비례한다.



(4) 기체 분자 운동론

- ① 기체는 끊임없이 불규칙한 직선 운동을 한다.
 - ② 기체 분자 사이에는 인력이나 반발력이 작용하지 않는다.
 - ③ 기체 분자 자체의 부피는 기체가 차지하는 전체 부피에 비해 매우 작으므로 무시한다.
 - ④ 기체 분자는 완전 탄성체로 가정하므로 분자 간의 충돌이나 벽면과의 충돌로 인한 에너지 손실이 없다.
 - ⑤ 기체 분자의 평균 운동 에너지(E_k)는 절대 온도(T)에 비례한다. $E_k \propto T$
- (5) 기체 분자 운동론과 보일 법칙, 샤를 법칙, 아보가드로 법칙
- ① 보일 법칙 : 일정한 온도에서 일정량의 기체가 담긴 실린더의 부피를 감소시키면, 기체 분자들이 일정 시간 동안 실린더 단위 면적에 충돌하는 횟수가 증가하므로 기체의 압력이 커진다.
 - ② 샤를 법칙 : 일정한 외부 압력에서 일정량의 기체가 담긴 실린더를 가열하면, 기체 분자의 운동 속력이 빨라져서 기체 분자들이 일정 시간 동안 실린더 단위 면적에 충돌하는 횟수와 충돌하는 세기가 증가하므로 기체의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 부피가 증가한다.
 - ③ 아보가드로 법칙 : 일정한 온도와 외부 압력에서 일정량의 기체가 담긴 실린더에 기체를 더 넣으면, 일정 시간 동안 실린더 단위 면적에 충돌하는 기체 분자 수가 많아져서 기체의 압력이 커지므로 기체의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 부피가 증가한다.

3 이상 기체 방정식

(1) 이상 기체 방정식

- ① 보일 법칙, 샤를 법칙, 아보가드로 법칙을 이용하여 기체의 부피(V), 압력(P), 절대 온도(T), 양(n)(mol)의 관계를 나타낸 식이다.

• 보일 법칙 : $V \propto \frac{1}{P}$ • 샤를 법칙 : $V \propto T$
 • 아보가드로 법칙 : $V \propto n$
 ➔ 이상 기체 방정식 : $PV = nRT$ (R : 기체 상수)

- ② 기체 상수(R)는 0°C , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L라는 것을 이용하여 구할 수 있다.

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

- (2) 이상 기체 : 이상 기체 방정식을 만족하는 가상의 기체이다. 이상 기체는 분자 자체의 부피가 없고 분자 사이에 인력이나 반발력이 작용하지 않으며, 분자 간 충돌이나 벽면과의 충돌로 인한 에너지 손실이 없다.

(3) 기체의 분자량 측정

- ① 이상 기체 방정식을 이용하여 기체의 분자량을 구할 수 있다.
- ② 어떤 기체의 질량을 w , 분자량을 M 이라고 하면 기체의 양(mol) $n = \frac{w}{M}$ 이므로 이상 기체 방정식을 다음과 같이 변형하여 분자량을 구할 수 있다.

$$n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{w}{M} = \frac{PV}{RT} \Rightarrow M = \frac{wRT}{PV}$$

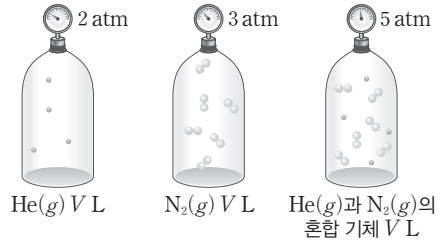
- ③ 기체의 밀도 $d = \frac{w}{V}$ 이므로 이상 기체 방정식을 다음과 같이 밀도가 포함된 식으로 변형할 수 있다.

$$M = \frac{wRT}{PV} \Rightarrow M = \frac{dRT}{P}$$

4 혼합 기체와 부분 압력

(1) 부분 압력 법칙

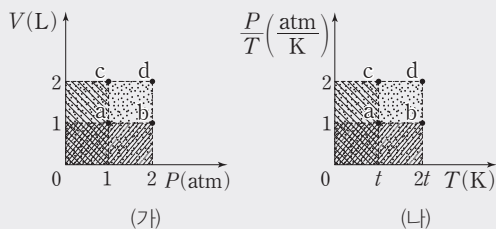
- ① 용기에 서로 반응하지 않는 2가지 이상의 기체가 혼합되어 있을 때 각 성분 기체가 나타내는 압력을 각 성분 기체의 부분 압력(분압)이라고 하고, 혼합된 각 기체의 부분 압력의 합을 전체 압력이라고 한다.



THE 알기 이상 기체 방정식과 그래프

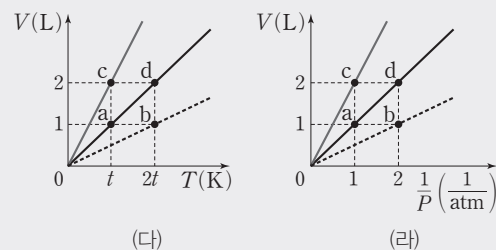
일정량의 기체의 성질을 나타낸 그래프 (가)~(라)에서 a~d 지점에 해당하는 기체의 압력(P)과 온도(T)는 다음과 같은 관계를 갖는다.

- ① (가)에서 면적은 PV 를 의미하고 $PV \propto T$ 이므로 $T_d > T_b = T_c > T_a$ 이다.
- ② (나)에서 면적은 $P(-T \times \frac{P}{T})$ 를 의미하므로 $P_d > P_b = P_c > P_a$ 이다.



- ③ (다)에서 기울기는 $\frac{V}{T}$ 를 의미하고 $\frac{V}{T} \propto \frac{1}{P}$ 이므로 $\frac{1}{P_c} > \frac{1}{P_a} = \frac{1}{P_d} > \frac{1}{P_b} \Rightarrow P_b > P_a = P_d > P_c$ 이다.

- ④ (라)에서 기울기는 PV 를 의미하고 $PV \propto T$ 이므로 $T_c > T_a = T_d > T_b$ 이다.



② 부분 압력 법칙 : 혼합 기체의 전체 압력은 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다.

- 온도 T 에서 부피가 V 인 용기에 양(mol)이 각각 n_A, n_B 인 기체 A와 B를 넣었을 때, 기체 A와 B가 나타내는 부분 압력을 각각 P_A, P_B 라고 하면 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}, P_B = \frac{n_B RT}{V}$$

- 용기 속 혼합 기체의 전체 압력(P_T)은 기체의 전체 양($n_A + n_B$)에 비례하고, 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다.

$$P_T = (n_A + n_B) \frac{RT}{V} = P_A + P_B$$

(2) 몰 분율과 부분 압력

① 몰 분율 : 혼합 기체에서 각 성분 기체가 차지하는 양(mol)의 비율이다.

$$A \text{의 몰 분율}(X_A) = \frac{A \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

(n_A 는 기체 A의 양(mol), n_B 는 기체 B의 양(mol))

② 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 전체 압력에 그 기체의 몰 분율을 곱한 값과 같다.

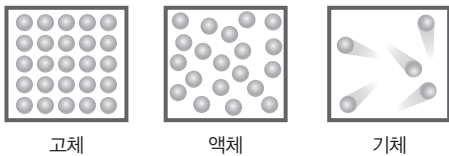
$$P_A = P_T \times \frac{n_A}{n_A + n_B} = P_T \times X_A, P_B = P_T \times \frac{n_B}{n_A + n_B} = P_T \times X_B$$

(P_T 는 전체 압력,
 P_A 는 A의 부분 압력, P_B 는 B의 부분 압력,
 n_A 는 A의 양(mol), n_B 는 B의 양(mol),
 X_A 는 A의 몰 분율, X_B 는 B의 몰 분율)

5 분자 간 상호 작용

(1) 분자 사이의 힘

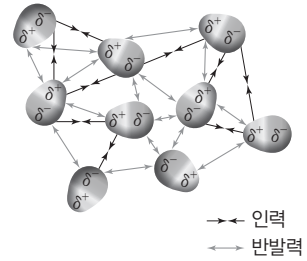
① 물질의 상태에 따른 분자 간 힘의 세기는 고체 상태 > 액체 상태 > 기체 상태이다.



② 분자 사이의 힘이 클수록 액체에서 기체로 상태가 변화되기 위해 많은 에너지가 필요하므로 기준 끓는점(1 atm에서의 끓는점)이 높다.

(2) 쌍극자·쌍극자 힘

① 한 극성 분자의 쌍극자와 다른 극성 분자의 쌍극자 사이에 작용하는 인력이다.

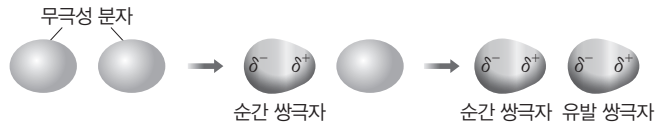


② 무극성 분자 간에는 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지 않는다.

③ 쌍극자 모멘트가 클수록 쌍극자·쌍극자 힘이 크다.

(3) 분산력

① 분자 내의 전자구름이 어느 순간에 한쪽으로 치우치게 되면 순간적으로 분자가 부분적인 전하를 띠게 되고(순간 쌍극자), 이 분자에 의해 이웃한 분자가 부분적인 전하를 띠게 된다(유발 쌍극자). 순간 쌍극자와 유발 쌍극자들 사이에 작용하는 인력을 분산력이라고 한다.

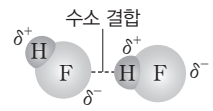


② 극성 분자 사이와 무극성 분자 사이에 분산력이 모두 작용한다.

③ 분자량이 클수록 분산력이 크고, 분자량이 비슷한 경우에는 분자의 표면적이 클수록 분산력이 크다.

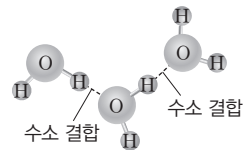
(4) 수소 결합

① 전기 음성도가 큰 F, O, N에 결합한 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 인력이다.



② 수소 결합을 하는 물질은 분자량이 비슷한 다른 물질보다 분자 사이에 작용하는 인력이 커서 끓는점이 높다.

③ 물은 수소 결합을 하는 대표적인 물질로 분자량이 비슷한 다른 물질보다 끓는점이 높다.



THE 알기 부분 압력 법칙

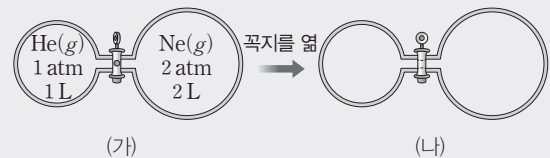
① 온도가 일정할 때 기체의 분자 수는 (압력×부피)에 비례한다.

→ (가)에서 He과 Ne의 분자 수비는 (1 atm×1 L) : (2 atm×2 L) = 1 : 4이다.

② 꼭지를 열었을 때 혼합 기체의 전체 압력을 P 라고 하면, 혼합 기체의 분자 수는 ($P \times 3 L$)에 비례하므로 다음과 같은 식이 성립한다.

→ (1 atm×1 L) + (2 atm×2 L) = ($P \times 3 L$), $P = \frac{5}{3}$ atm

③ (나)에서 He과 Ne의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{5}, \frac{4}{5}$ 이므로 He(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{3} \text{ atm} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{3} \text{ atm}$ 이고, Ne(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{3} \text{ atm} \times \frac{4}{5} = \frac{4}{3} \text{ atm}$ 이다.



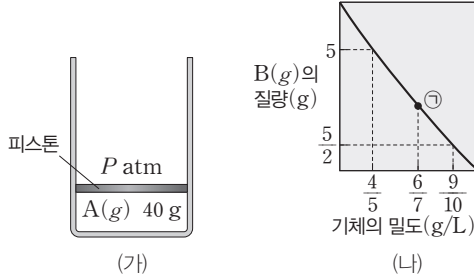
테마 대표 문제

| 2023학년도 수능 |

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림 (가)는 온도 T에서 실린더에 A(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 생성된 B(g)의 질량을 실린더 속 기체의 밀도에 따라 나타낸 것이다.



㉠에서 A(g)의 몰 분율은? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T와 P atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{3}{4}$ ③ $\frac{4}{5}$
 ④ $\frac{5}{6}$ ⑤ $\frac{6}{7}$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

질량 보존 법칙에 따라 반응이 진행되어도 전체 질량은 40 g으로 일정하므로 기체의 밀도(g/L)가 각각 $\frac{4}{5}$, $\frac{6}{7}$, $\frac{9}{10}$ 일 때 기체의 부피(L)는 각각 50, $\frac{140}{3}$, $\frac{400}{9}$ 임을 알아내고, 기체 반응의 양적 관계를 이용하여 (가)에 들어 있는 A(g) 40 g의 양(mol)을 구해야 한다.

▶ 간략 풀이

반응 전 A(g) 40 g의 양을 n mol이라고 할 때 생성된 B(g)의 질량(g)으로부터 기체의 밀도(g/L)가 각각 $\frac{4}{5}$, $\frac{9}{10}$ 일 때 반응한 A(g)의 양은 각각 2x mol, x mol, 기체의 밀도가 $\frac{6}{7}$ g/L가 될 때까지 반응한 A의 양은 y mol이라고 할 수 있으며, 양적 관계를 이용하여 반응 후 기체의 양(mol)을 구하면 다음과 같다.

기체	기체의 밀도(g/L)		
	$\frac{4}{5}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{9}{10}$
A	n - 2x	n - y	n - x
B	2x	y	x
C	4x	2y	2x
전체	n + 4x	n + 2y	n + 2x

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로

$$n + 4x : n + 2x = 50 : \frac{400}{9}, n = 14x \text{ 이고,}$$

$$18x : 14x + 2y = 50 : \frac{140}{3}, y = 1.4x \text{ 이다.}$$

따라서 ㉠에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{n-y}{n+2y} = \frac{12.6x}{16.8x} = \frac{3}{4}$ 이다.

정답 | ②

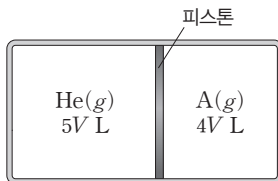
0 닦은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 2쪽

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T에서 피스톤으로 분리된 실린더에 He(g)와 A(g)가 들어 있는 초기 상태를, 표는 반응이 진행되어 생성된 B(g)의 질량에 따른 실린더 속 He(g)의 밀도와 C(g)의 부분 압력을 나타낸 것이다.



B(g)의 질량(g)	0	w	3w	4w
He(g)의 밀도(상댓값)	18	20	d	25
C(g)의 부분 압력(atm)		P_1		P_2

$\frac{P_2}{P_1} \times d$ 는? (단, 온도는 T로 일정하고, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 45 ② 50 ③ 60 ④ 75 ⑤ 90

▶ 23071-0001

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

기체의 밀도를 이용하여 반응 전후 기체의 양(mol)을 구하는 점은 같지만, He(g)의 압력으로부터 혼합 기체의 압력을 구한 후 C(g)의 부분 압력을 구해야 하는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

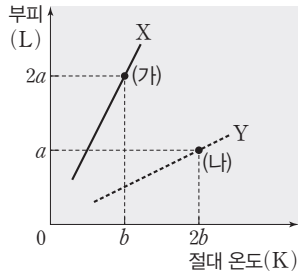
• 보일 법칙 : 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 기체의 압력에 반비례한다.

• 부분 압력 : 기체의 부분 압력은 기체의 몰 분율과 전체 기체의 압력의 곱으로 구할 수 있다.

01

▶23071-0002

그림은 1 atm에서 절대 온도에 따른 X(g)와 Y(g)의 부피를 나타낸 것이다. X(g)와 Y(g)의 질량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

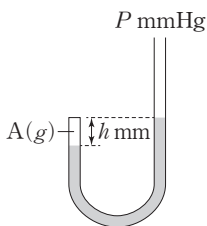
- ㄱ. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.
- ㄴ. 분자량비는 X : Y = 1 : 2이다.
- ㄷ. $\frac{2b \text{ K, } 1 \text{ atm에서 X(g)의 밀도(g/L)}}{b \text{ K, } 2 \text{ atm에서 Y(g)의 밀도(g/L)}} = \frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0003

그림은 $t^\circ\text{C}$ 에서 한쪽 끝이 막힌 J자관에 A(g)가 들어 있는 상태를, 표는 외부 압력(P)에 따른 수은 기둥의 높이 차(h)와 A(g)의 부피를 나타낸 것이다.



P(mmHg)	100	340	760
h(mm)	90	x	0
A(g)의 부피(L)		2V	V

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 A(g)의 양(mol)은 일정하다.)

보기

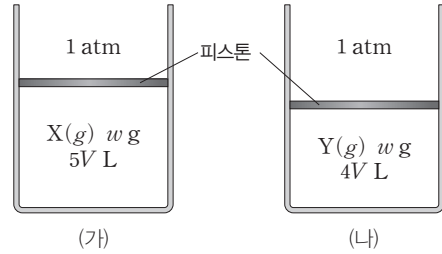
- ㄱ. $x=40$ 이다.
- ㄴ. $P=100 \text{ mmHg}$ 일 때 A(g)의 압력은 90 mmHg이다.
- ㄷ. A(g)의 밀도는 $P=760 \text{ mmHg}$ 일 때가 $P=100 \text{ mmHg}$ 일 때의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0004

그림은 T K, 1 atm에서 같은 질량의 X(g)와 Y(g)가 실린더에 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. X와 Y는 반응하지 않는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 압력은 각각 T K, 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

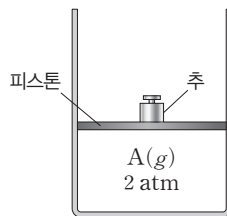
- ㄱ. 분자량비는 X : Y = 4 : 5이다.
- ㄴ. (가)에 Y(g) $\frac{1}{4}w \text{ g}$ 을 넣으면 X(g)의 부분 압력은 $\frac{4}{5} \text{ atm}$ 이 된다.
- ㄷ. (나)에 X(g) $\frac{1}{5}w \text{ g}$ 을 넣으면 혼합 기체의 부피는 5V L가 된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0005

그림은 실린더에 A(g)가 들어 있는 초기 상태를, 표는 실린더에 B(g)를 넣었을 때, 넣어 준 B(g)의 양(mol)에 따른 A(g)의 부분 압력(P_A)을 나타낸 것이다. 분자량은 B가 A의 2배이고, A와 B는 반응하지 않는다.



초기

B(g)의 양(mol)	n	2n	y
P_A (atm)	x	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{2}$
혼합 기체의 밀도 (상댓값)	d_1	d_2	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

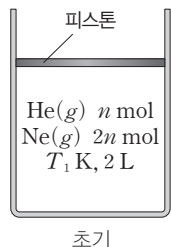
- ㄱ. $x = \frac{8}{5}$ 이다.
- ㄴ. $y = 12n$ 이다.
- ㄷ. $\frac{d_2}{d_1} = \frac{10}{9}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0006

그림은 T_1 K에서 실린더에 $\text{He}(g)$ n mol과 $\text{Ne}(g)$ $2n$ mol이 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 초기 상태에서 추를 피스톤 위에 올려놓아 실린더 속 혼합 기체의 압력을 변화시켜 도달한 평형 상태 I과, I에서 온도를 변화시켜 도달한 평형 상태 II에 대한 자료이다. 초기 상태에서 $\text{He}(g)$ 의 부분 압력은 P_1 atm이다.



평형 상태	I	II
혼합 기체의 온도(K)	T_1	T_2
혼합 기체의 부피(L)	1	2
$\text{Ne}(g)$ 의 부분 압력(atm)		P_2

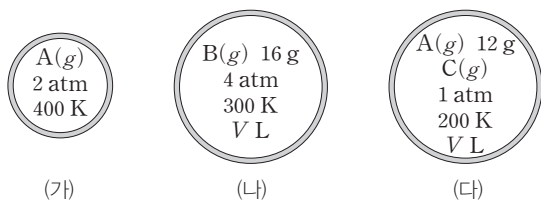
$\frac{T_1}{T_2} \times \frac{P_2}{P_1}$ 는? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ① 1 ② 2 ③ 4
- ④ 5 ⑤ 8

06

▶23071-0007

그림은 3개의 강철 용기에 기체가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 강철 용기에 들어 있는 기체의 밀도비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.



(다)에서 $\text{A}(g)$ 의 부분 압력(atm)은? (단, A와 C는 반응하지 않는다.)

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

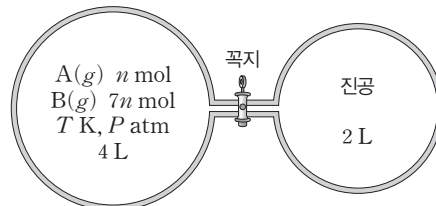
07

▶23071-0008

다음은 T K에서 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 가 반응하여 $\text{C}(g)$ 와 $\text{D}(l)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기에 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 를 넣은 것을 나타낸 것이다. 용기 속 기체의 반응을 완결시키고 꼭지를 열어 충분한 시간이 흘렀을 때, $\text{C}(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{3}{2}$ atm이다.



P 는? (단, 온도는 T K로 일정하고, $\text{D}(l)$ 의 부피와 증기 압력, 연결관의 부피는 무시한다.)

- ① $\frac{8}{3}$ ② $\frac{7}{2}$ ③ $\frac{9}{2}$
- ④ 5 ⑤ 6

08

▶23071-0009

표는 3가지 물질에 대한 자료이다.

물질	H_2O	O_2	CH_3OH
분자량	18	32	32
기준 끓는점(°C)	100	x	64

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

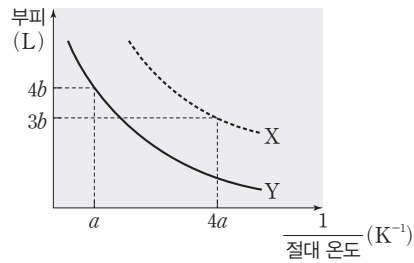
- ㄱ. $x < 64$ 이다.
- ㄴ. $\text{O}_2(l)$ 분자 사이에는 분산력이 작용한다.
- ㄷ. 기준 끓는점이 H_2O 이 CH_3OH 보다 높은 주된 이유는 분산력 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23071-0010

그림은 P atm에서 같은 질량의 $X(g)$ 와 $Y(g)$ 의 $\frac{1}{\text{절대 온도}}$ 에 따른 부피를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 분자량비는 $X : Y = 2 : 3$ 이다.
- ㄴ. $\frac{1}{4a}$ K, P atm일 때 $Y(g)$ 의 부피는 b L이다.
- ㄷ. 온도가 $\frac{1}{2a}$ K일 때, $\frac{2P}{P}$ atm에서 $X(g)$ 의 밀도(g/L) = $\frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0011

다음은 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

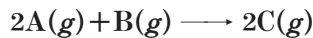
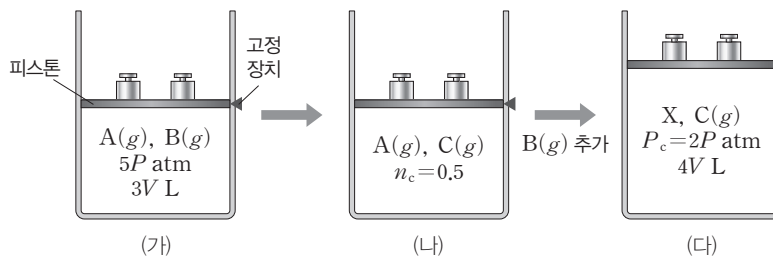


그림 (가)는 T K에서 실린더에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 를 넣은 것을, (나)는 (가)의 실린더에서 반응을 완결시킨 것을, (다)는 (나)의 실린더에 $B(g)$ 를 추가하여 반응을 완결시키고 고정 장치를 제거한 후 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다. n_c 와 P_c 는 각각 $C(g)$ 의 몰 분율과 부분 압력이고, X 는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 대기압은 각각 T K, P atm으로 일정하고, 2개의 추의 질량은 동일하며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

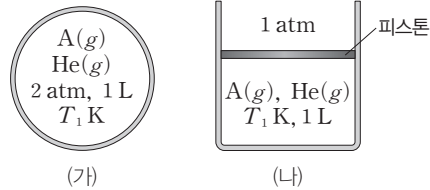
- ㄱ. (나)에서 혼합 기체의 압력은 $4P$ atm이다.
- ㄴ. X 는 $A(g)$ 이다.
- ㄷ. (다)에서 추 1개를 제거하면 혼합 기체의 부피는 $6V$ L가 된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0012

그림은 T_1 K에서 강철 용기 (가)와 실린더 (나)에 $A(g)$ 와 $He(g)$ 이 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 $He(g)$ 의 몰 분율은 모두 $\frac{1}{3}$ 이다. (가)와 (나)에서 온도를 T_2 K로 유지하고 충분한 시간이 흘렀을 때 $A(g)$ 의 부분 압력은 각각 $3P$ atm, $2P$ atm이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. $T_2 = \frac{3}{2}T_1$ 이다.

ㄴ. T_2 K에서 혼합 기체의 밀도(g/L)는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

ㄷ. (나)에 $He(g)$ 을 추가하고 온도를 T_2 K로 유지하여 기체의 부피가 2 L가 되었을 때 $He(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{4}{5}$ atm이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄴ

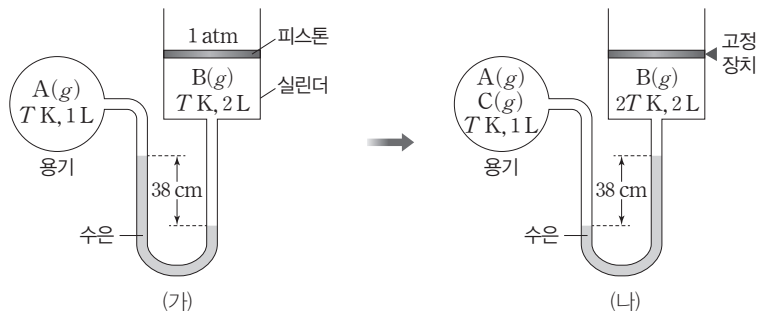
④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0013

그림 (가)는 T K에서 수은이 들어 있는 U자관으로 연결된 용기와 실린더에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 들어 있는 것을, (나)는 (가)의 피스톤을 고정시키고 용기에 $C(g)$ 를 넣은 후 실린더의 온도를 $2T$ K로 높인 것을 나타낸 것이다. $A(g)$ 와 $C(g)$ 는 반응하지 않고, 분자량비는 $A : C = 5 : 10$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1 atm은 76 cmHg이며, 연결관의 부피, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 $A(g)$ 의 압력은 0.5 atm이다.

ㄴ. (나)에서 용기에 들어 있는 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{4}{5}$ 이다.

ㄷ. 용기에 들어 있는 기체의 밀도는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

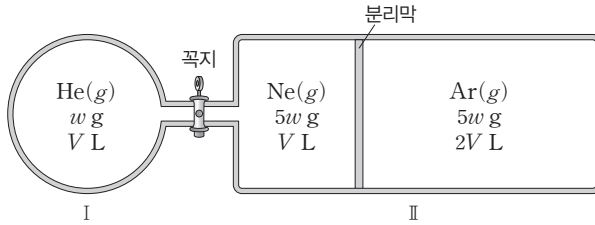
④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0014

그림은 400 K에서 꼭지로 분리된 강철 용기 I에 He(g)이, 강철 용기 II에 Ne(g)과 Ar(g)이 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 초기 상태에서 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 뒤 다시 닫고 분리막을 제거하여 평형에 도달하였을 때, II에 들어 있는 혼합 기체의 밀도는 $\frac{3}{25a}$ g/L이다.



평형 상태에서 I에 들어 있는 He(g)의 부분 압력(atm)은? (단, 온도는 일정하고, He, Ne, Ar의 원자량은 각각 4, 20, 40이며, 기체 상수는 $a \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 이다. 연결관과 분리막의 부피는 무시한다.)

- ① $\frac{9}{4}$
- ② $\frac{5}{2}$
- ③ $\frac{8}{3}$
- ④ $\frac{9}{2}$
- ⑤ $\frac{16}{3}$

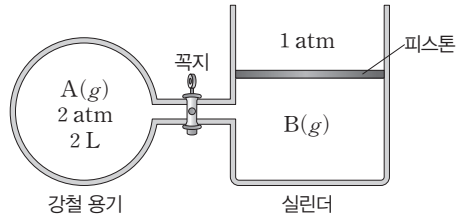
06

▶ 23071-0015

다음은 기체와 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 각각 A(g)와 B(g)를 넣은 후 강철 용기 속 기체의 밀도(d_1)를 구한다.



(나) 꼭지를 열고 기체의 온도를 $\frac{4}{3}T$ K로 유지하고 충분한 시간이 흘렀을 때 실린더 속 혼합 기체의 부피(V)를 측정한다.

(다) 피스톤에 추를 올리고 충분한 시간이 흘렀을 때 실린더 속 혼합 기체의 압력(P)을 측정하고, 밀도(d_2)를 구한다.

[실험 결과]

- $d_1 : d_2 = 2 : 3$ 이다.
- V는 6 L이고, P는 2 atm이다.
- (다) 과정 후 B(g)의 몰 분율은 X_B 이다.

$\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} \times X_B$ 은? (단, A와 B는 반응하지 않고, 대기압은 1 atm으로 일정하다. 연결관의 부피, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

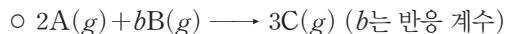
- ① $\frac{3}{4}$
- ② $\frac{4}{5}$
- ③ $\frac{8}{9}$
- ④ $\frac{4}{3}$
- ⑤ $\frac{3}{2}$

07

▶ 23071-0016

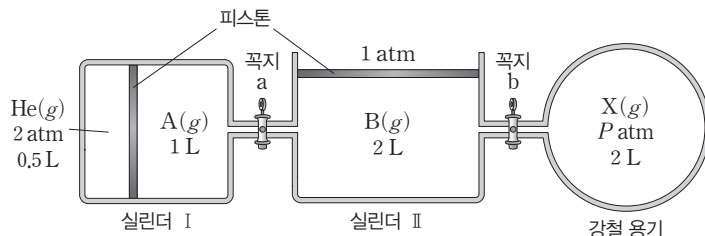
다음은 기체 반응 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 피스톤으로 분리된 실린더 I에 $He(g)$ 와 $A(g)$ 를, 실린더 II에 $B(g)$ 를, 강철 용기에 $X(g)$ 를 넣는다. X 는 A와 B 중 하나이다.



(나) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시킨 후 온도를 $\frac{2}{3}T$ K로 유지시킨다.

(다) 꼭지 b를 열어 반응을 완결시킨 후 온도를 $\frac{3}{4}T$ K로 유지시킨다.

[실험 결과]

○ (나) 과정 후 실린더 II의 부피는 $\frac{5}{6}$ L이다.

○ (다) 과정 후 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{3}{5}$ 이고, 실린더 II의 부피는 V L이다.

$b \times \frac{V}{P}$ 는? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

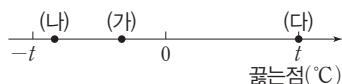
- ① $\frac{2}{3}$ ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 2 ⑤ $\frac{16}{5}$

08

▶ 23071-0017

다음은 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 H_2O , CH_2O , C_2H_6 중 하나이다.

- 분자량은 (가)=(나)>(다)이다.
- (가) 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.
- (가)~(다)의 기준 끓는점



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

보기

- ㄱ. 분자 사이의 힘은 (다)가 가장 크다.
- ㄴ. 0°C , 1 atm에서 (나)의 안정한 상은 기체이다.
- ㄷ. (다)가 (가)보다 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 (다) 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

액체와 고체

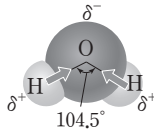
1 액체

(1) 액체의 일반적인 특징

- ① 압력 변화와 온도 변화에 의해 부피가 거의 변하지 않는다.
- ② 유동성을 갖는 상태로 일정한 모양이 없고 액체를 담은 용기에 따라 모양이 달라진다.
- ③ 같은 질량의 기체에 비해 부피가 매우 작아 밀도가 크다.

(2) 물의 분자 구조와 극성

- ① 물 분자는 2개의 수소 원자와 1개의 산소 원자가 공유 결합을 하고 있고, 결합각이 104.5°인 굽은 형 구조이다.

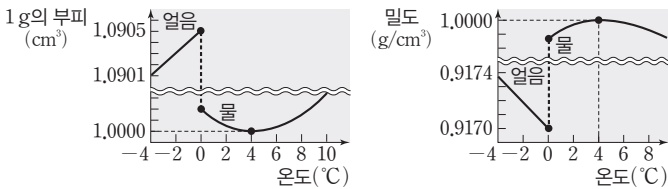


- ② 물은 굽은 형 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이고, 전기 음성도가 큰 산소 원자가 부분적인 음전하(δ⁻), 수소 원자가 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

(3) 물의 특성

물 분자의 수소 원자와 다른 물 분자의 산소 원자는 수소 결합을 할 수 있다. 수소 결합을 하는 물은 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 분자 사이의 인력이 크므로 다음과 같은 성질을 가진다.

- ① 밀도와 부피 변화 : 물이 얼음으로 될 때 굽은 형의 물 분자 사이의 수소 결합 때문에 얼음은 육각형 고리 형태의 독특한 배열을 한다. 이때 육각형 고리 안쪽에 빈 공간이 생기기 때문에 얼음의 밀도가 물의 밀도보다 작다.



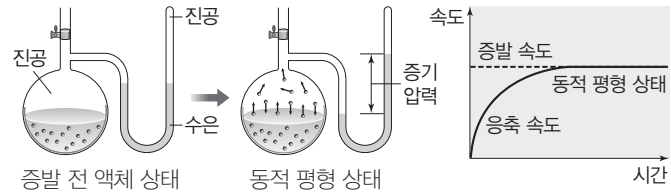
- ② 녹는점과 끓는점 : 물은 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 녹는점과 끓는점이 높다.
- ③ 열용량 : 물질의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량을 열용량이라고 한다.
 - 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량을 비열이라고 하고, 열용량은 비열에 물질의 질량을 곱한 값이다.

$$\text{열용량}(C) = \text{비열}(c) \times \text{질량}(m)$$

- 열용량이 클수록 같은 열량으로 가열할 때 온도 변화가 작다. 물은 비열이 커서 질량이 같은 다른 물질에 비해 열용량이 크므로 같은 열량으로 가열할 때 다른 물질에 비해 온도 변화가 작다.
- 물은 비열이 크므로 질량이 같은 다른 액체 물질에 비해 가열할 때 온도가 서서히 올라가고 냉각할 때 온도가 서서히 내려간다.
- ④ 표면 장력 : 액체가 표면적을 최소화하려는 힘을 표면 장력이라고 한다. 분자 사이의 인력이 클수록 표면 장력이 크고, 표면 장력이 클수록 유리판 위에 놓인 액체 방울의 모양은 구형에 가깝다. 물은 다른 물질에 비해 표면 장력이 크다.

(4) 액체의 증기 압력

- ① 증발과 응축 : 액체 표면의 분자가 떨어져 나와 기체로 변하는 현상을 증발이라고 하고, 증발된 기체 분자들 중 일부가 액체 표면과 충돌하여 다시 액체로 변하는 현상을 응축이라고 한다.
- ② 증기 압력 : 밀폐 용기에 액체를 넣고 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달해 증기의 양이 일정하게 유지될 때 증기가 갖는 압력이 그 액체의 증기 압력이다.



THE 알기 물과 비눗물의 표면 장력

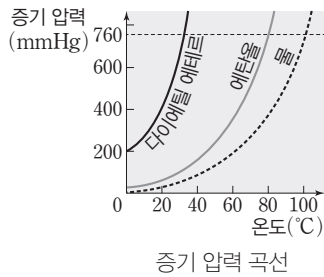


① 표면 장력이 클수록 표면적이 작으므로 액체 방울의 모양은 구형에 가깝다. 구형에 가장 가까운 것은 (가)의 액체 방울이고, 두 번째로 구형에 가까운 것은 (나)의 액체 방울이므로 표면 장력의 크기는 (가) > (나) > (다)이다.

② (가)와 (나)를 비교하면 25°C 물보다 50°C 물의 표면 장력이 작다는 것을 알 수 있다.
 → 액체의 온도가 높아지면 분자의 운동 에너지가 증가하고, 액체 분자 사이의 인력이 감소하여 표면 장력이 작아진다.

③ (가)와 (다)를 비교하면 25°C의 같은 온도에서 비눗물이 물보다 표면 장력이 작다는 것을 알 수 있다.
 → 비누는 물에 녹아 물 분자 사이의 인력을 감소시킨다.

③ 액체의 온도가 높아질수록 증발하기 쉬워지므로 증기 압력이 커지고, 분자 간 인력이 작은 액체일수록 같은 온도에서 대체로 증기 압력이 크다.



④ 끓는점 : 증기 압력이 외부 압력과 같아지면 액체 내부에서도 기화 현상이 일어난다. 이를 끓음이라고 하고, 이때의 온도를 끓는점이라고 한다. 특히 외부 압력이 1 atm일 때의 끓는점을 기준 끓는점이라고 한다.

2 고체

(1) 고체의 일반적인 특징

- ① 액체와 마찬가지로 압력 변화와 온도 변화에 의해 부피가 거의 변하지 않는다.
- ② 입자 사이에 작용하는 인력이 액체 상태보다 크다.
- ③ 입자들이 고정된 위치에서 진동 운동만 하며 유동성이 없고 일정한 모양을 가진다.

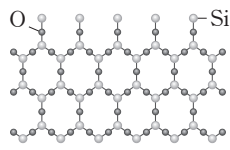
(2) 고체의 분류

① 결정성 고체 : 고체를 구성하는 입자의 배열이 규칙적이고 녹는점이 일정하다.

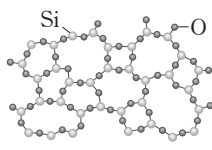
예 드라이아이스, 석영, 염화 나트륨, 나트륨 등

② 비결정성 고체 : 고체를 구성하는 입자의 배열이 불규칙적이고 녹는점이 일정하지 않다.

예 유리, 옻, 고무 등



결정성 고체(석영)

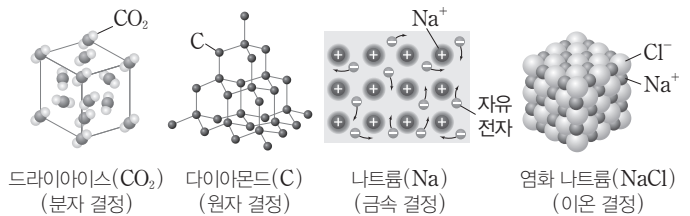


비결정성 고체(유리)

(3) 화학 결합의 종류에 따른 고체 결정의 분류

결정의 종류	구성 입자	구성 입자 사이의 힘	녹는점	전기 전도성	
				고체	액체
분자 결정	분자	분자 간 힘	대체로 낮음	없음	없음
원자 결정 (공유 결합)	원자	공유 결합	매우 높음	없음	없음
금속 결정	금속 양이온과 자유 전자	금속 결합	높음	있음	있음
이온 결정	이온	이온 결합	높음	없음	있음

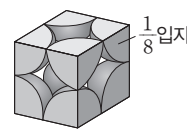
※ 원자 결정 중 흑연과 같은 일부 물질은 전기 전도성이 있다.



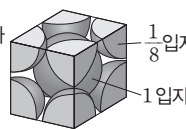
드라이아이스(CO₂) (분자 결정) 다이아몬드(C) (원자 결정) 나트륨(Na) (금속 결정) 염화 나트륨(NaCl) (이온 결정)

(4) 고체의 결정 구조 : 결정에서 규칙적인 배열이 반복되는 기본 단위를 단위 세포라고 한다. 정육면체 모양의 단위 세포를 가지는 결정의 격자 구조는 다음과 같다.

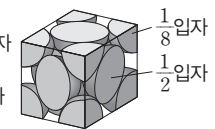
- ① 단순 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점에 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 이다.
- ② 체심 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 1개의 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 이다.
- ③ 면심 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 6개 면의 중심에 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 이다.



단순 입방 구조의 단위 세포



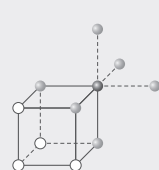
체심 입방 구조의 단위 세포



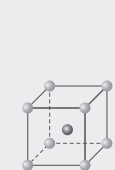
면심 입방 구조의 단위 세포

THE 알기

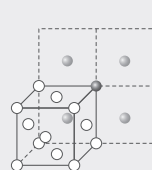
고체의 결정 구조에서 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 인접한 입자 수



단순 입방 구조



체심 입방 구조



면심 입방 구조

각각의 결정 구조에서 한 입자(●)를 둘러싸고 있는 가장 인접한 입자(●)의 수는 다음과 같다.

- ① 단순 입방 구조는 6개이다. → 한 입자(●)의 x, y, z축으로 각각 2개의 입자(●)가 둘러싸고 있다.
- ② 체심 입방 구조는 8개이다. → 단위 세포 중심에 위치한 입자(●)를 꼭짓점에 위치한 8개의 입자(●)가 둘러싸고 있다.
- ③ 면심 입방 구조는 12개이다. → 한 입자(●)의 xy, yz, zx 평면으로 각각 4개의 입자(●)가 둘러싸고 있다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

(가)에서 온도를 T_1 K로 변화시켰을 때 $X(g)$ 는 액화되었으므로 $T_1 < 400$ 이고, T_1 K에서 $X(g)$ 와 $X(l)$ 가 상평형에 도달했을 때 $X(g)$ 의 증기압력은 $X(l)$ 의 증기압력과 같다는 것을 이해하고, $X(l)$ 의 기준 끓는점이 T_1 K보다 높음을 알아내야 한다.

▶ 간략 풀이

✕ (나)에서 $X(g)$ 와 $X(l)$ 가 상평형을 이루고 있으므로 T_1 K에서 $X(l)$ 의 증기압력은 0.6 atm이다.

○ T_1 K에서 $X(l)$ 의 증기압력은 0.6 atm이므로 $X(l)$ 의 기준 끓는점은 T_1 K보다 높고, T_1 K, 1 atm에서 $Y(g)$ 의 안정한 상은 기체이므로 $Y(g)$ 의 기준 끓는점은 T_1 K보다 낮다. 따라서 기준 끓는점은 X가 Y보다 높다.

✕ (가)와 (나)에서 $Y(g)$ 의 압력과 양(mol)은 같으므로 $\frac{10 \text{ L}}{400 \text{ K}} = \frac{9 \text{ L}}{T_1 \text{ K}}$, $T_1 = 360$ 이다.

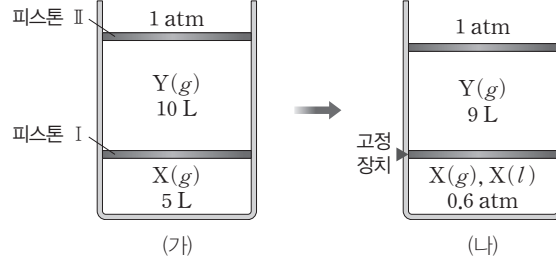
부피가 같을 때 기체의 양(mol)은 $\frac{P}{T}$ 에 비례하므로

$X(g)$ 의 몰비는 (가) : (나) = $\frac{1}{400} : \frac{0.6}{360} = 3 : 20$ 이다. 따라서 (나)에서 $X(g)$ 와 $X(l)$ 의 몰비는 2 : 10이므로 $\frac{X(g) \text{의 질량}}{X(l) \text{의 질량}} = 20$ 이다.

정답 | ②

| 2023학년도 수능 |

그림 (가)는 온도 400 K에서 피스톤 I과 II로 분리된 실린더에 $X(g)$ 와 $Y(g)$ 가 들어 있는 상태를, (나)는 (가)의 피스톤 I을 고정하고 온도를 T_1 K로 변화시켜 충분한 시간이 흐른 후의 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 온도를 T_2 K로 변화시켜 충분한 시간이 흐른 후 $Y(g)$ 는 모두 액화되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, 액체의 부피와 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. T_1 K에서 $X(l)$ 의 증기압력은 0.9 atm이다.
- ㄴ. 기준 끓는점은 X가 Y보다 높다.
- ㄷ. (나)에서 $\frac{X(g) \text{의 질량}}{X(l) \text{의 질량}} = \frac{3}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 6쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

상평형에서 기체의 압력으로부터 증기압력을 구하는 점은 같지만, T_1 K에서 $\frac{X(g) \text{의 질량}(g)}{X(l) \text{의 질량}(g)}$ 과 T_2 K에서 $\frac{Y(g) \text{의 질량}(g)}{Y(l) \text{의 질량}(g)}$ 을 비교해야 하는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

- 증기압력은 온도가 증가할수록 크다.
- 증기압력이 낮은 액체일수록 기준 끓는점이 높다.

▶ 23071-0018

다음은 $X(g)$ 와 $Y(g)$ 의 증기압력과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 400 K에서 강철 용기에 $X(g)$ 의 압력이 1 atm이 되도록 넣는다.

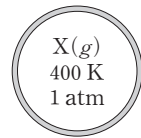
(나) 온도를 T_1 K로 변화시킨 후 $X(g)$ 의 압력을 측정한다.

(다) 온도를 T_2 K로 변화시킨 후 $X(g)$ 의 압력을 측정한다.

(라) $X(g)$ 대신 $Y(g)$ 를 사용하여 (가)~(다)를 반복한다.

[실험 결과] ○ $X(g)$ 와 $Y(g)$ 는 각각 T_1 K, T_2 K에서 액화되어 평형에 도달하였다.

온도(K)	T_1	T_2
$X(g)$ 의 압력(atm)	0.6	
$Y(g)$ 의 압력(atm)	0.8	0.6



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

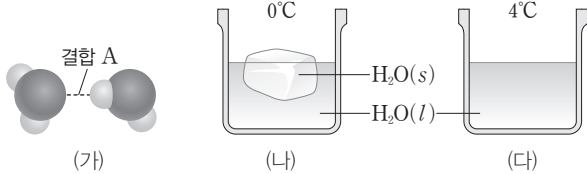
- ㄱ. 320 K에서 $Y(l)$ 의 증기압력은 0.6 atm보다 높다.
- ㄴ. 기준 끓는점은 $X(l)$ 가 $Y(l)$ 보다 높다.
- ㄷ. T_2 K에서 $\frac{Y(g) \text{의 질량}(g)}{Y(l) \text{의 질량}(g)} > 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0019

그림 (가)는 H_2O 분자 사이의 결합 A를, (나)는 $0^\circ C$, 1 atm에서 컵에 $H_2O(l)$ 과 $H_2O(s)$ 이 들어 있는 것을, (다)는 $4^\circ C$, 1 atm에서 컵에 $H_2O(l)$ 이 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 1 atm에서 $H_2O(l)$ 의 밀도는 $4^\circ C$ 일 때가 가장 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)에서 1g당 결합 A의 수는 $H_2O(l)$ 이 $H_2O(s)$ 보다 크다.
- ㄴ. $H_2O(l)$ 1 mL당 분자 수는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. $H_2O(l)$ 의 표면 장력은 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0020

다음은 물의 성질과 관련된 내용이다.

그림과 같이 $25^\circ C$ 에서 물이 가득 들어 있는 유리컵에 클립을 넣었더니 물이 넘쳐 흐르지 않고 표면이 둥글게 형성되었다. 이와 같은 현상이 나타나는 이유는 물의 ㉠ 때문이며, 물의 ㉡이/가 다른 물질보다 큰 이유는 물 분자 사이의 ㉢ 때문이다.

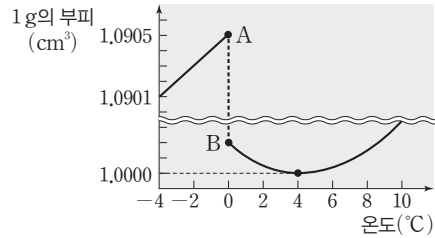
다음 중 ㉠과 ㉢으로 가장 적절한 것은?

- ㉠ ㉡ ㉢ ㉣
- ① 극성 공유 결합 ② 표면 장력 공유 결합
- ③ 극성 수소 결합 ④ 표면 장력 수소 결합
- ⑤ 밀도 수소 결합

03

▶ 23071-0021

그림은 1 atm에서 온도에 따른 H_2O 1g의 부피를 나타낸 것이다.



B → A로 상태가 변하는 과정으로 설명할 수 있는 현상만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

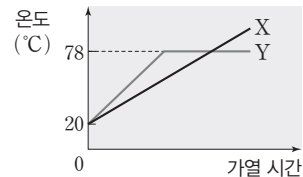
- ㄱ. 겨울철 수도 계량기가 동파된다.
- ㄴ. 호수에서 물이 표면부터 언다.
- ㄷ. 무더운 여름 마당에 물을 뿌리면 시원해진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0022

그림은 1 atm에서 $20^\circ C$ 의 액체 X와 액체 Y를 각각 단위 시간당 동일한 열량으로 가열할 때, 가열 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하다.)

보기

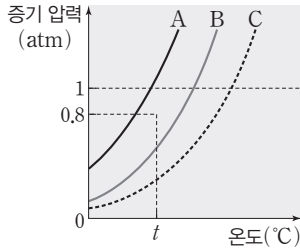
- ㄱ. $20^\circ C$ 에서 증기 압력은 $Y(l) > X(l)$ 이다.
- ㄴ. $78^\circ C$ 에서 $X(l)$ 의 증기 압력은 1 atm보다 작다.
- ㄷ. 분자 사이의 힘은 $X(l) > Y(l)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0023

그림은 액체 A~C의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

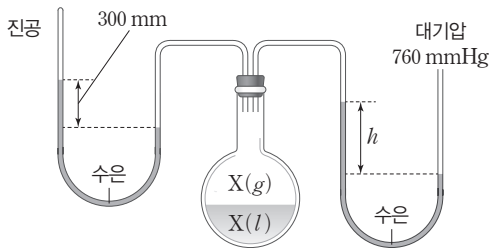
- ㄱ. 기준 끓는점은 $C > B$ 이다.
- ㄴ. $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 $B > A$ 이다.
- ㄷ. $t^\circ\text{C}$, 0.8 atm에서 B와 C의 안정한 상은 모두 액체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0024

그림은 $t^\circ\text{C}$ 에서 진공 상태의 플라스크에 $X(l)$ 를 넣은 후, 평형 상태에 도달했을 때를 나타낸 것이다. $2t^\circ\text{C}$ 에서 $X(l)$ 의 증기 압력은 760 mmHg보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

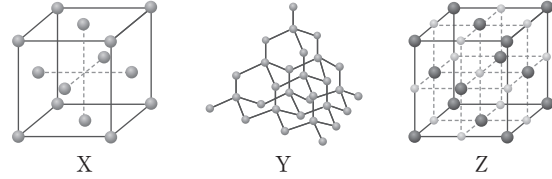
- ㄱ. $h = 460$ mm이다.
- ㄴ. 대기압이 760 mmHg일 때 온도를 $2t^\circ\text{C}$ 로 높이면 h 는 작아진다.
- ㄷ. 외부 압력이 300 mmHg일 때 $X(l)$ 의 끓는점은 $t^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0025

그림은 고체 X~Z의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. X~Z는 각각 C(s, 다이아몬드), Cu(s), NaCl(s) 중 하나이고, X와 Z는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

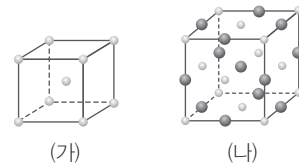
- ㄱ. Cu(s)는 면심 입방 구조를 갖는다.
- ㄴ. Y는 공유 결정이다.
- ㄷ. Z는 양이온과 음이온으로 이루어져 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0026

다음은 $X(s)$ 와 $Y_2(g)$ 가 반응하여 화합물 ㉠을 생성하는 반응의 화학 반응식이고, 그림 (가)와 (나)는 각각 $X(s)$ 와 ㉠의 결정 구조 모형을 나타낸 것이다. ㉠은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

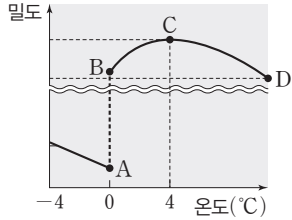
- ㄱ. $X(s)$ 는 체심 입방 구조를 갖는다.
- ㄴ. ㉠은 $XY(s)$ 이다.
- ㄷ. $Y_2(s)$ 는 공유 결정이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0027

그림은 1 atm에서 온도에 따른 H₂O의 밀도를 나타낸 것이고, 다음은 ㉠~㉣에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 각각 A~D에 해당하는 H₂O(s) 또는 H₂O(l) 중 하나이다.



- 분자당 수소 결합 수는 ㉠이 가장 크다.
- 1 g의 부피는 ㉡ > ㉣이다.
- 표면 장력은 ㉢ > ㉣이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉡은 D이다.
- ㄴ. 증기 압력은 ㉢ > ㉡이다.
- ㄷ. 1 mL당 분자 수는 ㉠ > ㉣이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0028

다음은 액체의 표면 장력과 관련된 실험이다.

[실험 I]

- 3개의 동일한 아크릴 판 위에 각각 같은 부피의 25°C 물, 25°C 에탄올, 50°C 물을 떨어뜨린다.

[실험 II]

- 3개의 동일한 유리컵에 가득 채운 같은 부피의 25°C 물, 25°C 에탄올, 50°C 물에 각각 동일한 동전을 조심스럽게 넣고 물이 넘치기 시작할 때까지 넣은 동전의 수를 센다.

[실험 결과]

- 실험 I에서 아크릴 판 위 액체 방울의 모습



- 실험 II에서 액체가 넘치기 시작할 때까지 넣은 동전의 수

액체	25°C 물	25°C 에탄올	50°C 물
동전의 수	a	b	c

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 액체의 증발은 무시한다.)

보기

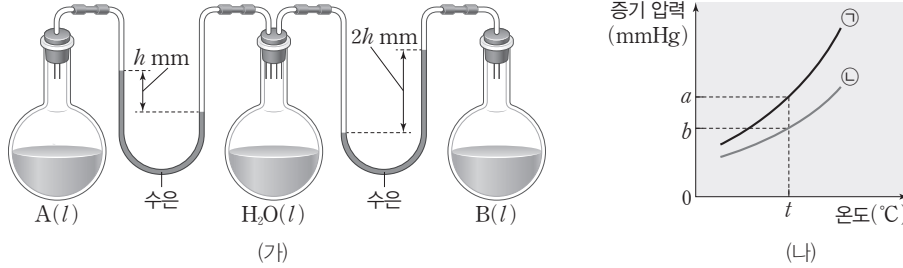
- ㄱ. 25°C에서 표면 장력은 물 > 에탄올이다.
- ㄴ. a > c이다.
- ㄷ. 동일한 유리컵에 최대 채울 수 있는 액체의 부피는 50°C의 물이 25°C의 에탄올보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0029

그림 (가)는 $t^\circ\text{C}$ 에서 U자관으로 연결된 용기에 A(l), $\text{H}_2\text{O}(l)$, B(l)를 넣은 후 평형에 도달한 것을, (나)는 온도에 따른 A(l)와 B(l)의 증기 압력을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 A(l), B(l) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $a - b = 3h$ 이다.
- ㄴ. $t^\circ\text{C}$, b mmHg에서 H_2O 의 안정한 상은 기체이다.
- ㄷ. 외부 압력이 a mmHg일 때 B(l)의 끓는점은 $t^\circ\text{C}$ 보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0030

다음은 액체의 증기 압력과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 진공 상태의 강철 용기에 25°C A(l) 50 mL를 넣는다.
- (나) (가)의 강철 용기에서 상평형에 도달할 때까지 시간에 따른 A(l)의 부피와 증기 압력을 구한다.
- (다) 25°C A(l) 50 mL 대신 25°C B(l) 50 mL를 사용하여 (가)와 (나)를 수행한다.

[실험 결과]

○ 시간에 따른 A(l)와 B(l)의 부피

시간		0	t	$2t$	$3t$	$4t$
부피 (상댓값)	A(l)	1.0	0.9		0.8	0.8
	B(l)	1.0	0.8	0.7	0.7	

- 25°C 에서 A(l)와 B(l)의 증기 압력은 각각 P_1 atm, P_2 atm이다.
- A(l)는 시간 $3t$ 일 때, B(l)는 시간 $2t$ 일 때 각각 상평형에 도달한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, A(l)와 B(l)의 기준 끓는점은 50°C 보다 높다.)

보기

- ㄱ. $P_1 > P_2$ 이다.
- ㄴ. 외부 압력이 P_2 atm일 때 A(l)의 끓는점은 25°C 보다 높다.
- ㄷ. $3t$ 에서 B(l)의 온도를 50°C 로 높이면 용기 속 단위 부피당 B(g)의 양(mol)은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0031

표는 외부 압력에 따른 A(l)와 B(l)의 끓는점(°C)을 나타낸 것이다. $t_1 < t_2$ 이다.

외부 압력(atm)		0.4	0.6	1
끓는점(°C)	A(l)	t_1	t_2	
	B(l)		t_1	t_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 액체 상태에서 분자 사이의 힘은 $A > B$ 이다.
- ㄴ. t_2 °C에서 B(l)의 증기 압력은 1 atm보다 낮다.
- ㄷ. t_2 °C, 0.5 atm에서 A와 B의 안정한 상의 수는 모두 1이다.

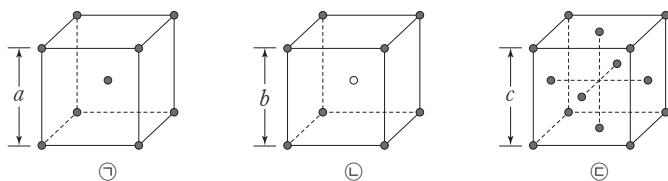
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0032

다음은 3가지 물질 A~C에 대한 자료이다. A~C는 각각 Na(s), Cu(s), CsCl(s) 중 하나이다.

- A~C의 결정 구조 모형은 각각 ㉠~㉢ 중 하나이다. ㉠~㉢에서 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 a, b, c 인 정육면체이다.



- A는 화합물이다.
- 단위 세포에 들어 있는 입자 수는 B가 A의 2배이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 결정 구조 모형은 ㉡이다.
- ㄴ. B의 단위 세포에 포함된 입자 수는 4이다.
- ㄷ. C의 단위 세포에서 한 입자에 가장 인접한 입자의 수는 8이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

용액의 농도

1 용해

용매와 용질이 균일하게 섞이는 현상이다.

- (1) 용질 : 용해 과정에서 용매에 녹는 물질이다.
- (2) 용매 : 용해 과정에서 용질을 녹이는 물질이다.
- (3) 용액 : 용질과 용매가 균일하게 섞여 있는 물질이다.

2 용액의 농도

일정한 양의 용액 속에 녹아 있는 용질의 양을 말하며 퍼센트 농도, ppm 농도, 몰 농도, 몰랄 농도 등이 있다.

- (1) 퍼센트 농도(%) : 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이다.

$$\begin{aligned} \text{퍼센트 농도}(\%) &= \frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용액의 질량}(\text{g})} \times 100 \\ &= \frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{(\text{용매} + \text{용질})\text{의 질량}(\text{g})} \times 100 \end{aligned}$$

- ① 용액과 용질의 질량으로 나타내므로 온도나 압력의 영향을 받지 않는다.
- ② 용액의 퍼센트 농도를 이용하면 일정한 질량의 용액에 녹아 있는 용질의 질량을 구할 수 있다.
- (2) ppm 농도(ppm) : ppm은 'parts per million'의 약자로 백만분의 1을 나타내는 단위이다.
- ① 주로 공기나 물 속에 극소량 들어 있는 물질의 농도를 나타낼 때 사용된다.
- ② 수용액의 농도로 쓰일 때에는 용액 10⁶ g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸다.

$$\text{ppm 농도}(\text{ppm}) = \frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용액의 질량}(\text{g})} \times 10^6$$

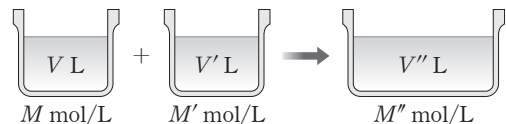
- (3) 몰 농도(M) : 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도로 단위는 mol/L 또는 M를 사용한다.

$$\begin{aligned} \text{몰 농도}(\text{M}) &= \frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용액의 부피}(\text{L})} \\ &= \frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용액의 부피}(\text{mL})} \times 1000(\text{mL/L}) \end{aligned}$$

- ① 용액의 부피를 기준으로 하기 때문에 사용하기 편리하다.
- ② 용질의 질량이 아닌 양(mol)을 사용하여 농도를 표시하므로 화학 반응의 양적 계산에 매우 유용하다.
- ③ 온도에 따라 용액의 부피가 변하므로 몰 농도는 온도에 따라 달라진다.
- ④ 용액의 몰 농도와 부피를 알면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.
- ⑤ 어떤 용액에 용매를 가하여 용액을 희석했을 때, 용액의 부피와 농도는 달라지지만 그 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.
- ㉠ 농도가 $M_1(\text{mol/L})$ 이고 부피가 $V_1(\text{L})$ 인 용액에 물을 가하여 농도가 $M_2(\text{mol/L})$ 이고 부피가 $V_2(\text{L})$ 인 용액을 만들 때 희석하기 전과 희석한 후의 용질의 양(mol)은 다음과 같다.
 - 희석하기 전 용질의 양(mol) = M_1V_1
 - 희석한 후 용질의 양(mol) = M_2V_2
 희석 전 용질의 양(mol)과 희석 후 용질의 양(mol)은 같으므로 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\text{용질의 양}(\text{mol}) = M_1V_1 = M_2V_2$$

- ⑥ 같은 종류의 용매에 같은 종류의 용질이 용해되어 있고 몰 농도만 서로 다른 두 용액을 혼합하면, 용질의 전체 양(mol)은 변하지 않는다.



- 혼합하기 전 용질의 양(mol)의 합 = $MV + M'V'$
- 혼합한 후 용질의 양(mol) = $M''V''$

혼합 전 각 용액의 용질의 양(mol)의 합과 혼합 후 용질의 양(mol)은 같으므로 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\text{용질의 전체 양}(\text{mol}) = MV + M'V' = M''V''$$

THE 알기 용액의 몰랄 농도와 용질의 몰 분율

- ① 용액의 몰랄 농도 : 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 의미한다. \Rightarrow 몰랄 농도 = $\frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$

- ② 용질의 몰 분율 : 용질의 양(mol)을 용매의 양(mol)과 용질의 양(mol)의 합으로 나눈 값이다. \Rightarrow 용질의 몰 분율 = $\frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 양}(\text{mol}) + \text{용질의 양}(\text{mol})}$

• 몰랄 농도는 0 이상의 어떠한 값도 가질 수 있지만, 용질의 몰 분율은 0보다 크고 1보다 작은 값을 갖는다.

• 용매의 화학식량에 따라 용매 1 kg의 양(mol)이 달라지므로 용매의 종류가 달라지면 몰랄 농도와 몰 분율의 대소 관계가 바뀔 수도 있다.

- ㉠ 용매 A 1 kg에 용질 0.1 mol이 녹은 용액 (가)와 용매 B 1 kg에 용질 0.2 mol이 녹은 용액 (나)에서 화학식량이 $A > 2B$ 인 경우에 몰랄 농도는 (나) > (가)이지만, 용질의 몰 분율은 (가) > (나)가 된다.

(4) 몰랄 농도(m) : 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도로 단위는 mol/kg 또는 m 를 사용한다.

$$\begin{aligned} \text{몰랄 농도}(m) &= \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}} \\ &= \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(g)}} \times 1000(\text{g/kg}) \end{aligned}$$

- ① 용매의 질량과 용질의 양(mol)을 기준으로 농도를 표시하므로 온도가 변해도 농도가 변하지 않는다.
 - ② 용액의 끓는점 오름이나 어는점 내림을 계산할 때 이용한다.
 - ③ 용액의 몰랄 농도와 용매의 질량을 알면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.
- ※ 몰 분율 : 균일한 혼합물에서 한 성분 물질의 양(mol)을 혼합물의 전체 성분 물질의 양(mol)으로 나눈 값이다.

$$\text{몰 분율} = \frac{\text{한 성분 물질의 양(mol)}}{\text{전체 성분 물질의 양(mol)}}$$

3 농도의 환산

(1) 퍼센트 농도(%)를 몰 농도(M)로 환산하기

밀도가 d g/mL이고 용질의 화학식량이 x 인 $a\%$ 용액의 경우, 용액 100 g에 용질 a g이 녹아 있으므로

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 용액의 부피(L)} &= \frac{\text{용액의 질량(g)}}{\text{용액의 밀도(g/mL)} \times 1000(\text{mL/L})} \\ &= \frac{100}{1000d} = \frac{1}{10d} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ 용질의 양(mol)} = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용질 1 mol의 질량(g/mol)}} = \frac{a}{x}$$

$$\Rightarrow \text{몰 농도(M)} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{\frac{a}{x}}{\frac{1}{10d}} = \frac{10ad}{x}$$

(2) 퍼센트 농도(%)를 몰랄 농도(m)로 환산하기

용질의 화학식량이 x 인 $a\%$ 용액의 경우, 용액 100 g에 용질 a g이 녹아 있으므로

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 용매의 질량(kg)} &= \frac{\text{용액의 질량(g)} - \text{용질의 질량(g)}}{1000(\text{g/kg})} \\ &= \frac{100 - a}{1000} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ 용질의 양(mol)} = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용질 1 mol의 질량(g/mol)}} = \frac{a}{x}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{몰랄 농도}(m) &= \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}} = \frac{\frac{a}{x}}{\frac{100 - a}{1000}} \\ &= \frac{1000a}{(100 - a)x} \end{aligned}$$

(3) 몰 농도(M)를 몰랄 농도(m)로 환산하기

밀도가 d g/mL이고 용질의 화학식량이 x 인 a M 용액의 경우, 용액 1 L에 용질 a mol이 녹아 있으므로

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 용액의 질량(g)} &= \text{용액의 부피(mL)} \times \text{용액의 밀도(g/mL)} \\ &= 1000d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 용질의 질량(g)} &= \text{몰 농도(mol/L)} \times \text{용액의 부피(L)} \times \text{용질 1 mol의 질량(g/mol)} \\ &= ax \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 용매의 질량(kg)} &= [\text{용액의 질량(g)} - \text{용질의 질량(g)}] \times \frac{1}{1000(\text{g/kg})} \\ &= \frac{1000d - ax}{1000} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ 용질의 양(mol)} = \text{몰 농도(mol/L)} \times \text{용액의 부피(L)} = a$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{몰랄 농도}(m) &= \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}} = \frac{a}{\frac{1000d - ax}{1000}} \\ &= \frac{1000a}{1000d - ax} \end{aligned}$$

THE 알기 98% 진한 황산으로 0.1 M 황산 수용액 만들기

[밀도가 1.84 g/mL인 98%의 황산(H_2SO_4 , 분자량 98)으로 0.1 M 황산 수용액 1 L를 만드는 과정]

(가) 0.1 M 황산 수용액 1 L를 만드는 데 필요한 H_2SO_4 의 질량을 구한다. $\Rightarrow 0.1(\text{mol/L}) \times 1(\text{L}) \times 98(\text{g/mol}) = 9.8(\text{g})$

(나) 98% 황산 100 g 속에는 98 g의 H_2SO_4 이 들어 있음을 이용하여 0.1 M 황산 수용액 1 L를 만들기 위해 필요한 98% 황산의 질량을 구한다.

$$\Rightarrow 100 : 98 = x : 9.8, \therefore x = 10(\text{g})$$

(다) 부피 = $\frac{\text{질량}}{\text{밀도}}$ 을 이용해 필요한 98% 황산 10 g의 부피(V)를 구한다. $\Rightarrow V = \frac{10(\text{g})}{1.84(\text{g/mL})} \approx 5.43(\text{mL})$

(라) 필요한 98% 황산의 부피(5.43 mL)를 피펫으로 정확히 취한 후 300 mL 정도의 물이 담긴 비커에 조금씩 넣으면서 저어준다.

(마) (라)의 용액을 1 L 부피 플라스크에 모두 옮긴 후 표시선까지 물을 채운다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

일정한 몰랄 농도(m)의 용액에 농도가 다른 용액을 추가하여 혼합할 때, 혼합 용액의 몰랄 농도(m)로부터 추가한 용액의 퍼센트 농도(%)를 구해야 한다.

▶ 간략 풀이

$x\%$ A(aq) 25 g에 들어 있는 A의 질량을 w g이라고 하면 $w = \frac{x}{4}$ 이다.

0.5 m A(aq) 105 g에 $x\%$ A(aq) 25 g을 넣었을 때 혼합 용액의 몰랄

$$\text{농도는 } \frac{5 + \frac{x}{4}}{\frac{100}{125 - \frac{x}{4}} \cdot \frac{1000}{1000}} = \frac{5}{6}, x = 20 \text{이다.}$$

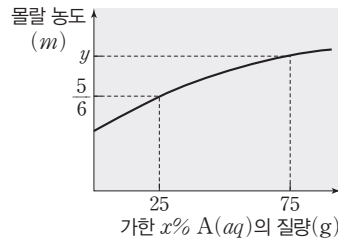
또한 0.5 m A(aq) 105 g에 20% A(aq) 75 g을 넣었을 때 혼합 용액 몰랄 농도(m)는 $y = \frac{0.2}{0.16} = \frac{5}{4}$ 이

다. 따라서 $\frac{x}{y} = 16$ 이다.

정답 | ②

| 2023학년도 9월 모의평가 |

그림은 0.5 m A(aq) 105 g에 $x\%$ A(aq)을 추가할 때, 가한 $x\%$ A(aq)의 질량에 따른 혼합 용액의 몰랄 농도를 나타낸 것이다.



$\frac{x}{y}$ 는? (단, A의 화학식량은 100이다.) [3점]

- ① 15 ② 16 ③ 18 ④ 20 ⑤ 21

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 9쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

농도가 다른 두 수용액을 혼합하는 점은 같지만, 혼합 용액의 몰랄 농도로부터 혼합 전 수용액의 농도와 질량을 구하는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

• 몰랄 농도는

용질의 양(mol)
용매의 질량(kg)이다.

• 용매와 용질의 종류가 같은 두 수용액을 혼합하면 혼합 용액 중 용매의 질량은 혼합 전 용액의 용매 질량의 합과 같고, 혼합 용액 중 용질의 질량은 혼합 전 용액의 용질 질량의 합과 같다.

▶ 23071-0033

표는 $x\%$ A(aq)에 서로 다른 양의 0.5 m A(aq)을 혼합한 용액 (가), (나)에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 질량(g)		몰랄 농도(m)
	$x\%$ A(aq)	0.5 m A(aq)	
(가)	120	y	1
(나)	120	$2y$	0.8

$x \times y$ 는? (단, A의 화학식량은 100이다.)

- ① 3400 ② 3500 ③ 3600 ④ 3700 ⑤ 3800

01

▶ 23071-0034

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	몰 농도(M)	밀도(g/mL)	ppm 농도(ppm)
(가)	0.01	1	400
(나)	①	1.05	4000

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

보기

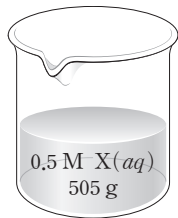
- ㄱ. A의 화학식량은 40이다.
- ㄴ. ①은 0.1이다.
- ㄷ. 퍼센트 농도(%)는 (나)가 (가)의 10배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0035

그림은 X(aq)을 나타낸 것이다. X(aq)의 밀도는 1.01 g/mL 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 화학식량은 60이다.)

보기

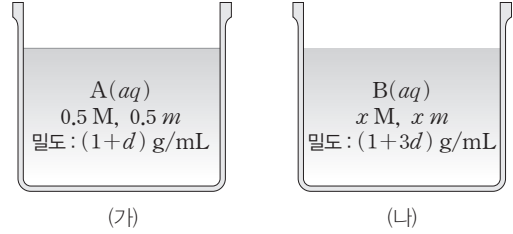
- ㄱ. 용질의 양은 $\frac{11}{40}$ mol이다.
- ㄴ. 몰랄 농도는 0.5 m보다 크다.
- ㄷ. 퍼센트 농도는 3%보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0036

그림 (가)와 (나)는 A(aq)과 B(aq)을 각각 나타낸 것이다.



$d+x$ 는? (단, A와 B의 화학식량은 각각 40, 180이다.)

- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{17}{50}$ ③ $\frac{26}{75}$
- ④ $\frac{53}{150}$ ⑤ $\frac{9}{25}$

04

▶ 23071-0037

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다. A의 화학식량은 40이고, (가), (나)의 밀도는 모두 1 g/mL이다.

용액	온도(°C)	부피(mL)	농도
(가)	t	100	0.1 m
(나)	$t+10$	100	0.1 M

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 증발은 무시한다.)

보기

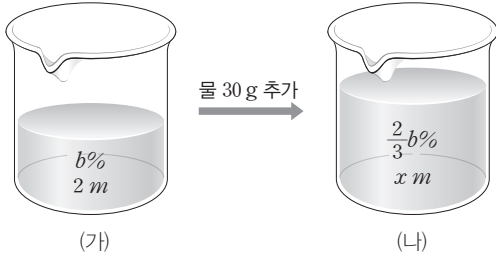
- ㄱ. (가)의 몰 농도는 0.1 M보다 작다.
- ㄴ. (나)를 $t^\circ\text{C}$ 로 냉각시킨 용액의 몰랄 농도는 0.1 m보다 크다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 퍼센트 농도는 0.4%보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0038

그림은 용질 X w g이 물 50 g에 녹아 있는 수용액 (가)에 물 30 g을 추가하여 수용액 (나)를 만드는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $b = \frac{50}{3}$ 이다.
- ㄴ. X의 화학식량은 100이다.
- ㄷ. $x = \frac{5}{4}$ 이다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0039

다음은 포도당 수용액에 대한 자료이다.

- 포도당의 몰 분율 : x
- 포도당 수용액의 몰랄 농도 : a m

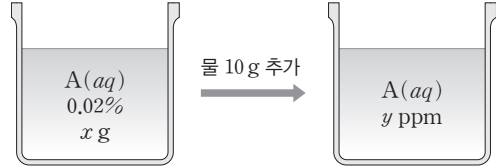
a 는? (단, 물과 포도당의 분자량은 각각 18, 180이다.)

- ① $\frac{500x}{9+9x}$
- ② $\frac{1000x}{9+9x}$
- ③ $\frac{500x}{9+x}$
- ④ $\frac{500x}{9-9x}$
- ⑤ $\frac{1000x}{9-9x}$

07

▶23071-0040

그림은 0.02% A(aq) x g에 물 10 g을 가해 y ppm의 A(aq)을 만드는 과정을 나타낸 것이다.



x 는?

- ① $\frac{5y}{200-y}$
- ② $\frac{10y}{200+y}$
- ③ $\frac{10y}{200-y}$
- ④ $\frac{20y}{200+y}$
- ⑤ $\frac{20y}{200-y}$

08

▶23071-0041

표는 3가지 X(aq)에 각각 물 w g씩을 추가해 농도를 희석하는 과정에서 희석 전과 후의 용액에 대한 자료이다. 실험 I에서 희석 전과 후의 용액의 밀도는 모두 1.2 g/mL이며, X의 화학식량은 180이다.

실험	희석 전	희석 후 농도
I	3 M X(aq) 200 mL	1 M
II	5 m X(aq) 228 g	x m
III	30% X(aq) 240 g	y %

$\frac{w}{x \times y}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① 24
- ② 36
- ③ 48
- ④ 60
- ⑤ 72

01

▶ 23071-0042

다음은 0.1 M NaOH(aq) 250 mL를 만드는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) NaOH(s) x g을 약 100 mL의 물이 들어 있는 비커에 넣어 녹인다.
- (나) (가)의 용액을 250 mL의 ㉠ 에 넣는다.
- (다) 씻기병을 이용하여 물로 비커에 묻어 있는 용액을 씻어 (나)의 ㉠ 에 넣는다.
- (라) (다)의 ㉠ 에 물을 $\frac{2}{3}$ 정도 넣은 후 용액을 잘 섞는다.
- (마) 씻기병을 이용하여 표시선까지 물을 가한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, 수용액의 온도는 일정하다.)

보기

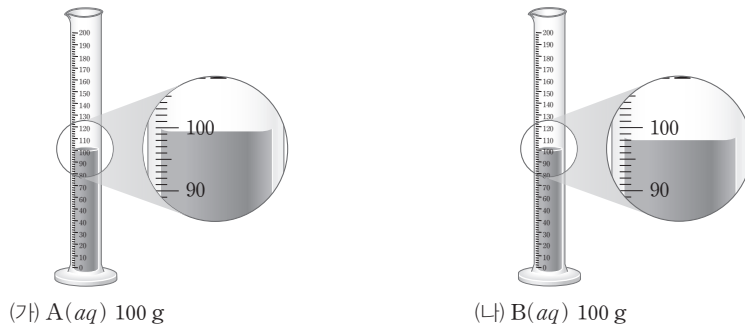
- ㄱ. $x=1$ 이다.
- ㄴ. '부피 플라스크'는 ㉠ 으로 적절하다.
- ㄷ. (마)에서 표시선보다 높게 물을 넣었을 경우, 초과된 용액을 털어내어 용액의 양을 표시선에 다시 맞춰야 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0043

그림 (가)와 (나)는 $t^\circ\text{C}$ 에서 각각 0.5 M A(aq) 100 g과 0.5 M B(aq) 100 g의 부피를 눈금 실린더로 측정하는 것을 나타낸 것이다. 용질의 화학식량은 B가 A의 3배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

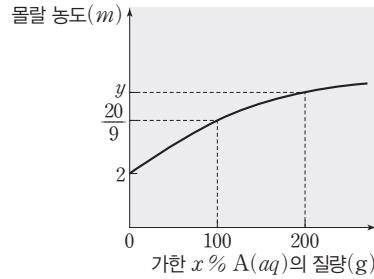
- ㄱ. 녹아 있는 용질의 양(mol)은 A(aq) > B(aq)이다.
- ㄴ. 녹아 있는 용질의 질량(g)은 B(aq) > A(aq)이다.
- ㄷ. 같은 부피의 용액에 들어 있는 용질의 질량은 B(aq)이 A(aq)의 3배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0044

그림은 2 m A(aq) 120 g에 x% A(aq)을 가할 때, 가한 x% A(aq)의 질량에 따른 혼합 용액의 몰랄 농도를 나타낸 것이다.



$\frac{x}{y}$ 는? (단, A의 화학식량은 100이다.)

- ① $\frac{26}{3}$
- ② 9
- ③ $\frac{28}{3}$
- ④ 10
- ⑤ $\frac{31}{3}$

04

▶ 23071-0045

표는 A(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
A의 질량(g)	w	w	10w
물의 질량(g)	x	900	900
몰랄 농도(m)	$\frac{5}{2}y$	y	
퍼센트 농도(%)	$\frac{100}{7}$		z
A의 몰 분율		$\frac{1}{51}$	$\frac{1}{a+1}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 분자량은 18이다.)

보기

- ㄱ. A의 화학식량은 60이다.
- ㄴ. a=6이다.
- ㄷ. $x \times y = 10z$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0046

다음은 $a \text{ M A}(aq)$ 을 만드는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 밀도가 0.8 g/mL 인 $A(l)$ 30 mL 의 질량(w_1)을 측정한다.

(나) (가)의 $A(l)$ 에 물을 가해 $A(aq)$ 100 mL 를 만든 후 질량(w_2)을 측정한다.

[실험 결과]

- $w_1 = x \text{ g}$ 이다.
- $w_2 = 99 \text{ g}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A의 분자량은 32이다.)

보기

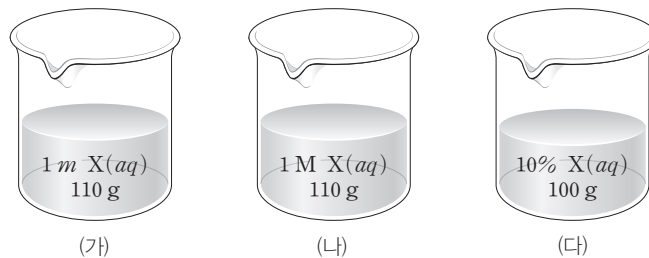
- ㄱ. $x = 24$ 이다.
- ㄴ. (나) 과정 후 $A(aq)$ 의 퍼센트 농도는 $\frac{800}{33}\%$ 이다.
- ㄷ. $a = 0.75$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0047

그림은 $X(aq)$ (가)~(다)에 대한 자료이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 수용액의 밀도는 1 g/mL 이고, 온도는 일정하며, X의 화학식량은 100이다.)

보기

- ㄱ. 녹아 있는 X의 양(mol)은 (가) > (다)이다.
- ㄴ. 물의 질량(g)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ㄷ. 퍼센트 농도(%)는 (가)와 (나)를 합한 용액이 (가)와 (다)를 합한 용액보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

묽은 용액의 성질

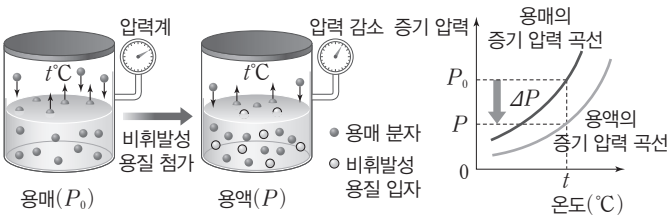
1 용액의 증기 압력 내림

(1) 용액의 증기 압력 내림 현상

- ① 순수한 용매에 비휘발성인 용질이 녹아 있는 용액에서 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 작다.

$$\begin{aligned} & \text{증기 압력 내림} (\Delta P) \\ & = \text{용매의 증기 압력} (P_{\text{용매}}) - \text{용액의 증기 압력} (P_{\text{용액}}) \end{aligned}$$

- ② 용액의 표면에서 증발할 수 있는 용매 입자를 용질이 방해하기 때문에 증기 압력 내림이 나타난다.



- ③ 용액의 농도가 진해질수록 증기 압력 내림이 커진다.
- ④ 온도가 일정할 때 묽은 용액의 증기 압력 내림은 용질의 종류에는 영향을 받지 않고, 용매의 종류와 용질의 몰 분율에만 영향을 받는다.

(2) 라울 법칙

- ① 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기 압력 ($P_{\text{용액}}$)은 용매의 몰 분율 ($X_{\text{용매}}$)에 비례한다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

- ② 묽은 용액의 증기 압력 내림 (ΔP)은 용질의 종류에 관계없이 용질의 몰 분율 ($X_{\text{용질}}$)에 비례한다.

$$\begin{aligned} P_{\text{용액}} &= P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}} = P_{\text{용매}} \times (1 - X_{\text{용질}}) = P_{\text{용매}} - P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}} \\ \therefore \Delta P &= P_{\text{용매}} - P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}} \end{aligned}$$

• 몰 분율은 단위가 없으며 온도에 따라 변하지 않는다.

- 용질의 몰 분율이 클수록 일정량의 용매에 녹아 있는 용질의 양이 많으므로 몰 분율도 농도의 의미를 포함한다.
- 용매와 용질의 구분 없이 입자 수를 기준으로 하며, 혼합물을 구성하는 각 성분의 몰 분율을 모두 더하면 1이 된다.

2 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림

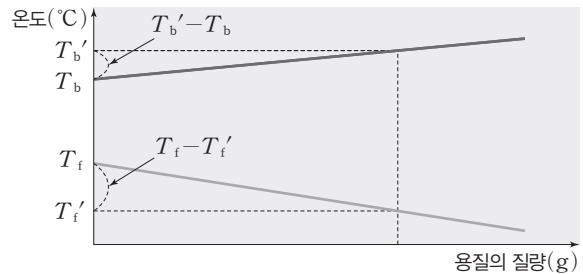
(1) 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림

- ① 같은 온도에서 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액은 용매보다 증기 압력이 작으므로 더 높은 온도가 되어야 증기 압력과 외부 압력이 같아진다. 따라서 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점 (T_b')은 용매의 끓는점 (T_b)보다 높다.

$$\Rightarrow \text{용액의 끓는점 오름} (\Delta T_b = T_b' - T_b)$$

- ② 비휘발성인 용질이 녹아 있는 용액이 어는 과정에서 용질의 방해가 있으므로 용액이 얼기 위해서는 용매보다 더 낮은 온도가 필요하다. 따라서 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 어는점 (T_f')은 용매의 어는점 (T_f)보다 낮다.

$$\Rightarrow \text{용액의 어는점 내림} (\Delta T_f = T_f - T_f')$$

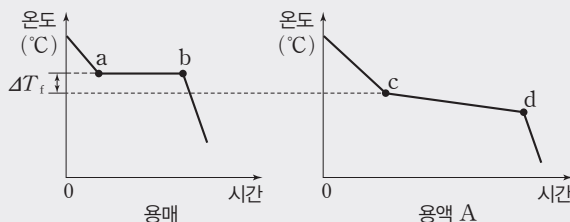
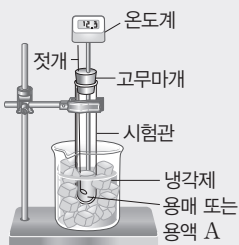


- ③ 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림은 용매의 종류에 따라 달라지며 용액의 몰랄 농도 (m)에 비례한다.

$$\text{끓는점 오름} (\Delta T_b) = T_b' - T_b = K_b \times m$$

$$\text{어는점 내림} (\Delta T_f) = T_f - T_f' = K_f \times m$$

THE 알기 어는점 내림 측정



- 그림과 같이 장치하고 시험관 속의 순수한 용매를 첫 개로 저어 주면서 시간에 따른 온도를 측정한다. 용액 A에 대해서도 같은 실험을 반복한다.
- 순수한 용매는 a점에서 얼기 시작하였고, 용액 A는 c점에서 얼기 시작하였다.
- 용액에서는 용매만 얼어 용액의 농도가 점점 진해지기 때문에 용액 A에서는 d점까지 어는점이 계속 낮아진다.

- 몰랄 오름 상수(K_b) : 용액의 농도가 1 m일 때의 끓는점 오름이다.
- 몰랄 내림 상수(K_f) : 용액의 농도가 1 m일 때의 어는점 내림이다.
- K_b , K_f 는 용질의 종류와는 관계없고 용매의 종류에 따라 달라진다.

(2) 끓는점 오름과 어는점 내림을 이용한 분자량 측정

어떤 용매 W g에 비전해질, 비휘발성 용질 w g이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름을 ΔT_b , 어는점 내림을 ΔT_f 라고 할 때, 이 용질의 분자량(M)은 다음과 같이 구할 수 있다.

• 용질의 양(mol) = $\frac{w}{M}$

• 용액의 몰랄 농도

$W : \frac{w}{M} = 1000 : m \quad \therefore m = \frac{1000w}{MW}$

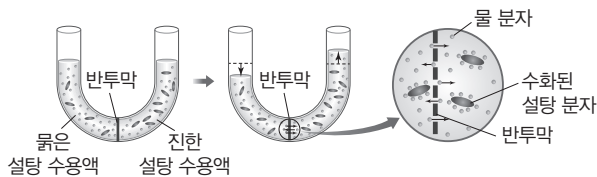
• $\Delta T = K \times m = K \times \frac{1000w}{MW}$

$\therefore M = \frac{1000Kw}{W\Delta T}$

($K : K_b$ 또는 K_f , $\Delta T : \Delta T_b$ 또는 ΔT_f)

3 삼투 현상과 삼투압

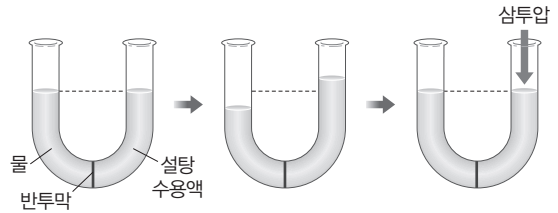
(1) 삼투 현상 : 반투막을 사이에 두고 농도가 서로 다른 용액이 있을 때 용매 분자가 반투막을 통해 저농도에서 고농도로 이동하는 현상이다.



• 반투막 : 물과 같이 크기가 작은 용매 입자는 통과시키지만, 용매화되어 크기가 큰 용질 입자는 통과시키지 못하는 막이다.

예 달걀의 속껍질, 세포막

(2) 삼투압 : 반투막을 사이에 두고 순수한 용매와 용액이 있을 때 용매 분자가 용액 쪽으로 이동하는 삼투 현상을 막기 위해 용액 쪽에 추가로 주어야 하는 최소한의 압력이다.



• 묽은 용액에서 삼투압의 크기는 용질의 종류와 관계없이 일정량의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수에 비례한다.

(3) 반트호프 법칙

① 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 삼투압(π)은 용액의 몰 농도(C)와 절대 온도(T)에 비례한다.

$$\pi = CRT = \frac{n}{V}RT \Rightarrow \pi V = nRT$$

π : 삼투압(atm), C : 몰 농도(M),
 R : 기체 상수(0.082 atm·L/(mol·K)),
 T : 절대 온도(K), V : 용액의 부피(L), n : 용질의 양(mol)

② 삼투압을 측정하면 반트호프 법칙을 이용하여 용질의 분자량을 구할 수 있다.

$$\pi V = nRT = \frac{w}{M}RT \Rightarrow M = \frac{wRT}{\pi V}$$

4 묽은 용액의 총괄성

비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 증기 압력 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압은 용질의 종류와 관계없이 용질의 입자 수에만 비례하는데, 이러한 성질을 묽은 용액의 총괄성이라고 한다.

총괄성	관계식	설명
증기 압력 내림	$\Delta P = P_{\text{용매}} - P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$	$X_{\text{용질}}$ (용질의 몰 분율)에 비례
끓는점 오름	$\Delta T_b = K_b \times m$	m (용액의 몰랄 농도)에 비례
어는점 내림	$\Delta T_f = K_f \times m$	m (용액의 몰랄 농도)에 비례
삼투압	$\pi = CRT$	C (용액의 몰 농도)에 비례

THE 알기 바닷물이 잘 얼지 않는 이유

추운 겨울이 되면 강이나 호수는 잘 얼어붙지만, 바다는 잘 얼지 않는다. 그 이유 중의 하나는 용액의 어는점 내림 현상이다.

- 바닷물에 녹아 있는 염분은 약 3.5%이다.
- 염분의 약 78%는 염화 나트륨(NaCl), 나머지는 염화 마그네슘(MgCl₂)을 비롯한 여러 가지 물질이다.
- 평균적인 바닷물의 어는 온도는 약 -1.91°C이다.
- 염분의 농도가 진할수록 어는점은 낮아진다.
- 따뜻한 해류(난류) 등도 바닷물이 잘 얼지 않는 이유이다.



테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

일정량의 용매에 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름(ΔT_b)은 녹아 있는 용질의 양(mol)에 비례한다.

▶ 간략 풀이

(가)~(라)에서 용매의 질량이 모두 같고, (가)와 (다)의 끓는점 오름이 같으므로 A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면,

$$\frac{a}{M_A} + \frac{9b}{M_B} = \frac{9a}{M_A} + \frac{b}{M_B} \text{ 이고,}$$

$$\frac{a}{M_A} = \frac{b}{M_B} \text{ 이다. 또 (나)와 (라)에서}$$

$$\frac{y}{x} = \frac{\frac{10a}{M_A} + \frac{5b}{M_B}}{\frac{5a}{M_A} + \frac{5b}{M_B}} \text{ 이므로}$$

$$\frac{y}{x} = \frac{15}{10} = \frac{3}{2} \text{ 이다.}$$

정답 | ③

| 2023학년도 수능 |

표는 물 100 g에 A(s)와 B(s)를 함께 녹인 수용액 (가)~(라)의 끓는점 오름(ΔT_b)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)	(라)
A의 질량(g)	a	$5a$	$9a$	$10a$
B의 질량(g)	$9b$	$5b$	b	$5b$
ΔT_b (°C)	k	x	k	y

$\frac{y}{x}$ 는? (단, 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 반응하지 않는다. 용액은 라울 법칙을 따른다.)

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

0 많은 꿀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 11쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 끓는점 오름(ΔT_b)의 관계를 이용하는 점은 같지만, 용매의 양이 각각 다른 점이 다르다.

▶ 배경 지식

- 용액의 끓는점 오름(ΔT_b)은 일정량의 용매에 녹아 있는 용질의 양(mol)에 비례한다.

- 용질의 양(mol)은 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용질 1 mol의 질량(g/mol)}}$ 이다.

▶ 23071-0048

표는 물에 A(s)와 B(s)를 함께 녹인 수용액 (가)~(라)의 끓는점 오름(ΔT_b)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)	(라)
물의 질량(g)	50	100	200	400
A의 질량(g)	a	$2a$	xa	$6a$
B의 질량(g)	$2b$	b	$2b$	$3b$
ΔT_b (°C)	$8k$	$5k$	$3k$	yk

$x \times y$ 는? (단, 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 반응하지 않는다. 용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① $\frac{9}{2}$ ② $\frac{11}{2}$ ③ $\frac{13}{2}$ ④ $\frac{15}{2}$ ⑤ $\frac{17}{2}$

01

▶ 23071-0049

표는 1 atm에서 용매 X(l)에 용질 Y(s)가 녹아 있는 3가지 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

용액	X(l)의 질량(g)	Y(s)의 양(mol)	기준 어는점(°C)
(가)	200	0.2	-14.1
(나)	200	0.1	-3.7
(다)	500	0.1	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Y는 비휘발성, 비전해질이고, 용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. X(l)의 몰랄 내림 상수(K_f)는 $20.8\text{ }^\circ\text{C}/m$ 이다.
- ㄴ. $x = -1.48$ 이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액의 기준 어는점은 $-8.9\text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0050

표는 $t\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다. $25\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 $P\text{ mmHg}$ 이고, 물의 분자량은 18이다.

수용액	물의 질량(g)	A의 질량(g)	증기 압력(mmHg)
(가)	900	w	P'
(나)	900	$3w$	$\frac{501}{503}P'$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. A의 화학식량은 $10w$ 이다.
- ㄴ. $P = \frac{501}{500}P'$ 이다.
- ㄷ. (나)의 몰랄 농도는 $\frac{1}{3}m$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0051

표는 1 atm에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	물의 질량(g)	용질		기준 끓는점(°C)
		종류	질량(g)	
(가)	100	X	4	$100+4k$
(나)	200	Y	6	$100+k$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고 반응하지 않으며, 모든 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. 화학식량은 Y가 X의 3배이다.
- ㄴ. 기준 어는점은 (가)가 (나)보다 높다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액의 기준 끓는점은 $(100+2k)\text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0052

표는 $t\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. $t\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 $P\text{ atm}$ 이다.

수용액	용질의 종류	용질의 질량(g)	부피(L)	밀도 (g/mL)	증기 압력 (atm)
(가)	X	180	1	1.08	$\frac{50}{51}P$
(나)	Y	4	0.1	1.03	$\frac{165}{167}P$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 분자량은 18이고, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

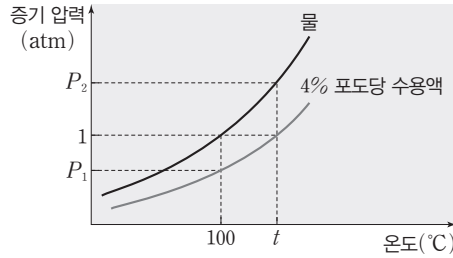
- ㄱ. 화학식량은 X가 Y의 2배이다.
- ㄴ. 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (가)가 (나)의 15배이다.
- ㄷ. 기준 어는점(°C)은 (가)가 (나)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0057

그림은 물과 4% 포도당 수용액의 증기 압력 곡선이다. 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 $k \text{ }^\circ\text{C}/m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물과 포도당의 분자량은 각각 18, 180이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. $P_1 \times P_2 = 1$ 이다.
- ㄴ. $t = 100 + \frac{25}{108}k$ 이다.
- ㄷ. 6% 포도당 수용액의 100°C 에서의 증기 압력은 $\frac{470}{473}$ atm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0058

표는 1 atm에서 물 100 g에 용질의 종류를 달리하여 녹인 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

(나)에서 $\frac{Y \text{의 질량(g)}}{X \text{의 질량(g)}} = 2$ 이고, 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 $k \text{ }^\circ\text{C}/m$ 이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
용질의 종류	X	X, Y	X, Y
용질의 질량(g)	w	w	w
끓는점 오름($^\circ\text{C}$)	k	$\frac{5}{9}k$	$\frac{4}{9}k$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고 반응하지 않으며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

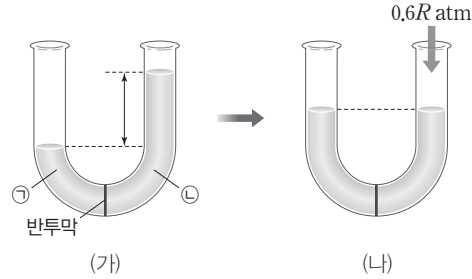
- ㄱ. Y의 화학식량은 $30w$ 이다.
- ㄴ. $\frac{\text{(가)에 녹아 있는 X의 양(mol)}}{\text{(다)에 녹아 있는 Y의 양(mol)}} = \frac{18}{5}$ 이다.
- ㄷ. (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 끓는점 오름은 $2k^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0059

그림 (가)는 300 K, 1 atm에서 반투막으로 분리된 U자관의 양쪽에 A, B를 각각 w g씩 녹인 수용액 100 mL씩을 넣고 평형에 도달한 상태를, (나)는 ㉠ 쪽에 $0.6R$ atm의 외부 압력을 가하여 수면의 높이가 같아지도록 맞춘 모습을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 A(aq), B(aq) 중 하나이며, A와 B의 화학식량은 각각 180, 60이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 300 K로 일정하고, 기체 상수는 R atm·L/(mol·K)이며, 대기압은 일정하다. 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 A(aq)이다.
- ㄴ. $w=0.018$ 이다.
- ㄷ. (가)에서 몰 농도(M)는 ㉠과 ㉡이 같다.

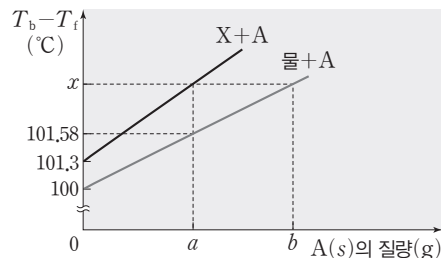
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0060

표는 2가지 용매 물과 X에 대한 자료이고, 그림은 1 atm에서 100 g의 물과 100 g의 X에 각각 용질 A(s)를 녹였을 때, 용해된 A(s)의 질량에 따른 두 용액의 끓는점과 어는점의 차($T_b - T_f$)를 나타낸 것이다.

용매	기준 어는점(°C)	몰랄 내림 상수(K_f)	기준 끓는점(°C)	몰랄 오름 상수(K_b)
물	0	1.86	100	0.51
X	16.6	3.63	117.9	3.22



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A는 비휘발성, 비전해질이고, 용액은 라울 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. A의 화학식량은 $15a$ 이다.
- ㄴ. $x > 106$ 이다.
- ㄷ. $b > \frac{3}{2}a$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0061

표는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 용액 (가)~(라)에 대한 자료이다. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 X, Y의 증기 압력은 각각 P_X, P_Y 이다.

용액	(가)	(나)	(다)	(라)
용매의 종류	X	Y	X	Y
용질의 몰 분율			$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x}$
몰랄 농도(m)	1	1	$\frac{25}{23}$	y
증기 압력(atm)	$\frac{500}{523}P_X$	$\frac{125}{129}P_Y$		

$x \times y$ 는? (단, 용질은 비휘발성, 비전해질이고, 모든 용액은 라울 법칙을 따른다.)

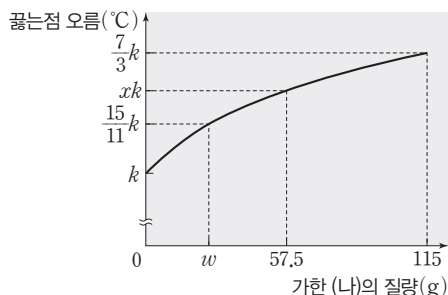
- ① $\frac{500}{16}$ ② $\frac{510}{16}$ ③ $\frac{515}{16}$ ④ $\frac{525}{16}$ ⑤ $\frac{535}{16}$

06

▶ 23071-0062

표는 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이고, 그림은 수용액 (가)에 수용액 (나)를 조금씩 가할 때, 가한 (나)의 질량에 따른 혼합 용액의 끓는점 오름($^{\circ}\text{C}$)을 나타낸 것이다. 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 $k^{\circ}\text{C}/m$ 이다.

수용액	물의 질량(g)	용질	
		종류	질량(g)
(가)	200	A	12
(나)	100	B	15



$x \times w$ 는? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 반응하지 않고, 모든 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

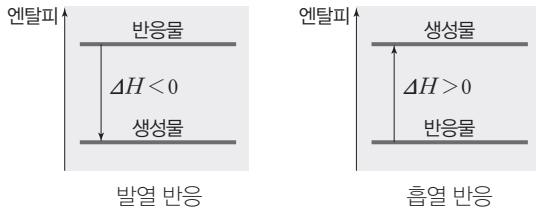
- ① $\frac{207}{5}$ ② $\frac{207}{4}$ ③ $\frac{307}{5}$ ④ $\frac{307}{4}$ ⑤ $\frac{307}{3}$

05

엔탈피와 열화학 반응식

1 엔탈피(H)

- (1) 엔탈피(H) : 압력이 일정할 때 열로써 출입하는 에너지는 엔탈피 변화(ΔH)와 같다.
- ① 화학 반응이 일어나면 반응물과 생성물의 엔탈피 차이에 해당하는 열이 출입한다.
- ② 물질의 엔탈피는 온도와 압력에 따라 달라지므로 같은 반응이라도 반응이 일어나는 온도와 압력에 따라서 열로써 출입하는 에너지의 크기는 달라진다.
- (2) 반응 엔탈피(ΔH) : 반응이 일어날 때 엔탈피 변화 값으로, 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이다.
반응 엔탈피(ΔH) = 생성물의 엔탈피 합 - 반응물의 엔탈피 합
- ① 발열 반응 : 화학 반응이 일어날 때 주위로 열을 방출한다.
- ② 흡열 반응 : 화학 반응이 일어날 때 주위로부터 열을 흡수한다.



2 열화학 반응식

- (1) 열화학 반응식 : 화학 반응식과 반응 엔탈피(ΔH)를 함께 나타낸 식을 열화학 반응식이라고 한다.
- (2) 열화학 반응식을 나타내는 법
- ① 물질의 상태에 따라 엔탈피가 달라지므로 상태를 표시한다.
- ② 엔탈피는 온도와 압력에 따라 달라지므로 열화학 반응식에는 온도와 압력을 함께 표시한다. 온도와 압력 조건이 주어지지 않으면 일반적으로 25°C, 1 atm이다.
- ③ 같은 화학 반응이라도 반응 계수에 따라 반응 엔탈피가 달라진다.
- ④ 역반응의 엔탈피 변화는 정반응의 엔탈피 변화와 크기는 같고 부호는 반대이다.

예 메탄올(CH_3OH)의 연소 반응의 반응 엔탈피

[자료] 25°C, 1 atm에서 $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 16 g이 완전 연소하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 생성할 때 363.2 kJ의 열이 발생

→ 25°C, 1 atm에서 반응물과 생성물

반응물 : $\text{CH}_3\text{OH}(l)$, $\text{O}_2(g)$, 생성물 : $\text{CO}_2(g)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$

→ 반응물 1 mol에 대한 반응 엔탈피

$$\text{CH}_3\text{OH의 양(mol)} = \frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$$

$\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 1 mol에 대한 반응 엔탈피 $\Delta H = -726.4 \text{ kJ}$

→ 계수를 고려한 열화학 반응식



$$\Delta H = -1452.8 \text{ kJ}$$

3 생성 엔탈피

- (1) 생성 엔탈피 : 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피로, 1 atm에서 원소에 여러 가지 동소체가 존재하는 경우 가장 안정한 물질의 생성 엔탈피는 0이다.

물질	산소 동소체		탄소 동소체	
	$\text{O}_2(g)$	$\text{O}_3(g)$	C(s, 흑연)	C(s, 다이아몬드)
생성 엔탈피 (kJ/mol)	0	143	0	1.9

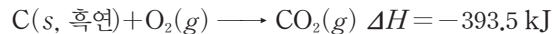
(25°C, 1 atm)

(2) 표준 생성 엔탈피

- ① 1 atm에서 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피를 표준 생성 엔탈피라고 한다.
- ② 표준 생성 엔탈피의 단위는 kJ/mol이다.

예 25°C에서 $\text{CO}_2(g)$ 의 표준 생성 엔탈피

→ 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 $\text{O}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{CO}_2(g)$ 1 mol을 생성할 때 반응 엔탈피(ΔH)는 -393.5 kJ 이다.



→ 25°C에서 $\text{CO}_2(g)$ 의 표준 생성 엔탈피는 -393.5 kJ/mol 이다.

THE 알기 여러 가지 반응의 반응 엔탈피(ΔH)

• 분해 엔탈피 : 어떤 물질 1 mol이 가장 안정한 성분 원소로 분해될 때의 반응 엔탈피이다.



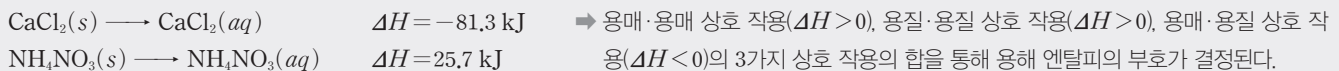
• 연소 엔탈피 : 어떤 물질 1 mol이 완전 연소하여 가장 안정한 생성물이 될 때의 반응 엔탈피이다.



• 중화 엔탈피 : $\text{H}^+(aq)$ 1 mol과 $\text{OH}^-(aq)$ 1 mol이 중화 반응하여 1 mol의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성될 때의 반응 엔탈피이다.



• 용해 엔탈피 : 어떤 물질 1 mol이 다량의 물에 용해될 때의 반응 엔탈피이다.



테마 대표 문제

| 2023학년도 수능 |

다음은 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 관련된 2가지 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. C(s, 흑연) 1 mol의 엔탈피는 C(s, 다이아몬드) 1 mol의 엔탈피보다 작다.
- ㄴ. C(s, 다이아몬드)의 생성 엔탈피는 0보다 작다.
- ㄷ. C(s, 다이아몬드) 1 mol이 완전 연소될 때 방출하는 열은 $|a-b|$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

반응 엔탈피(ΔH)를 통해 1 mol의 엔탈피와 생성 엔탈피, 방출하는 열을 파악하여 문제를 해결하여야 한다.

▶ 간략 풀이

㉠ $a > 0$ 이므로 1 mol의 엔탈피는 C(s, 흑연)이 C(s, 다이아몬드)보다 작다.

✕ C(s, 다이아몬드)의 생성 엔탈피는 a kJ이므로 C(s, 다이아몬드)의 생성 엔탈피는 0보다 크다.

㉡ 1 mol의 엔탈피는 C(s, 다이아몬드)가 C(s, 흑연)보다 a kJ만큼 크므로 C(s, 다이아몬드) 1 mol이 완전 연소되는 반응의 반응 엔탈피는 $(b-a)$ kJ이다. 따라서 C(s, 다이아몬드) 1 mol이 완전 연소될 때 방출하는 열은 $|a-b|$ kJ이다.

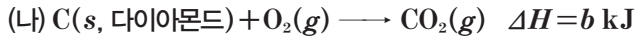
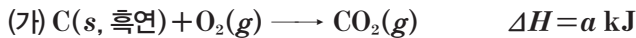
정답 | ③

0 **답은 꿀 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 15쪽

▶ 23071-0063

다음은 25°C, 1 atm에서 연소 반응 (가)와 (나)의 열화학 반응식이다. $0 > a > b$ 이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)와 (나)는 모두 발열 반응이다.
- ㄴ. 1 mol의 엔탈피는 C(s, 다이아몬드)가 C(s, 흑연)보다 크다.
- ㄷ. C(s, 흑연) \longrightarrow C(s, 다이아몬드) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(a-b)$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

C(s, 흑연)과 C(s, 다이아몬드)와 관련된 반응을 묻는 점은 유사하지만, C(s, 흑연)과 C(s, 다이아몬드)의 연소 반응을 묻는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

- 압력이 일정할 때 출입하는 열이 엔탈피(H)이다.
- 화학 반응이 일어날 때 주위로 열을 방출하는 반응은 발열 반응, 주위로부터 열을 흡수하는 반응은 흡열 반응이다.
- 반응이 일어날 때 엔탈피 변화 값은 반응 엔탈피(ΔH)이다.

01

▶23071-0064

다음은 드라이아이스($\text{CO}_2(s)$)의 승화와 관련된 설명이다.

아이스크림이 들어 있는 스타이로폼 박스에 드라이아이스를 같이 넣어 아이스크림이 녹지 않게 한다. 이는 드라이아이스의 승화가 ㉠ 반응이고, 이 과정에서 CO_2 의 엔탈피가 ㉡하기 때문이다.

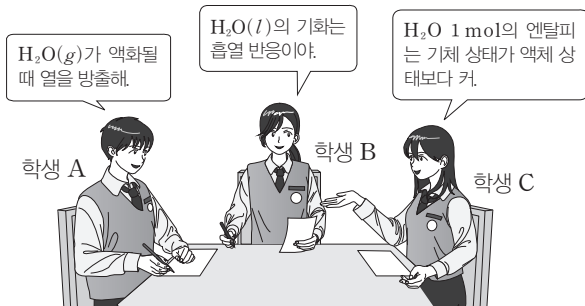
㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은?

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ㉠ | ㉡ | ㉠ | ㉡ |
| ① 발열 증가 | ② 발열 감소 | ③ 흡열 일정 | ④ 흡열 증가 |
| ⑤ 흡열 감소 | | | |

02

▶23071-0065

다음은 25°C , 1 atm 에서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 액화되는 반응의 열화학 반응식과 이에 대한 세 학생의 대화이다.



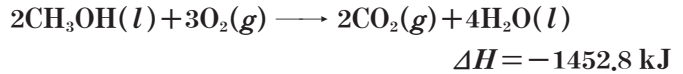
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- | | | |
|--------|-----------|--------|
| ① A | ② B | ③ A, C |
| ④ B, C | ⑤ A, B, C | |

03

▶23071-0066

다음은 25°C , 1 atm 에서 $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 의 연소 반응의 열화학 반응식이다.



25°C , 1 atm 에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

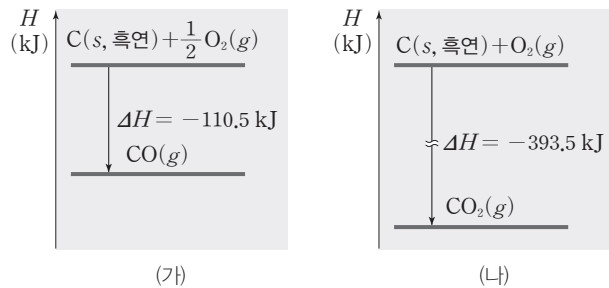
- ㄱ. 이 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. 1 mol 의 $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 이 모두 반응하였을 때, 반응 엔탈피(ΔH)는 -726.4 kJ 이다.
- ㄷ. $2\text{CH}_3\text{OH}(l) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 -1452.8 kJ 보다 크다.

- | | | |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄱ | ② ㄷ | ③ ㄱ, ㄴ |
| ④ ㄴ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ | |

04

▶23071-0067

그림 (가)와 (나)는 25°C , 1 atm 에서 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 과 $\text{O}_2(g)$ 로부터 $\text{CO}(g)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 가 각각 생성되는 반응의 엔탈피 변화를 나타낸 것이다.



25°C , 1 atm 에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

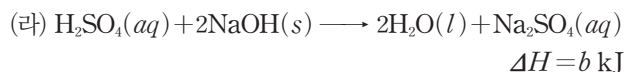
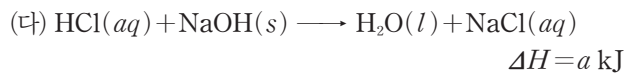
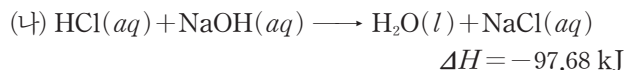
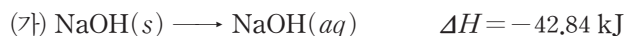
- ㄱ. (가)에서 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피보다 크다.
- ㄴ. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 -393.5 kJ/mol 이다.
- ㄷ. $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 -283 kJ 이다.

- | | | |
|--------|--------|-----|
| ① ㄱ | ② ㄴ | ③ ㄷ |
| ④ ㄱ, ㄴ | ⑤ ㄱ, ㄷ | |

05

▶ 23071-0068

다음은 25°C, 1 atm에서 4가지 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

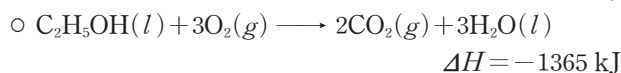
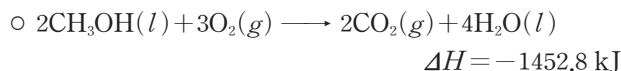
보기

- ㄱ. $a > -97.68$ 이다.
 ㄴ. $b < 0$ 이다.
 ㄷ. $b = 2a$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0069

다음은 25°C, 1 atm에서 $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 연소 반응에 대한 열화학 반응식이다. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 분자량은 46이다.

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 의 연소 반응은 흡열 반응이다.
 ㄴ. 23 g의 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 이 완전 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 -682.5 kJ 이다.
 ㄷ. $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 이 각각 1 mol씩 완전 연소되면 열의 출입량은 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 에서가 $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 에서보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶ 23071-0070

다음은 25°C, 1 atm에서 $\text{NO}(g)$ 의 생성 반응과 관련된 설명이다.

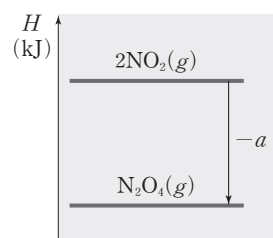
$\text{N}_2(g)$ 7 g과 $\text{O}_2(g)$ 8 g이 모두 반응하였을 때, $\text{NO}(g)$ 가 생성되면서 45 kJ의 열을 흡수한다.

이 자료로부터 구한 25°C, 1 atm에서 $\text{NO}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는? (단, N와 O의 원자량은 각각 14, 16이다.)

- ① 22.5 kJ/mol ② 45 kJ/mol ③ 90 kJ/mol
 ④ 135 kJ/mol ⑤ 180 kJ/mol

08

▶ 23071-0071

그림은 25°C, 1 atm에서 $\text{NO}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되는 반응의 엔탈피(H)를 나타낸 것이다. $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 0보다 크다.

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $2\text{NO}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 반응은 흡열 반응이다.
 ㄴ. $\frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(g) \longrightarrow \text{NO}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}a \text{ kJ}$ 이다.
 ㄷ. $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}a \text{ kJ/mol}$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0072

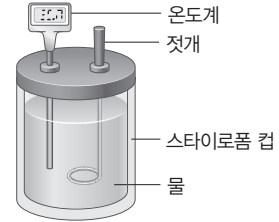
다음은 질산 암모늄($\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$)의 용해와 관련된 실험이다.

[열화학 반응식]



[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 간이 열량계에 25°C 의 물 100 g을 넣는다.
- (나) (가)의 간이 열량계에 25°C 의 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ w g을 넣고 모두 녹인 후, 수용액의 온도를 측정한다.
- (다) (가)의 간이 열량계에 25°C 의 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ $2w$ g을 넣고 모두 녹인 후, 수용액의 온도를 측정한다.



[자료 및 실험 결과]

- NH_4NO_3 의 화학식량 : a
- (나)에서 만든 수용액의 비열 : $b \text{ kJ}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$
- (나)에서 측정한 수용액의 온도 : 15°C
- (다)에서 측정한 수용액의 온도 : $t^\circ\text{C}$

25°C , 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

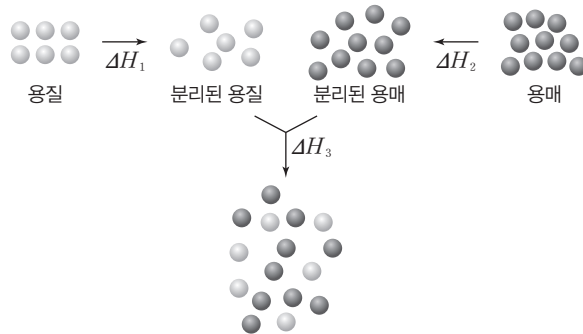
- ㄱ. $x < 0$ 이다.
- ㄴ. $t = 5$ 이다.
- ㄷ. 이 실험을 통해 구한 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 엔탈피(ΔH)는 $\frac{a \times b \times (100 + w) \times 10}{w} \text{ kJ/mol}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▶ 23071-0073

그림은 25°C , 1 atm에서 $\text{CaCl}_2(s)$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 과정에서 엔탈피 변화(ΔH)를 모형으로 나타낸 것이다. $\text{CaCl}_2(s)$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 엔탈피(ΔH)는 각각 -81.3 kJ/mol , 25.7 kJ/mol 이고, ΔH_1 , ΔH_2 는 모두 0보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

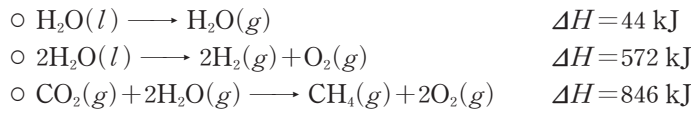
- ㄱ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해는 흡열 반응이다.
- ㄴ. $\text{CaCl}_2(s)$ 의 용해 과정에서 $|\Delta H_3| > |\Delta H_1 + \Delta H_2|$ 이다.
- ㄷ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 과 $\text{CaCl}_2(s)$ 이 각각 1 mol씩 용해될 때, 열의 출입량은 $\text{CaCl}_2(s)$ 에서가 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 에서보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0074

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, CH_4 , H_2O 의 화학식량은 각각 16, 18이다.)

보기

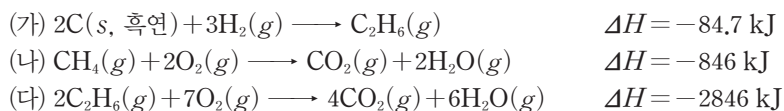
- ㄱ. 9 g의 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 액화될 때 22 kJ의 열이 방출된다.
 ㄴ. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 -572 kJ/mol 이다.
 ㄷ. $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 -934 kJ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0075

다음은 25°C, 1 atm에서 반응 (가)~(다)의 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

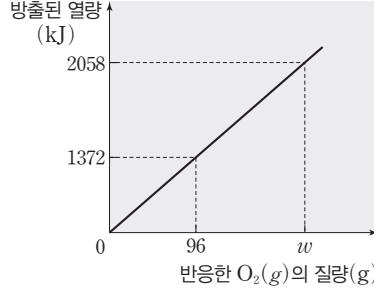
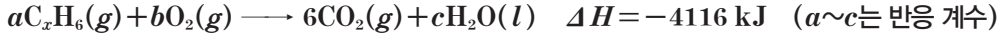
- ㄱ. (가)~(다)는 모두 발열 반응이다.
 ㄴ. $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 -84.7 kJ/mol 이다.
 ㄷ. (나)와 (다)에서 각각 1 mol의 $\text{O}_2(g)$ 가 모두 반응할 때, 방출되는 열은 (나) > (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0076

다음은 25°C, 1 atm에서 C_xH₆(g)의 연소 반응의 열화학 반응식이고, 그림은 25°C, 1 atm에서 C_xH₆(g)를 완전 연소시켰을 때, 반응한 O₂(g)의 질량에 따른 방출된 열량을 나타낸 것이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, O₂의 화학식량은 32이다.)

보기

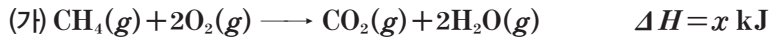
- ㄱ. $\frac{b}{a} = 3$ 이다.
- ㄴ. $x = 3$ 이다.
- ㄷ. w g의 O₂(g)가 모두 반응할 때, 생성된 H₂O(l)의 양은 3 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0077

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식이고, 표는 4가지 물질의 생성 엔탈피이다. $0 > a > b$ 이다.



물질	CH ₄ (g)	C ₂ H ₆ (g)	CO ₂ (g)	H ₂ O(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	a	b	-393.5	-241.8

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연), H₂(g), O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

- ㄱ. 1 mol의 엔탈피(H)는 C₂H₆(g) > CH₄(g)이다.
- ㄴ. $a > -877.1$ 이다.
- ㄷ. $x - \frac{y}{2} < 635.3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

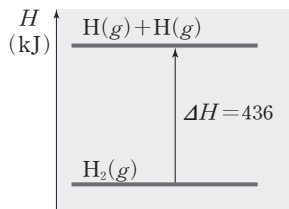
결합 에너지와 헤스 법칙

1 결합 에너지와 반응 엔탈피

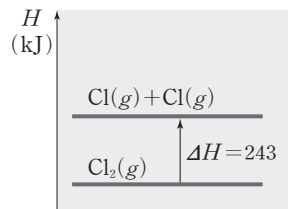
(1) 결합 에너지 : 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 간의 공유 결합 1 mol을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이다.

예 H-H와 Cl-Cl의 결합 에너지

- H-H의 결합 에너지 : 기체 상태의 수소(H₂) 분자 1 mol을 기체 상태의 수소(H) 원자로 끊는 데 436 kJ의 에너지가 필요하다.
- Cl-Cl의 결합 에너지 : 기체 상태의 염소(Cl₂) 분자 1 mol을 기체 상태의 염소(Cl) 원자로 끊는 데 243 kJ의 에너지가 필요하다.



H-H의 결합이 끊어질 때



Cl-Cl의 결합이 끊어질 때

(2) 결합 에너지와 결합 세기 : 원자 사이의 결합이 강할수록 결합을 끊기 어려우므로 결합 에너지는 원자 사이의 결합이 강할수록 크다.

→ H-H의 결합 에너지(436 kJ/mol)가 Cl-Cl의 결합 에너지(243 kJ/mol)보다 크므로, 결합의 세기는 H-H가 Cl-Cl보다 강하다.

(3) 평균 결합 에너지 : 같은 H-C 결합이라도 그 결합의 환경에 따라서 결합 에너지가 다르게 나타나므로 결합 에너지는 평균값으로 나타낸다.

예 H-C의 결합 에너지

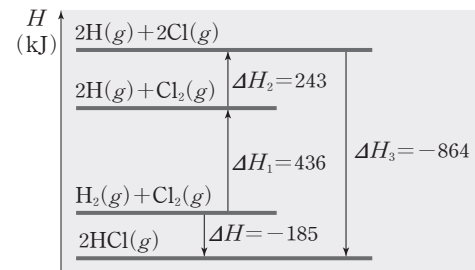
분자	결합	측정된 결합 에너지(kJ/mol)
CH ₄ (g)	H-CH ₃	435
CHBr ₃ (g)	H-CBr ₃	380
CHCl ₃ (g)	H-CCl ₃	380
CHF ₃ (g)	H-CF ₃	430

→ 몇 가지 원자 사이의 평균 결합 에너지

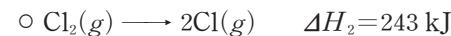
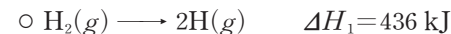
결합	결합 에너지(kJ/mol)	결합	결합 에너지(kJ/mol)
H-H	436	N-N	240
H-C	410	N=N	418
H-O	460	N≡N	945
H-Cl	432	C-C	350
O-O	180	C=C	611
O=O	498	C≡C	835

(4) 결합 에너지와 반응 엔탈피(ΔH) : 결합이 끊어질 때 에너지를 흡수하고(ΔH>0), 결합이 생성될 때 에너지를 방출한다(ΔH<0). 기체 반응에서 반응물의 결합이 끊어질 때 엔탈피 변화와 생성물의 결합이 생성될 때 엔탈피 변화의 합은 반응 엔탈피와 같다. 즉 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값이다.

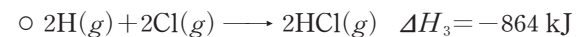
예 H₂(g)+Cl₂(g) → 2HCl(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH) 구하기



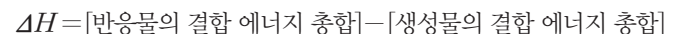
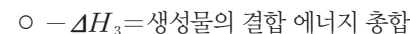
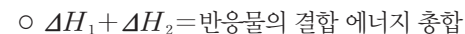
[반응물의 결합이 끊어지는 과정]



[생성물의 결합이 생성되는 과정]



[반응 엔탈피(ΔH)]



THE 알기 결합 에너지를 이용한 반응 엔탈피(ΔH)

• 결합 에너지는 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 간의 공유 결합 1 mol을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이다.



결합	H-C	O=O	C=O	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	a	b	c	d

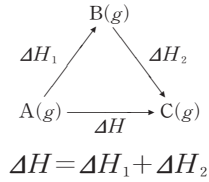
반응 ①은 H₂O이 기체 상태가 아니므로 결합 에너지만 이용하여 반응 엔탈피(ΔH)를 구할 수 없다.



반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 [(4a+2b)-(2c+4d)] kJ이다. 따라서 x=(4a+2b)-(2c+4d)-2y이다.

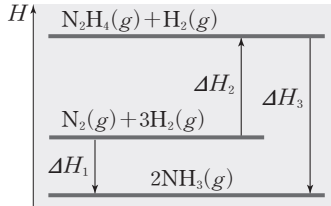
2 헤스 법칙

(1) 헤스 법칙 : 화학 반응이 일어나는 동안 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로와 무관하게 반응 엔탈피의 총합은 일정하다. 이를 헤스 법칙 또는 총열량 불변 법칙이라 한다.

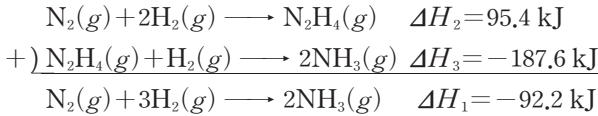


예 질소(N₂)와 수소(H₂)의 반응

- 경로 I : N₂(g) + 3H₂(g) → 2NH₃(g) ΔH₁ = -92.2 kJ
- 경로 II : N₂(g) + 2H₂(g) → N₂H₄(g) ΔH₂ = 95.4 kJ
 N₂H₄(g) + H₂(g) → 2NH₃(g) ΔH₃ = -187.6 kJ



→ 경로 II의 두 반응식을 더하면 경로 I의 반응식과 같다. 경로 II에서 반응 엔탈피 합은 ΔH₂ + ΔH₃ = 95.4 kJ + (-187.6) kJ = -92.2 kJ로 경로 I의 반응 엔탈피 ΔH₁ = -92.2 kJ와 같다. 따라서 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로와 무관하게 반응 엔탈피의 총합은 일정하다.



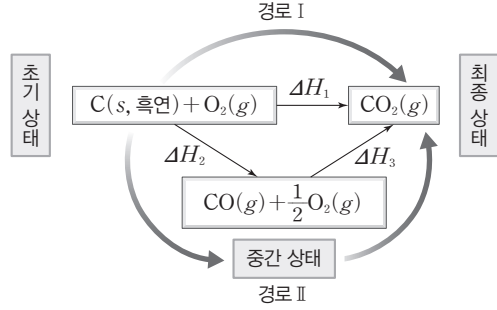
(2) 헤스 법칙의 이용

① 화학 반응의 반응 엔탈피를 직접 측정하기 어려운 경우

예 헤스 법칙을 이용한 일산화 탄소(CO)의 생성 엔탈피(ΔH) 구하기

- 경로 I : C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH₁ = -393.5 kJ
- 경로 II : C(s, 흑연) + 1/2 O₂(g) → CO(g) ΔH₂
- CO(g) + 1/2 O₂(g) → CO₂(g) ΔH₃ = -283.0 kJ

→ 경로 I의 반응 엔탈피는 경로 II의 반응 엔탈피 합과 같으므로 ΔH₁ = ΔH₂ + ΔH₃에서 ΔH₂ = ΔH₁ - ΔH₃ = (-393.5) - (-283.0) = -110.5 kJ이다.



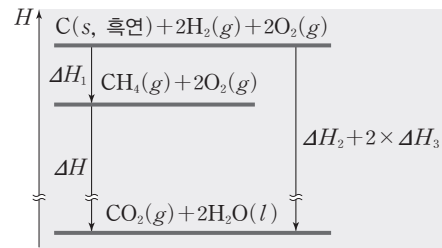
② 생성 엔탈피를 이용하여 반응 엔탈피(ΔH)를 구하는 경우 : 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피 합에서 반응물의 생성 엔탈피 합을 뺀 값이다.

$$\Delta H = [\text{생성물의 생성 엔탈피 합}] - [\text{반응물의 생성 엔탈피 합}]$$

예 메테인(CH₄) 연소 반응의 반응 엔탈피(ΔH) 구하기

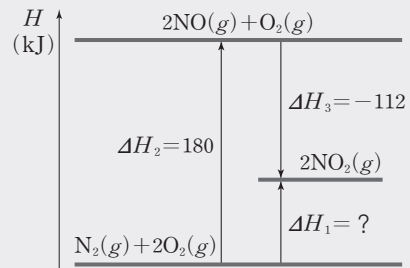
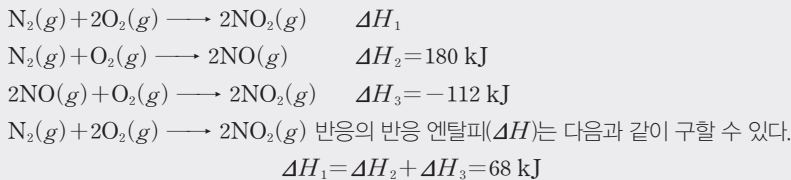
- CH₄ 연소 반응의 반응 엔탈피
 CH₄(g) + 2O₂(g) → CO₂(g) + 2H₂O(l) ΔH
- CH₄(g)의 생성 엔탈피
 C(s, 흑연) + 2H₂(g) → CH₄(g) ΔH₁ ... ㉠
- CO₂(g)의 생성 엔탈피
 C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH₂ ... ㉡
- H₂O(l)의 생성 엔탈피
 H₂(g) + 1/2 O₂(g) → H₂O(l) ΔH₃ ... ㉢

→ CH₄(g)의 연소 반응식 = (㉡) + 2 × (㉢) - ㉠
 → CH₄(g) 연소 반응의 반응 엔탈피(ΔH)
 = (ΔH₂ + 2 × ΔH₃) - (ΔH₁)
 = [(CO₂(g)의 생성 엔탈피) + 2 × (H₂O(l)의 생성 엔탈피)] - (CH₄(g)의 생성 엔탈피)



THE 알기 NO₂(g)의 생성 반응과 헤스 법칙

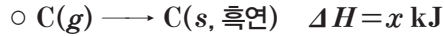
N₂(g)와 O₂(g)가 반응하여 NO₂(g)가 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 헤스 법칙을 이용하여 구할 수 있다.



테마 대표 문제

| 2023학년도 수능 |

다음은 25°C, 1 atm에서 탄소(C)와 메탄올(CH₃OH)에 대한 자료와 25°C, 1 atm에서 5가지 결합의 결합 에너지이다.



물질	C(g)	CH ₃ OH(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	-x	-201
구조식		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$

결합	C-H	C-O	O-H	H-H	O=O
결합 에너지(kJ/mol)	a	b	463	436	c

이 자료로부터 구한 $6a+2b-c$ 는? (단, 25°C, 1 atm에서 H₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

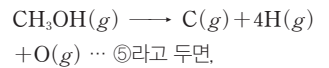
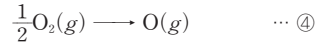
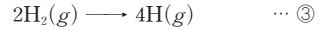
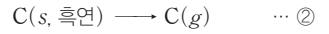
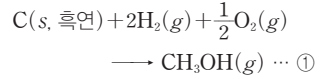
- ① $2x+610$ ② $2x+1525$ ③ $-2x+610$ ④ $-2x+1220$ ⑤ $-2x+1525$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

반응 엔탈피, 생성 엔탈피, 결합 에너지 자료를 이용하여 헤스 법칙을 이용하여 문제를 해결하여야 한다.

▶ 간략 풀이



①~⑤ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 각각 -201 kJ, -x kJ, 872 kJ,

$\frac{c}{2}$ kJ, (3a+b+463) kJ이고,

①=②+③+④-⑤이다. 따라서

$$-x + 872 + \frac{c}{2} - 3a - b - 463 =$$

$$-201 \text{이므로 } 6a + 2b - c = -2x + 1220 \text{이다.}$$

정답 | ④

0 짧은 풀이 문제로 유형 익히기

정답과 해설 17쪽

▶ 23071-0078

다음은 25°C, 1 atm에서 탄소(C)와 아세트론(C₃H₆O)에 대한 자료와 25°C, 1 atm에서 5가지 결합의 결합 에너지이다.



물질	C(g)	C ₃ H ₆ O(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	2	x
구조식		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$

결합	C-H	C-C	C=O	H-H	O=O
결합 에너지(kJ/mol)	410	350	732	436	498

이 자료로부터 구한 x는? (단, 25°C, 1 atm에서 H₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① -5455 ② -2329 ③ 2329 ④ 3892 ⑤ 5455

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

생성 엔탈피, 구조식, 결합 에너지가 주어진 점은 유사하지만, 자료를 이용하여 C₃H₆O(g)의 생성 엔탈피(ΔH)를 구한다는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

• 생성 엔탈피(ΔH) : 어떤 물질 1mol 이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

• 결합 에너지 : 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 간의 공유 결합 1 mol을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이다.

• 헤스 법칙 : 화학 반응이 일어나는 동안 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로와 무관하게 반응 엔탈피의 총합은 같다.

01

▶23071-0079

다음은 25°C, 1 atm에서 NO(g)의 생성과 관련된 반응의 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

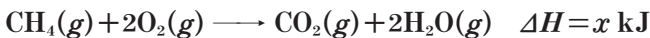
- ㄱ. 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피 합보다 크다.
- ㄴ. NO(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 90.3 kJ/mol이다.
- ㄷ. 반응물의 결합 에너지의 총합은 생성물의 결합 에너지의 총합보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0080

다음은 25°C, 1 atm에서 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	C-H	O=O	C=O	O-H
결합 에너지(kJ/mol)	410	498	799	460

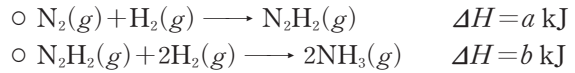
이 자료로부터 구한 x는?

- ① -401 ② -802 ③ -1300
- ④ -351 ⑤ -2400

03

▶23071-0081

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식이다.



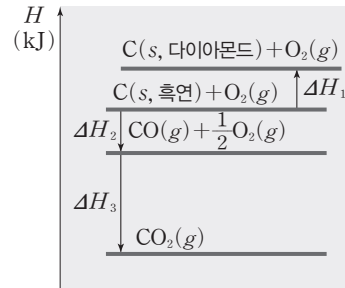
이 자료로부터 구한 NH₃(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는?

- ① (a+b) kJ/mol ② (a-b) kJ/mol
- ③ (b-a) kJ/mol ④ $\frac{1}{2}(a+b)$ kJ/mol
- ⑤ $(a + \frac{1}{2}b)$ kJ/mol

04

▶23071-0082

그림은 25°C, 1 atm에서 C와 관련된 3가지 반응의 엔탈피(H) 변화를 나타낸 것이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

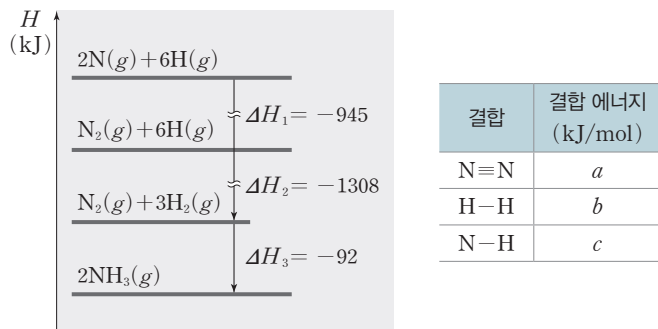
- ㄱ. 1 mol을 완전 연소시킬 때 발생하는 열은 C(s, 다이아몬드)가 C(s, 흑연)보다 크다.
- ㄴ. CO₂(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 (ΔH₂ + ΔH₃) kJ/mol이다.
- ㄷ. 2C(s, 다이아몬드) + O₂(g) → 2CO(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (-ΔH₁ + ΔH₂) kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0083

그림은 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 H₂(g)가 반응하여 NH₃(g)를 생성하는 반응에서의 엔탈피(H) 변화를 나타낸 것이고, 표는 3가지 결합의 결합 에너지에 대한 자료이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

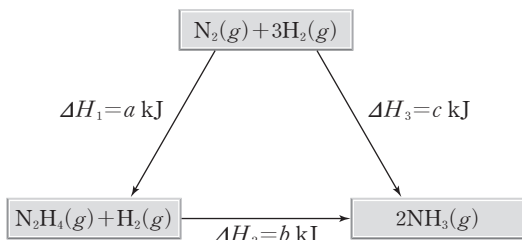
- ㄱ. NH₃(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 -92 kJ/mol이다.
- ㄴ. b = 1308이다.
- ㄷ. c = $\frac{2345}{6}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0084

그림은 25°C, 1 atm에서 NH₃(g)가 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 나타낸 것이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

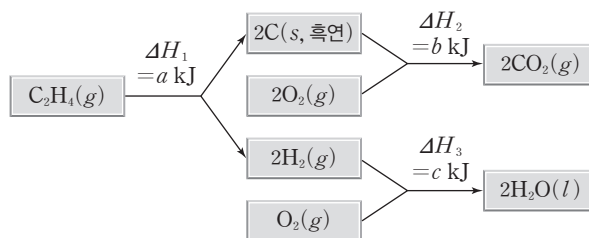
- ㄱ. N₂H₄(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 a kJ/mol이다.
- ㄴ. NH₃(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2} \times (a+b)$ kJ/mol이다.
- ㄷ. ΔH₁ = -ΔH₂ - ΔH₃이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶ 23071-0085

그림은 25°C, 1 atm에서 C₂H₄(g)과 관련된 반응의 엔탈피 변화(ΔH)를 나타낸 것이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. C₂H₄(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 -a kJ/mol이다.
- ㄴ. CO₂(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{b}{2}$ kJ/mol이다.
- ㄷ. C₂H₄(g) + 3O₂(g) → 2CO₂(g) + 2H₂O(l) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 ΔH₁ + ΔH₂ + ΔH₃이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 23071-0086

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.

- C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH = x kJ
- 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(l) ΔH = y kJ
- CH₄(g) + 2O₂(g) → CO₂(g) + 2H₂O(l) ΔH = z kJ

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

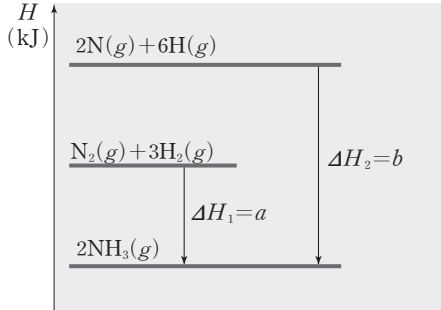
- ㄱ. CO₂(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 x kJ/mol이다.
- ㄴ. C(s, 흑연) + 2H₂O(l) → 2H₂(g) + CO₂(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (x-y) kJ이다.
- ㄷ. CH₄(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 (x+y-z) kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶23071-0087

그림은 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 H₂(g)가 반응하여 NH₃(g)를 생성하는 반응에서의 엔탈피(H) 변화를 나타낸 것이다. H-H의 결합 에너지는 x kJ/mol이다.



이 자료로부터 구한 N≡N의 결합 에너지는?

- ① a+b+x ② a-b+x
- ③ a-b+3x ④ a-b-3x
- ⑤ -a+b+3x

10

▶23071-0088

다음은 25°C, 1 atm에서 4가지 열화학 반응식이다.

- 2B(s) + 3H₂(g) → B₂H₆(g) ΔH = x kJ
- 4B(s) + 3O₂(g) → 2B₂O₃(s) ΔH = a kJ
- B₂H₆(g) + 3O₂(g) → B₂O₃(s) + 3H₂O(g) ΔH = b kJ
- 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(g) ΔH = c kJ

이 자료로부터 구한 x는?

- ① a+b+c ② a-b+c
- ③ $\frac{1}{2}a-b+c$ ④ $\frac{1}{2}a-b+\frac{1}{2}c$
- ⑤ $\frac{1}{2}a-b+\frac{3}{2}c$

11

▶23071-0089

다음은 25°C, 1 atm에서 4가지 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지이다.

- CH₄(g) + 2O₂(g) → CO₂(g) + 2H₂O(g) ΔH
- 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(l) ΔH = -572 kJ
- C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH = -393.5 kJ
- H₂O(l) → H₂O(g) ΔH = 44 kJ

결합	C-H	O-O	C=O	O-H
결합 에너지(kJ/mol)	410	498	799	460

이 자료로부터 구한 CH₄(g)의 생성 엔탈피(kJ/mol)는?

- ① -75.5 ② -151 ③ -163.5
- ④ -119.5 ⑤ -999.5

12

▶23071-0090

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지이다.

- (가) 2H₂O(g) + 2F₂(g) → 4HF(g) + O₂(g) ΔH = -620 kJ
- (나) 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(g) ΔH = -484 kJ

결합	O-H	F-F	H-F	O=O
결합 에너지(kJ/mol)	460	159	x	498

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, F₂의 분자량은 38이다.)

보기

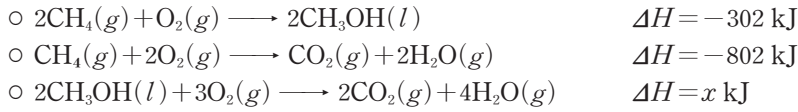
- ㄱ. (가)에서 F₂(g) 9.5 g이 H₂O(g)와 모두 반응할 때 방출하는 열은 155 kJ이다.
- ㄴ. 이 자료로부터 구한 x=570이다.
- ㄷ. 이 자료로부터 구한 HF(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 -276 kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0091

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.



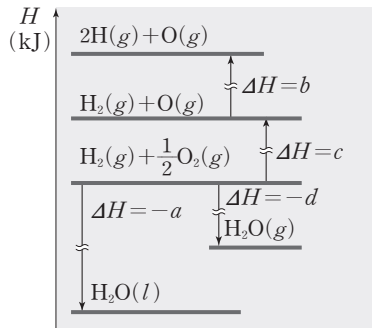
이 자료로부터 구한 x 는?

- ① -401 ② -651 ③ -802 ④ -1302 ⑤ -1703

02

▶ 23071-0092

그림은 25°C, 1 atm에서 H₂O의 생성과 관련된 몇 가지 반응의 엔탈피(H) 변화를 나타낸 것이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

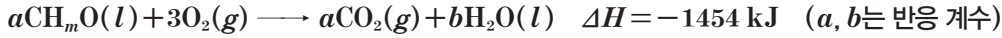
- ㄱ. $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $-2a \text{ kJ}$ 이다.
 ㄴ. $\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지는 $c \text{ kJ/mol}$ 이다.
 ㄷ. $\text{O}-\text{H}$ 의 결합 에너지는 $\frac{b+c+d}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶ 23071-0093

다음은 25°C, 1 atm에서 CH_mO의 연소 반응의 열화학 반응식과 3가지 물질의 생성 엔탈피(ΔH)이다.



물질	CH _m O(l)	CO ₂ (g)	H ₂ O(l)
생성 엔탈피(kJ/mol)	-239	-394	-286

$\frac{a+b}{m}$ 는?

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

04

▶ 23071-0094

다음은 반응 엔탈피와 관련된 실험이다.

[열화학 반응식]

- C₃H₈(g) + 5O₂(g) → 3CO₂(g) + 4H₂O(l) ΔH = -2220 kJ
- C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH
- 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(l) ΔH = -572 kJ

[실험 과정]

(가) 통열량계에 1 mol의 C(s, 흑연)을 넣은 후 완전 연소시킨다.
 (나) (가)에서 연소 전과 후 통열량계 속 물의 온도를 각각 측정한다.

[실험 결과]

- 연소 전 물의 온도 : 25°C
- 연소 후 물의 온도 : 64.4°C

[자료]

- 물을 포함한 통열량계의 열용량 : 10.0 kJ/°C
- 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연), H₂(g), O₂(g)의 생성 엔탈피(kJ/mol)는 0이다.

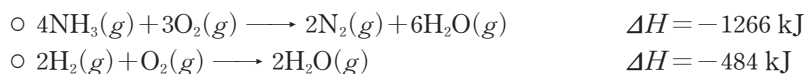
이 자료로부터 구한 C₃H₈(g)의 생성 엔탈피(kJ/mol)는?

- ① -53 ② -106 ③ -1004 ④ 53 ⑤ 106

05

▶ 23071-0095

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	N-H	N≡N	H-H
결합 에너지(kJ/mol)	x	945	436

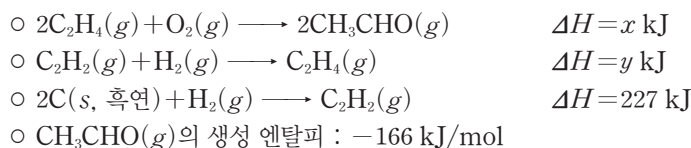
이 자료로부터 구한 x 는?

- ① 195.5 ② 391 ③ 586.5 ④ 782 ⑤ 977.5

06

▶ 23071-0096

다음은 25°C, 1 atm에서의 3가지 열화학 반응식과 $\text{CH}_3\text{CHO}(g)$ 의 생성 엔탈피이고, 표는 4가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	H-H	C-H	C=C	C≡C
결합 에너지(kJ/mol)	436	410	644	835

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이 자료로부터 구한 $y = -193$ 이다.
 ㄴ. 이 자료로부터 구한 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 34 kJ/mol이다.
 ㄷ. 이 자료로부터 구한 $x = -400$ 이다.

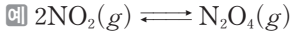
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

화학 평형과 평형 상수

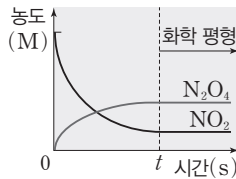
1 화학 평형

(1) 가역 반응 : 반응 조건(농도, 압력, 온도 등)에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로, 화학 반응식에서 반응물 \rightleftharpoons 생성물로 나타낸다.



(2) 화학 평형 : 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않아서 겉으로 보기에 반응이 정지된 것처럼 보이지만, 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 동적 평형 상태이다.

예 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 화학 평형
반응 용기에 $\text{NO}_2(g)$ 만 넣었을 때
 t s 후 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하다.



2 평형 상수

(1) 화학 평형의 법칙 : 일정한 온도에서 어떤 가역 반응이 평형 상태에 있을 때, 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비는 항상 일정하다.

(2) 평형 상수(K) : A와 B가 반응하여 C와 D가 생성되는 반응에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \quad (a \sim d \text{는 반응 계수})$$

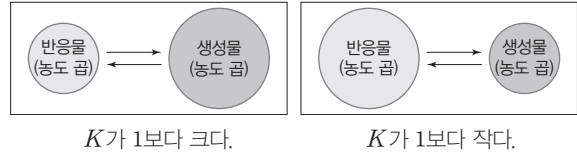
$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

(단, [A]~[D]는 각각 A~D의 평형 농도(M)이다.)

- ① 평형 상수는 온도에 의해서만 달라지며, 농도나 기체의 압력에 의해서는 변하지 않는다.
- ② 정반응의 평형 상수가 K일 때 역반응의 평형 상수는 $\frac{1}{K}$ 이다.
- ③ 고체나 용매(순수한 액체)는 평형 상수식에 나타내지 않는다.

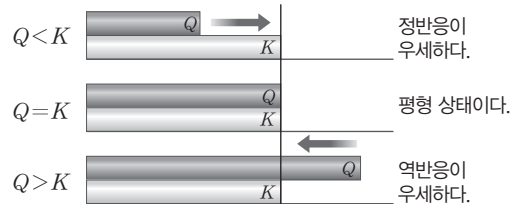
(3) 평형 상수(K)의 의미

- ① K가 1보다 큰 경우 : 화학 평형에서 반응물의 농도 곱에 비해 생성물의 농도 곱이 크다.
- ② K가 1보다 작은 경우 : 화학 평형에서 생성물의 농도 곱에 비해 반응물의 농도 곱이 크다.



3 반응 지수

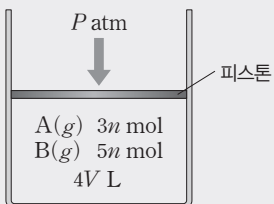
- (1) 반응 지수(Q) : 평형 상수식에 반응물과 생성물의 현재 농도(M)를 대입하여 구한 값이다. 평형 상수는 평형 상태에서의 반응 지수(Q)이다.
- (2) 화학 반응의 진행 방향 예측 : 온도가 같을 때 평형 상수는 항상 일정하므로, 같은 온도에서 반응 지수(Q)를 평형 상수(K)와 비교하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. Q와 K가 같으면 평형 상태이고, 평형에 도달하지 않은 반응은 Q가 K와 같아질 때까지 정반응 또는 역반응이 우세하게 진행된다.



구분	생성물의 농도	반응의 진행 방향
$Q < K$	현재 상태 < 평형 상태	생성물의 농도가 커져야 하므로 정반응이 우세하게 진행된다.
$Q = K$	현재 상태 = 평형 상태	평형 상태이다.
$Q > K$	현재 상태 > 평형 상태	생성물의 농도가 작아져야 하므로 역반응이 우세하게 진행된다.

THE 알기 $A(g) + 3B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 반응의 평형 상수(K)의 계산

그림은 T K에서 실린더에 A(g)와 B(g)가 각각 3n mol, 5n mol이 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 평형 상태에서 C(g) 2n mol이 생성되었을 때, 평형 상수(K)는 다음과 같다. (단, 온도와 압력은 T K, P atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)



평형 상태에서 C(g) 2n mol이 생성되었으므로 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 양은 모두 2n mol이다. 초기 상태와 평형 상태에서 온도와 압력은 일정하므로 실린더 속 전체 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 평형

상태에서 실린더 속 전체 기체의 부피는 3V L이므로 평형 상수 $K = \frac{\left(\frac{2n}{3V}\right)^2}{\frac{2n}{3V} \times \left(\frac{2n}{3V}\right)^3} = \frac{9V^2}{4n^2}$ 이다.

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

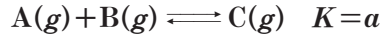
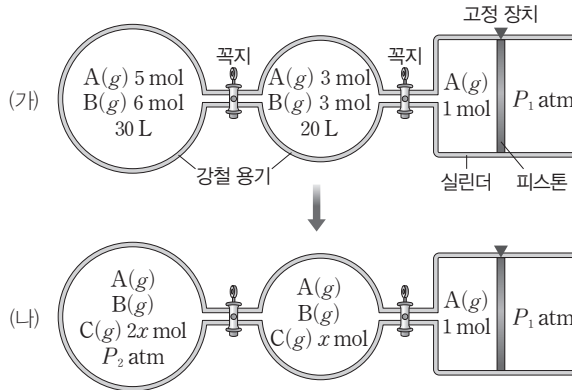


그림 (가)는 꼭지로 분리된 강철 용기에 A(g)와 B(g)를, 실린더에 A(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 도달한 평형 I을 나타낸 것이다. (나)에서 모든 꼭지를 열고 고정 장치를 풀어 평형 II에 도달하였을 때, 실린더 속 기체의 부피는 10 L이다.



$a \times \frac{I}{P_1}$ 에서 P_2 는? (단, 온도와 외부 압력은 T와 P_1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 6 ② 8 ③ 10 ④ 12 ⑤ 15

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

온도가 일정할 때 평형 상수는 일정하고, 기체의 압력(atm)은 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{기체의 부피(L)}}$ 에 비례하는 것을 이용하여 문제를 해결하여야 한다.

▶ 간략 풀이

30 L와 20 L의 강철 용기를 각각 ㉠, ㉡이라고 하면 평형 상수는 같으므로 (나)에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 ㉠에서 각각 3, 4, 2이고, ㉡에서 각각 2, 2, 1이다. 따라서 온도 T에서 $a=5$ 이다.

(나)에서 고정 장치를 풀었을 때 전체 기체의 부피는 60 L이고 A(g)~C(g)의 몰 농도(M)는 각각 0.1, 0.1, 0.05이므로 평형 상태이다.

$P \propto \frac{n}{V}$ 이므로 $P_1 : I$ 에서

$$P_2 = \frac{15}{60} : \frac{9}{30}$$

따라서

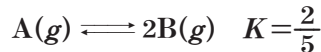
$$a \times \frac{I}{P_1} = 5 \times \frac{30}{15} = 60$$

정답 | ①

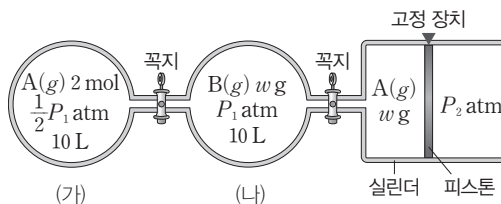
0 **답은 꿀 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 20쪽

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 꼭지로 분리된 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 A(g)와 B(g)를, 실린더에 A(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 각각 반응이 진행되어 평형 상태에 도달한 후, 모든 꼭지를 열고 고정 장치를 풀어 새로운 평형 상태에 도달하였을 때, 실린더 속 기체의 부피는 10 L이다.



$\frac{P_2}{P_1}$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 T와 P_1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

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

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

강철 용기에서 각각 평형에 도달한 후 꼭지를 열어 새로운 평형에 도달한 상태를 묻는 점은 유사하지만, 질량(g)을 제시하여 화학식량을 통해 A(g)와 B(g)의 양(mol)을 계산하는 점이 다르다.

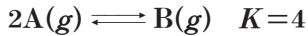
▶ 배경 지식

- 평형 상수(K)는 온도에 의해서만 달라지며, 농도나 기체의 압력에 의해서는 변하지 않는다.
- 화학식량에 g을 붙이면 1 mol의 질량이다.
- 평형 상수식에 반응물과 생성물의 현재 농도(M)를 대입하여 구한 값이 반응 지수(Q)이고, 평형 상수(K)는 평형 상태에서의 반응 지수(Q)이다.

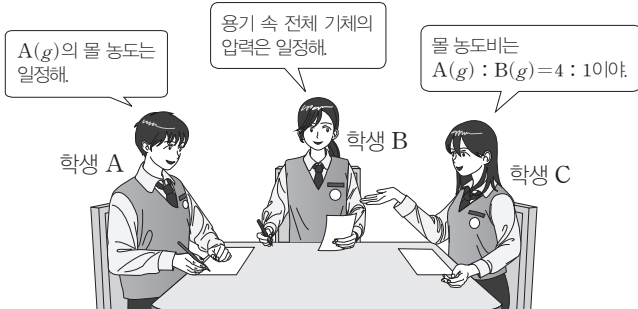
01

▶23071-0098

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



다음은 이 반응이 온도 T에서 도달한 평형에 대한 세 학생의 대화이다.



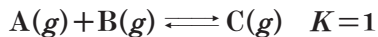
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶23071-0099

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



온도 T에서 1 L의 강철 용기에 A(g)~C(g)를 각각 0.1 mol 씩 넣어 반응이 진행되어 도달한 평형에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. $K = \frac{[C]_{\text{평형}}}{[A]_{\text{평형}}[B]_{\text{평형}}}$ 이다.
- ㄴ. 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.
- ㄷ. 기체의 부분 압력은 A(g) > C(g)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0100

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 온도 T에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에서 A(g)~C(g)의 평형 농도에 대한 자료이다.

기체	A(g)	B(g)	C(g)
평형 농도(M)	1	2	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

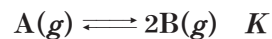
- ㄱ. 평형 상태에서 정반응과 역반응 속도는 같다.
- ㄴ. $K = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. $B(g) + 2C(g) \rightleftharpoons 2A(g)$ 반응의 농도로 정의되는 평형 상수(K)는 2이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0101

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 온도 T에서 1 L의 강철 용기에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태와 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다. Q는 초기 상태에서의 반응 지수이다.

기체	초기 상태	평형 상태
A(g)	0.03 mol	a mol
B(g)	0.02 mol	0.04 mol

$a \times \frac{Q}{K}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① $\frac{1}{600}$ ② $\frac{1}{400}$ ③ $\frac{1}{300}$
- ④ $\frac{1}{200}$ ⑤ $\frac{1}{100}$

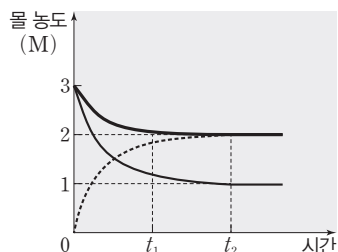
05

▶23071-0102

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣어 반응이 진행될 때 시간에 따른 A(g)~C(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. $a - c = 1$ 이다.
- ㄴ. 반응 지수(Q)는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.
- ㄷ. $K = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0103

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣어 반응시킨 실험 I과 B(g)와 C(g)를 넣어 반응시킨 실험 II에 대한 자료이다.

실험	초기 농도(M)			평형 농도(M)		
	A(g)	B(g)	C(g)	A(g)	B(g)	C(g)
I	6n	0	0	xn	xn	
II	0	3n	3n		yn	yn

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

보기

- ㄱ. $K = 1$ 이다.
- ㄴ. $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. II에서 평형에 도달했을 때 $\frac{[C]}{[A]} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0104

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

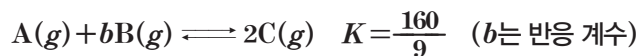
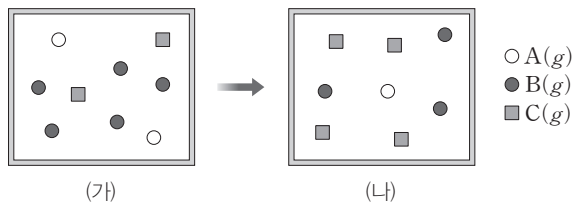


그림 (가)는 온도 T에서 1 L의 강철 용기에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를 모형으로 나타낸 것이다. 모형 1개는 n mol에 해당한다.



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

보기

- ㄱ. $b = 3$ 이다.
- ㄴ. $n = 0.1$ 이다.
- ㄷ. (가)에서 반응 지수(Q)는 $\frac{4}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0105

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 온도 T에서 0.6 mol의 A(g)가 들어 있는 1 L의 강철 용기에서 반응이 진행될 때, 강철 용기 속 전체 기체의 압력에 대한 자료이다.

	초기 상태	평형 상태
강철 용기 속 전체 기체의 압력(atm)	P	$\frac{2}{3}P$

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

보기

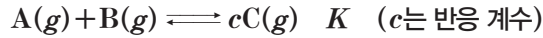
- ㄱ. $b = 1$ 이다.
- ㄴ. 평형 상태에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. $K = 5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

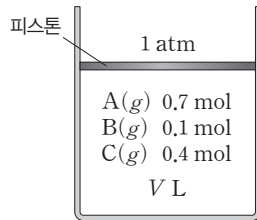
01

▶ 23071-0106

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수 (K)이다.



그림은 A(g)~C(g)가 실린더에 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 반응이 진행되어 평형 상태에 도달했을 때, C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{6}$ 이고, $\frac{C(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{1}{4}$ 이다.



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

보기

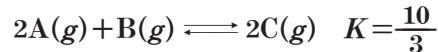
- ㄱ. 평형에 도달할 때까지 A(g)의 부분 압력은 증가한다.
- ㄴ. $c=2$ 이다.
- ㄷ. $K = \frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

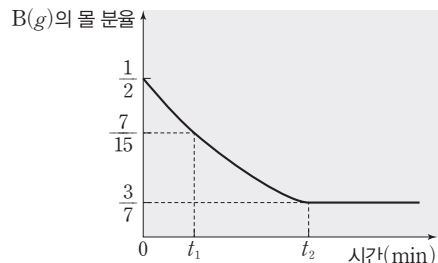
02

▶ 23071-0107

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수 (K)이다.



그림은 온도 T에서 A(g)와 B(g)가 들어 있는 1 L의 강철 용기에서 반응이 진행될 때, 시간에 따른 B(g)의 몰 분율을 나타낸 것이다.



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

보기

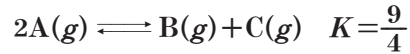
- ㄱ. t_1 min에서 C(g)의 양은 0.1 mol이다.
- ㄴ. t_2 min에서 반응 지수(Q)는 $\frac{10}{3}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{t_2 \text{ min에서 전체 기체의 압력}}{t_1 \text{ min에서 전체 기체의 압력}} = \frac{14}{15}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0108

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 강철 용기에 같은 양(mol)의 A(g)를 각각 넣고 반응시켰을 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도와 $\frac{K}{Q}$ 에 대한 자료이다. Q는 반응 지수이고, $0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이다.

시간	t_1	t_2	t_3
[A](M)	5	4	a
$\frac{K}{Q}$	x	9	1

$\frac{x}{a}$ 는? (단, 온도는 T로 일정하다.)

- ① $\frac{25}{4}$ ② 10 ③ 12 ④ $\frac{25}{2}$ ⑤ 14

04

▶ 23071-0109

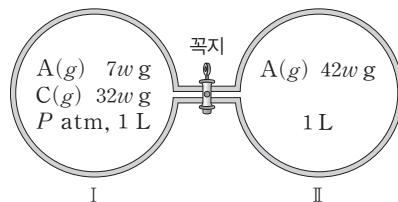
다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응과 관련된 실험이다.

[자료]

- $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons cC(g)$ (c는 반응 계수)
- 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K) = $\frac{75}{8}$

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 꼭지로 분리된 강철 용기 I에 A(g)와 C(g)를, II에 A(g)를 각각 넣는다.



- (나) I에서 반응이 진행되어 평형 상태에 도달한 후 I의 전체 기체 압력을 측정한다.
 (다) 꼭지를 열고 반응이 진행되어 새로운 평형 상태에 도달한 후 C(g)의 부분 압력을 측정한다.

[실험 결과]

- (나)에서 측정한 I의 전체 기체 압력 : $\frac{7}{5}P$ atm
- (나) 과정 후 A(g)의 몰 분율 : $\frac{2}{7}$
- (다)에서 측정한 C(g)의 부분 압력 : xP atm

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

보기

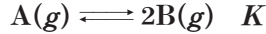
- ㄱ. $c=1$ 이다. ㄴ. $x = \frac{3}{10}$ 이다. ㄷ. $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{1}{14}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

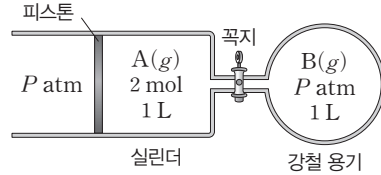
05

▶23071-0110

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 T K에서 실린더에 A(g) 2 mol과 강철 용기에 B(g)가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 꼭지를 열어 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{5}{7}$ 이고, B(g)의 몰 농도는 x M이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 T K, P atm으로 일정하고, 피스톤의 마찰과 연결관의 부피는 무시한다.)

보기

- ㄱ. 평형 상태에서 전체 기체의 부피는 $\frac{7}{4}$ L이다. ㄴ. $x = \frac{4}{7}$ 이다. ㄷ. $K = \frac{7}{25}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

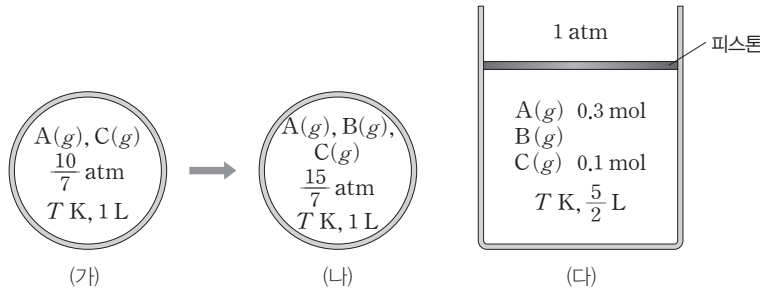
06

▶23071-0111

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림 (가)는 강철 용기에 A(g)와 C(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (다)는 실린더에서 A(g)~C(g)가 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A(g)의 몰 분율은 모두 $\frac{1}{2}$ 이고, (다)에서 C(g)의 부분 압력 = $\frac{1}{10}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 T K, 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

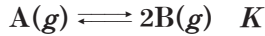
- ㄱ. (다)에서 B(g)의 양은 0.8 mol이다.
 ㄴ. $K = \frac{25}{12}$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 C(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{14}$ atm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

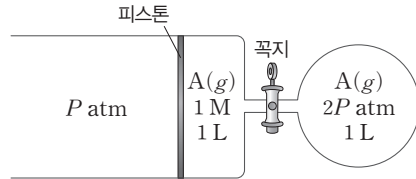
테마 대표 문제

| 2023학년도 6월 모의평가 |

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 A(g)가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 실린더와 강철 용기에서 반응이 진행되어 각각 도달한 평형 상태에서 실린더 속 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이고, 강철 용기 속 B(g)의 몰 농도는 x M이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다.)

[3점]

보기

- ㄱ. T에서 $K=2$ 이다.
- ㄴ. $x=\frac{4}{3}$ 이다.
- ㄷ. 꼭지를 연 후 새로운 평형에 도달하면 전체 기체의 부피는 $\frac{13}{3}$ L보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

온도가 일정할 때 평형 상수가 같고 실린더에서 기체의 양(mol) 변화에 따른 부피의 변화를 고려하여 평형 상수를 구해야 한다.

▶ 간략 풀이

실린더 속에서 반응 전 A(g)가 1 mol이고 평형 상태에서 A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로, 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $\frac{1}{2}$ mol, 1 mol이고, 기체의 부피는 $\frac{3}{2}$ L이므로 $[A]=\frac{1}{3}$ M, $[B]=\frac{2}{3}$ M이다.

✗ T에서 $K=\frac{(\frac{2}{3})^2}{\frac{1}{3}}=\frac{4}{3}$ 이다.

○ 강철 용기 속 반응 전 A(g)의 양은 2 mol이고 평형 상태에서 B(g)의 몰 농도가 x M이므로, A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(2-\frac{x}{2})$ mol, x mol이다.

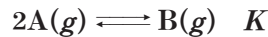
$K=\frac{x^2}{(2-\frac{x}{2})}=\frac{4}{3}$ 이므로 $x=\frac{4}{3}$ 이다.

✗ 꼭지를 열기 전 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(\frac{1}{2}+\frac{4}{3})$ mol = $\frac{11}{6}$ mol, $(1+\frac{4}{3})$ mol = $\frac{7}{3}$ mol이다. 혼합 후 기체의 부피가 $\frac{13}{3}$ L이고 반응이 진행되지 않았다고 가정하면 $[A]=\frac{11}{26}$ M, $[B]=\frac{7}{13}$ M이므로 반응 지수 $Q < K$ 이다. 그러므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 새로운 평형 상태에서 기체의 부피는 $\frac{13}{3}$ L보다 크다. 정답 | ②

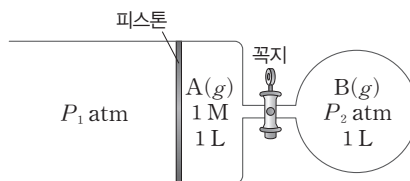
0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 24쪽

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 A(g)와 B(g)가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 실린더와 강철 용기에서 반응이 진행되어 각각 도달한 평형 상태에서 A(g)의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{2}$ 이었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. T K에서 $K=2$ 이다.
- ㄴ. $P_1 : P_2 = 3 : 2$ 이다.
- ㄷ. 꼭지를 연 후 새로운 평형에 도달하면 실린더 속 기체의 부피는 $\frac{2}{3}$ L이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

평형 상태에서의 몰 분율을 이용하여 각 기체의 양(mol)과 전체 기체의 양(mol)을 구하고, 변화된 부피를 고려하여 평형 상수를 구하는 점은 유사하지만, 초기 반응물과 압력 조건의 변화가 다르다.

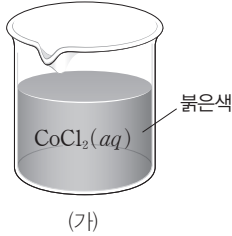
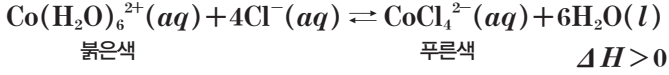
▶ 배경 지식

- 몰 분율을 이용하여 기체의 양(mol)을 구하고 전체 기체의 양(mol) 변화로 부피 변화를 고려한다.
- 온도가 일정할 때 반응의 평형 상수는 같다.

01

▶23071-0113

다음은 $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}(\text{aq})$ 과 $\text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq})$ 의 평형과 관련된 열화학 반응식과 25°C 에서 붉은색을 띠는 $0.1\text{ M CoCl}_2(\text{aq})$ (가)를 나타낸 것이다.



(가)에서 평형을 정반응 쪽으로 이동시키는 방법으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

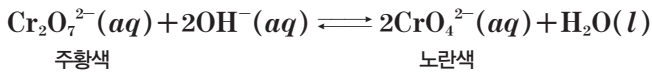
- ㄱ. 가열한다.
- ㄴ. $2\text{ M HCl}(\text{aq})$ 을 넣는다.
- ㄷ. $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 을 추가하여 넣는다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0114

다음은 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 과 $\text{KOH}(\text{aq})$ 의 혼합 용액에서의 화학 평형을 나타낸 것이다.



다음은 $T\text{ K}$ 에서 $0.1\text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 에 소량의 $\text{KOH}(\text{s})$ 을 넣어 얻은 주황색을 띠는 용액과 이에 대한 세 학생의 대화이다.



학생 A: $2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] + [\text{CrO}_4^{2-}] = 0.2\text{ M}$ 야.

학생 B: $\text{KCl}(\text{s})$ 을 넣으면 정반응이 우세하게 진행해.

학생 C: $1\text{ M HCl}(\text{aq})$ 을 소량 넣어 주면 용액이 노란색으로 변해.



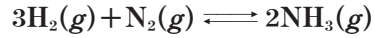
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고 용해에 따른 수용액의 부피 변화는 무시한다.)

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

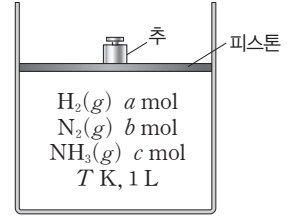
03

▶23071-0115

다음은 $\text{H}_2(\text{g})$ 와 $\text{N}_2(\text{g})$ 로부터 $\text{NH}_3(\text{g})$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 $T\text{ K}$ 에서 추를 올려놓은 실린더에 $\text{H}_2(\text{g})$ 와 $\text{N}_2(\text{g})$ 를 각각 $n\text{ mol}$ 씩 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 (가)를 나타낸 것이다.



(가)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

(단, 온도는 $T\text{ K}$ 로, 대기압은 1 atm 으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (가)에 $\text{H}_2(\text{g})$ 와 $\text{N}_2(\text{g})$ 를 각각 $n\text{ mol}$ 씩 추가하여 도달한 새로운 평형에서 $\text{NH}_3(\text{g})$ 의 양은 $2c\text{ mol}$ 이다.
- ㄴ. (가)에 정촉매를 넣어 주면 $\text{NH}_3(\text{g})$ 의 양이 $c\text{ mol}$ 보다 커진다.
- ㄷ. (가)에서 추를 제거하면 $\text{NH}_3(\text{g})$ 의 양이 $c\text{ mol}$ 보다 작아진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0116

다음은 $\text{A}(\text{g})$ 와 $\text{B}(\text{g})$ 가 반응하여 $\text{C}(\text{g})$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.

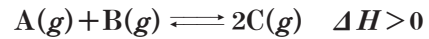
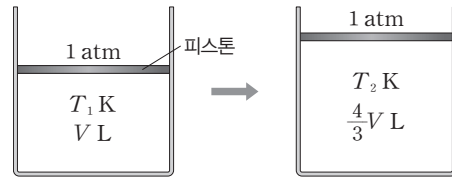


그림 (가)는 $T_1\text{ K}$ 에서 실린더에 $\text{A}(\text{g})$ 와 $\text{B}(\text{g})$ 를 넣었을 때 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 (가)의 온도를 $T_2\text{ K}$ 로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $T_1 : T_2 = 3 : 4$ 이다.
- ㄴ. $\text{A}(\text{g})$ 의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 $T_2\text{ K}$ 로 유지하면서 피스톤 위에 추를 올려 도달한 새로운 평형에서 실린더 속 기체의 부피가 $V\text{ L}$ 일 때 C 의 양(mol)은 (가)에서와 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0117

다음은 적갈색의 $\text{NO}_2(g)$ 로부터 무색의 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.

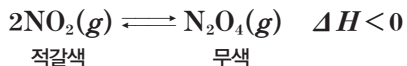
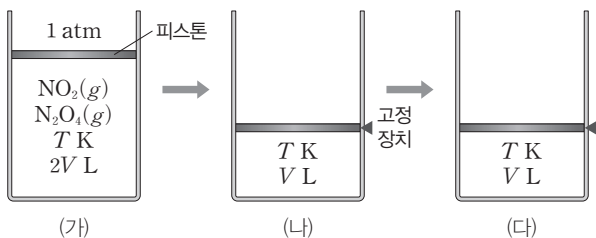


그림 (가)는 T K에서 실린더에 0.1 mol 의 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 고정 장치로 (가)의 실린더 부피를 감소시킨 직후를, (다)는 (나)에서 충분한 시간이 흐른 후 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

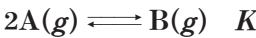
- ㄱ. $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}$ 는 (가)에서와 (다)에서가 같다.
- ㄴ. 기체의 양(mol)은 (나) > (다)이다.
- ㄷ. 혼합 기체의 색은 (다)에서가 (가)에서보다 진하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

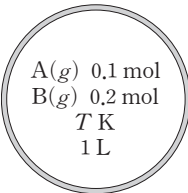
06

▶ 23071-0118

다음은 $\text{A}(g)$ 로부터 $\text{B}(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 T K에서 강철 용기에 $\text{A}(g)$ 를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 처음 넣어 준 $\text{A}(g)$ 의 양은 0.5 mol 이다.
- ㄴ. $K=2$ 이다.
- ㄷ. T K에서 $\text{A}(g)$ 를 추가로 0.5 mol 넣었을 때 도달한 새로운 평형 상태에서 $\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}$ 는 2이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[07~08] 다음은 $\text{A}(g)$ 로부터 $\text{B}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

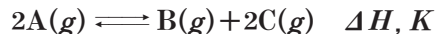
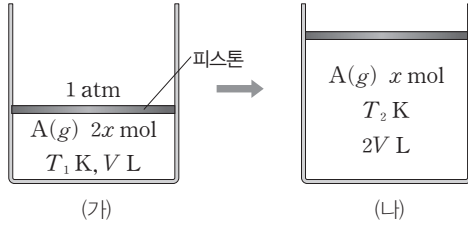


그림 (가)는 T_1 K에서 실린더에 $3x \text{ mol}$ 의 $\text{A}(g)$ 를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 (가)의 온도를 T_2 K로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



07

▶ 23071-0119

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (나)에서 $[\text{A}]=[\text{B}]$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > 1.6 T_1$ 이다.
- ㄷ. $\Delta H > 0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 23071-0120

T_1 K와 T_2 K에서의 평형 상수를 각각 K_1, K_2 , (가)와 (나)에서 $\text{A}(g)$ 의 부분 압력을 각각 P_1, P_2 라고 할 때, $\frac{K_2}{K_1} \times \frac{P_2}{P_1}$ 는? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{9}{4}$ ② 7 ③ 9
- ④ $\frac{25}{2}$ ⑤ 16

09

▶23071-0121

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

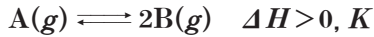
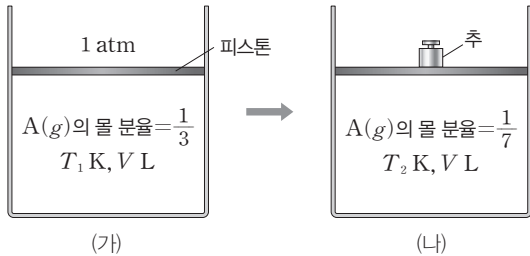


그림 (가)는 T₁ K에서 실린더에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 (가)에서 피스톤 위에 추를 올리고 온도를 T₂ K로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. T₁ K와 T₂ K에서 평형 상수(K)는 각각 K₁, K₂이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. T₁ > T₂이다.
- ㄴ. (나)의 [B] = 18 / (가)의 [A]이다.
- ㄷ. K₁ : K₂ = 2 : 9이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶23071-0122

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

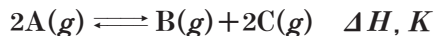
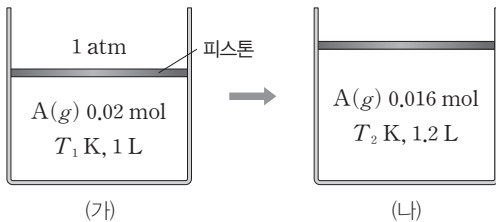


그림 (가)는 T₁ K에서 실린더에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 온도를 T₂ K로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. RT₁ = 20 atm·L/mol이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 기체의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 0.01 mol 더 많다.
- ㄴ. T₁ K에서 평형 상수(K)는 0.01이다.
- ㄷ. ΔH < 0이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[11~12] 다음은 T₁ K에서 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

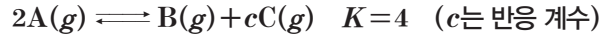
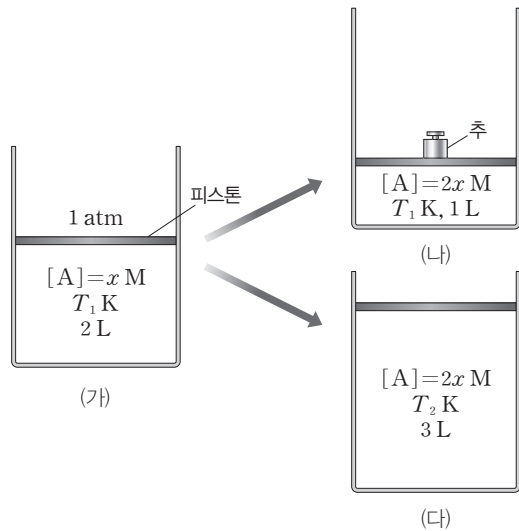


그림 (가)는 T₁ K에서 실린더에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 (가)의 피스톤 위에 추를 올려놓았을 때 도달한 새로운 평형 상태를, (다)는 (가)에서 온도를 T₂ K로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



11

▶23071-0123

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. c = 1이다.
- ㄴ. B(g)의 양(mol)은 (나)에서가 (다)에서의 2배이다.
- ㄷ. (다)에서 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23071-0124

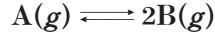
T₂ K에서의 평형 상수(K) × $\frac{\text{(나)에서 C의 부분 압력}}{\text{(다)에서 C의 부분 압력}}$ 은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{2}{9}$ ② $\frac{4}{9}$ ③ $\frac{3}{2}$
④ $\frac{7}{3}$ ⑤ $\frac{16}{3}$

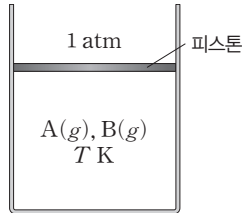
01

▶ 23071-0125

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 T K에서 실린더에서 A(g)와 B(g)가 평형을 이룬 상태를 나타낸 것이다.



T K에서 [B]를 증가시킬 수 있는 방법만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

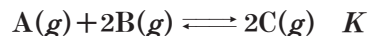
- ㄱ. A(g)를 추가하여 넣고 새로운 평형에 도달하도록 한다.
- ㄴ. He(g)을 첨가하여 넣고 새로운 평형에 도달하도록 한다.
- ㄷ. 피스톤에 추를 올려놓고 새로운 평형에 도달하도록 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

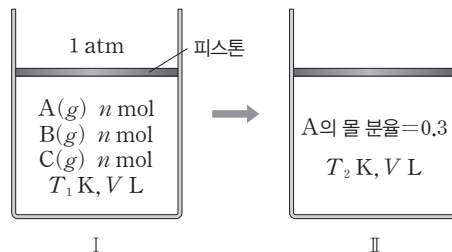
02

▶ 23071-0126

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T₁ K에서 A(g)~C(g)가 각각 n mol씩 들어 있는 평형 상태 I과, I에서 온도를 T₂ K로 변화시켜 도달한 평형 상태 II를 나타낸 것이다. T₁ K와 T₂ K에서 평형 상수(K)는 각각 K₁, K₂이다.



$\frac{T_1}{T_2} \times \frac{K_2}{K_1}$ 은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{9}{5}$ ② $\frac{9}{4}$ ③ $\frac{10}{3}$ ④ $\frac{18}{5}$ ⑤ $\frac{15}{4}$

[03~04] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

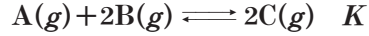
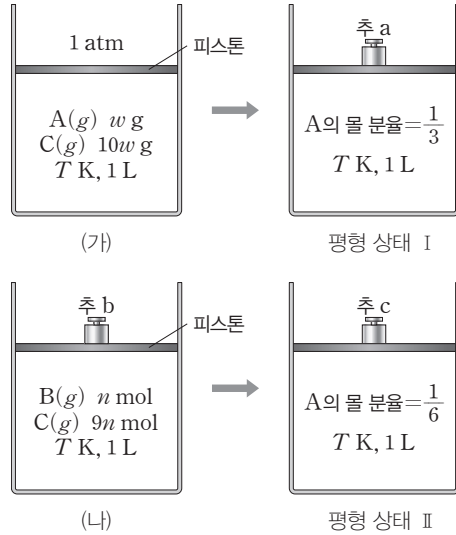


그림 (가)는 실린더에 A(g)와 C(g)가 들어 있는 것을, (나)는 B(g)와 C(g)가 들어 있는 것을 각각 나타낸 것이고, I과 II는 (가)와 (나)에서 각각 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를 나타낸 것이다. 화학식량은 B가 A의 2배이다.



03

▶23071-0127

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A(g)의 양(mol)은 평형 상태 I에서와 II에서가 같다.
- ㄴ. 추 a와 b가 가하는 압력의 합은 추 c가 가하는 압력과 같다.
- ㄷ. 평형 상태 II에서 T K로 유지하면서 추 c를 제거했을 때 도달한 새로운 평형 상태에서 기체의 부피는 2.4 L이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0128

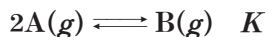
B의 화학식량 / K 은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ① 1/2 w ② 2w ③ 4w ④ 5w ⑤ 15/2 w

05

▶ 23071-0129

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 부피가 같은 2개의 강철 용기에 w g의 A(g)를 각각 넣은 후, 서로 다른 온도 T_1 K, T_2 K에서 각각 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

평형 상태	평형 상수	온도(K)	A(g)의 몰 분율	A(g)의 부분 압력(atm)
(가)	K_1	T_1	$\frac{1}{2}$	1
(나)	K_2	T_2	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{2}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 B(g)의 질량은 (나)에서 A(g)의 질량과 같다.
 ㄴ. $T_1 : T_2 = 4 : 3$ 이다.
 ㄷ. $K_1 : K_2 = 8 : 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0130

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

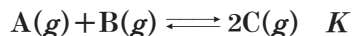
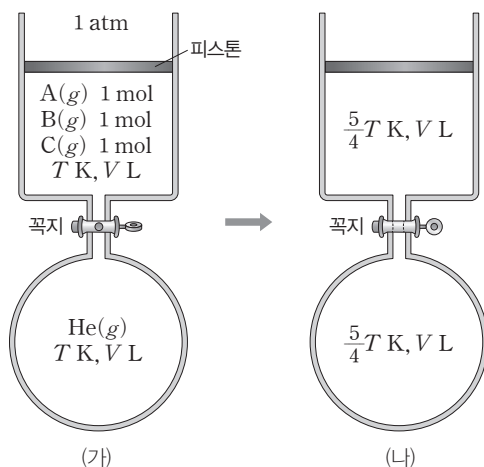


그림 (가)는 T K에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 평형 상태 I과 He(g)이 각각 들어 있는 것을, (나)는 (가)에서 온도를 $\frac{5}{4}T$ K로 변화시키고 꼭지를 열어 도달한 새로운 평형 상태 II를 나타낸 것이다. 평형 상수는 T K에서 $\frac{5}{4}T$ K에서의 49배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰 및 연결관의 부피는 무시한다.)

보기

- ㄱ. [B]의 비는 I : II = 10 : 7이다.
 ㄴ. (가)에서 He(g)의 양은 2 mol이다.
 ㄷ. II에서 C(g)의 부분 압력은 0.1 atm이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

상평형

1 온도와 압력에 의한 상태 변화

물질은 온도와 압력에 따라 상태가 변한다.

(1) 온도에 의한 상태 변화

예 얼음에 열을 가하여 온도를 높이면 물이 되고, 물의 온도를 높이면 수증기가 된다.

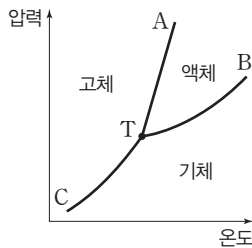
(2) 압력에 의한 상태 변화

예 얼음에 압력을 가하면 물이 된다.

2 상평형 그림

(1) 상평형 : 물질의 3가지 상태인 고체, 액체, 기체 중 2가지 이상의 상태 사이에 평형이 이루어졌을 때를 상평형이라고 한다.

(2) 상평형 그림 : 온도와 압력에 따른 물질의 상태를 나타낸 그림이다.



- ① 용해 곡선(AT) : 고체와 액체가 상평형을 이루는 온도와 압력을 나타낸 곡선이다.
- ② 증기 압력 곡선(기화 곡선, BT) : 액체와 기체가 상평형을 이루는 온도와 압력을 나타낸 곡선이다.
- ③ 승화 곡선(CT) : 고체와 기체가 상평형을 이루는 온도와 압력을 나타낸 곡선이다.
- ④ 삼중점(T) : 고체, 액체, 기체의 3가지 상태가 공존하여 평형을 이루는 온도와 압력을 나타낸 지점이다.
- ⑤ 어는점(녹는점) : 어떤 압력에서 고체와 액체가 상평형을 이루는 온도이다.
- ⑥ 끓는점 : 어떤 압력에서 액체와 기체가 상평형을 이루는 온도이다.
- ⑦ 승화점 : 어떤 압력에서 고체와 기체가 상평형을 이루는 온도이다.

3 H₂O의 상평형 그림과 CO₂의 상평형 그림

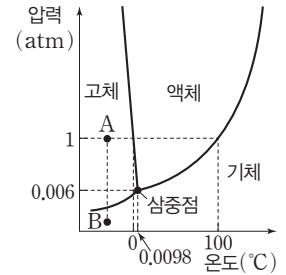
(1) H₂O의 상평형 그림

① 얼음으로 존재하는 A에서 압력을 1 atm으로 일정하게 유지하며 온도를 높이면 0°C에서 물로 용해하고, 100°C에서 수증기로 기화한다.

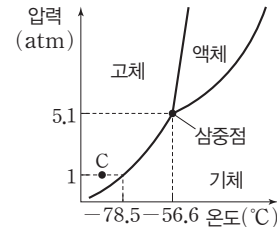
② A→B일 때 H₂O(s) → H₂O(g) 반응이 일어난다. → 식품을 얼린 후 승화 곡선에 해당하는 압력 이하로 낮추면 얼음이 수증기로 승화한다.

예 즉석커피나 우주 식량의 동결 건조

③ H₂O은 용해 곡선이 음의 기울기를 가지므로 외부 압력이 높을수록 녹는점이 낮아진다. → 얼음 위에 무거운 추를 매단 철사를 올려놓으면, 철사에 닿는 부분의 얼음은 높은 압력으로 인하여 녹아서 물이 되고, 철사가 통과하면 녹았던 물은 다시 얼게 된다.



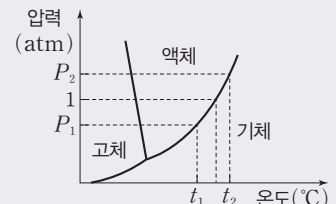
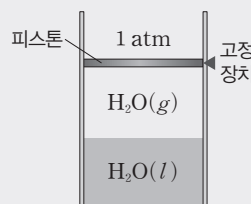
(2) CO₂의 상평형 그림



- ① CO₂는 삼중점의 압력이 5.1 atm이므로 외부 압력이 5.1 atm보다 낮을 때 액체 상태로 존재할 수 없다.
- ② 1 atm에서 고체 상태로 존재하는 C에서 압력을 일정하게 유지하며 온도를 높이면 기체 상태로 승화한다.
- ③ CO₂는 용해 곡선이 양의 기울기를 가지므로 외부 압력이 높을수록 녹는점이 높아진다.

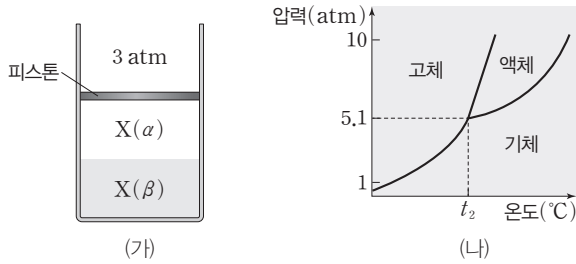
THE 알기 피스톤이 고정된 실린더 속 H₂O(l)과 H₂O(g)의 상평형

- 상평형 : 2가지 상 이상이 평형을 이루어 겉으로 보기에 변화가 없는 상태
- 피스톤이 고정된 상태에서 H₂O(l)과 H₂O(g)가 평형을 이루는 경우
 - ① 온도가 t₁°C일 때 H₂O(g)의 압력은 t₁°C에서의 증기 압력이므로 P₁ atm이다.
 - ② 온도가 t₂°C일 때 H₂O(g)의 압력은 t₂°C에서의 증기 압력이므로 P₂ atm이다.
- 피스톤의 고정 장치 제거(피스톤의 질량과 마찰을 무시할 때)



- ① 온도가 t₁°C일 때 고정 장치 제거 → P₁ atm < 1 atm이므로 피스톤이 내려오고 H₂O(g)가 H₂O(l)로 변한다.
- ② 온도가 t₂°C일 때 고정 장치 제거 → P₂ atm > 1 atm이므로 피스톤이 올라가고 H₂O(l)이 H₂O(g)로 변한다.

그림 (가)는 $t_1^\circ\text{C}$, 3 atm에서 물질 X의 2가지 상이 실린더 속에서 평형을 이루고 있는 것을, (나)는 X의 상평형 그림을 나타낸 것이다. X(α)와 X(β)의 상은 각각 고체, 액체, 기체 중 하나이고, 밀도는 X(β) > X(α)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $t_1 > t_2$ 이다.
- ㄴ. 6 atm에서 X의 어는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 보다 높다.
- ㄷ. (가)에서 외부 압력을 변화시켜 $t_1^\circ\text{C}$, 5 atm에서 충분한 시간이 흐르면 X(α)의 질량은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

3 atm에서 상평형이 이뤄진 것으로부터 고체와 기체 사이의 상평형임을 파악한다.

▶ 간략 풀이

삼중점에서의 압력이 5.1 atm이고 (가)에서 압력이 3 atm이므로 X(α)와 X(β)의 상은 각각 기체, 고체이다. X 3 atm에서 상평형을 이루는 온도($t_1^\circ\text{C}$)는 삼중점의 온도($t_2^\circ\text{C}$)보다 낮다.

㉠ 6 atm에서 X의 어는점은 삼중점의 온도($t_2^\circ\text{C}$)보다 높다.

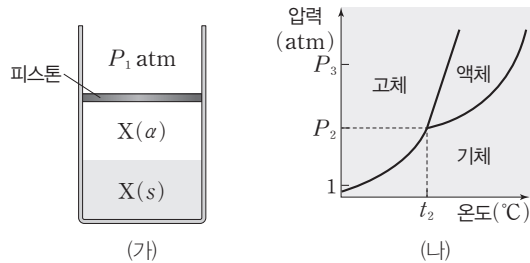
㉡ $t_1^\circ\text{C}$, 5 atm에서 안정한 상은 고체이므로 X(α)의 질량은 감소한다.

정답 | ②

0 **답은 끝 문제로 유형 익히기**

▶ 23071-0131

그림 (가)는 $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 물질 X의 2가지 상이 실린더 속에서 평형을 이루고 있는 것을, (나)는 X의 상평형 그림을 나타낸 것이다. X(α)의 상은 각각 액체와 기체 중 하나이고, $t_1 > t_2$ 이며 P_1 은 1보다 크고 P_3 보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $P_2 > P_1$ 이다.
- ㄴ. $t_2^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 X의 안정한 상은 고체이다.
- ㄷ. (가)에서 온도를 $t_1^\circ\text{C}$ 로 유지하며 외부 압력을 높여 충분한 시간이 흐르면 X(α)의 질량은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

상평형 그림으로부터 특정 온도와 압력 조건에서의 2가지 상의 평형을 파악하는 점은 같지만, 제시된 조건에서 상평형을 이루는 상이 다르다.

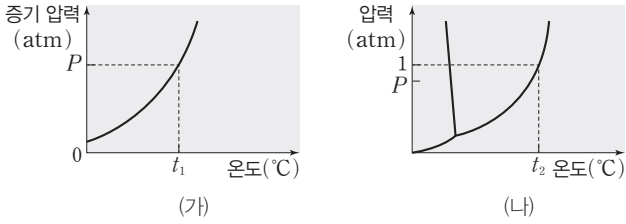
▶ 배경 지식

• 상평형 그림에서 융해 곡선의 기울기로 물질의 어는점과 삼중점의 온도의 관계를 이해한다.

01

▶23071-0132

그림 (가)는 물질 A의 온도에 따른 액체의 증기 압력을, (나)는 A의 상평형 그림을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

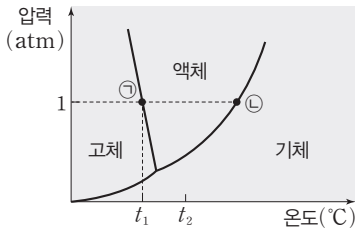
- ㄱ. $t_1^\circ\text{C}$ 에서 A의 증기 압력은 $P \text{ atm}$ 이다.
- ㄴ. $t_2 > t_1$ 이다.
- ㄷ. 온도가 $t_1^\circ\text{C}$ 이고, 외부 압력이 1 atm 일 때 A의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0133

다음은 물질 X의 상평형 그림과 이에 대한 세 학생의 대화이다.



- ①과 ③에서 X의 안정한 상의 수는 각각 2야.
- $t_1^\circ\text{C}$ 에서 X의 증기 압력은 0이야.
- $t_2^\circ\text{C}$, 1 atm 에서 X의 안정한 상은 액체야.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

03

▶23071-0134

표는 물질 X의 상평형 상태 (가)~(라)에 대한 자료이다. $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$ 이고, $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ 이다.

상태	압력(atm)	온도(K)	안정한 상의 수
(가)	P_1	T_1	2
(나)	P_2	T_2	3
(다)	P_3	T_4	2
(라)	P_4	T_3	2

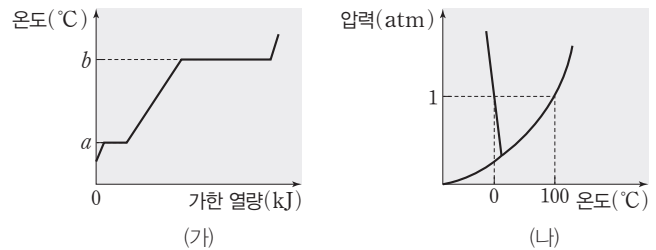
㉠ $P_3 \text{ atm}$, $T_3 \text{ K}$ 에서 X의 안정한 상과 ㉡ $P_4 \text{ atm}$, $T_2 \text{ K}$ 에서 X의 안정한 상으로 옳은 것은? (단, X는 고체, 액체, 기체의 3가지 상만 갖는다.)

- ㉠ ㉡
- ① 고체 기체
- ② 고체 액체
- ③ 액체 기체
- ④ 액체 고체
- ⑤ 기체 고체

04

▶23071-0135

그림 (가)는 외부 압력 $P_1 \text{ atm}$ 에서 H_2O 의 가열 곡선을, (나)는 H_2O 의 상평형 그림을 나타낸 것이다. $a > 0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $b > 100$ 이다.
- ㄴ. $b^\circ\text{C}$ 에서 H_2O 의 증기 압력은 $P_1 \text{ atm}$ 이다.
- ㄷ. $a^\circ\text{C}$, $P_2 \text{ atm}$ 에서 H_2O 의 안정한 상이 액체일 때 $P_2 < P_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

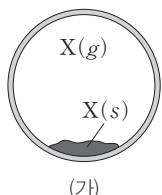
05

▶23071-0136

다음은 물질 X에 대한 자료이다.

- 기준 녹는점은 113.7°C이다.
- 삼중점의 온도와 압력은 113.5°C, 0.12 atm이다.

그림 (가)는 25°C에서 강철 용기에 X(s)를 넣어 충분한 시간이 흐른 후의 모습을 나타낸 것이다. X(g)의 압력은 P atm이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

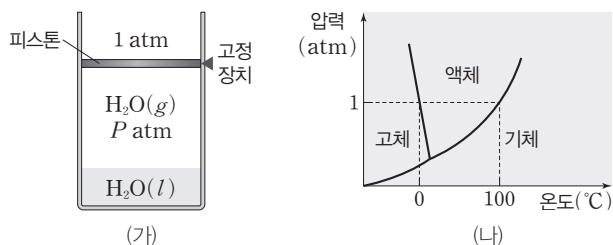
- ㄱ. 100°C, 1 atm에서 X의 안정한 상은 고체이다.
- ㄴ. $P < 0.12$ 이다.
- ㄷ. (가)의 온도를 서서히 높이면 삼중점에 도달할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0137

그림 (가)는 110°C에서 고정 장치로 피스톤이 고정된 실린더 속에 H₂O(l)을 넣고 충분한 시간이 흐른 후의 상태를, (나)는 H₂O의 상평형 그림을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $P > 1$ 이다.
- ㄴ. P atm에서 H₂O의 어는점은 기준 어는점보다 낮다.
- ㄷ. (가)의 온도를 110°C로 유지하면서 피스톤의 고정 장치를 제거하고 충분한 시간이 지나면 실린더 속 H₂O(l)이 모두 기화한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0138

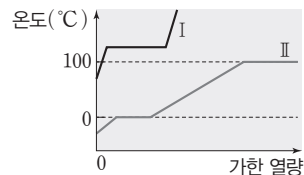
다음은 H₂O과 관련된 실험과 자료이다.

[실험 과정]

- (가) 1 atm에서 t₁°C의 H₂O w₁ g의 가열 곡선을 얻는다.
- (나) 압력을 P atm으로 유지하며 t₂°C의 H₂O w₂ g의 가열 곡선을 얻는다.

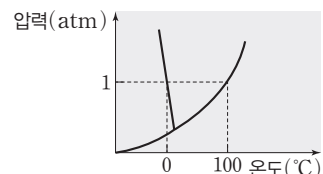
[실험 결과]

- (가)와 (나)에서 얻은 가열 곡선은 각각 I과 II 중 하나이다.



[자료]

- H₂O의 상평형 그림



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

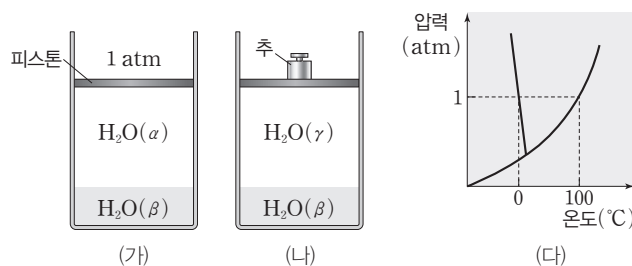
- ㄱ. w₁ > w₂이다.
- ㄴ. $P < 1$ 이다.
- ㄷ. 0°C, P atm에서 H₂O의 안정한 상은 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0139

그림 (가)는 0°C에서 H₂O(α)와 H₂O(β)가, (나)는 t°C에서 H₂O(β)와 H₂O(γ)가 실린더에서 각각 평형을 이루고 있는 상태를, (다)는 H₂O의 상평형 그림을 나타낸 것이다. H₂O(α), H₂O(β), H₂O(γ)의 상은 고체, 액체, 기체를 순서없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. H₂O(α)는 고체이다.
- ㄴ. t < 100이다.
- ㄷ. (나)에서 온도를 t°C로 유지하며 동일한 추 1개를 추가로 올려놓고 충분한 시간이 지나면 H₂O(β)만 남는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23071-0140

표는 동일한 강철 용기에 A(l)의 질량을 달리하여 넣고 충분한 시간이 흐른 후 용기 속 물질에 대한 자료이다.

넣어 준 A(l)의 질량(g)	온도(K)	A(g)의 압력(atm)	존재하는 상의 수
a	T_1	P_1	1
$5a$	T_1	P_2	2
$5a$	T_2		1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $P_1 = P_2$ 이다.
- ㄴ. T_1 K에서 A의 증기 압력은 P_2 atm이다.
- ㄷ. $T_2 > T_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

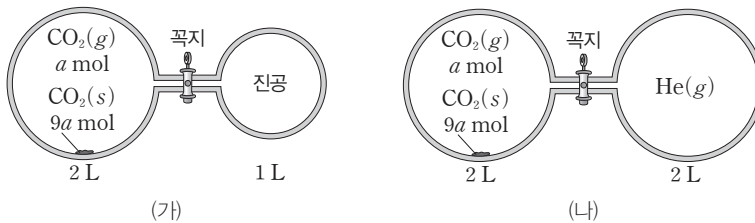
02

▶23071-0141

다음은 CO₂와 관련된 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

- (가) $t^\circ\text{C}$ 에서 꼭지로 분리된 강철 용기에 10a mol의 CO₂(s)를 넣고 충분한 시간이 흐른 후 측정된 CO₂(g)의 압력은 P_1 atm이었다.
- (나) $t^\circ\text{C}$ 에서 꼭지로 분리된 강철 용기에 10a mol의 CO₂(s)와 He(g)을 각각 넣고 충분한 시간이 흐르도록 하였다.



- (다) $t^\circ\text{C}$ 에서 (가)의 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후 측정된 CO₂(g)의 압력은 P_2 atm이었다.
- (라) $t^\circ\text{C}$ 에서 (나)의 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후 측정된 CO₂(g)의 압력은 P_3 atm이었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 $t^\circ\text{C}$ 로 일정하고, 연결관의 부피는 무시한다.)

보기

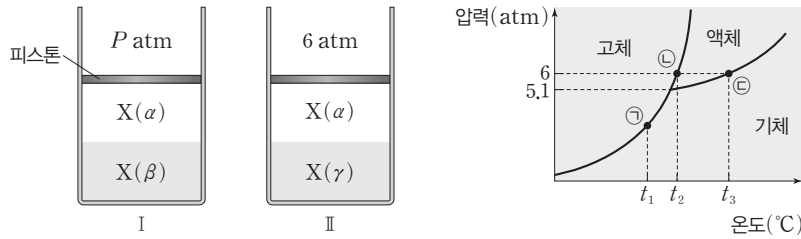
- ㄱ. (다)에서 충분한 시간이 흐른 후 진공이었던 오른쪽 용기에 CO₂(s)가 존재한다.
- ㄴ. $P_1 = P_2 > P_3$ 이다.
- ㄷ. CO₂(s)의 양(mol)은 (라) 이후가 (다) 이후보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0142

그림은 외부 압력이 P atm과 6 atm일 때 물질 X의 2가지 상이 실린더 속에서 각각 평형을 이루고 있는 상태와 X의 상평형 그림을 나타낸 것이다. 평형 상태 I과 II는 각각 ㉠~㉢ 중 하나이다. X(α), X(β), X(γ)의 상은 고체, 액체, 기체를 순서 없이 나타낸 것이고, 밀도는 X(β) > X(α), X(γ) > X(α)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

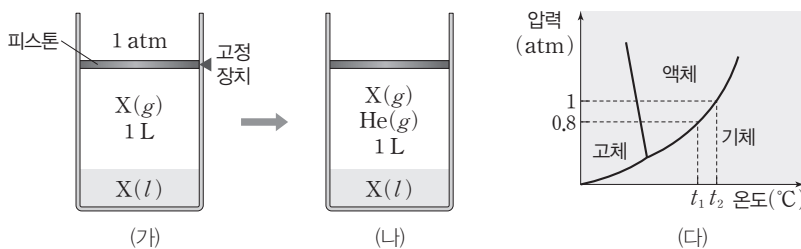
- ㄱ. $P < 5.1$ 이다.
- ㄴ. II의 온도는 t_2 °C이다.
- ㄷ. X(β)와 X(γ)의 평형에서 밀도는 X(β) > X(γ)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0143

그림 (가)는 t_1 °C에서 고정 장치로 피스톤이 고정된 실린더 속에 물질 X를 넣고 충분한 시간이 흐른 후의 상태를, (나)는 (가)에 He(g)을 첨가하고 고정 장치를 풀어 t_1 °C에서 충분한 시간이 흐른 후의 상태를, (다)는 X의 상평형 그림을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 고정 장치를 제거하고 t_1 °C에서 충분한 시간이 흐른 후 X(g)의 부피는 0.8 L이다.
- ㄴ. X(g)의 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. (나)에서 X(l)의 끓는점은 t_2 °C이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

산 염기 평형

1 산과 염기의 세기

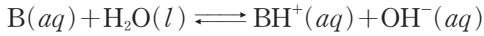
(1) 산과 염기의 이온화 상수

① 산의 이온화 상수(K_a) : 산 HA가 물에 녹아 이온화 평형을 이룰 때 산의 이온화 상수 K_a 는 다음과 같다.



$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

② 염기의 이온화 상수(K_b) : 염기 B가 물에 녹아 이온화 평형을 이룰 때 염기의 이온화 상수 K_b 는 다음과 같다.



$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

(2) 이온화 상수와 산과 염기의 세기

① K_a 가 클수록 상대적으로 강한 산이고, K_a 가 작을수록 상대적으로 약한 산이다.

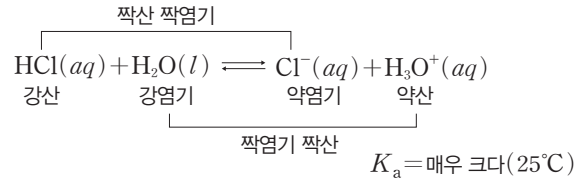
산	HCl	CH ₃ COOH
K_a (25°C)	매우 크다	1.8×10^{-5}
입자 수 (상댓값)		

② K_b 가 클수록 상대적으로 강한 염기이고, K_b 가 작을수록 상대적으로 약한 염기이다.

(3) 산과 염기의 상대적 세기

① 짝산과 짝염기 : 수소 이온(H^+)의 이동에 의해 산과 염기로 구분되는 1쌍의 산과 염기를 짝산 짝염기라고 한다.

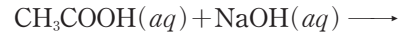
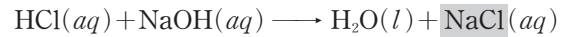
② 짝산과 짝염기의 상대적 세기 : 짝산과 짝염기의 쌍들이 H^+ 을 주고받는 정도에 따라 산과 염기의 상대적 세기를 나타낼 수 있다.



➔ 강산인 HCl의 이온화 반응은 K_a 가 매우 크므로 정반응이 우세한 평형을 이룬다. 산의 세기는 $HCl > H_3O^+$ 이고 염기의 세기는 $H_2O > Cl^-$ 이다.

2 염의 가수 분해

(1) 염 : 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합하여 생성된 물질이다.

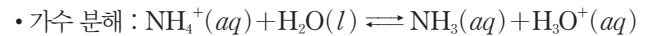


(2) 염의 가수 분해 : 염이 물에 녹을 때 생성된 이온이 물과 반응하여 H_3O^+ 이나 OH^- 을 생성하는 반응이다.

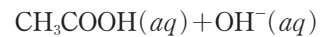
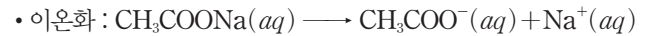
① 강산과 강염기의 반응으로 생성된 염 : 염의 이온화로 생성된 이온들이 가수 분해하지 않는다.



② 강산과 약염기의 반응으로 생성된 염 : 약염기의 짝산인 양이온이 가수 분해하므로 수용액이 산성이다.



③ 약산과 강염기의 반응으로 생성된 염 : 약산의 짝염기인 음이온이 가수 분해하므로 수용액이 염기성이다.



THE 알기 약산의 이온화 상수(K_a)와 염 수용액의 액성

• 25°C에서 HCN의 이온화 상수($K_a = 5 \times 10^{-10}$)를 이용하여 0.2 M HCN(aq)의 $[H_3O^+]$ 와 pH 구하기

	HCN(aq)	H ₂ O(l)	↔	CN ⁻ (aq)	+ H ₃ O ⁺ (aq)
처음(M)	0.2				
반응(M)	-x			+x	+x
평형(M)	0.2-x			x	x

$$K_a = \frac{[CN^-][H_3O^+]}{[HCN]} = \frac{x^2}{0.2-x} \approx \frac{x^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$$

$$[H_3O^+] = x = 1 \times 10^{-5} \text{ M, pH} = 5.0$$

• 25°C에서 CN⁻의 이온화 상수(K_b)를 구하고, 0.2 M KCN(aq)의 $[H_3O^+]$ 와 pH 구하기

① HCN와 CN⁻은 짝산 짝염기 관계

➔ HCN의 이온화 상수(K_a)와 CN⁻의 이온화 상수(K_b)의 관계 : $K_a \times K_b = K_w$ (K_w : 물의 이온화 상수)

② 25°C에서 0.2 M KCN(aq)의 $[H_3O^+]$ 와 pH 구하기

	CN ⁻ (aq)	H ₂ O(l)	↔	HCN(aq)	+ OH ⁻ (aq)
처음(M)	0.2				
반응(M)	-y			+y	+y
평형(M)	0.2-y			y	y

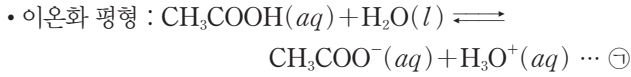
$$K_b = \frac{[HCN][OH^-]}{[CN^-]} = \frac{y^2}{0.2-y} \approx \frac{y^2}{0.2} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

$$[OH^-] = y = 2 \times 10^{-3} \text{ M, } [H_3O^+] = 5 \times 10^{-12} \text{ M, } 11 < \text{pH} < 12$$

3 완충 용액

(1) 완충 용액 : 약산과 그 약산의 짝염기가 섞여 있는 수용액이나 약염기와 그 약염기의 짝산이 섞여 있는 수용액은 산이나 염기를 소량 가해도 pH가 크게 변하지 않는다. 이러한 용액을 완충 용액이라고 한다.

(2) 1 M CH₃COOH(aq) 100 mL와 1 M CH₃COONa(aq) 100 mL로 만든 완충 용액의 완충 원리



➔ 약산인 CH₃COOH은 수용액에서 일부만 이온화되고 CH₃COONa은 수용액에서 거의 모두 이온화된다.

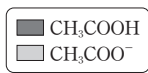
➔ 1 M CH₃COOH(aq) 100 mL에 1 M CH₃COONa(aq) 100 mL를 넣으면 ① 반응에서 생성물의 농도가 증가하므로 평형은 역반응 쪽으로 이동하여, CH₃COOH(aq)과 CH₃COO⁻(aq)은 거의 비슷한 농도로 평형을 이룬다.

• 산과 염기의 첨가

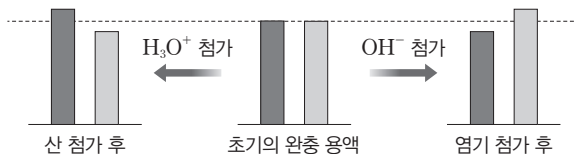
➔ HCl을 소량 가할 때 : HCl이 이온화하여 생성된 H₃O⁺이 CH₃COO⁻과 반응하여 CH₃COOH과 H₂O을 생성하므로, 생성된 H₃O⁺이 소모되어 수용액의 pH는 거의 변하지 않는다.

➔ NaOH을 소량 가할 때 : NaOH이 이온화하여 내놓은 OH⁻이 CH₃COOH과 반응하여 CH₃COO⁻과 H₂O을 생성하므로, 가한 OH⁻이 소모되어 수용액의 pH는 거의 변하지 않는다.

H₃O⁺이 CH₃COO⁻과 반응하여 CH₃COOH과 H₂O을 생성한다. → pH는 거의 변하지 않는다.



OH⁻이 CH₃COOH과 반응하여 CH₃COO⁻과 H₂O을 생성한다. → pH는 거의 변하지 않는다.



(3) 생체 내 완충 용액

① 혈액은 pH가 7.4 정도로 일정하게 유지되는 완충 용액이다. 생

체 내에서 일어나는 화학 반응에는 다양한 효소가 관여한다. 효소의 작용은 pH의 영향을 매우 크게 받으므로 적절한 pH를 유지하는 것은 생명 유지 활동에 매우 중요하다.

② 혈액에서의 완충 용액 : 혈액에서는 탄산(H₂CO₃)과 탄산수소이온(HCO₃⁻), 인산이수소 이온(H₂PO₄⁻)과 인산수소 이온(HPO₄²⁻) 등이 완충 작용을 한다.

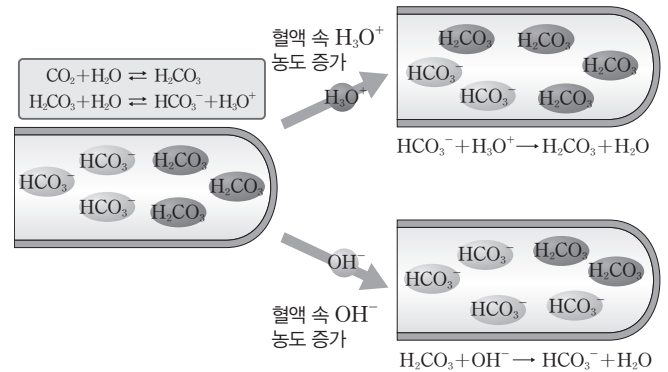
③ H₂CO₃과 HCO₃⁻의 완충 용액

• 혈액에 녹은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이 반응하여 H₂CO₃을 생성하며, 혈액 속에서 H₂CO₃과 그 짝염기인 HCO₃⁻은 평형을 이룬다.

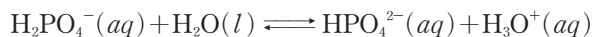


➔ 혈액 속 H₃O⁺의 농도가 증가하면, 증가한 H₃O⁺이 HCO₃⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다(②의 역반응). 이때 증가한 H₂CO₃은 CO₂와 H₂O로 분해되며, CO₂는 호흡으로 몸 밖으로 배출된다(①의 역반응).

➔ 혈액 속 OH⁻의 농도가 증가하면, 증가한 OH⁻이 H₂CO₃과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다.



④ H₂PO₄⁻과 HPO₄²⁻의 완충 용액: 혈액 속에서 H₂PO₄⁻과 HPO₄²⁻은 다음과 같은 평형을 이룬다.



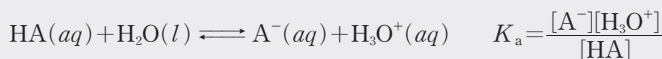
➔ 혈액 속 H₃O⁺의 농도가 증가하면, 증가한 H₃O⁺이 HPO₄²⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다.

➔ 혈액 속 OH⁻의 농도가 증가하면, 증가한 OH⁻이 H₂PO₄⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다.

THE 알기 완충 용액에서 짝산과 짝염기의 비에 따른 [H₃O⁺]와 pH의 변화

• 완충 용액 : 약산과 그 약산의 짝염기가 섞여 있는 수용액 또는 약염기와 그 약염기의 짝산이 섞여 있는 수용액 소량의 산이나 염기를 가해도 pH가 거의 변하지 않는 용액

• HA가 약산일 때 HA(aq)과 NaA(aq)을 혼합한 용액은 완충 용액이다.



• $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1$ 인 완충 용액에 NaOH(s)을 넣어 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 2$ 가 되는 경우 [H₃O⁺]와 pH 변화

① $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \Rightarrow K_a = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+], [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a$

② $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 2 \Rightarrow K_a = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times [\text{H}_3\text{O}^+] = 2[\text{H}_3\text{O}^+], [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1}{2} \times K_a$

③ ①과 ②의 [H₃O⁺] 비는 2 : 1이고, pH = -log[H₃O⁺]이므로 pH는 ②가 ①보다 log2 ≈ 0.3만큼 크다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

약산의 이온화 반응과 이온화 상수를 알고, pH 자료로부터 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 를 파악한다.

▶ 간략 풀이

HA의 이온화 상수를 K_a 라고 하면,

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

㉠ (가)의 pH가 5.0이므로

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = 2 \times 10^{-5}$$

(나)의 pH도 5.0이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 2$ 이고

$a = 0.2$ 이다.

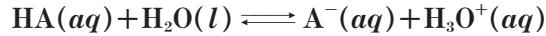
✗ (가)에 1 M NaA(aq) 10 mL를 첨가하면 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 가 커지므로 $[H_3O^+]$ 는 감소하고 $pH > 5.0$ 이다.

✗ (나)에 1 M의 강산 HCl(aq) 1 mL를 첨가하면 A^- 이 HA로 변하므로 $[A^-] < 2[HA]$ 이다.

정답 | ①

| 2023학년도 수능 |

다음은 약산 HA의 이온화 반응식이다.



표는 25°C에서 HA(aq)과 NaA(aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	부피(mL)	몰 농도(M)		pH
		[HA]	[A ⁻]	
(가)	100	0.2	0.4	5.0
(나)	200	0.1	a	5.0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $a = 0.2$ 이다.
- ㄴ. (가)에 1 M NaA(aq) 10 mL를 첨가하면 $pH < 5.0$ 이다.
- ㄷ. (나)에 1 M HCl(aq) 1 mL를 첨가하면 $[A^-] > 2[HA]$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 32쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

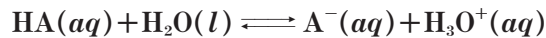
약산의 이온화 반응식과 완충 용액을 제시한 점은 유사하지만, 수용액의 조성을 제시하는 방법과 농도를 제시하는 방법이 다르다.

▶ 배경 지식

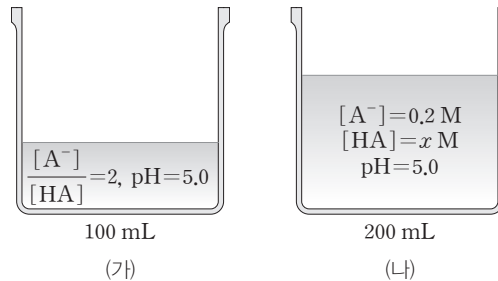
- 약산의 이온화 반응식과 이온화 상수식을 표현한다.
- 완충 용액의 완충 작용을 이온화 상수와 관련지어 이해한다.

▶ 23071-0144

다음은 약산 HA의 이온화 반응식이다.



그림은 25°C에서 HA(aq)과 NaA(aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고 NaOH(s)의 용해에 의한 수용액의 부피 변화는 무시한다.)

보기

- ㄱ. HA의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-5} 이다.
- ㄴ. H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)가 (가)의 4배이다.
- ㄷ. (나)에 NaOH(s)을 소량 첨가하면 $[A^-] > 2x$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[01~02] 다음은 완충 용액과 관련된 자료이다.

- (가) 과 그 (가) 의 짝염기가 섞여 있는 수용액은 소량의 산이나 염기를 가해도 pH가 거의 변하지 않는다. 이처럼 소량의 산이나 염기를 가해도 pH가 거의 변하지 않는 용액을 완충 용액이라고 한다.
- 완충 용액을 만드는 방법은 다양하다. 예를 들어 HA가 (가) 일 때, 1 M HA(aq) 100 mL에 X 을/를 넣어 완충 용액을 만들 수 있다.
- 완충 용액에 소량의 NaOH(s)을 넣어 줄 때, ㉠ 넣어 준 NaOH(s)의 양(mol)과 ㉡ 용액에서 증가한 OH⁻의 양(mol)을 비교하면 (나) 이다.

01

▶ 23071-0145

(가)와 (나)에 해당하는 내용으로 적절한 것은?

- | | | |
|---|-----|-------|
| | (가) | (나) |
| ① | 강산 | ㉠ > ㉡ |
| ② | 강산 | ㉠ = ㉡ |
| ③ | 약산 | ㉠ > ㉡ |
| ④ | 약산 | ㉠ = ㉡ |
| ⑤ | 약산 | ㉠ < ㉡ |

02

▶ 23071-0146

X로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH(s)의 용해에 의한 수용액의 부피 변화는 무시하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

보기

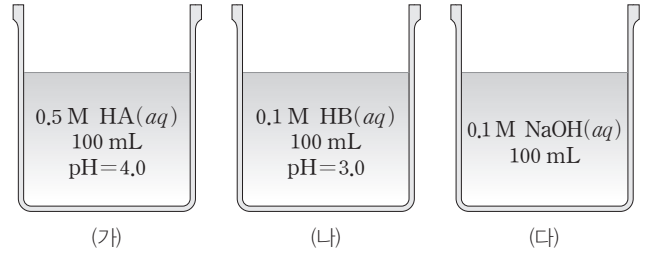
- ㄱ. 0.1 mol의 NaOH(s)
- ㄴ. 1 M NaOH(aq) 50 mL
- ㄷ. 1 M NaA(aq) 100 mL

- | | | | | | |
|---|------|---|---------|---|------|
| ① | ㄱ | ② | ㄷ | ③ | ㄱ, ㄴ |
| ④ | ㄴ, ㄷ | ⑤ | ㄱ, ㄴ, ㄷ | | |

03

▶ 23071-0147

그림 (가)~(다)는 각각 25°C에서 HA(aq), HB(aq), NaOH(aq)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 25°C에서 산의 세기는 HB > HA이다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 혼합 용액에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{5}$ 이다.
- ㄷ. (나)와 (다)의 혼합 용액은 완충 용액이다.

- | | | | | | |
|---|------|---|---------|---|------|
| ① | ㄱ | ② | ㄷ | ③ | ㄱ, ㄴ |
| ④ | ㄴ, ㄷ | ⑤ | ㄱ, ㄴ, ㄷ | | |

04

▶ 23071-0148

다음은 네 학생이 만든 용액에 대한 설명이다.

- 학생 A : 0.1 M HCl(aq) 100 mL에 0.1 M NaOH(aq) 100 mL를 넣어 만든다.
- 학생 B : 0.1 M CH₃COOH(aq) 200 mL에 0.01 mol의 NaOH(s)을 넣어 만든다.
- 학생 C : 0.1 M CH₃COONa(aq) 100 mL에 0.1 M CH₃COOH(aq) 100 mL를 넣어 만든다.
- 학생 D : 0.1 M CH₃COONa(aq) 100 mL에 0.1 M HCl(aq) 100 mL를 넣어 만든다.

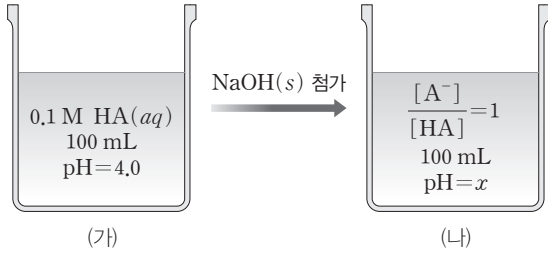
제조한 용액이 완충 용액인 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

- | | | | | | |
|---|---------|---|------------|---|---------|
| ① | A, D | ② | B, C | ③ | A, B, D |
| ④ | B, C, D | ⑤ | A, B, C, D | | |

05

▶23071-0149

그림 (가)는 25°C의 0.1 M HA(aq)을, (나)는 (가)에 NaOH(s)을 첨가하여 녹인 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

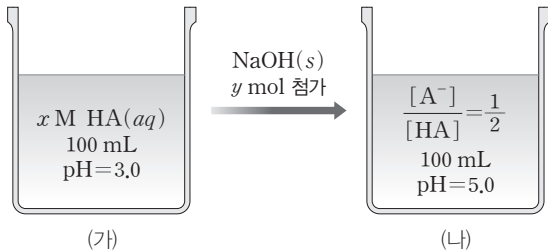
- ㄱ. 첨가한 NaOH(s)의 양은 0.01 mol이다.
- ㄴ. $x=7.0$ 이다.
- ㄷ. (나)에 소량의 NaOH(s)을 가할 때 $[A^-] > [HA]$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0150

그림 (가)는 25°C의 x M HA(aq)을, (나)는 (가)에 NaOH(s) y mol을 첨가하여 녹인 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-5} 이다.
- ㄴ. (가)와 (나)에 각각 1 M HCl(aq) 1 mL를 넣을 때 pH 변화는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. $x=20y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0151

표는 25°C의 3가지 수용액에 대한 자료이다. 25°C에서 HF의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-4} 이고, NH_3 의 이온화 상수(K_b)는 2×10^{-5} 이다.

수용액	pH
1 M NaCl(aq)	x
1 M NaF(aq)	y
1 M NH_4Cl (aq)	z

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

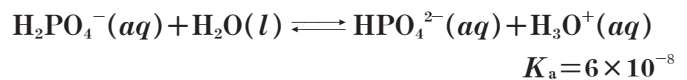
- ㄱ. $y > x$ 이다.
- ㄴ. 1 M NH_4Cl (aq)에 NaOH(s)을 넣어 주면 $\frac{[NH_4^+]}{[Cl^-]}$ 는 증가한다.
- ㄷ. $|x-y| < |x-z|$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

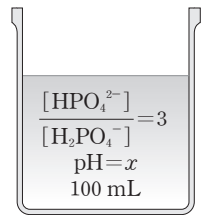
08

▶23071-0152

다음은 $H_2PO_4^-$ 의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_a)이다.



그림은 1 M NaH_2PO_4 (aq)과 1 M Na_2HPO_4 (aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)를 나타낸 것이다. (가)에 0.1 M HCl(aq)을 소량 첨가하여 수용액 (나)를 만든다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H_2O 의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

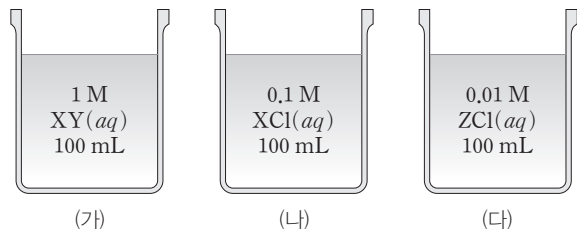
- ㄱ. $x > 8$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 $\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} < 3$ 이다.
- ㄷ. HPO_4^{2-} 의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-6} 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶ 23071-0153

다음은 25°C에서 3가지 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.



수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$	1×10^{-4}	1	1×10^8

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H₂O의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. pH는 (나)가 (다)보다 4 크다.
- ㄴ. (나)에서 [X⁺] < [Cl⁻]이다.
- ㄷ. 25°C에서 HY의 이온화 상수(K_a)는 1×10⁻⁶이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶ 23071-0154

다음은 25°C에서 HCN(aq)과 관련된 자료이다.

- HCN의 이온화 반응식과 이온화 상수(K_a)
 $HCN(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CN^-(aq) + H_3O^+(aq)$
 $K_a = 5 \times 10^{-10}$
- 1 M HCN(aq)과 1 M NaCN(aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)의 pH=9.0이다.
- (가)에 NaOH(s)을 넣어 만든 수용액 (나)의 pH=10.0이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H₂O의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

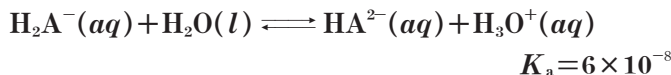
- ㄱ. 25°C에서 CN⁻의 이온화 상수(K_b)는 2×10⁻⁵이다.
- ㄴ. (가)에서 [CN⁻]= $\frac{1}{3}$ M이다.
- ㄷ. $\frac{[CN^-]}{[HCN]}$ 의 비는 (가) : (나)=1 : 10이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

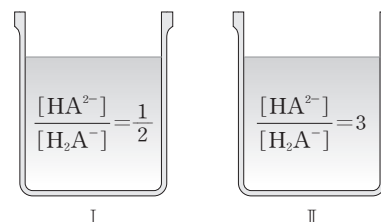
11

▶ 23071-0155

다음은 H₂A⁻과 HA²⁻의 산 염기 평형과 관련된 이온화 반응식과 25°C에서 H₂A⁻의 이온화 상수(K_a)이다.



그림은 0.1 M NaH₂A(aq)과 0.1 M Na₂HA(aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)와, (가)에 NaOH(s)을 소량 넣은 수용액 (나)를 순서 없이 나타낸 것이다. I과 II는 각각 (가)와 (나) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

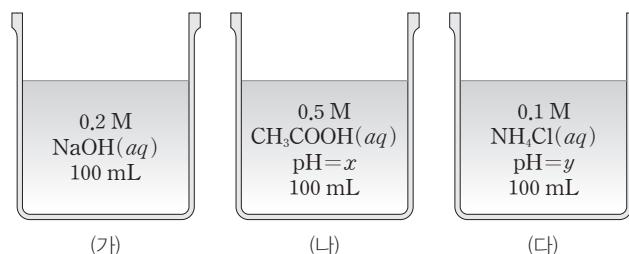
- ㄱ. I은 (가)이다.
- ㄴ. I의 pH < 7이다.
- ㄷ. [H₃O⁺]의 비는 I : II=6 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶ 23071-0156

그림 (가)~(다)는 각각 25°C에서 0.2 M NaOH(aq), 0.5 M CH₃COOH(aq), 0.1 M NH₄Cl(aq)을 나타낸 것이다. 25°C에서 CH₃COOH의 이온화 상수(K_a)는 2×10⁻⁵이고, NH₃의 이온화 상수(K_b)는 2×10⁻⁵이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H₂O의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. y < 5이다.
- ㄴ. y - x > 2이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액은 완충 용액이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23071-0157

다음은 산과 염기 또는 염을 혼합한 3가지 혼합 용액 (가)~(다)에 대한 자료와 이에 대한 세 학생의 대화이다.

혼합 용액	혼합 전 용액		25°C에서 pH
(가)	0.1 M HA(aq) 100 mL	0.1 M NaOH(aq) 50 mL	5.0
(나)	0.1 M HB(aq) 75 mL	0.1 M NaOH(aq) 75 mL	7.0
(다)	0.1 M HB(aq) 50 mL	0.1 M NaA(aq) 100 mL	



제시한 의견이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶23071-0158

그림 (가)는 1 M NaCl(aq)을, (나)는 1 M HA(aq)과 1 M NaA(aq)을 혼합한 수용액을 나타낸 것이고, 표는 (가)와 (나)에 각각 0.01 mol의 NaOH(s)을 넣은 후의 pH를 나타낸 것이다. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 2 × 10⁻⁵이다.

(가)

1 M NaCl(aq)
pH=7.0
100 mL

(나)

1 M HA(aq)
+ 1 M NaA(aq)
pH=5.0
100 mL

수용액	(가)	(나)
0.01 mol의 NaOH(s)을 넣은 후의 pH	<i>x</i>	<i>y</i>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H₂O의 이온화 상수(K_w)는 1 × 10⁻¹⁴이고, 수용액 온도는 25°C로 일정하며, NaOH(s)의 용해에 따른 용액의 부피 변화는 무시한다.)

보기

- ㄱ. $x=13.0$ 이다.
 ㄴ. (나)에서 $[A^-]=2[HA]$ 이다.
 ㄷ. $6 < y < 7$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0159

다음은 HA(aq)의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_a)이다.

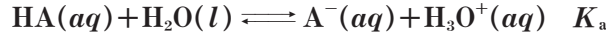
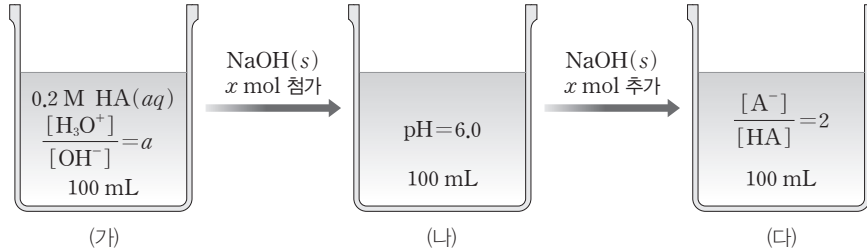


그림 (가)는 0.2 M HA(aq)을, (나)는 (가)에 x mol의 NaOH(s)을 첨가하여 녹인 수용액을, (다)는 (나)에 x mol의 NaOH(s)을 추가하여 녹인 수용액을 나타낸 것이다.



$a \times x \times K_a$ 는? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

- ① $\frac{1}{30}$
- ② $\frac{1}{15}$
- ③ $\frac{1}{3}$
- ④ $\frac{5}{3}$
- ⑤ $\frac{10}{3}$

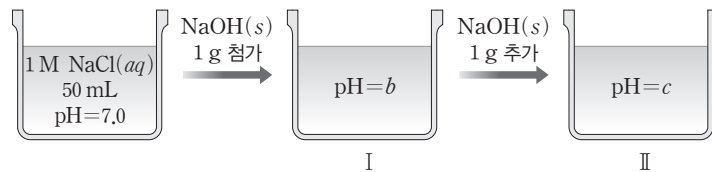
04

▶ 23071-0160

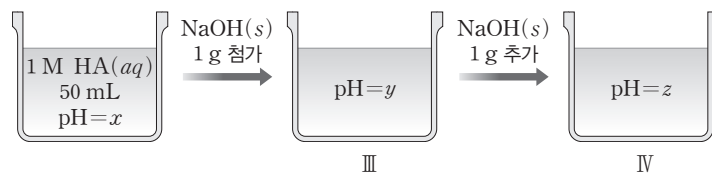
다음은 산 염기 평형과 관련된 실험이다. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이고 NaOH의 화학식량은 40이다.

[실험 과정]

(가) 1 M NaCl(aq) 50 mL의 pH를 측정하고, NaOH(s)을 1 g씩 넣은 후, 혼합 용액 I과 II의 pH를 측정한다.



(나) 1 M HA(aq) 50 mL의 pH를 측정하고, NaOH(s)을 1 g씩 넣은 후, 혼합 용액 III과 IV의 pH를 측정한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H₂O의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하며, NaOH(s)의 용해에 따른 용액의 부피 변화는 무시한다.)

보기

- ㄱ. $b+c > 27$ 이다.
- ㄴ. $x+z=2y$ 이다.
- ㄷ. 1 M HCl(aq) 1 mL를 넣었을 때 pH 변화는 III에서가 IV에서보다 작다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0161

다음은 $\text{KH}_2\text{PO}_4(aq)$ 과 $\text{K}_2\text{HPO}_4(aq)$ 을 혼합하여 만든 용액과 관련된 자료이다.

- H_2PO_4^- 과 HPO_4^{2-} 이 관련된 이온화 반응식과 H_2PO_4^- 의 이온화 상수(K_a)
 $\text{H}_2\text{PO}_4^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-}(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 25°C에서의 $K_a = 6 \times 10^{-8}$
- 1 M $\text{KH}_2\text{PO}_4(aq)$ 과 1 M $\text{K}_2\text{HPO}_4(aq)$ 을 혼합하여 만든 수용액 (가)의 pH=8.0이고, $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = x$ 이다.
- (가)에 1 M $\text{HCl}(aq)$ 을 혼합하여 만든 수용액 (나)의 pH= y 이고, $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 1$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액 온도는 25°C로 일정하고, $\text{NaOH}(s)$ 의 용해에 따른 용액의 부피 변화는 무시한다.)

보기

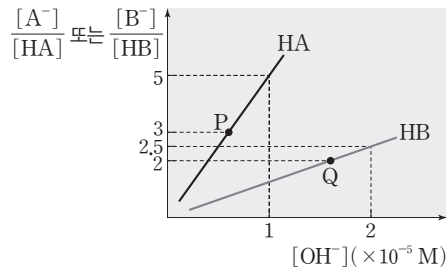
- ㄱ. H_2PO_4^- 은 HPO_4^{2-} 의 짝산이다.
- ㄴ. $x=6$ 이다.
- ㄷ. $y > 7$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0162

그림은 1 M $\text{HA}(aq)$ 과 0.2 M $\text{HB}(aq)$ 에 각각 $\text{NaOH}(s)$ 을 첨가할 때, $[\text{OH}^-]$ 에 따른 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 또는 $\frac{[\text{B}^-]}{[\text{HB}]}$ 을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 H_2O 의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하며, $\text{NaOH}(s)$ 의 용해에 따른 용액의 부피 변화는 무시한다.)

보기

- ㄱ. 이온화 상수(K_a)는 HA가 HB보다 크다.
- ㄴ. A^- 의 이온화 상수(K_b)는 2×10^{-6} 이다.
- ㄷ. P에서 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{HB}]}$ > 3이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

반응 속도

1 화학 반응의 빠르기 측정

화학 반응에 따라 반응의 빠르기가 다르고, 반응의 빠르기는 여러 가지 방법으로 측정할 수 있다.

(1) 기체가 발생하는 반응

① 탄산 칼슘과 염산의 반응



- 시간에 따른 삼각 플라스크의 질량을 측정하여 발생한 CO₂의 질량을 구한다.
- 화학 반응식 : $\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$

② 마그네슘과 염산의 반응



- 시간에 따라 발생한 수소 기체의 부피를 측정한다.
- 화학 반응식 : $\text{Mg}(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{H}_2(g) + \text{MgCl}_2(aq)$

(2) 고체가 생성되는 반응

예 싸이오황산 나트륨과 염산의 반응



- 생성된 고체로 인하여 ×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정한다.
- 화학 반응식 : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{S}(s) + 2\text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{SO}_2(g)$

2 반응 속도

화학 반응이 빠르게 또는 느리게 일어나는 정도로, 화학 반응이 일어날 때 일정 시간 동안 감소한 반응물의 농도 또는 증가한 생성물의 농도로 나타낼 수 있다.

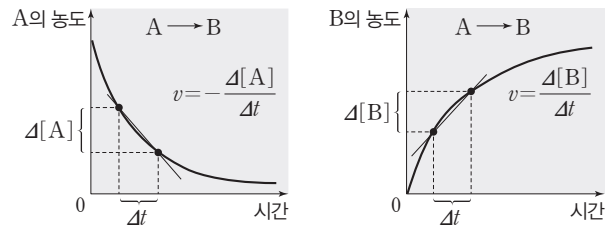
$$\text{반응 속도} = \frac{\text{반응물의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}} \text{ 또는 } \frac{\text{생성물의 농도 증가량}}{\text{반응 시간}}$$

예 $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \longrightarrow 2\text{HI}(g)$ 반응의 반응 속도(v) 표현

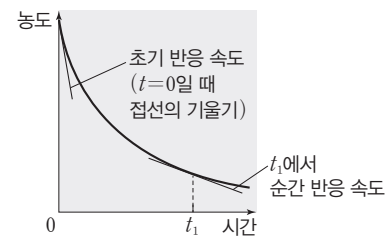
- 일정 시간(Δt) 동안 생성된 HI의 농도 변화량은 감소한 H₂ 또는 I₂의 농도 변화량의 2배이다.

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

(1) 평균 반응 속도 : 반응물이나 생성물의 농도 변화량을 반응이 일어난 시간으로 나누어 나타내는 반응 속도이며, 시간·농도 그래프에서 두 지점을 지나는 직선의 기울기(절댓값)이다.

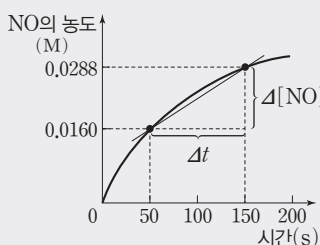


(2) 순간 반응 속도 : 특정 시간에서의 반응 속도를 나타내며, 시간·농도 그래프에서 특정 시간에서의 접선의 기울기(절댓값)에 해당한다. 초기 반응 속도는 $t=0$ 일 때의 순간 반응 속도이다. 접선의 기울기(절댓값)가 클수록 순간 반응 속도가 빠르다.



THE 알기 시간·농도 그래프에서 평균 반응 속도

$\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$ 반응이 진행되면 반응물인 NO₂와 CO의 농도는 감소하고, 생성물인 NO와 CO₂의 농도는 증가한다. 시간·농도 그래프에서 반응 속도는 그래프의 기울기(절댓값)이다.



평균 반응 속도(v)는 일정 시간 동안 NO의 농도 변화량이므로 평균 반응 속도(v) = $\frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t}$ 이다.

50~150 s 구간의 평균 반응 속도는 다음과 같이 구간의 시작점과 끝점을 지나는 직선의 기울기로 구한다.

$$\text{평균 반응 속도}(v) = \frac{0.0288 - 0.0160}{150 - 50} = 1.28 \times 10^{-4} (\text{M/s})$$

3 반응 속도식

(1) 반응 속도식

반응 속도는 반응물의 농도에 의해 달라지며 실험을 통해 구한다.

예 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(g)가 생성되는 반응 일 때

- 화학 반응식 : $aA(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g) + dD(g)$
- 반응 속도식 : $v = k[A]^m[B]^n$ (k 는 반응 속도 상수)

(2) 반응 차수

반응 속도식에서 m 과 n 을 반응 차수라고 한다. m, n 은 실험을 통해 구하며 반응 계수인 a, b 와 관계가 없다.

예 $v = k[A]^m[B]^n$ 의 반응 속도식에서

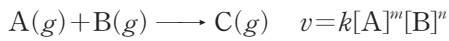
- A에 대한 반응 차수 : m
- B에 대한 반응 차수 : n
- ➔ 전체 반응 차수 : $m + n$

(3) 반응 속도 상수(k)

k 는 반응에 따라 다른 값을 가지며, 반응물의 농도에 따라 달라지지 않는 상수로, 온도와 활성화 에너지에 따라서 그 값이 달라진다. k 의 단위는 전체 반응 차수에 따라 다르다.

예 반응 속도식 구하기

- A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식



실험	초기 농도(M)		초기 반응 속도(M/s)
	[A]	[B]	
(가)	1	1	0.2
(나)	2	1	0.4
(다)	2	2	1.6

- [B]가 일정한 실험 (가)와 (나)에서 A의 초기 농도가 2배 일 때 반응 속도는 2배이다. ➔ 반응 속도는 A의 초기 농도([A])에 비례한다.
- [A]가 일정한 실험 (나)와 (다)에서 B의 초기 농도가 2배 일 때 반응 속도는 4배이다. ➔ 반응 속도는 B의 초기 농도의 제곱([B]²)에 비례한다.
- 반응 속도식 : $v = k[A][B]^2$

④ 반응 속도 상수 $k = \frac{v}{[A][B]^2} = \frac{0.2 \text{ M/s}}{1 \text{ M} \times (1 \text{ M})^2}$
 $k = 0.2 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$

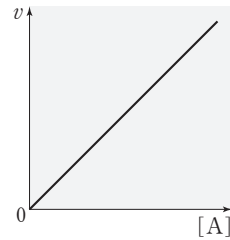
4 1차 반응과 반감기

A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식은 다음과 같다.



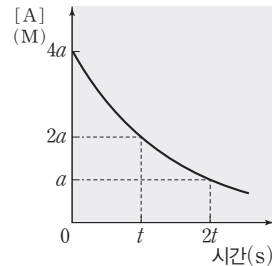
$m=1$ 이면 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이고, 이 반응은 A에 대한 1차 반응이다.

(1) 1차 반응에서 반응물의 농도([A])에 따른 반응 속도(v)



- 1차 반응의 반응 속도식 : $v = k[A]$
1차 반응의 반응 속도(v)는 반응물의 농도([A])에 비례한다.
- 반응물의 농도([A])에 따른 반응 속도(v) 그래프에서 기울기는 반응 속도 상수(k)에 해당한다.

(2) 1차 반응에서 시간에 따른 반응물의 농도([A])

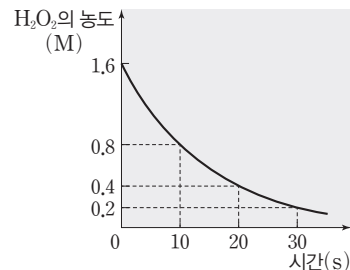
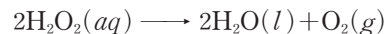


- 반응물의 농도가 반으로 줄어들 때까지 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 그래프에서 A의 농도가 절반이 되는 시간은 t s이므로 반감기는 t s이다.
- A의 농도는 t s일 때 처음 농도 $\times \frac{1}{2}$ 이 되며, $2t$ s일 때 처음 농도 $\times (\frac{1}{2})^2$ 이 된다.
- 1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

(3) 1차 반응의 반감기

1차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도에 관계없이 일정하다.

예 과산화 수소 분해 반응에서 시간에 따른 H₂O₂의 농도



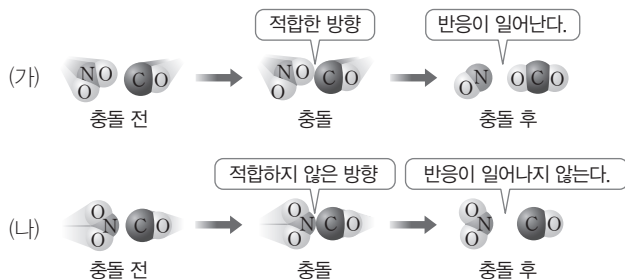
- H₂O₂의 농도가 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 10 s이며, 10 s마다 H₂O₂의 농도가 절반이 된다.
- 반감기는 H₂O₂의 농도에 관계없이 10 s로 일정하다.
- 이 반응은 H₂O₂에 대하여 1차 반응이며 반응 속도식은 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ 이다.

5 활성화 에너지

(1) 화학 반응과 충돌 방향

화학 반응이 일어나려면 반응하는 물질의 입자들이 충돌해야 하며, 충돌하는 순간에 입자들의 방향이 화학 반응을 일으키기에 적합해야 한다.

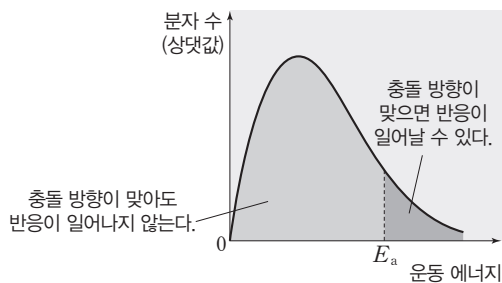
예 $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$ 반응에서 입자의 충돌과 화학 반응



NO_2 와 CO 가 반응하여 NO 와 CO_2 를 생성하기 위해서는 (가)와 같이 NO_2 의 O 원자와 CO 의 C 원자가 충돌해야 한다. (나)와 같이 적합하지 않은 방향으로 충돌하면 반응은 일어나지 않는다.

(2) 유효 충돌

활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 가진 입자들이 화학 반응이 일어나기에 적합한 방향으로의 충돌이다.



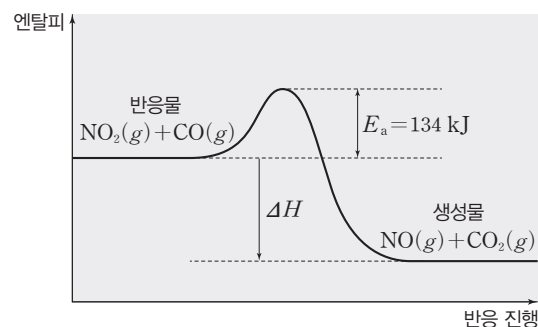
반응물의 운동 에너지 분포 곡선

→ 활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 가진 입자가 적합한 방향으로 충돌하면 화학 반응이 일어날 수 있다.

(3) 활성화 에너지(E_a)

반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지(E_a)라고 한다.

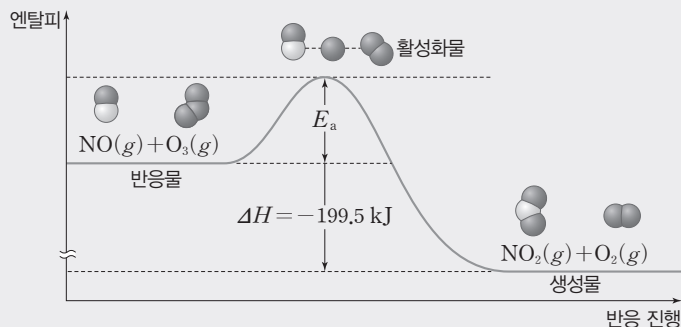
예 $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$ 반응에서 반응 진행에 따른 엔탈피 변화(ΔH)와 활성화 에너지(E_a)



- 이 반응이 진행되기 위해 필요한 활성화 에너지(E_a)는 134 kJ이다.
- 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 총합에서 반응물의 엔탈피 총합을 뺀 값에 해당하므로 활성화 에너지(E_a)의 크기와는 관계가 없다.

THE 알기 활성화 에너지와 활성화물

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



- 반응물이 생성물로 되는 과정에서 에너지가 가장 높은 불안정한 상태인 활성화 상태를 거친다. 활성화 상태에 있는 불안정한 화합물을 활성화물이라고 한다.
- 활성화 에너지(E_a): 반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

초기 상태에서 A(g)의 질량을 90 g, C(g)의 질량을 10 g이라고 하면, 0~3 min 동안 증가한 C(g)의 질량이 3~6 min 동안 증가한 C(g)의 질량의 2배가 아니므로 반감기는 1.5 min임을 알 수 있다.

▶ 간략 풀이

반감기가 1번 지났을 때 감소한 A(g)의 질량은 45 g, 증가한 C(g)의 질량은 20 g이고, 반응 계수비는 A : C = 2 : 1이므로 분자량비는 A : C = 9 : 8이다.

✗ 초기 질량비는 A : C = 9 : 10이므로 $x = 8y$ 이다.

Ⓒ 6 min일 때 몰비는

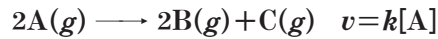
A : B : C = 2 : 30 : 190이다.

Ⓔ 반감기는 1.5 min이므로 반응 속도는 3 min일 때가 6 min일 때의 4배이다.

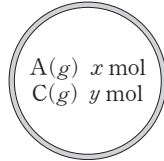
정답 | ⑤

| 2023학년도 수능 |

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



그림은 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 반응이 진행될 때 C(g)의 질량 백분율을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.



반응 시간(min)	0	3	6
C(g)의 질량 백분율(%)	10.0	40.0	47.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.) [3점]

보기

ㄱ. $x = 12y$ 이다.

ㄴ. 6 min일 때, B(g)의 몰 분율은 $\frac{10}{17}$ 이다.

ㄷ. 순간 반응 속도는 3 min일 때가 6 min일 때의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 37쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

시간에 따른 질량 백분율을 자료로 제시한 점은 같지만, 화학 반응식으로부터 분자량비를 구한 후 초기 질량 백분율로부터 반감기를 추론해 가는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

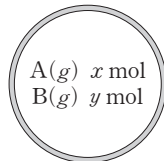
• 1차 반응은 반응물의 농도와 관계 없이 반감기가 일정한 반응이다.

▶ 23071-0163

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 반응이 진행될 때 B(g)의 질량 백분율을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.



반응 시간(min)	0	t	2t
B(g)의 질량 백분율(%)	20	a	95

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

보기

ㄱ. $x = 4y$ 이다.

ㄴ. $a = 80$ 이다.

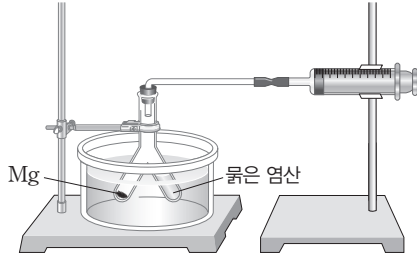
ㄷ. $\frac{2t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 양(mol)}}{t \text{ min일 때 } A(g) \text{의 양(mol)}} = 19$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0164

그림은 마그네슘(Mg)과 묽은 염산(HCl)이 반응할 때 반응의 빠르기를 측정하기 위한 실험 장치를 나타낸 것이다.



이 실험 장치를 이용한 실험으로부터 구한 반응의 빠르기로 가장 적절한 것은?

- ① $\frac{\text{감소한 Mg(s)의 질량(g)}}{\text{반응 시간(s)}}$
- ② $\frac{\text{감소한 HCl(aq)의 질량(g)}}{\text{반응 시간(s)}}$
- ③ $\frac{\text{발생한 H}_2\text{(g)의 질량(g)}}{\text{반응 시간(s)}}$
- ④ $\frac{\text{발생한 H}_2\text{(g)의 부피(mL)}}{\text{반응 시간(s)}}$
- ⑤ $\frac{\text{발생한 CO}_2\text{(g)의 부피(mL)}}{\text{반응 시간(s)}}$

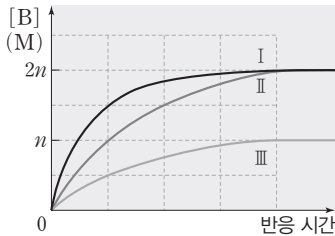
02

▶ 23071-0165

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 3개의 강철 용기 I~Ⅲ에 A(g)를 각각 넣고 반응시킨 실험에서 반응 시간에 따른 B(g)의 농도를 나타낸 것이다.



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

보기

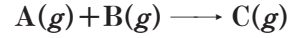
- ㄱ. 넣어 준 A(g)의 몰 농도(M)는 I에서가 Ⅲ에서의 2배이다.
- ㄴ. 초기 반응 속도는 I에서가 II에서보다 크다.
- ㄷ. I~Ⅲ에서는 모두 반응이 완결되기 전까지 시간이 흐를수록 반응 속도가 감소한다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0166

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 강철 용기에서 A(g)와 B(g)를 반응시켰을 때, 반응물의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다.

실험	초기 농도(M)		초기 반응 속도(M/s)
	A(g)	B(g)	
I	0.1	0.2	v
II	0.2	0.1	ⓐ
III	0.3	0.2	9v
IV	0.2	0.4	8v

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, k는 반응 속도 상수이다.)

보기

- ㄱ. 반응 속도식은 $v = k[A][B]$ 이다.
- ㄴ. ⓐ은 $2v$ 이다.
- ㄷ. 반응 속도 상수(k)는 Ⅲ에서가 IV에서보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

04

▶ 23071-0167

표는 반응물이 각각 A와 B인 반응 (가)와 (나)에 대한 자료이다. t는 반응 시간이고, k_1, k_2 는 반응 속도 상수이다.

반응	화학 반응식	반응물의 농도(M)		반응 속도식
		t=0	t=20 s	
(가)	$A \longrightarrow P$	0.4	0.2	$v = k_1[A]$
(나)	$B \longrightarrow Q$	1.0	0.25	$v = k_2[B]$

(가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. 반응 차수가 1이다.
- ㄴ. 반감기가 20 s이다.
- ㄷ. 반응 속도 상수의 단위가 s^{-1} 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0168

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때 반응 시간에 따른 A의 농도를 나타낸 것이다.

반응 시간(s)	0	1	2	3	4
[A](M)	0.4	x	0.1	0.05	0.025

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

보기

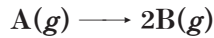
- ㄱ. $x=0.2$ 이다.
- ㄴ. A에 대한 1차 반응이다.
- ㄷ. 2s일 때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{14}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

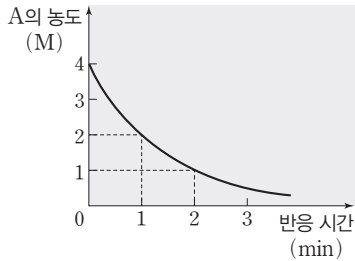
06

▶23071-0169

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 농도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, k 는 반응 속도 상수이다.)

보기

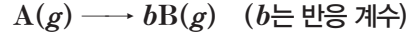
- ㄱ. 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
- ㄴ. 3 min일 때 B(g)의 몰 농도는 7 M이다.
- ㄷ. 평균 반응 속도는 0~1 min일 때가 1~2 min일 때의 4배이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

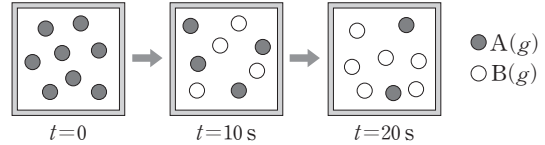
07

▶23071-0170

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시켰을 때 반응 시간(t)에 따른 용기 내 입자를 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, k 는 반응 속도 상수이다.)

보기

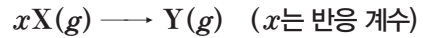
- ㄱ. $b=1$ 이다.
- ㄴ. 반응 속도식은 $v=k[A]^2$ 이다.
- ㄷ. 반감기는 10 s이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0171

다음은 X(g)로부터 Y(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 강철 용기에 X(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 용기 속 전체 기체의 압력을 나타낸 것이다. 반감기는 t s로 일정하다.

반응 시간(s)	0	t	$2t$	$3t$
전체 기체의 압력 (atm)	4	3	2.5	p

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

보기

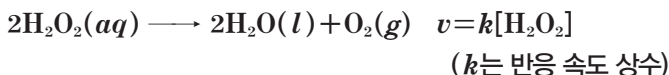
- ㄱ. X에 대한 1차 반응이다.
- ㄴ. $x=3$ 이다.
- ㄷ. $p=1.75$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

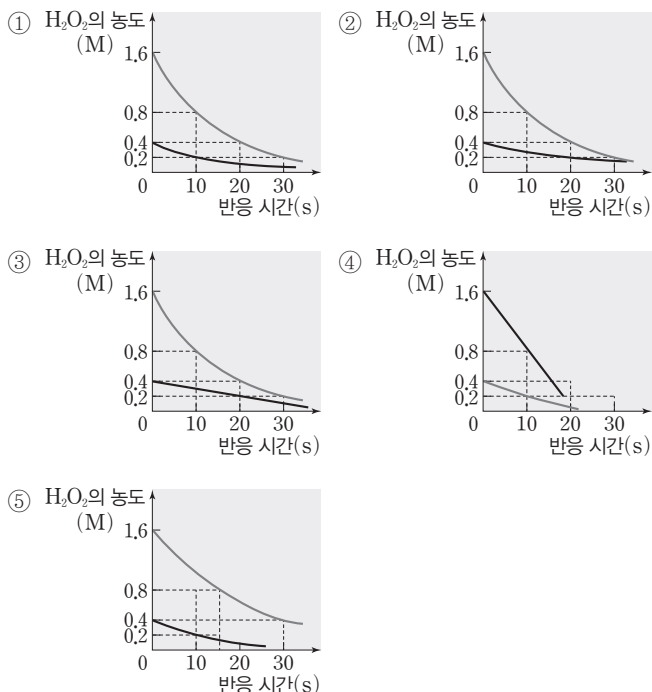
09

▶ 23071-0172

다음은 H₂O₂로부터 H₂O과 O₂가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



H₂O₂(aq) 1.6 M와 0.4 M가 분해될 때 반응 시간에 따른 H₂O₂(aq)의 농도(M)로 가장 적절한 것은? (단, 온도는 일정하다.)



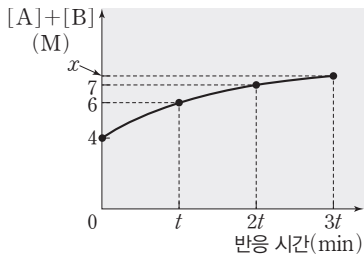
10

▶ 23071-0173

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣어 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 [A]+[B]를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, k는 반응 속도 상수이다.)

보기

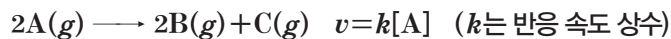
- ㄱ. 반응 속도식은 $v = k[\text{A}]$ 이다.
- ㄴ. $x = 8$ 이다.
- ㄷ. $3t$ min일 때 A(g) 1.5 M를 추가로 넣으면 $4t$ min에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{30}{31}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

11

▶ 23071-0174

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



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 서로 다른 농도로 넣고 반응시킨 실험 I과 II에서 초기 반응 속도와 반응 시간(t)이 10 s 일 때 기체에 대한 자료이다.

실험	초기 반응 속도	t = 10 s	
		C의 몰 분율	[B](M)
I	2v	0.2	0.2
II	ⓐ	0.2	0.4

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

보기

- ㄱ. ⓐ는 $4v$ 이다.
- ㄴ. 실험 I에서 t=10 s일 때 B(g)의 몰 분율은 0.4이다.
- ㄷ. 실험 II에서 t=20 s일 때 C(g)의 몰 농도는 0.3 M이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

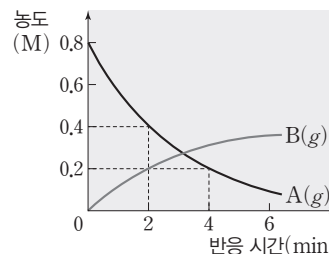
12

▶ 23071-0175

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시켰을 때 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 농도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, k는 반응 속도 상수이다.)

보기

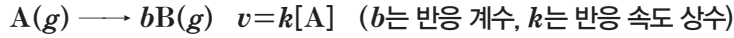
- ㄱ. 반응 속도식은 $v = k[\text{A}]$ 이다.
- ㄴ. $b = 1$ 이다.
- ㄷ. $\frac{4 \text{ min일 때 } [\text{C}]}{6 \text{ min일 때 } [\text{B}]} = \frac{7}{3}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

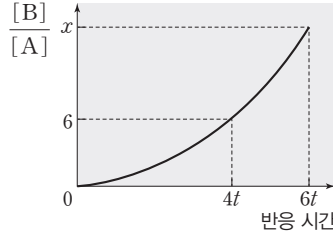
01

▶ 23071-0176

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. 반감기는 t, 2t 중 하나이다.



그림은 강철 용기에 a M A(g)를 넣고 반응시켰을 때, 반응 시간에 따른 $\frac{[B]}{[A]}$ 를 나타낸 것이다.



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

보기

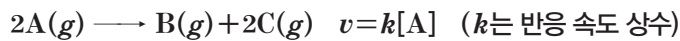
- ㄱ. b=3이다.
- ㄴ. x=14이다.
- ㄷ. 평균 반응 속도는 0~4t 동안이 4t~6t 동안의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

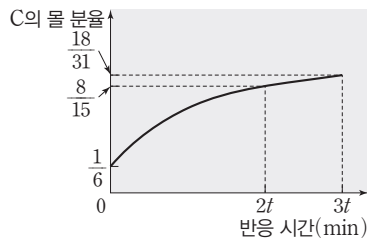
02

▶ 23071-0177

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



그림은 강철 용기에 A(g)~C(g)를 각각 a mol, b mol, b mol을 넣어 반응시켰을 때, 반응 시간에 따른 C의 몰 분율을 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 반감기는 t min이다.
- ㄴ. B(g)의 몰 분율은 2t min에서가 t min에서의 $\frac{7}{6}$ 배이다.
- ㄷ. 전체 기체의 양(mol)은 3t min에서가 t min에서의 $\frac{42}{31}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

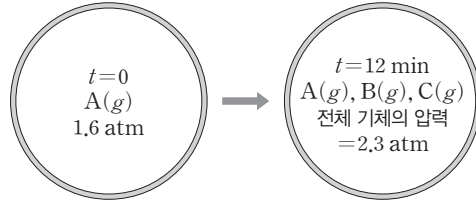
03

▶ 23071-0178

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



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣은 초기 상태와 반응시킨 뒤 12 min 후의 상태를 나타낸 것이다. 12 min일 때 부분 압력비는 A : C = 2 : 7이고, 분자량비는 B : C = 9 : 16이다. t는 반응 시간이다.



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

보기

- ㄱ. 반감기는 6 min이다.
 ㄴ. $b=2$ 이다.
 ㄷ. $\frac{8 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 질량}(g)}{12 \text{ min일 때 } C(g) \text{의 질량}(g)} = \frac{17}{14}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

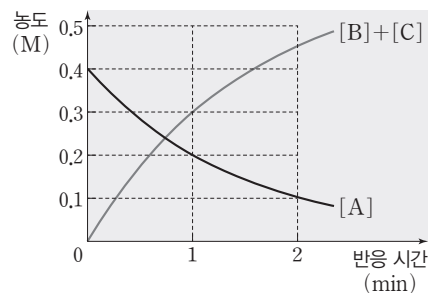
04

▶ 23071-0179

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시켰을 때, 반응 시간에 따른 [A]와 [B]+[C]를 나타낸 것이다. 2 min에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{11}$ 이다.



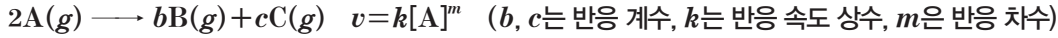
$\frac{3 \text{ min에서 } [C]}{2 \text{ min에서 } [B]}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① $\frac{7}{40}$ ② $\frac{1}{6}$ ③ $\frac{3}{7}$ ④ $\frac{7}{12}$ ⑤ $\frac{7}{6}$

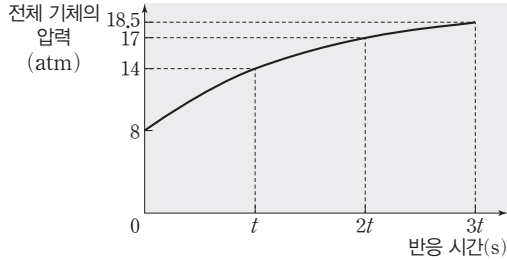
05

▶ 23071-0180

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



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 용기 속 전체 기체의 압력을 나타낸 것이고, 표는 반응 시간에 따른 부분 압력의 비 $\frac{P_C}{P_A}$ 를 나타낸 것이다.



반응 시간(s)	t	$2t$	$3t$
$\frac{P_C}{P_A}$	0.5	1.5	x

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

보기

- ㄱ. $b+c=5$ 이다.
- ㄴ. $x=3$ 이다.
- ㄷ. $\frac{3t \text{일 때 C의 부분 압력}}{2t \text{일 때 B의 부분 압력}} = \frac{3}{14}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06

▶ 23071-0181

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

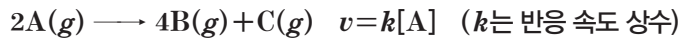
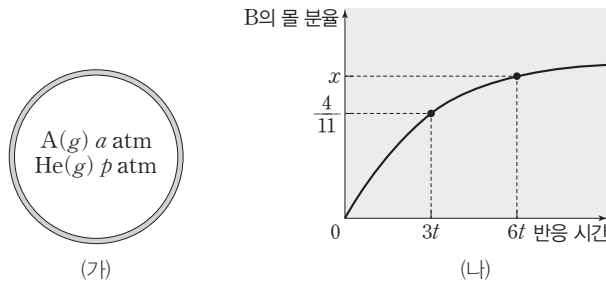


그림 (가)는 강철 용기에 A(g)와 He(g)이 들어 있는 초기 상태를, (나)는 반응 시간에 따른 용기 속 B(g)의 몰 분율을 나타낸 것이다. $6t$ 일 때, 기체의 전체 압력은 $\frac{25}{8}a$ atm이다.



$p \times x$ 는? (단, 온도는 일정하고, He(g)은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{8}{25}a$ ② $\frac{12}{25}a$ ③ $\frac{8}{11}a$ ④ $\frac{5}{8}a$ ⑤ $\frac{3}{4}a$

12

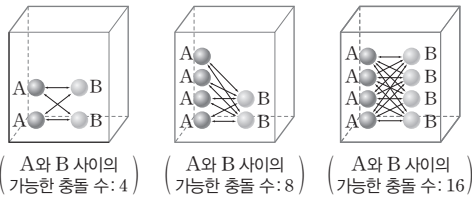
반응 속도에 영향을 미치는 요인

1 농도와 반응 속도

(1) 농도와 반응 속도

반응물의 농도가 증가하면 단위 부피당 입자 수가 증가하여 입자 사이의 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도가 증가한다.

농도 증가 → 단위 부피당 입자 수 증가
→ 입자 사이의 충돌 수 증가 → 반응 속도 증가



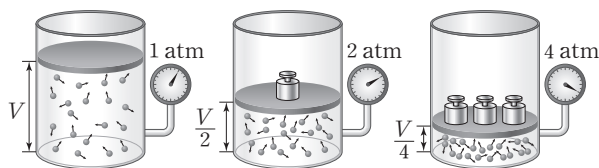
예 농도에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 강철솥은 공기 중에서도보다 산소가 들어 있는 집기병에서 빠르게 연소된다.
- 탄산 칼슘과 염산의 반응에서 염산의 농도가 커질수록 반응 속도가 빨라진다.

(2) 기체의 압력과 반응 속도

온도가 일정할 때 기체 사이의 반응에서 기체의 부분 압력이 증가하면 단위 부피당 기체 분자 수가 증가하여 충돌 수가 증가하므로 반응 속도가 증가한다.

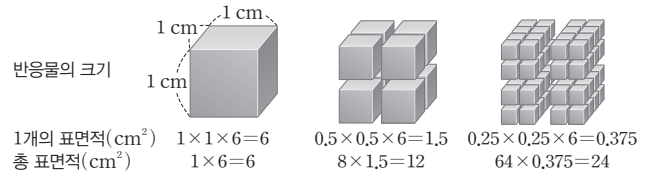
압력 증가 → 단위 부피당 기체 분자 수 증가
→ 기체 분자 사이의 충돌 수 증가 → 반응 속도 증가



(3) 표면적과 반응 속도

반응물이 고체인 경우 표면적이 넓어지면 반응물 사이의 접촉 면적이 커져서 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

고체의 표면적 증가 → 반응물의 접촉 면적 증가
→ 충돌 수 증가 → 반응 속도 증가

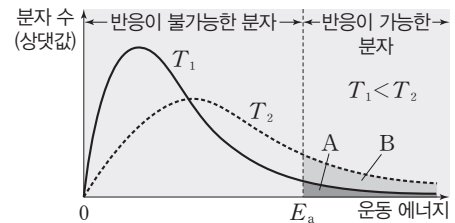


예 분진이 많은 탄광이나 밀가루 공장에서 화재로 인한 폭발 사고가 일어날 위험이 크다.

2 온도와 반응 속도

(1) 온도와 반응 속도

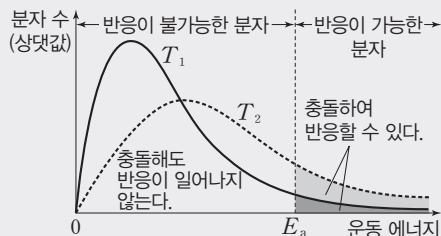
온도가 높아지면 분자들의 평균 운동 에너지는 증가하며, 활성화 에너지(E_a) 이상의 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.



- ① 온도가 T_1 에서 T_2 로 높아져도 화학 반응의 활성화 에너지(E_a)는 변하지 않는다.
- ② 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수는 온도 T_1 일 때 A에서 온도 T_2 일 때 (A+B)로 증가한다.
→ 반응 속도는 T_2 에서가 T_1 에서보다 빠르다.

THE 알기 온도와 반응 속도

온도가 높아지면 분자 운동이 활발해져 분자의 평균 운동 에너지는 증가하며 활성화 에너지(E_a) 이상의 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다($T_1 < T_2$). 온도가 T_1, T_2 일 때 반응 속도와 관련된 물리량을 각각 (가)와 (나)로 나타내면 표와 같이 비교할 수 있다.



온도	$T_1 < T_2$
총 분자 수	(가)=(나)
분자의 평균 운동 에너지	(가)<(나)
활성화 에너지(E_a)	(가)=(나)
반응할 수 있는 분자 수	(가)<(나)
반응 속도 상수(k)	(가)<(나)
반응 속도	(가)<(나)

(2) 반응 속도 상수(k)

반응 속도 상수(k)는 반응에 따라 다른 값을 가지며 반응물의 농도에 따라 달라지지 않는 상수로, 온도와 활성화 에너지에 따라 달라진다. 온도가 높아질수록 반응 속도가 빨라지는 것은 반응 속도 상수가 증가하기 때문이다.

예 온도에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 겨울철에도 온실에서는 식물이 잘 자란다.
- 음식을 냉장고에 보관하면 쉽게 상하지 않는다.

3 촉매와 반응 속도

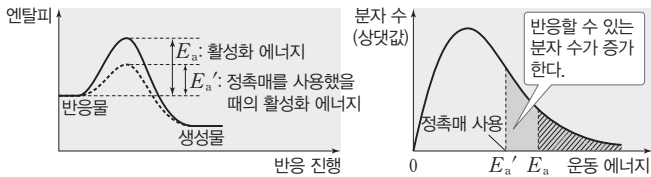
(1) 촉매 : 화학 반응에서 자신은 소모되지 않으면서 반응 속도를 빠르게 또는 느리게 하는 물질이다. 촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지(E_a)의 크기가 변하여 반응 속도가 달라진다.

촉매 사용 \rightarrow 활성화 에너지 크기 변화 \rightarrow 반응 속도 변화

(2) 촉매의 종류

① 정촉매 : 활성화 에너지의 크기를 감소시켜 반응할 수 있는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 증가한다.

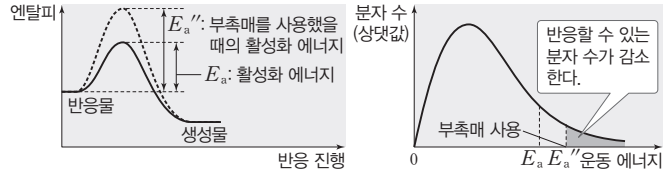
정촉매 사용 \rightarrow 활성화 에너지 감소 \rightarrow 반응 속도 증가



예 과산화 수소수에 이산화 망가니즈(정촉매)를 넣으면 과산화 수소가 물과 산소로 분해되는 속도가 빨라진다.

② 부촉매 : 활성화 에너지의 크기를 증가시켜 반응할 수 있는 분자 수가 감소하므로 반응 속도가 감소한다.

부촉매 사용 \rightarrow 활성화 에너지 증가 \rightarrow 반응 속도 감소



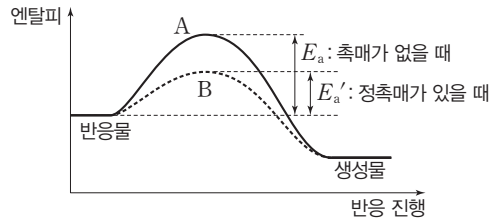
예 과산화 수소수에 인산(부촉매)을 넣으면 과산화 수소가 물과 산소로 분해되는 속도가 느려진다.

(3) 촉매의 특징

- ① 촉매는 반응 전과 후에 질량이 변하지 않는다.
 - \rightarrow 촉매는 반응에 관여하지만 반응이 끝난 후 반응 전의 상태로 되돌아간다.
- ② 촉매는 반응 엔탈피(ΔH)를 변화시키지 않는다.
 - \rightarrow 촉매는 활성화 에너지의 크기만 변화시킨다.
- ③ 촉매를 사용해도 반응이 완결된 후 생성물의 양은 변하지 않는다.
 - \rightarrow 반응물의 양이 일정하면 촉매를 사용하여 반응 속도가 변하더라도 생성물의 양은 변하지 않는다.

(4) 촉매와 반응 경로

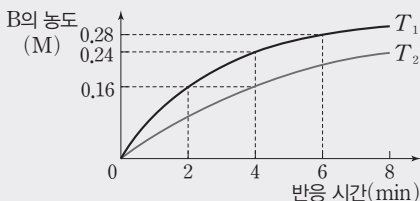
촉매는 반응에 참여하여 반응 경로를 변화시킨다. 반응 경로의 변화 때문에 활성화 에너지의 크기가 변한다.



\rightarrow 촉매를 사용하면 반응 경로가 바뀌면서 활성화 에너지의 크기가 달라지므로 반응 속도가 달라진다. 경로 A는 촉매를 사용하지 않은 것이고, 경로 B는 정촉매를 사용한 것이다.

THE 알기 온도와 반응 속도 상수(k)

A(g)의 초기 농도는 같고 서로 다른 온도(T_1, T_2)에서 1차 반응 A(g) \rightarrow B(g)이 일어날 때 생성물 B의 농도 변화를 통하여 다음과 같은 내용을 알 수 있다.

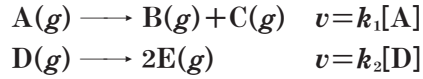


- T_1 에서 B의 농도는 2 min일 때 0.16 M, 4 min일 때 0.24 M, 6 min일 때 0.28 M이다. 매 2 min마다 증가한 B의 농도(M)는 0.16, 0.08, 0.04이므로 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하는 데 걸린 시간이 2 min으로 일정하다. 감소한 A의 농도와 증가한 B의 농도가 같으므로 T_1 에서 A의 반감기는 2 min으로 일정하다.
- 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이며, 반감기는 일정하다.
- T_1 에서 처음 2 min 동안 생성된 B의 농도가 0.16 M이므로 A의 농도 감소량은 0.16 M이다. 따라서 A의 초기 농도는 $0.16 \text{ M} \times 2 = 0.32 \text{ M}$ 이다.
- 반감기와 반응 속도 : 반감기는 T_1 에서 2 min이고, T_2 에서 4 min이므로 초기 반응 속도는 T_1 에서 T_2 에서보다 빠르고, 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
- 반응 속도 상수(k) : 반응물의 초기 농도는 같으므로 반응 속도 상수는 T_1 에서 T_2 에서보다 크다.

테마 대표 문제

| 2023학년도 9월 모의평가 |

다음은 A(g)와 D(g)가 각각 분해되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 온도 T 에서의 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 부피가 같은 진공 강철 용기 (가)에 A(g)를, (나)에 D(g)를 넣은 후 각 반응이 진행될 때, 용기 속 전체 기체의 압력(P)을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. 반응 시간이 2 min일 때 $\frac{E(g) \text{의 부분 압력}}{B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{7}{2}$ 이다.

반응 시간(min)		0	2	4
P(atm)	(가)	$\frac{2}{3}a$	$\frac{7}{6}a$	$\frac{31}{24}a$
	(나)	b	$\frac{15}{8}b$	

2 min일 때 D(g)의 순간 반응 속도 는? (단, 온도는 T 로 일정하다.) [3점]
4 min일 때 A(g)의 순간 반응 속도

- ① $\frac{7k_2}{5k_1}$ ② $\frac{3k_2}{2k_1}$ ③ $\frac{9k_2}{4k_1}$ ④ $\frac{8k_2}{3k_1}$ ⑤ $\frac{3k_2}{k_1}$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

A와 D에 대한 각각 1차 반응이므로 (가)에서 2 min일 때의 전체 기체의 압력이 반감기를 몇 번 지난 지점인 것인지를 구해야 한다.

▶ 간략 풀이

(가)에서 2 min일 때 용기 속 전체 기체의 압력이 $\frac{7}{6}a$ atm이므로 반감기가 두 번째 지난 지점이다. (나)에서 2 min일 때 전체 기체의 압력이 $\frac{15}{8}b$ atm이므로 반감기가 세 번째 지난 지점이다. 2 min일 때 $\frac{E(g) \text{의 부분 압력}}{B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{7}{2}$ 에서 $a=b$ 이므로 $\frac{2 \text{ min일 때 } D(g) \text{의 순간 반응 속도}}{4 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{k_2 \times \frac{1}{8}a}{k_1 \times \frac{1}{24}a} = \frac{3k_2}{k_1}$ 이다.

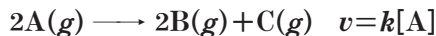
정답 | ⑤

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

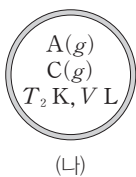
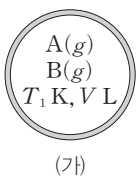
정답과 해설 40쪽

▶ 23071-0182

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



그림은 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 온도 T_1 과 T_2 에서 이 반응이 진행될 때 $\frac{P_A}{P_B + P_C}$ 를 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. $P_A \sim P_C$ 는 각각 A(g)~C(g)의 부분 압력이다.



반응 시간		0	t	$2t$	$3t$	$4t$
$\frac{P_A}{P_B + P_C}$	(가)	x	$\frac{1}{2}$		$\frac{2}{25}$	
	(나)	$2x$		$\frac{4}{7}$		y

$x \times y$ 는? (단, (가)와 (나)의 온도는 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

- ① $\frac{1}{5}$ ② $\frac{4}{23}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{4}{5}$ ⑤ $\frac{8}{11}$

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

1차 반응에서 기체의 압력을 제시하는 점은 같지만, 서로 다른 온도에서 반응 초기 몰비만을 제시하는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

• 1차 반응에서 온도가 높아지면 반응 속도 상수가 증가하면서 반감기가 짧아진다.

01

▶23071-0183

다음은 촉매에 대한 설명이다.

촉매는 화학 반응이 일어날 때 (가)을/를 변화시켜 반응 속도를 조절한다. 화학 반응에서 정촉매를 사용하면 촉매를 사용하지 않았을 때보다 (나)가 작아진다.

(가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | |
|----------|----------|
| (가) | (나) |
| ① 반응 경로 | 반응 엔탈피 |
| ② 반응 경로 | 활성화 에너지 |
| ③ 반응 엔탈피 | 반응 속도 상수 |
| ④ 반응 엔탈피 | 활성화 에너지 |
| ⑤ 반응 시간 | 반응 속도 상수 |

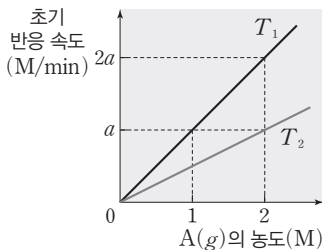
02

▶23071-0184

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T_1, T_2 에서 A(g)의 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, k 는 반응 속도 상수이고, 촉매는 사용하지 않는다.)

보기

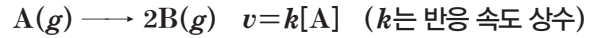
- ㄱ. 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. 활성화 에너지의 크기는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0185

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



표는 온도 T 에서 3개의 강철 용기에 A(g)를 각각 넣고 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다.

실험	A의 초기 농도(M)	첨가한 촉매	2t s일 때 B의 농도(M)
I	a	없음	$\frac{3}{2}a$
II	a	X(s)	$\frac{15}{8}a$
III	2a	없음	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

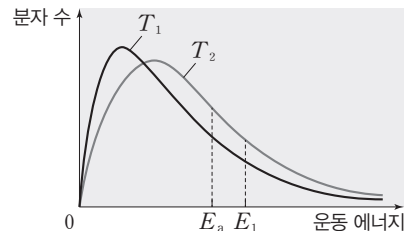
- ㄱ. ㉠은 $3a$ 이다.
- ㄴ. X(s)는 정촉매이다.
- ㄷ. 반감기는 $2t$ s이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0186

그림은 A(g)로부터 B(g)의 A(g)에 대한 1차 반응이 일어날 때, 온도 T_1, T_2 에서 A(g)의 분자 운동 에너지 분포 곡선을 나타낸 것이다. A(g)의 초기 농도는 같고, E_a 는 반응의 활성화 에너지이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서보다 길다.
- ㄴ. 반응 속도 상수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.
- ㄷ. T_2 에서 촉매를 넣어 활성화 에너지를 E_1 로 높이면 초기 반응 속도가 커진다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0187

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 온도와 A(g)의 농도를 달리한 실험 I~III에 대한 자료이다.

실험	온도	반응 시간(t)에 따른 [A](M)			
		t=0	t=2 min	t=4 min	t=6 min
I	T ₁	0.8	0.4	0.2	0.1
II	T ₂	0.8	0.2	0.05	⊖
III	T ₃	0.4	0.2	0.1	0.05

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

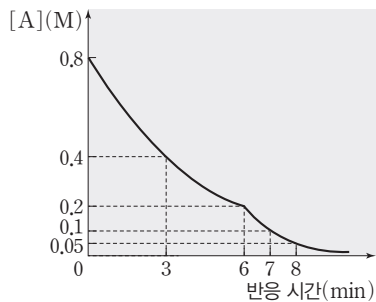
- ㄱ. 이 반응은 A에 대한 1차 반응이다.
- ㄴ. T₂ > T₁ > T₃이다.
- ㄷ. ⊖은 $\frac{1}{40}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0188

그림은 A(g) → 2B(g)의 반응이 일어날 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 농도를 나타낸 것이다. 6 min에서 촉매 X를 넣어 주었다.



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

보기

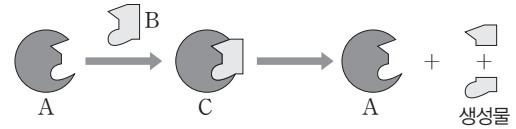
- ㄱ. 촉매 X를 넣은 후 반응 차수가 증가한다.
- ㄴ. X는 정촉매이다.
- ㄷ. 9 min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = 62$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶ 23071-0189

그림은 효소와 기질의 반응을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

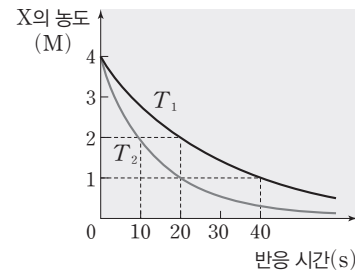
- ㄱ. B는 효소이다.
- ㄴ. A는 반응의 활성화 에너지를 감소시킨다.
- ㄷ. 표면 촉매는 화학 반응에서 A와 같은 기질 특이성을 갖는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶ 23071-0190

그림은 강철 용기에서 2X(g) → Y(g)의 반응이 일어날 때, 온도 T₁, T₂에서 반응 시간에 따른 X의 농도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. T₁ > T₂이다.
- ㄴ. 반응 속도 상수는 T₂에서가 T₁에서보다 크다.
- ㄷ. 40 s에서 X의 몰 분율은 T₁에서가 T₂에서의 $\frac{21}{8}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

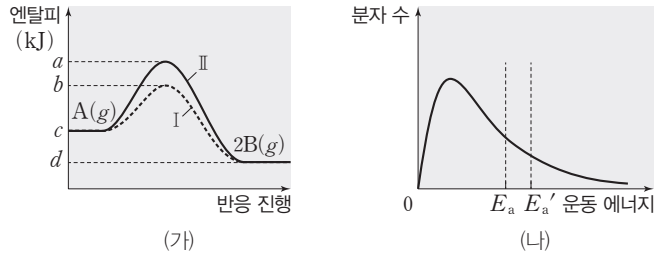
01

▶ 23071-0195

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



그림 (가)는 온도 T에서 강철 용기에 1 mol의 A(g)를 넣고 반응시켰을 때, 반응 진행에 따른 엔탈피 변화를, (나)는 온도 T에서 A(g)의 분자 운동 에너지에 따른 A의 상대적 분자 수를 나타낸 것이다. (가)에서 I과 II는 각각 정촉매 X(s)를 넣은 경우와 넣지 않은 경우 중 하나이고, (나)에서 E_a와 E_a'는 각각 I과 II의 경우 중 하나의 활성화 에너지이다.



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

보기

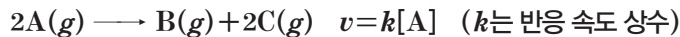
- ㄱ. I은 X(s)를 넣었을 때의 경로이다.
- ㄴ. $\Delta H = (c - d)$ kJ이다.
- ㄷ. $a - b = E_a - E_a'$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 23071-0196

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



표는 강철 용기에 1.6 M A(g)를 넣고 온도 T₁과 T₂에서 각각 반응시켰을 때, B의 농도가 각각 0.6 M, 0.7 M에 도달하는 시간을 나타낸 것이다.

B의 농도(M)		0.6	0.7
도달하는 시간(min)	T ₁	2	3
	T ₂	3	4.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 반응 속도 상수(k)는 T₁에서 T₂에서보다 크다.
- ㄴ. T₁에서 4 min일 때 C의 몰 농도는 1.4 M이다.
- ㄷ. 0~3 min 동안 평균 반응 속도는 T₁일 때가 T₂일 때의 $\frac{7}{6}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0197

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



표는 0.8 mol의 A(g)를 1 L의 강철 용기에 넣어 반응시켰을 때, 서로 다른 온도에서 반응 시간에 따른 $\frac{[B]+[C]}{[A]}$ 를 나타낸 것이다. T_1 에서 반감기는 2 min이다.

반응 시간(min)		2	4	6
$\frac{[B]+[C]}{[A]}$	T_1	$\frac{3}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{21}{2}$
	T_2	㉠	$\frac{45}{2}$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

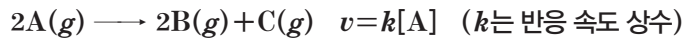
- ㄱ. $c=2$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. ㉠은 $\frac{9}{2}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

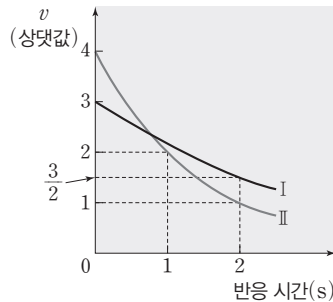
04

▶ 23071-0198

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



그림은 강철 용기 I, II에서 각각 같은 농도의 A(g)가 반응할 때, 순간 반응 속도를 나타낸 것이다. 용기 I과 II에서의 온도는 각각 T_1, T_2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

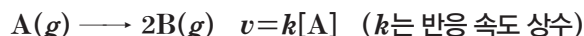
- ㄱ. I에서 반감기는 2 s이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. II에서 4 s일 때 $\frac{[C]}{[A]} = \frac{15}{2}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0199

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



표는 A(g)와 B(g)의 혼합 기체를 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 넣은 후 반응시켰을 때, $\frac{[B]}{[A]}$ 를 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. A(g)의 초기 농도비는 (가) : (나) = 1 : 2이고, (가)와 (나)에서 온도는 각각 T_1, T_2 로 일정하다.

반응 시간(s)		0	t	2t
$\frac{[B]}{[A]}$	(가)	$\frac{3}{4}$	x	9
	(나)	$\frac{3}{8}$	$\frac{15}{2}$	36

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $x = \frac{7}{2}$ 이다.
 ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다.
 ㄷ. 2t s일 때 순간 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0200

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 A(g)만 들어 있는 강철 용기에서 반응이 시작되어 B(g)의 몰 농도가 6 M가 될 때까지 걸린 시간을 나타낸 것이다. I과 II에서 일어나는 반응은 모두 A에 대한 1차 반응이다.

실험	첨가한 촉매	A(g)의 초기 농도(M)	[B]=6 M가 될 때까지 걸린 시간(min)
I	X(s)	4	3
II	없음	6	4

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

보기

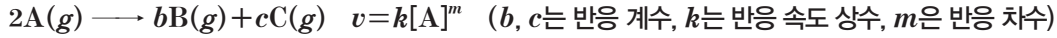
- ㄱ. B의 몰 농도가 6 M가 될 때까지의 평균 반응 속도는 I에서가 II에서보다 크다.
 ㄴ. X(s)는 정촉매이다.
 ㄷ. II에서 8 min일 때 $\frac{B \text{의 질량}(g)}{A \text{의 질량}(g)} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

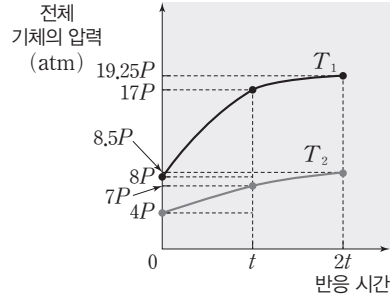
07

▶ 23071-0201

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



그림은 온도 T_1, T_2 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시켰을 때, 반응 시간에 따른 용기 속 전체 기체의 압력을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

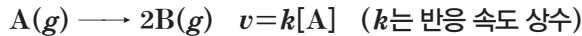
- ㄱ. $m + b + c = 4$ 이다.
- ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때 A의 몰 분율은 T_2 일 때가 T_1 일 때의 $\frac{37}{17}$ 배이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

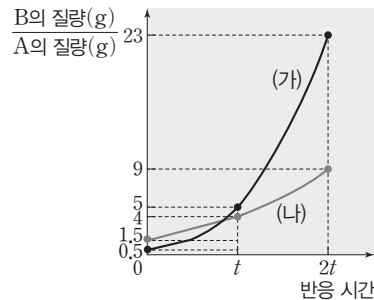
08

▶ 23071-0202

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



그림은 A(g)와 B(g)의 혼합 기체를 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 넣은 후 반응시켰을 때, $\frac{B \text{의 질량(g)}}{A \text{의 질량(g)}}$ 을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 온도는 각각 T_1, T_2 로 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. t 에서 A의 몰 분율은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{5}{4}$ 배이다.
- ㄴ. (가)에서 t 는 반감기이다.
- ㄷ. $T_1 > T_2$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

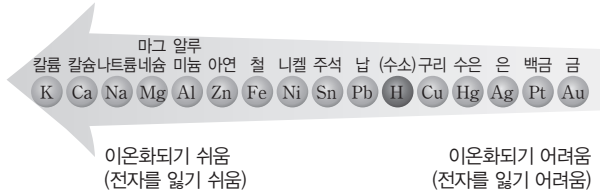
13

화학 전지와 전기 분해

1 금속의 이온화 경향

(1) 이온화 경향

① 금속 원소는 일반적으로 전자를 잃고 양이온이 되려고 하는 성질이 있는데 이를 이온화 경향이라고 한다.



② 이온화 경향은 금속의 종류에 따라 다르며, 이온화 경향이 클수록 전자를 잃고 산화되기 쉽다.

(2) 금속과 금속 이온의 반응

① 이온화 경향이 큰 금속과 이온화 경향이 작은 금속의 이온이 반응하면 이온화 경향이 큰 금속은 산화되고, 이온화 경향이 작은 금속의 이온은 환원된다.

② 아연(Zn)과 황산 구리(CuSO₄) 수용액의 반응
이온화 경향이 큰 Zn이 전자를 잃어 아연 이온(Zn²⁺)으로 산화되고, 구리 이온(Cu²⁺)은 전자를 얻어 구리(Cu)로 환원된다.
 $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

(3) 금속과 산의 반응

① 산 수용액에 수소(H₂)보다 이온화 경향이 큰 금속(Al, Zn, Fe 등)을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H⁺이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

② H₂보다 이온화 경향이 작은 금속(Au, Pt, Ag, Hg, Cu 등)은 H⁺과 반응하지 않는다.

2 화학 전지의 원리

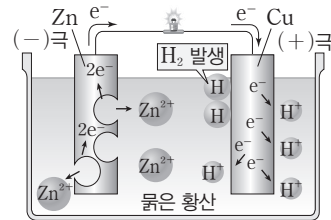
(1) 화학 전지 : 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

① 화학 전지에서 일반적으로 (-)극과 (+)극은 이온화 경향 차이가 큰 금속을 이용한다.

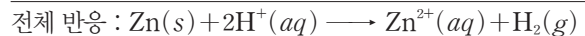
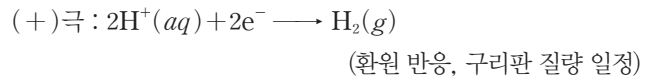
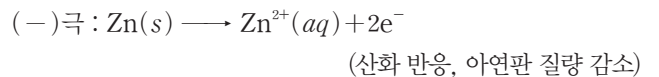
(-)극	(+)극
산화 반응	환원 반응
이온화 경향이 큰 금속	이온화 경향이 작은 금속

② 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

(2) 볼타 전지 : 아연판과 구리판을 묽은 황산(H₂SO₄)에 담고 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.



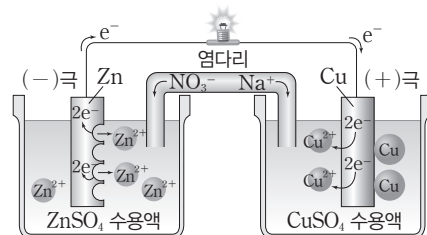
① 전극의 반응



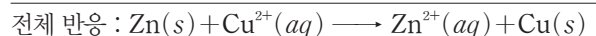
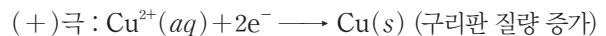
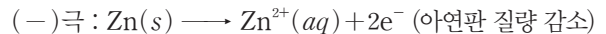
➡ (-)극은 아연판, (+)극은 구리판이며, 전자는 도선을 따라 아연판에서 구리판 쪽으로 이동한다.

② 분극 현상 : 볼타 전지에서 (+)극에서 발생하는 수소 기체가 전자의 이동을 방해하여 전압이 급격히 떨어지는 현상이다.

(3) 다니엘 전지 : 아연판을 황산 아연(ZnSO₄) 수용액에 담고, 구리판을 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 담고 다음 두 전해질 수용액을 염다리로 연결하고, 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.



① 전극의 반응



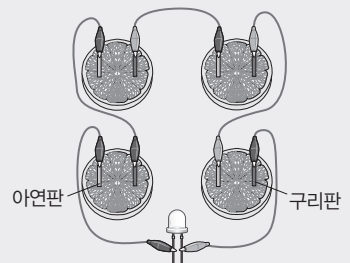
➡ (-)극은 아연판, (+)극은 구리판이며, 전자는 도선을 따라 아연판에서 구리판 쪽으로 이동한다.

THE 알기 간단한 화학 전지 만들기

[실험 과정] (가) 오렌지 2개를 반으로 자른 후, 각 오렌지 조각에 아연판과 구리판을 2 cm 간격으로 꽂는다.
(나) 아연판과 구리판을 집게 전선을 이용하여 연결하고 양 끝의 전선에 발광 다이오드를 연결한다.

[실험 결과] 발광 다이오드의 불이 켜졌다.

- [정리]
- 오렌지에 들어 있는 시트르산은 전해질이므로 오렌지는 화학 전지에서 전해질 용액의 역할을 한다.
 - 아연판은 오렌지 속의 산 성분과 반응하여 전자를 잃는 산화 반응을 하며, 전자가 도선을 따라 구리판으로 이동하여 전류가 흐르게 된다.
 - 과일 전지에서 아연판은 (-)극이 되고, 구리판은 (+)극이 된다.



- ② 염다리 : 염다리에서 양이온인 Na^+ 은 Cu 전극 쪽으로 이동하고, 음이온인 NO_3^- 은 Zn 전극 쪽으로 이동한다. → 전하의 불균형을 해소하여 양쪽 수용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 한다.

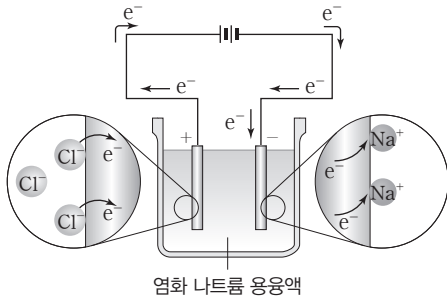
3 전기 분해

(1) 전기 분해

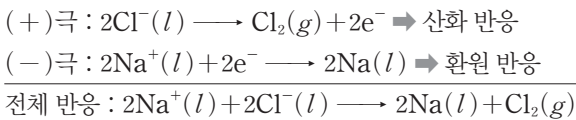
- ① 전기 에너지를 이용하여 산화 환원 반응을 일으키는 과정을 전기 분해라고 한다.
- ② 전해질의 수용액이나 용융액에 직류 전류를 흘려주면 양이온은 (-)극으로 이동하고, 음이온은 (+)극으로 이동한다.
- ③ (-)극 : 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.
 (+)극 : 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.

(2) 염화 나트륨 용융액의 전기 분해

- ① 염화 나트륨 용융액에 전극을 넣고 직류 전원을 연결한다.
- (+)극 : Cl^- 이 전자를 내놓고 산화되어 Cl_2 기체가 발생한다.
 - (-)극 : Na^+ 이 전자를 얻고 환원되어 Na이 생성된다.



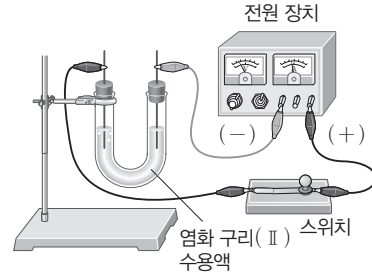
② 전극에서의 반응



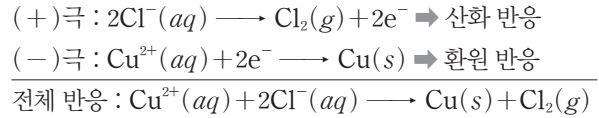
(3) 염화 구리(II) 수용액의 전기 분해

- ① 염화 구리(II) 수용액에 전극을 넣고 직류 전류를 흘려준다.

- (+)극 : Cl^- 이 전자를 내놓고 산화되어 Cl_2 기체가 발생한다.
- (-)극 : Cu^{2+} 이 전자를 얻고 환원되어 Cu가 생성된다.



② 전극에서의 반응



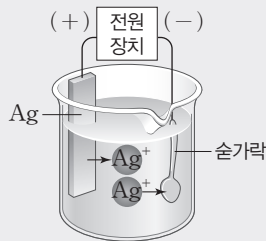
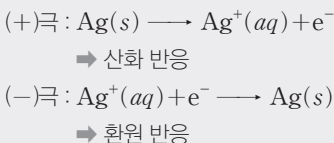
(4) 전해질 수용액의 전기 분해에서 이온과 H₂O의 산화 환원 반응

- ① (+)극 : 전해질의 음이온과 H₂O 중 산화되기 쉬운(전자를 잃기 쉬운) 물질이 먼저 산화된다.
- F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} 등은 산화되기 어려우므로 H₂O이 먼저 산화되면서 O₂ 기체가 발생하고, H⁺이 생성된다.
 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
 - Cl^- , Br^- , OH^- 등은 H₂O보다 먼저 산화된다.
 $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
 $2\text{Br}^-(aq) \longrightarrow \text{Br}_2(l) + 2e^-$
 $4\text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^-$
- ② (-)극 : 전해질의 양이온과 H₂O 중 환원되기 쉬운(전자를 얻기 쉬운) 물질이 먼저 환원된다.
- Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} 등은 환원되기 어려우므로 H₂O이 먼저 환원되면서 H₂ 기체가 발생하고, OH⁻이 생성된다.
 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
 - Cu^{2+} , Ag^+ 등은 H₂O보다 환원되기 쉬우므로 먼저 환원된다.
 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$
 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$

THE 알기 은 도금과 구리 제련

① 은 도금

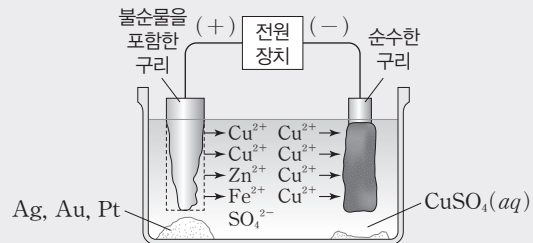
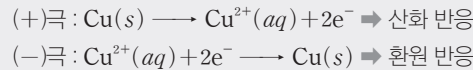
전원 장치의 (+)극에는 은을, (-)극에는 숟가락을 연결한 후 다이시아이노은(I)산 칼륨(KAg(CN)₂) 수용액에 담가 전류를 흘려주면 숟가락에 은이 도금된다.



② 구리 제련

전원 장치의 (+)극에는 불순물을 포함한 구리를, (-)극에는 순수한 구리를 연결한 후 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 담가 전류를 흘려주면 순수한 구리를 얻을 수 있다.

→ 불순물 중 구리보다 반응성이 큰 Zn, Fe 등은 구리와 함께 금속 양이온이 되고, 구리보다 반응성이 작은 Ag, Au, Pt 등은 금속 상태로 가라앉는다.



테마 대표 문제

| 2023학년도 수능 |

다음은 물질 (가)~(다)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $\text{NaCl}(l)$, $\text{NaCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{Cl}_2(g)$ 중 하나이다.

- 환원되기 쉬운 경향 : $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$
- 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질

물질	(+)극	(-)극
(가)		㉠
(나)	㉡	㉠
(다)	㉡	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 전기 분해에서는 소량의 Na_2SO_4 를 첨가하였다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 $\text{H}_2(g)$ 이다.
- ㄴ. (나)의 전기 분해 반응이 $0 \sim t$ s 동안 진행될 때, 생성된 물질의 양(mol)은 ㉡이 ㉠의 2배이다.
- ㄷ. (다)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

$\text{NaCl}(l)$, $\text{NaCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 각각 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응을 파악해야 한다.

▶ 간략 풀이

$\text{NaCl}(l)$, $\text{NaCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해할 때 각 전극에서 생성되는 물질은 다음과 같다.

물질	(+)극	(-)극
$\text{NaCl}(l)$	$\text{Cl}_2(g)$	$\text{Na}(l)$
$\text{NaCl}(aq)$	$\text{Cl}_2(g)$	$\text{H}_2(g)$
$\text{H}_2\text{O}(l)$	$\text{O}_2(g)$	$\text{H}_2(g)$

(가)와 (나)의 (-)극에서 생성되는 물질이 같고, (나)와 (다)의 (+)극에서 생성되는 물질이 같으므로 (가)~(다)는 각각 $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{NaCl}(aq)$, $\text{NaCl}(l)$ 이다.

㉠ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{NaCl}(aq)$ 의 (-)극에서 생성되는 ㉠은 $\text{H}_2(g)$ 이다.

✗ $\text{NaCl}(aq)$ 의 전기 분해에서 같은 양(mol)의 전자가 이동할 때 (+)극과 (-)극에서 생성된 물질의 양(mol)은 ㉠과 ㉡이 같다.

✗ (다)는 $\text{NaCl}(l)$ 이다.

정답 | ①

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 43쪽

▶ 23071-0203

표는 물질 (가)~(다)를 일정 시간 동안 전기 분해했을 때, 각 전극에서 생성된 물질과 (-)극에서 생성된 금속의 양(mol) / (+)극에서 생성된 기체의 양(mol)을 나타낸 것이고, (가)~(다)는 $\text{AgNO}_3(aq)$, $\text{CuCl}_2(aq)$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^-(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{NO}_3^-(aq)$ 이며, ㉠과 ㉡은 기체이고, ㉢과 ㉣은 금속이다.

물질	(+)극	(-)극	(-)극에서 생성된 금속의 양(mol) / (+)극에서 생성된 기체의 양(mol)
(가)		㉢	2
(나)	㉠	㉢	1
(다)	㉡	㉣	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
- ㄴ. $x=2$ 이다.
- ㄷ. 이동한 전자의 양(mol)이 같을 때 생성된 물질의 몰비는 ㉠ : ㉡ = 2 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

세 물질의 전기 분해를 다루는 점은 유사하지만 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비를 다루는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

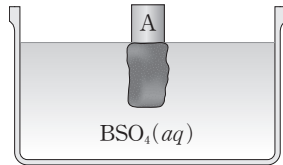
• 전해질 수용액의 전기 분해에서 이온과 H_2O 의 산화 환원 반응
(-)극 : 전해질의 양이온과 H_2O 중 환원되기 쉬운(전자를 얻기 쉬운) 물질이 먼저 환원된다.

(+)극 : 전해질의 음이온과 H_2O 중 산화되기 쉬운(전자를 잃기 쉬운) 물질이 먼저 산화된다.

01

▶23071-0204

그림은 금속 A를 $\text{BSO}_4(aq)$ 에 넣었더니 A에서 B(s)가 석출된 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

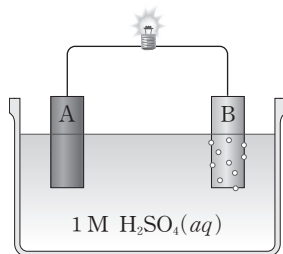
- ㄱ. A는 산화된다.
- ㄴ. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.
- ㄷ. 수용액에 들어 있는 B^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0205

그림은 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣고 도선으로 연결했을 때의 모습을 나타낸 것이다. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이고, 반응이 진행될 때 B에서 기체가 발생하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C 로 일정하다.)

보기

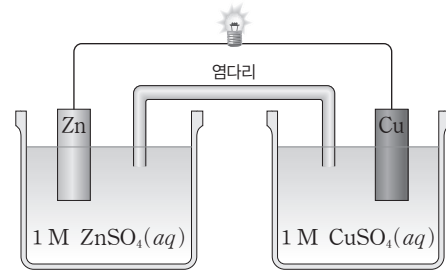
- ㄱ. A 전극의 질량은 증가한다.
- ㄴ. B 전극에서 발생한 기체는 $\text{H}_2(g)$ 이다.
- ㄷ. 수용액의 pH는 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0206

그림은 Zn과 Cu를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 Cu 전극에서 $\text{Cu}(s)$ 가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하다.)

보기

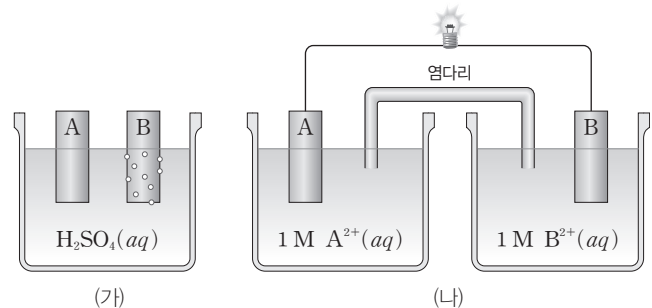
- ㄱ. Cu 전극은 (-)극이다.
- ㄴ. 수용액에 들어 있는 Zn^{2+} 의 양(mol)은 증가한다.
- ㄷ. 전자는 도선을 따라 Zn 전극에서 Cu 전극으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0207

그림 (가)는 금속 A와 B를 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 넣은 것을, (나)는 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 (가)의 A에서는 반응이 일어나지 않았고, B에서만 기체가 발생하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C 로 일정하다.)

보기

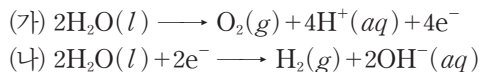
- ㄱ. (가)의 B에서 H^+ 이 환원된다.
- ㄴ. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 수용액에 들어 있는 A^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0208

다음은 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해했을 때 두 전극에서 각각 일어나는 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

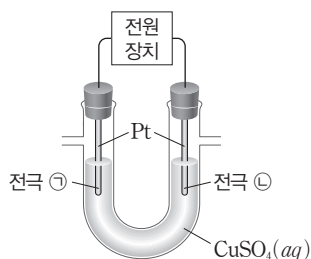
- ㄱ. (가)는 (-)극에서 일어나는 반응이다.
- ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$ 이다.
- ㄷ. 전기 분해할 때 생성되는 기체의 몰비는 $\text{O}_2 : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0209

그림은 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{SO}_4^{2-}(aq)$ 이다. 반응이 진행될 때 전극 ㉠의 질량이 증가하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

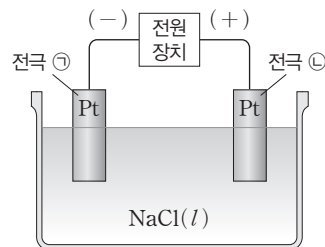
- ㄱ. 전극 ㉠에서 Cu^{2+} 은 환원된다.
- ㄴ. 전극 ㉡은 (+)극이다.
- ㄷ. 수용액의 pH는 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶ 23071-0210

그림은 $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다.



반응이 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

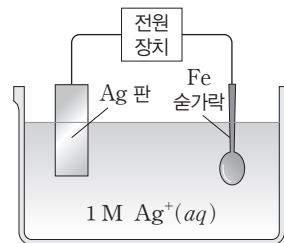
- ㄱ. 전극 ㉠에서 $\text{Na}(l)$ 이 생성된다.
- ㄴ. 전극 ㉡에서 산화 반응이 일어난다.
- ㄷ. 전극 ㉡에서 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 23071-0211

그림은 Ag 판과 Fe 숟가락을 Ag^+ 이 포함된 수용액에 넣고 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Ag} > \text{H}_2\text{O}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Ag}^+ > \text{H}_2\text{O}$ 이다. 반응이 진행될 때 Fe 숟가락의 표면이 은색으로 변했다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

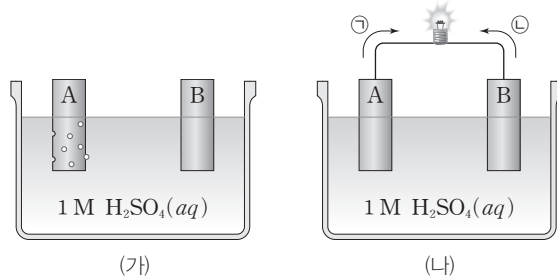
- ㄱ. Ag 판에서 Ag은 산화된다.
- ㄴ. Fe 숟가락은 전원 장치의 (-)극에 연결한다.
- ㄷ. 수용액에 들어 있는 Ag^+ 의 양(mol)은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23071-0212

그림 (가)는 금속 A와 B를 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣었을 때 A에서 기체가 발생한 것을, (나)는 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

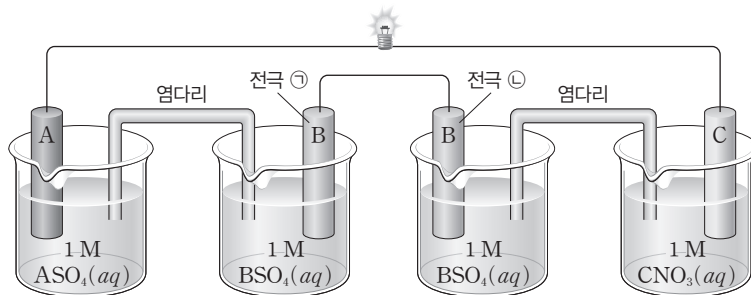
- ㄱ. (가)에서 A는 산화된다.
- ㄴ. (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉡이다.
- ㄷ. (나)에서 B 전극은 (-)극이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▶23071-0213

그림은 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 전극 ㉡에서 $B(s)$ 가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

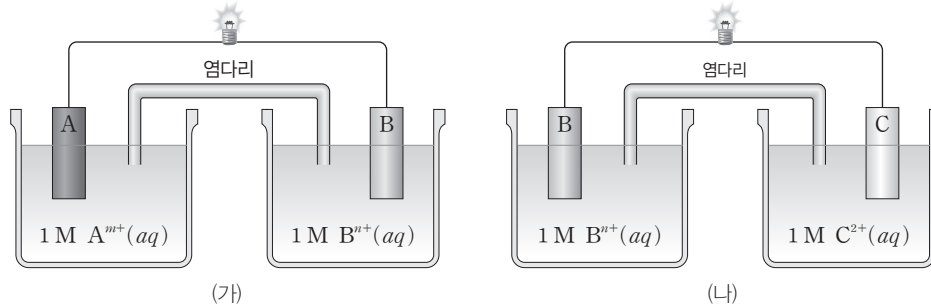
- ㄱ. A 전극에서 $A(s)$ 가 석출된다.
- ㄴ. 전극 ㉠에서 환원 반응이 일어난다.
- ㄷ. 금속의 이온화 경향은 $C > B > A$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶ 23071-0214

그림 (가)와 (나)는 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 반응이 진행되어 (가)의 A 전극에서 0.2 mol의 A(s)가 석출되었을 때 (가)의 B^{m+}(aq)은 0.1 mol 생성되었고, (나)의 B 전극에서 B(s)가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

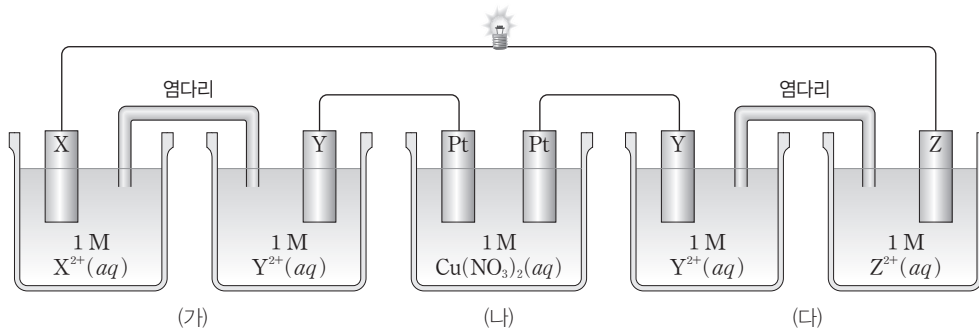
- ㄱ. $m : n = 1 : 2$ 이다.
- ㄴ. C 전극에서 산화 반응이 일어난다.
- ㄷ. 금속의 이온화 경향은 $C > A$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0215

그림 (가)와 (나)는 금속 X~Z를 전극으로 사용한 화학 전지를, (나)는 (가)와 (나)를 이용하여 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 (가)에서 Y 전극의 질량은 증가하였다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{NO}_3^-$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 $X > Z > Y$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 수용액의 pH는 감소한다.
- ㄷ. Z 전극에서 산화 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶ 23071-0216

표는 물질 (가)와 (나)를 각각 전기 분해했을 때 (-)극과 (+)극에서 생성된 물질을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 $\text{NaCl}(l)$, $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 중 하나이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{Na}^+$ 이다. ⊖과 ⊕은 기체이다.

물질	(-)극	(+)극
(가)	$\text{Na}(l)$	⊖
(나)	⊖	⊕

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

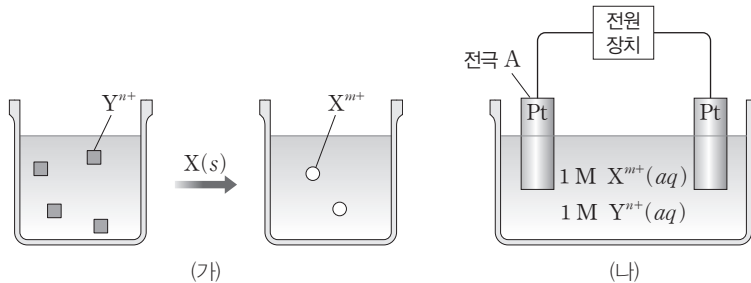
- ㄱ. (가)는 $\text{NaCl}(l)$ 이다.
- ㄴ. ⊖은 $\text{Cl}_2(g)$ 이다.
- ㄷ. (나)의 전기 분해에서 생성된 물질의 몰비는 ⊖ : ⊕ = 2 : 1이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0217

그림 (가)는 $\text{Y}^{n+}(aq)$ 에 충분한 양의 금속 X를 넣어 반응시켰을 때 수용액 속에 존재하는 금속 양이온만을 모형으로 나타낸 것이고, (나)는 $\text{X}^{m+}(aq)$ 과 $\text{Y}^{n+}(aq)$ 의 혼합 용액을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. m 과 n 은 각각 3 이하의 정수이다. 반응이 진행되어 (나)에서 0.3 mol의 전자가 이동했을 때 석출된 금속의 몰비는 $\text{X} : \text{Y} = 1 : 10$ 이고, 전극 A에서 $\text{Y}(s)$ 가 먼저 석출된 후 $\text{X}(s)$ 가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, (가)에서 물과 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

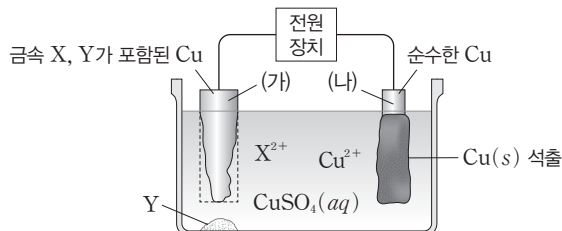
- ㄱ. $m : n = 1 : 2$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 이동한 전자의 양이 0.3 mol일 때 석출된 $\text{Y}(s)$ 의 양은 0.1 mol이다.
- ㄷ. (나)에서 $\text{X}(s)$ 0.05 mol이 석출될 때 이동한 전자의 양은 0.2 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶ 23071-0218

그림은 금속 X, Y가 포함된 Cu와 순수한 Cu를 $\text{CuSO}_4(aq)$ 에 넣고 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 전극 (가)에서 X와 Cu는 각각 X^{2+} , Cu^{2+} 이 되고, Y는 금속 상태로 가라앉으며, 전극 (나)에서 $\text{Cu}(s)$ 만 석출되었다. 또한 이동한 전자의 양은 0.08 mol 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, (나)에서 H_2O 과 X^{2+} 은 환원되지 않으며, Cu의 원자량은 64이다.)

보기

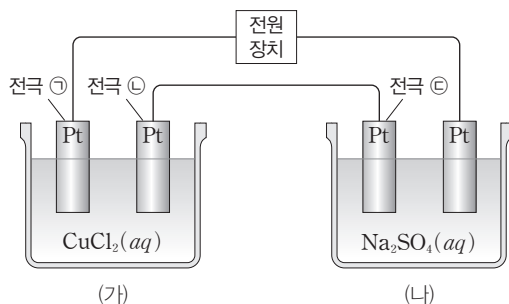
- ㄱ. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{X}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$ 이다.
- ㄴ. 수용액에 들어 있는 Cu^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.
- ㄷ. (나)에서 석출된 $\text{Cu}(s)$ 의 질량은 1.28 g 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 23071-0219

그림은 $\text{CuCl}_2(aq)$ 과 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. $t \text{ min}$ 동안 전기 분해했을 때 전극 ㉠에서 생성된 $\text{Cl}_2(g)$ 의 양은 0.02 mol 이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Na}^+$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하고, Cu의 원자량은 64이다.)

보기

- ㄱ. 전극 ㉠에서 $\text{Cu}(s)$ 2.56 g 이 석출된다.
- ㄴ. 전극 ㉢은 (-)극이다.
- ㄷ. (나)에서 수용액의 pH는 처음보다 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

수소 연료 전지의 활용

1 연료 전지

(1) 연료 전지

① 공급된 연료(수소, 메탄올 등)를 이용하여 자발적인 산화 환원 반응을 일으키게 하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

② 반응물이 전지 내부에 저장되어 있지 않고 외부로부터 공급되므로 충전할 필요가 없다.

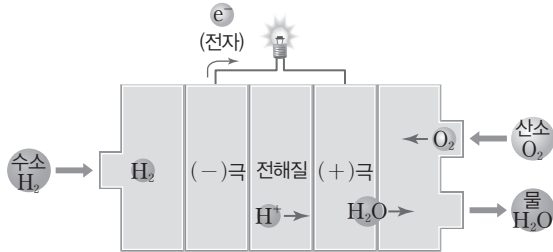
(2) 수소 연료 전지

① 수소 연료 전지 : 연료인 수소가 공기 중의 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 전지이다.

② 수소 연료 전지의 구성 : 2개의 전극과 분리막, 전해질로 이루어져 있고, 외부에서 수소 기체와 산소 기체가 계속 공급된다.

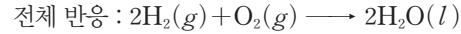
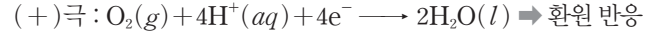
- 수소 연료 전지는 연료인 수소와 공기 중의 산소가 반응하여 물이 생성될 때 발생하는 에너지를 이용한다.
- 수소 연료 전지는 작동 온도와 전해질의 종류에 따라 여러 가지 종류가 있다.

(3) 수소 연료 전지의 작동 원리



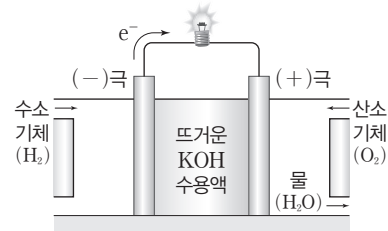
- 공급된 수소 기체는 (-)극에서 수소 이온과 전자로 분해된다.
- ➔ 수소 이온은 전해질을 거쳐 (+)극으로 이동한다.
- ➔ (+)극에서 수소 이온과 전자, 산소가 반응하여 물이 생성된다.
- ➔ 전자는 외부 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

(4) 수소 연료 전지의 각 전극에서의 반응

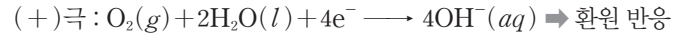
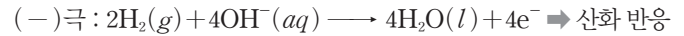


수소 연료 전지는 생성물이 물이므로 환경 오염을 거의 일으키지 않고 소음이 적으며, 에너지 효율이 높다.

(5) 전해질이 KOH인 수소 연료 전지



[각 전극에서의 반응]



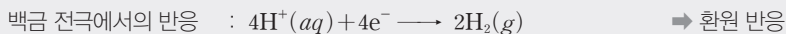
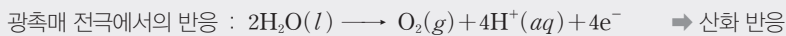
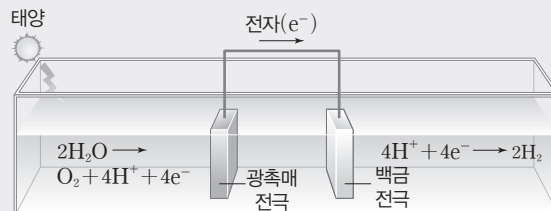
2 수소 연료 전지의 활용

- (1) 수송용 : 연료 전지 버스, 승용차, 항공기, 열차 등
- (2) 휴대용 : 노트북, 스마트폰, 태블릿 PC 등
- (3) 산업용 : 연료 전지 드론, 연료 전지 발전소 등



THE 알기 물의 광분해

태양 에너지를 이용하여 물을 분해함으로써 연소 시 환경 오염을 유발하지 않는 미래의 에너지원인 수소를 얻는 방법이다. 식물의 광합성 과정 중 엽록소에 빛이 흡수되면 물이 분해되어 수소 이온과 산소 기체가 발생하는데, 엽록소를 대신할 수 있는 광촉매나 반도체성 광전극을 사용하면 태양 에너지로 물을 광분해하여 수소를 얻을 수 있다.



다음은 어떤 전지에 대한 설명이다.

□ (가) □ 는 전극과 분리막, 전해질로 이루어져 있고, 외부에서 수소와 산소를 계속해서 공급함으로써 전기 에너지를 생산할 수 있다.

(가)로 가장 적절한 것은?

- ① 볼타 전지 ② 수소 연료 전지 ③ 리튬 이온 전지
- ④ 다니엘 전지 ⑤ 니켈-카드뮴 전지

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

연료 종류와 연료 공급 방식으로 어떤 화학 전지인지 파악해야 한다.

▶ 간략 풀이

연료 전지는 외부에서 연료를 계속 공급하여 전기 에너지를 생산하는 전지이다. 공급되는 연료가 수소인 연료 전지를 수소 연료 전지라고 한다. 따라서 (가)는 수소 연료 전지이다.

정답 | ②

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

▶ 23071-0220

다음은 수소 연료 전지에 대한 설명이다.

수소가 □ (가) □ 와/과 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. 태양 에너지를 이용하여 □ (나) □ 을/를 광분해하면 연료인 수소를 얻을 수 있다.

(가)와 (나)로 옳은 것은?

- | | (가) | | (나) |
|---|--------|--|--------|
| ① | 물 | | 이산화 탄소 |
| ② | 물 | | 산소 |
| ③ | 산소 | | 이산화 탄소 |
| ④ | 산소 | | 물 |
| ⑤ | 이산화 탄소 | | 산소 |

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

수소 연료 전지에 대한 내용을 다루는 점은 유사하지만, 수소 연료 전지에서 물질과 연료인 수소를 생산하는 물의 광분해 반응을 다루는 점이 다르다.

▶ 배경 지식

- 수소 연료 전지 : 연료인 수소가 공기 중의 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 전지이다.
- 물의 광분해 반응은 태양 에너지를 이용하여 물을 분해함으로써 수소를 얻는 방법이다.

01

▶23071-0221

다음은 어떤 연료 전지에 대한 설명이다.

[가] 을/를 연료로 하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. [가] 을/를 사용하면 물을 생성하므로 환경 오염을 일으키지 않는다.

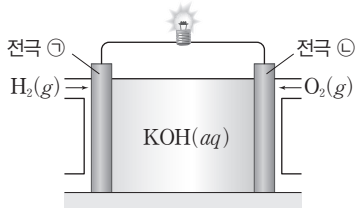
(가)로 가장 적절한 것은?

- ① 메테인 ② 수소 ③ 암모니아
- ④ 질소 ⑤ 헬륨

02

▶23071-0222

다음은 수소 연료 전지와 각 전극에서 일어나는 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식을 나타낸 것이다.



(가) $H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$
 (나) $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

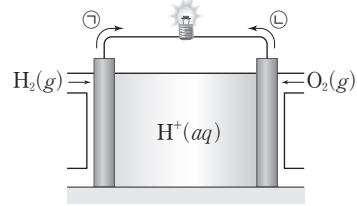
- ㄱ. (가)는 전극 ㉠에서 일어나는 반응이다.
- ㄴ. 전극 ㉡에서 산화 반응이 일어난다.
- ㄷ. 전지 반응에서 환경 오염 물질을 배출하지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0223

다음은 수소 연료 전지와 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식을 나타낸 것이다. 전지 반응이 진행될 때 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



○ $H_2(g) \longrightarrow 2[가] + 2e^-$
 ○ $O_2(g) + 4[가] + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 $H^+(aq)$ 이다.
- ㄴ. 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㄷ. 전체 반응에서 $H_2(g)$ 1 mol이 반응하면 $H_2O(l)$ 1 mol이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0224

다음은 물의 광분해 장치의 두 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식이다.

○ 광촉매 전극 : $2H_2O(l) \longrightarrow [가] + 4H^+(aq) + 4e^-$
 ○ 백금 전극 : $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

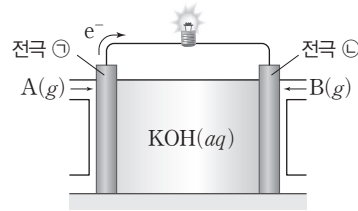
- ㄱ. ㉠은 $O_2(g)$ 이다.
- ㄴ. 광촉매 전극에서 환원 반응이 일어난다.
- ㄷ. 반응이 진행될 때, $H^+(aq)$ 의 양(mol)은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶ 23071-0225

다음은 수소 연료 전지와 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 H₂와 O₂ 중 하나이다.



- 전극 ㉠ : $A(g) + xOH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + xe^-$ (x 는 반응 계수)
- 전극 ㉡ : $B(g) + 2H_2O(l) + ye^- \longrightarrow yOH^-(aq)$ (y 는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

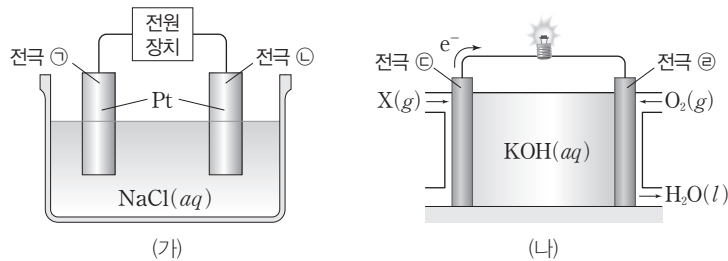
- ㄱ. A는 H₂이다.
- ㄴ. $x+y=8$ 이다.
- ㄷ. 전극 ㉡에서 B는 환원된다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▶ 23071-0226

그림 (가)는 NaCl(aq)을 전기 분해하는 장치, (나)는 수소 연료 전지를 나타낸 것이다. (가)에서 전기 분해했을 때 전극 ㉡에서 Cl₂(g)가 발생하였고, 환원되기 쉬운 경향은 H₂O > Na⁺이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

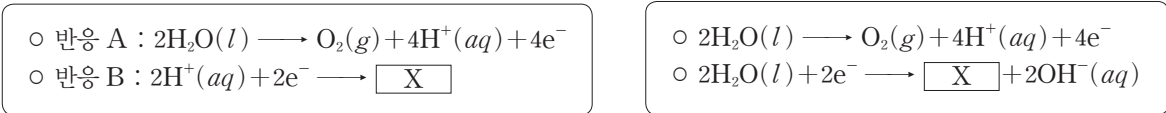
- ㄱ. 전극 ㉠에서 X(g)가 발생한다.
- ㄴ. 전극 ㉠과 전극 ㉡은 모두 (-)극이다.
- ㄷ. 전극 ㉡과 전극 ㉠에서 모두 환원 반응이 일어난다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23071-0227

그림 (가)와 (나)는 각각 물의 광분해 장치, 물의 전기 분해 장치를 나타낸 것이고, 자료는 (가)와 (나)의 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

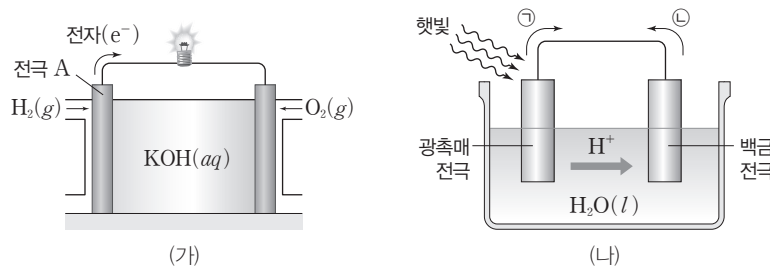
- ㄱ. X는 $\text{H}_2(g)$ 이다.
- ㄴ. (가)의 광촉매 전극에서 일어나는 반응은 B이다.
- ㄷ. (나)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 1 mol이 분해될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 23071-0228

그림 (가)와 (나)는 각각 수소 연료 전지, 물의 광분해 장치를 나타낸 것이다. (나)에서 반응이 진행될 때 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



반응이 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전극 A에서 산화 반응이 일어난다.
- ㄴ. (가)와 (나)에서 전체 반응의 생성물은 모두 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉡이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

과학탐구영역

화학 II



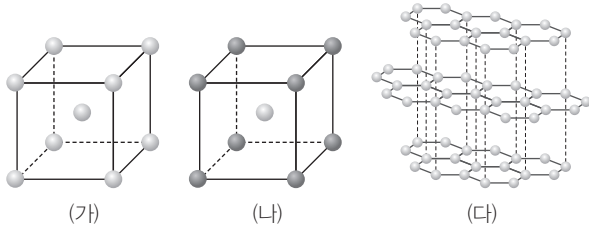
실전 모의고사

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23071-0229

그림은 3가지 물질 (가)~(다)의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것 이다. (가)~(다)는 각각 C(s, 흑연), Na(s), CsCl(s) 중 하나 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)의 단위 세포는 정육면체이다.)

보기

- ㄱ. (가)는 체심 입방 구조이다.
- ㄴ. (다)는 전기 전도성이 있다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 단위 세포에 포함된 총 입자 수가 모두 2이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0230

표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)	(다)
구조식	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
분자량	30	44	32
$t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 안정한 상	기체	액체, 기체	액체

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 기준 끓는점은 $t^\circ\text{C}$ 보다 높다.
- ㄴ. 액체 상태에서 (나) 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 작용 한다.
- ㄷ. 액체 상태에서 분자 사이의 힘은 (다)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0231

다음은 온도 T 에서 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 일정량의 A(g)를 넣고 반응시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다.

실험	첨가한 촉매	활성화 에너지(kJ/mol)		초기 반응 속도
		정반응	역반응	
I	없음	80	30	v_1
II	X(s)	65		v_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. X는 정촉매이다.
- ㄴ. $v_1 > v_2$ 이다.
- ㄷ. II에서 정반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 35 kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0232

다음은 25°C , 1 atm에서 $\text{NH}_3(g)$ 와 관련된 반응의 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	H-H	O=O	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	x	y	z

이 자료로부터 구한 $\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(kJ/mol)는?

- ① $\frac{-6x - 3y + 12z - a}{2}$ ② $\frac{-4x - 3y + 6z - a}{4}$
- ③ $\frac{4x + 3y - 6z - 2a}{4}$ ④ $\frac{6x + 3y - 12z - a}{4}$
- ⑤ $\frac{6x + 3y - 12z - a}{2}$

05

▶23071-0233

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)의 밀도는 1.02 g/mL이다.

수용액	(가)	(나)
농도	0.5 M	0.06 m
A의 질량(g)	4	6

(가)와 (나)를 모두 혼합한 후 물 w g을 추가하여 만든 혼합 용액의 농도가 2500 ppm이다.

w는? (단, A의 화학식량은 40이다.)

- ① 1280 ② 1290 ③ 1300
- ④ 1320 ⑤ 1380

06

▶23071-0234

다음은 학생 A가 완충 용액에서 pH 변화를 알아보기 위해 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

○ 약산 HA와 그 짝염기 A⁻으로 구성된 완충 용액에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ = 1일 때 소량의 염기를 넣어도 ①

[탐구 과정]

(가) 3개의 비커에 0.1 M HA(aq)을 50 mL씩 넣는다.
 (나) (가)의 비커에 0.1 M NaA(aq)을 각각 40 mL, 50 mL, 60 mL씩 넣어 완충 용액 I~Ⅲ을 만든 후 pH를 측정하고, $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 를 구한다.

(다) (나)에서 만든 완충 용액 I~Ⅲ에 각각 NaOH(s) 1 × 10⁻³ mol을 넣은 후 pH 변화를 측정한다.

[탐구 결과]

○ 완충 용액 Ⅱ에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ = 1이고, (다)에서 I~Ⅲ 중 Ⅱ의 pH 변화가 가장 작았다.

[결론]

○ 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하다.)

[3점]

보기

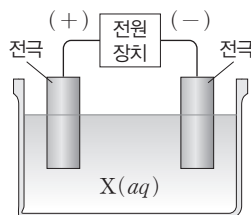
- ㄱ. '용액의 pH 변화가 가장 작다.'는 ①으로 적절하다.
- ㄴ. Ⅱ에서 [H₃O⁺] 값은 HA의 이온화 상수(K_a)와 같다.
- ㄷ. (다)에서 혼합 용액 Ⅲ에 들어 있는 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 는 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0235

그림 (가)는 X(aq)의 전기 분해 장치를 나타낸 것이고, 표는 (가)에서 2가지 수용액을 각각 전기 분해하는 동안 전자 0.02 mol이 이동하였을 때 (-)극에서 생성되는 물질에 대한 자료이다.



X(aq)	AlCl ₃ (aq)	BSO ₄ (aq)
생성된 물질	H ₂ (g)	B(s)
물질의 양	n mol	0.64 g

(가)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 금속 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. n = 0.02이다.
- ㄴ. B의 원자량은 64이다.
- ㄷ. 이온화 경향은 B > A이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

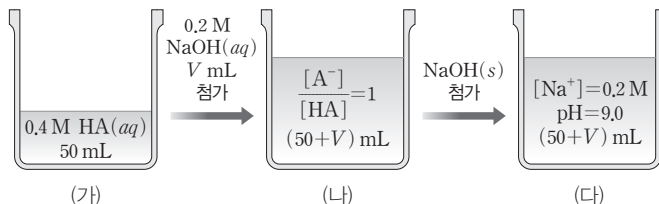
08

▶23071-0236

다음은 HA(aq)의 이온화 반응식과 25°C에서 이온화 상수(K_a)이다.



그림은 0.4 M HA(aq) 50 mL에 0.2 M NaOH(aq) V mL와 NaOH(s)을 차례로 첨가하여 혼합 용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1 × 10⁻¹⁴이고, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.) [3점]

보기

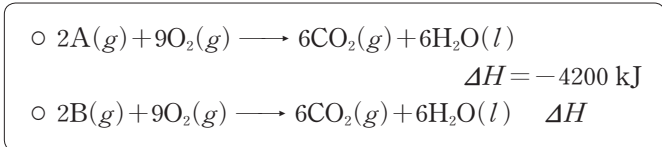
- ㄱ. x = 1 × 10⁻⁵이다.
- ㄴ. (가)의 pH는 3.0보다 작다.
- ㄷ. (나)에 0.05 M HCl(aq) 1 mL를 가하면 수용액에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶23071-0237

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 물질 A(g)와 B(g)의 연소 반응에 대한 열화학 반응식이다. 생성 엔탈피(ΔH)는 A(g)가 B(g)보다 크고, A의 분자량은 42이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

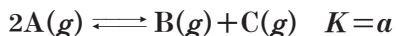
- ㄱ. A(g) → B(g) 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. 1 g의 A(g)가 완전 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 -100 kJ이다.
- ㄷ. 물질 1 mol이 완전 연소될 때 방출하는 열량은 A(g)에서 B(g)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

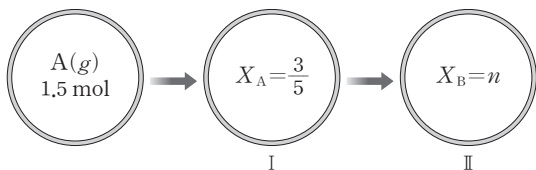
10

▶23071-0238

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 부피가 1 L인 강철 용기에 1.5 mol의 A(g)를 넣은 후 반응이 진행된 상태 I과 II를 나타낸 것이다. I에서 반응 지수(Q)는 $\frac{a}{9}$ 이고, X_A와 X_B는 각각 A와 B의 몰 분율이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

보기

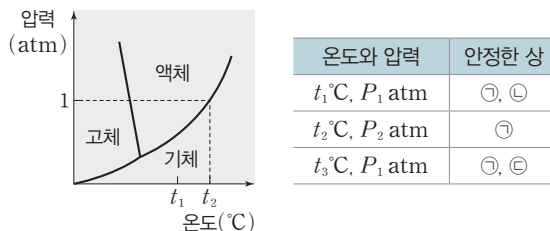
- ㄱ. I에서 [B]=0.3 M이다.
- ㄴ. II에서 $n = \frac{1}{3}$ 일 때 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.
- ㄷ. II에서 [C]=0.4 M일 때 반응 지수(Q)는 1보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23071-0239

다음은 H₂O의 상평형 그림과 온도와 압력에 따른 H₂O의 안정한 상에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 각각 고체, 액체, 기체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

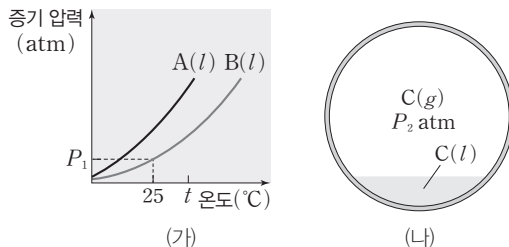
- ㄱ. P₁>1이다.
- ㄴ. P₂>1이다.
- ㄷ. t₃°C, P₂ atm에서 H₂O의 안정한 상은 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23071-0240

그림 (가)는 A(l)와 B(l)의 증기 압력 곡선을, (나)는 25°C에서 진공 상태인 강철 용기에 C(l)를 넣고 상평형에 도달한 것을 나타낸 것이다. P₁>P₂이고, B(l)의 기준 끓는점은 t°C이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

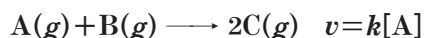
- ㄱ. 25°C에서 증기 압력은 A(l)>C(l)이다.
- ㄴ. t°C, 1 atm에서 안정한 상의 수는 A>B이다.
- ㄷ. 외부 압력이 P₁ atm일 때 끓는점은 B(l)>C(l)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶ 23071-0241

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T에서 1 L의 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응시킨 실험 I~Ⅲ에 대한 자료이다. 온도 T에서 A의 반감기는 t min이다.

실험	초기 A의 몰 분율	초기 반응 속도
I	0.5	2v
Ⅱ	0.25	v
Ⅲ	0.2	$\frac{v}{4}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. 초기 [B]는 I에서가 Ⅲ에서의 2배이다.
- ㄴ. t min에서 C의 몰 분율은 Ⅱ에서가 Ⅲ에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 2t min에서 순간 반응 속도는 I에서가 Ⅱ에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶ 23071-0242

다음은 t°C, 1 atm에서 용액 I과 Ⅱ에 대한 자료이다.

○ 용액 I과 Ⅱ의 조성과 어는점 내림(ΔT_f)

용액	조성	ΔT _f (°C)
I	A(l) 100 g + X(s) w g	1.5k
Ⅱ	B(l) 200 g + Y(s) w g	1.5k

○ Ⅱ에 첨가한 X(s)의 질량에 따른 어는점 내림(ΔT_f)

첨가한 X(s)의 질량(g)	x	3w
ΔT _f (°C)	2k	3k

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고 반응하지 않으며, 용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

보기

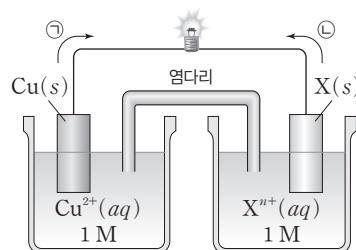
- ㄱ. x=w이다.
- ㄴ. 몰랄 내림 상수(K_f)는 A가 B의 2배이다.
- ㄷ. t°C에서 용액 I에 X(s) w g를 추가로 녹이면 용액의 증기 압력 내림은 2배로 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

15

▶ 23071-0243

그림은 구리(Cu)와 금속 X를 전극으로 사용한 화학 전지에서 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이고, 표는 X의 종류에 대한 전자의 이동 방향을 나타낸 것이다.



X	X ⁿ⁺	전자의 이동 방향
Ag	Ag ⁺	㉠
Zn	Zn ²⁺	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하고, 물의 증발은 무시하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 Zn > Ag이다.
- ㄴ. X가 Zn일 때 Cu(s) 전극에서 환원 반응이 일어난다.
- ㄷ. X가 Ag일 때 반응이 진행됨에 따라 $\frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]}$ 는 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

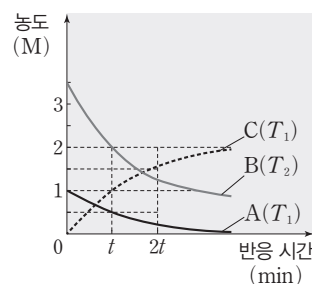
16

▶ 23071-0244

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응시킬 때, 온도 T₁에서 A와 C의 몰 농도와 T₂에서 B의 몰 농도를 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 반응 속도 상수는 T₂일 때가 T₁일 때보다 크다.
- ㄴ. T₁에서 순간 반응 속도는 t min일 때가 2t min일 때보다 크다.
- ㄷ. T₂에서 0~t min 동안 C의 평균 생성 속도는 $\frac{1.5}{t}$ M/min이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

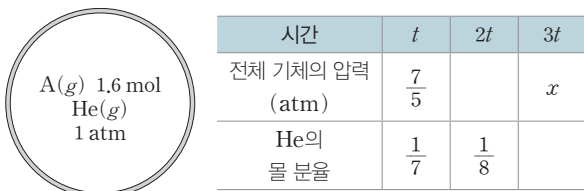
17

▶23071-0245

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)와 He(g)이 들어 있는 초기 상태를, 표는 강철 용기에서 반응이 일어날 때 시간에 따른 전체 기체의 압력과 He의 몰 분율을 나타낸 것이다. 2t일 때 A(g)와 B(g)의 부분 압력은 각각 P_A atm, P_B atm이다.



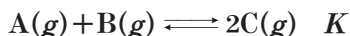
$\frac{P_A + P_B}{x}$ 는? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

- ① $\frac{5}{7}$ ② $\frac{14}{17}$ ③ $\frac{7}{8}$ ④ $\frac{14}{15}$ ⑤ $\frac{15}{16}$

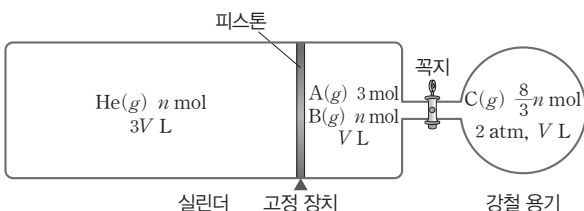
18

▶23071-0246

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 각각 기체가 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 실린더와 강철 용기에서 각각 평형에 도달한 후, 고정 장치를 제거하여 새로운 평형 상태 I에 도달하였고, I에서 꼭지를 열고 온도를 $\frac{5}{7}T$ K로 유지하여 새로운 평형 상태 II에 도달하였다. I에서 He(g) 부피는 V L이고, 실린더와 강철 용기에 들어 있는 A의 몰 분율은 각각 $a, \frac{1}{4}$ 이며, II에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{2}{7}$ atm, C의 양은 k mol이다.



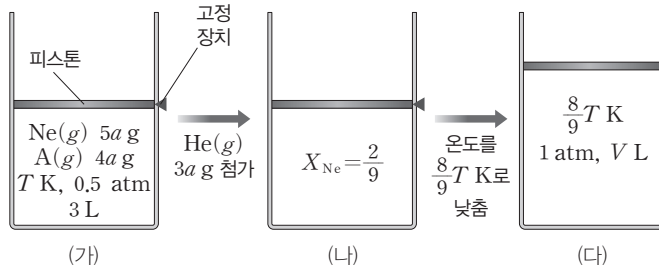
$\frac{k}{a}$ 는? (단, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{36}{5}$ ② $\frac{17}{3}$ ③ $\frac{24}{5}$ ④ $\frac{5}{2}$ ⑤ $\frac{9}{4}$

19

▶23071-0247

그림 (가)는 T K에서 피스톤이 고정된 실린더에 Ne(g)과 A(g)가 들어 있는 것을, (나)는 (가)에 He(g)을 넣고 충분한 시간이 흘렀을 때를, (다)는 (나)에서 고정 장치를 제거한 후 온도를 $\frac{8}{9}T$ K로 낮추어 유지시키고 충분한 시간이 흘렀을 때를 나타낸 것이다. X_{Ne} 은 Ne의 몰 분율이고, A의 분자량은 M이다.



$\frac{M}{V}$ 은? (단, He과 Ne의 원자량은 각각 4, 20이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

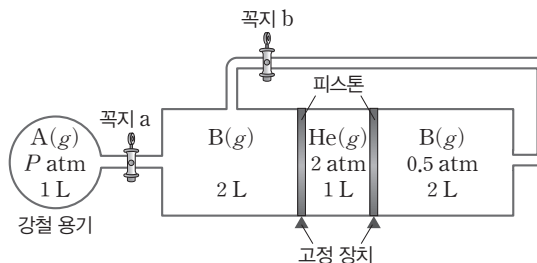
- ① $\frac{2}{3}$ ② 1 ③ $\frac{8}{3}$ ④ $\frac{16}{5}$ ⑤ 8

20

▶23071-0248

다음은 기체의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

[화학 반응식]
 $5A(g) + xB(g) \longrightarrow 4C(g) + 6D(g)$ (x는 반응 계수)
 [실험 과정]
 (가) T K에서 그림과 같이 A(g), B(g)와 He(g)을 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시킨다.
 (다) 고정 장치를 모두 풀고 충분한 시간이 흐른 후 He(g)의 압력(P_1)을 측정한다.
 (라) 꼭지 b를 열어 반응을 완결시키고 충분한 시간이 흐른 후, He(g)의 압력(P_2)을 측정한다.

[실험 결과]
 ○ $P_1 = \frac{7}{4}$ atm, $P_2 = 2$ atm
 ○ (라) 과정 후 혼합 기체에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이다.

$P \times x$ 는? (단, 온도는 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 5 ② 6 ③ 8 ④ 9 ⑤ 10

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23071-0249

다음은 은(Ag)이 포함된 구리(Cu)에서 순수한 구리(Cu)를 얻는 실험에 대한 설명이다. ㉠, ㉡은 각각 (+)극과 (-)극 중 하나이다.

은(Ag)이 포함된 구리 (가)를 ㉠에, 순수한 구리 (나)를 ㉡에 연결한 후 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 담가 전류를 흘려주면 (가)의 아래에 은이 금속 상태로 가라앉고 (나)의 구리 막대에 금속 구리가 석출된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

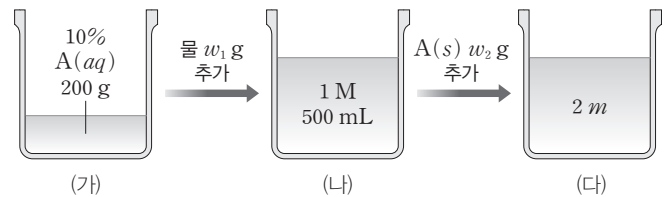
- ㄱ. ㉠은 (+)극이다.
- ㄴ. (나)에서 환원 반응이 일어난다.
- ㄷ. 금속의 이온화 경향은 Cu > Ag이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0250

그림 (가)는 10% A(aq) 200 g을, (나)는 (가)에 물 w₁ g을 추가하여 만든 1 M A(aq)을, (다)는 (나)에 A(s) w₂ g을 추가하여 모두 녹여 만든 2 m A(aq)을 나타낸 것이다. (나) 수용액의 밀도는 1 g/mL이다.



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

보기

- ㄱ. A의 화학식량은 40이다.
- ㄴ. $\frac{w_1}{w_2} = 15$ 이다.
- ㄷ. (가)의 몰랄 농도는 $\frac{25}{9} m$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0251

다음은 4가지 물질 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)는 각각 F₂, Cl₂, HF, HCl 중 하나이다.

- 분자량은 (다) > (라) > (가)이다.
- 기준 끓는점은 (가) > (나) > (다)이다.
- 분자의 쌍극자 모멘트는 (나)와 (다)가 모두 0이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, F, Cl의 원자량은 각각 1, 19, 35.5이다.)

보기

- ㄱ. (가)는 액체 상태에서 분자 사이에 수소 결합이 존재한다.
- ㄴ. (다)와 (라)는 같은 원소를 포함한다.
- ㄷ. (나)와 (다) 중 액체 상태에서 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하는 것이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0252

다음은 물의 특성에 관한 실험이다.

[실험 과정]

실험 I. 물과 에탄올을 한 방울씩 플라스틱 판에 떨어뜨린 후 액체 방울의 모양을 관찰한다.

실험 II.

(가) 그림과 같이 중심에 용수철이 달린 나무판을 물 위에 띄운 후 나무판의 수평을 유지하면서 용수철을 서서히 들어올린다.

(나) 나무판이 물에서 떨어진 후까지 용수철의 길이를 측정한다. 그 중 최대 길이를 기록한다.

(다) 물 대신 에탄올을 사용하여 과정 (가), (나)를 반복한다.

[실험 결과]

실험 I	과정	실험 II	
		(나)	(다)
	용수철의 최대 길이 (cm)	a	b

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

보기

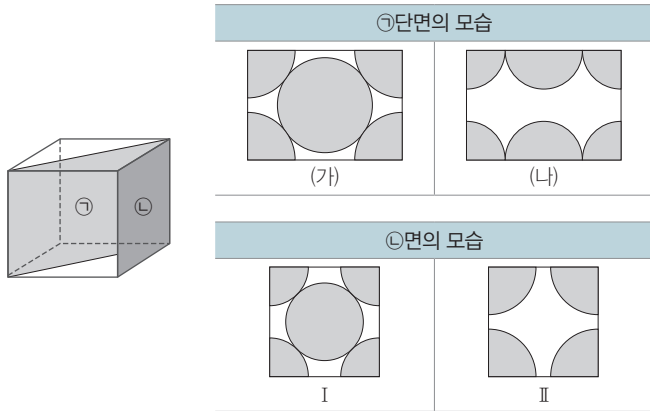
- ㄱ. a > b이다.
- ㄴ. 나무판의 질량이 같고 물의 표면에 닿는 넓이가 넓으면 실험 II의 (나)에서 측정된 용수철의 최대 길이는 길어진다.
- ㄷ. 물의 양이 많을수록 실험 II의 (나)에서 측정된 a값이 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0253

다음은 금속 결정 (가), (나)의 단위 세포에서 ㉠단면과 ㉡면의 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)의 결정 구조는 각각 체심 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이며, I과 II는 각각 (가), (나) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

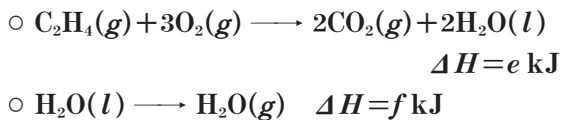
- ㄱ. (가)의 결정 구조는 면심 입방 구조이다.
- ㄴ. I은 (나)이다.
- ㄷ. 단위 세포에 포함된 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23071-0254

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	C-H	C=C	C=O	O-H
결합 에너지(kJ/mol)	a	b	c	d

이 자료로부터 구한 O=O 결합의 결합 에너지(kJ/mol)는?

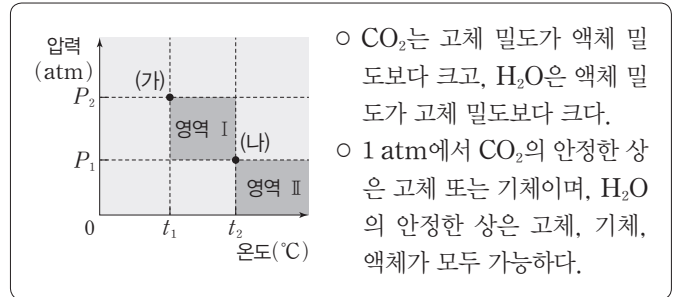
[3점]

- ① $\frac{1}{2}(4a+b+4c+4d+e+f)$
- ② $\frac{1}{2}(-4a-b+4c+4d+e+f)$
- ③ $\frac{1}{3}(4a+b+4c+4d+e+2f)$
- ④ $\frac{1}{3}(-4a-b+4c+4d+e+2f)$
- ⑤ $\frac{1}{3}(-4a-b+4c+4d+e+f)$

07

▶23071-0255

다음은 물(H₂O)과 이산화 탄소(CO₂)의 상평형 그림에 대한 설명이다. (가), (나)는 각각 H₂O의 삼중점과 CO₂의 삼중점 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. (가)는 CO₂의 삼중점이다.
- ㄴ. 영역 I에서 H₂O의 안정한 상은 기체이다.
- ㄷ. 영역 II에서 H₂O과 CO₂의 안정한 상은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0256

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

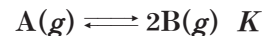
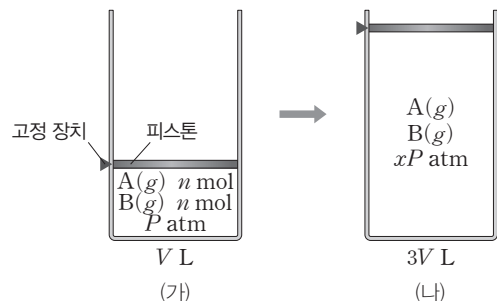


그림 (가)는 피스톤이 고정된 실린더에 A(g), B(g)가 n mol씩 들어 있는 평형 상태를, (나)는 피스톤을 위로 올려 다시 고정한 후 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



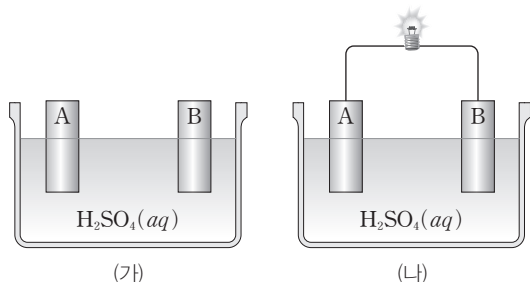
(나)에서 B(g)의 몰 분율을 y라고 할 때, x×y는? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

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

09

▶ 23071-0257

그림 (가)는 1 M H₂SO₄(aq)에 금속 A와 B를 넣은 것을, (나)는 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 이온화 경향은 B>H>A이며, 반응이 진행될 때 (나)의 A 표면에서 기체가 발생하였다.



(가)와 (나)에서 반응이 진행될 때 공통적으로 일어나는 현상만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하며, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

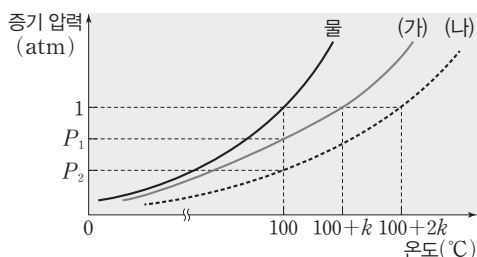
- ㄱ. A의 질량이 감소한다.
- ㄴ. B의 질량이 감소한다.
- ㄷ. 수용액의 pH가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶ 23071-0258

그림은 물과 수용액 (가), (나)의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다. (가)는 물 100 g에 A(s) 4 g이, (나)는 (가) 52 g에 B(s) 3 g이 녹아 있는 수용액이다. 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 k °C/m이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 분자량은 18이고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 반응하지 않는다. 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

보기

- ㄱ. $\frac{P_1}{P_2} = \frac{518}{509}$ 이다.
- ㄴ. $\frac{A \text{의 화학식량}}{B \text{의 화학식량}} = \frac{4}{3}$ 이다.
- ㄷ. 기준 어는점은 (가)가 (나)보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶ 23071-0259

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. T K에서 A(g)의 반감기는 t min이다.

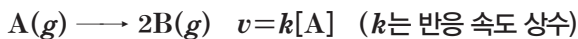
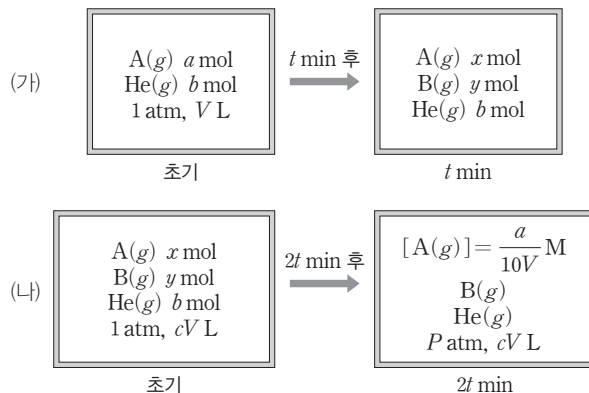


그림 (가)는 A(g)와 He(g)이 들어 있는 강철 용기에서 반응 시간 t min 동안 반응이 진행되는 것을, (나)는 A(g), B(g), He(g)이 들어 있는 강철 용기에서 2t min 동안 반응이 진행되는 것을 나타낸 것이다.



$\frac{c}{b} \times P$ 는? (단, 온도는 T K로 일정하다.) [3점]

- ① $\frac{23}{18a}$ ② $\frac{23}{16a}$ ③ $\frac{23}{14a}$ ④ $\frac{11}{4a}$ ⑤ $\frac{11}{2a}$

12

▶ 23071-0260

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



표는 부피가 같은 두 강철 용기에 같은 압력이 되도록 A(g)를 각각 넣은 후 서로 다른 온도 T₁, T₂에서 반응시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다.

실험	온도	A(g)의 초기 질량(g)	반응 속도 상수	반감기 (s)	활성화 에너지 (kJ/mol)
I	T ₁	w ₁	k ₁	2t	a
II	T ₂	w ₂	k ₂	t	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

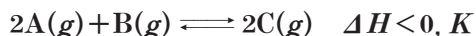
- ㄱ. k₁ < k₂이다.
- ㄴ. a > b이다.
- ㄷ. w₁ > w₂이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶ 23071-0265

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 부피가 1 L인 강철 용기에 일정량의 A(g)~C(g)를 넣고 서로 다른 온도에서 도달한 평형 상태 I~III에 대한 자료이다.

평형	온도(K)	평형 상수	기체의 양(mol)		
			A(g)	B(g)	C(g)
I	T ₁	K ₁	0.2	0.2	0.2
II	T ₂	K ₂	0.1		
III	T ₃	K ₃		x	0.1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

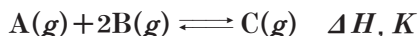
- ㄱ. x=0.25이다.
- ㄴ. $\frac{K_2}{K_1} = 12$ 이다.
- ㄷ. T₃ > T₂이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶ 23071-0266

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 실린더에 일정량의 A(g)~C(g)를 넣고 온도를 변화시켜 도달한 평형 상태 I~III에 대한 자료이다. 실린더 속 전체 기체의 압력은 1 atm이다.

평형	기체의 양(mol)			온도(K)	부피(L)	평형 상수
	A(g)	B(g)	C(g)			
I	0.1	0.1	0.2	T	1	K ₁
II		x		$\frac{4}{3}T$	2	K ₂
III	$\frac{1}{15}$			$\frac{12}{5}T$	y	K ₃

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

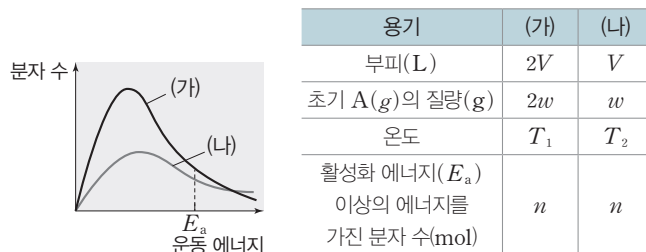
- ㄱ. ΔH < 0이다.
- ㄴ. x × y = 6이다.
- ㄷ. $\frac{K_2 \times K_3}{K_1} = 1200$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶ 23071-0267

그림은 강철 용기(가)와(나)에서 반응 차수가 1인 A(g) → B(g) 반응이 각각 일어날 때 초기 상태 A(g)의 분자 운동 에너지 분포 곡선을 나타낸 것이며, 표는 (가), (나)에 대한 자료이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. T₁ > T₂이다.
- ㄴ. 초기 반응 속도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 반응 속도 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

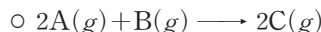
- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶ 23071-0268

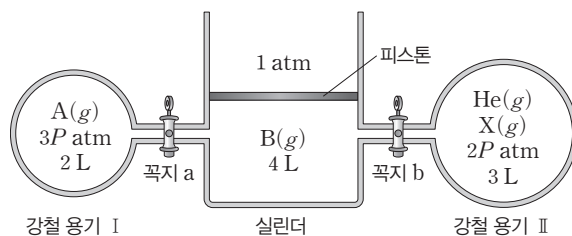
다음은 기체와 관련된 실험이다. X는 A와 B 중 하나이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 꼭지로 분리된 실린더와 두 강철 용기에 각각 A(g), B(g), He(g)와 X(g)의 혼합 기체를 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시키고 충분한 시간이 흐른 후, 실린더의 부피(V₁)를 측정한다.
 (다) 꼭지 b를 열어 반응을 완결시키고 충분한 시간이 흐른 후, 실린더의 부피(V₂)와 He(g)의 부분 압력(P_{He})을 측정한다.

[실험 결과]



V₂ × P는? (단, 온도와 대기압은 일정하며, 피스톤의 질량과 마찰, 연결관의 부피는 무시한다.) [3점]

- ① 4
- ② 5
- ③ 6
- ④ 7
- ⑤ 8

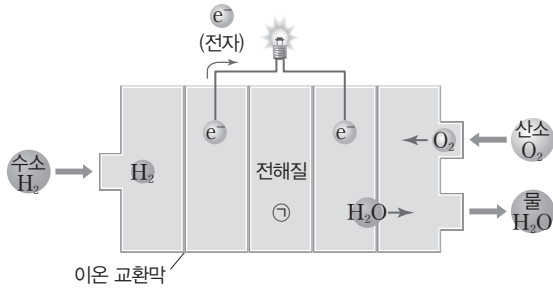
문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23071-0269

다음은 수소 연료 전지에 대한 설명이다.

수소 연료 전지에서 수소(H₂)는 이온 교환막과 만나면 전자를 잃고 \ominus 이/가 되고, 전해질 층을 통과한 \ominus 이/가 (+)극에서 산소와 반응하면 물(H₂O)이 생성된다. 연료 전지는 약 1 V의 전압을 발생시키므로 수백 개를 직렬로 연결해 원하는 전압을 생성시킨다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

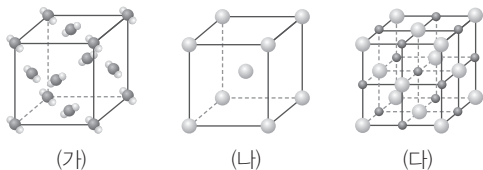
- ㄱ. \ominus 은 H⁺이다.
- ㄴ. O₂를 공급하는 전극은 (+)극이다.
- ㄷ. 수소 연료 전지의 전체 화학 반응식은 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0270

그림은 고체 (가)~(다)의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 K(s), CO₂(s), MgO(s) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

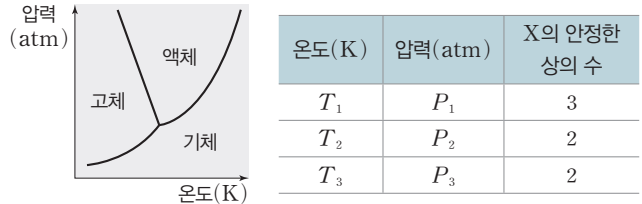
- ㄱ. (가)는 공유 결정이다.
- ㄴ. MgO에서 Mg²⁺은 면심 입방 구조를 이룬다.
- ㄷ. K(s)은 단위 세포에 포함된 입자 수가 4이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0271

그림은 물질 X의 상평형 그림을, 표는 온도와 압력에 따른 X의 안정한 상의 수를 나타낸 것이다. $T_3 > T_2 > T_1$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. P₃ > P₁이다.
- ㄴ. P₂ atm, T₃ K에서 X의 안정한 상은 액체이다.
- ㄷ. P₃ atm에서 X의 안정한 상이 고체와 액체인 온도는 T₁ 보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0272

다음은 A(l)와 B(l)에 대한 설명이다.

- 기준 끓는점은 A와 B가 각각 t₁°C, t₂°C이고, t₁ > t₂이다.
- t₃°C에서 B(l)의 증기 압력은 70 cmHg이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1 atm은 76 cmHg이다.)

보기

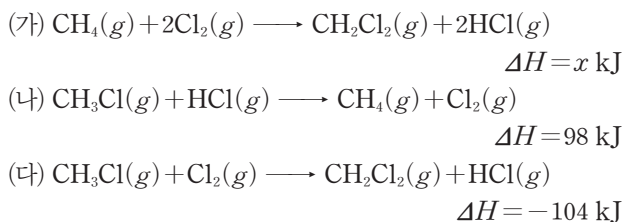
- ㄱ. 기준 끓는점에서 증기 압력은 A(l) > B(l)이다.
- ㄴ. 1 atm, t₁°C에서 B의 안정한 상은 기체이다.
- ㄷ. t₃ > t₂이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄷ

05

▶23071-0273

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.



이 자료로부터 구한 x는? [3점]

- ① -202 ② -110 ③ -6 ④ 300 ⑤ 306

10

▶23071-0278

다음은 HA(aq)의 이온화 반응식과 이온화 상수(K_a)이다.

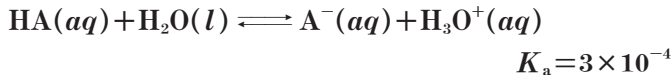
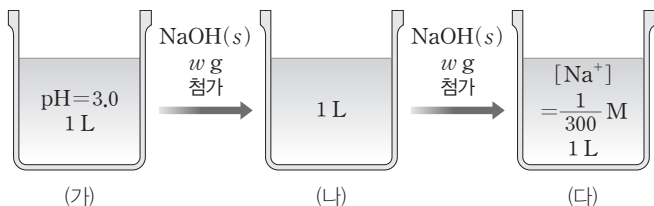


그림 (가)는 25°C의 x M HA(aq)을, (나)는 (가)에 w g의 NaOH(s)을 첨가하여 녹인 것을, (다)는 (나)에 w g의 NaOH(s)을 첨가하여 녹인 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, 25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이며, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

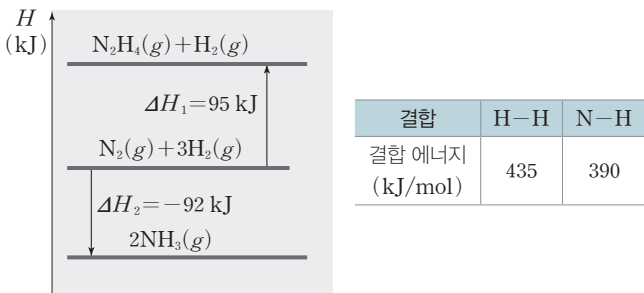
- ㄱ. $w = \frac{1}{15}$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3 \times 10^{-4}$ M이다.
- ㄷ. (다)에서 $\text{pH} > 8.0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23071-0279

그림은 25°C, 1 atm에서 몇 가지 반응에 대한 엔탈피(H) 변화를, 표는 이와 관련된 결합의 결합 에너지를 나타낸 것이다.



이 자료로부터 구한 N-N의 결합 에너지(kJ/mol)는?

- ① 128 ② 158 ③ 247 ④ 342 ⑤ 532

12

▶23071-0280

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

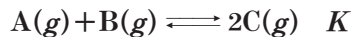
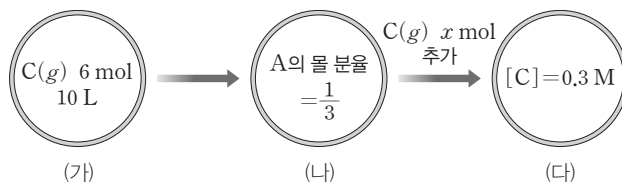


그림 (가)는 강철 용기에 C(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 평형에 도달한 상태를, (다)는 (나)에 C(g)를 추가한 후 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.



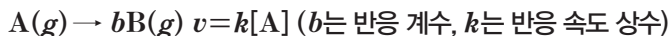
$K \times x$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① 0.6 ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 3 ⑤ 6

13

▶23071-0281

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



표는 강철 용기에 A(g)를 각각 넣은 후 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다.

실험	A(g)의 초기 농도 (M)	온도	첨가한 촉매	시간 t일 때 [A]+[B] (M)
I	a	T_1	없음	$\frac{7}{4}a$
II	$2a$	T_2	없음	$3a$
III	$4a$	T_1	X(s)	$7.5a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

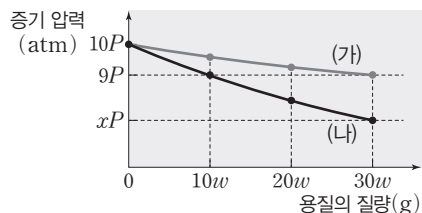
- ㄱ. $b = 2$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. X(s)는 부촉매이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

▶ 23071-0282

그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 용매 A 27w g에 용질 X, Y를 각각 녹인 용액 (가)와 (나)에 대해 녹인 용질의 질량에 따른 증기 압력을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이며 반응하지 않는다. 용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

보기

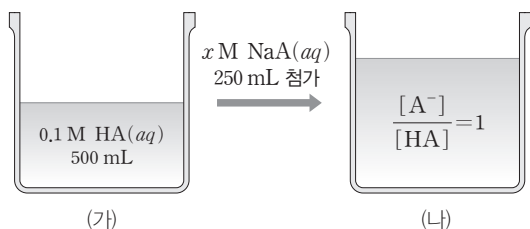
- ㄱ. 분자량비는 A : Y = 3 : 10이다.
- ㄴ. $x = \frac{29}{4}$ 이다.
- ㄷ. 10% (가)의 증기 압력은 $\frac{900}{91}P$ atm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶ 23071-0283

그림은 25°C 에서 산 HA의 수용액 (가)에 $x\text{ M NaA}(aq)$ 250 mL를 가한 후의 수용액 (나)를 나타낸 것이다. 25°C 에서 A^- 의 이온화 상수 (K_b)는 1×10^{-9} 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C 로 일정하고, 25°C 에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x = 0.2$ 이다.
- ㄴ. (나)의 pH = $\frac{5}{3}$ 이다.
- ㄷ. (가)의 pH = $\frac{5}{3}$ 이다.
- ㄹ. 0.1 M NaA(aq)의 pH = 10.0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

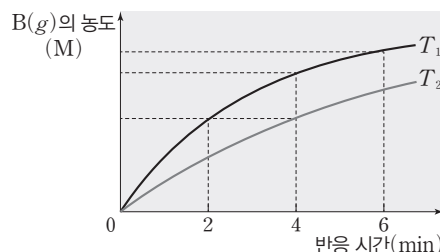
16

▶ 23071-0284

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 a M A(g)를 넣고 온도 T_1, T_2 에서 각각 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 B(g)의 농도를 나타낸 것이다.



T_2 에서보다 T_1 일 때 강철 용기 속 기체가 더 크게 갖는 값으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 정반응의 활성화 에너지
- ㄴ. 분자의 평균 운동 에너지
- ㄷ. 반응 속도 상수(k)

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▶ 23071-0285

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



(b는 반응 계수, k는 반응 속도 상수)

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

반응 시간(min)	0	t	2t
몰 분율	A(g)	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{5}$
	B(g)	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $b = 2$ 이다.
- ㄴ. 2t min일 때 C의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이다.
- ㄷ. 전체 기체의 양(mol)은 t min일 때가 2t min일 때의 $\frac{5}{4}$ 배이다.

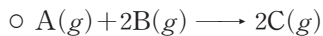
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄷ

18

▶23071-0286

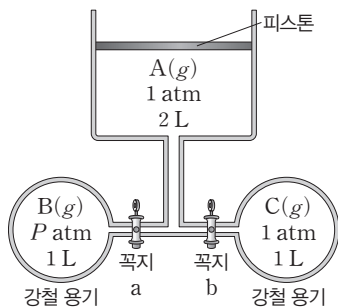
다음은 A(g)와 B(g)의 반응에 관한 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정 및 결과]

(가) 그림과 같이 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 A(g)~C(g)를 각각 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열고 반응을 완결시킨 후 C(g)의 몰 분율을 구하였더니 x이었다.

(다) 꼭지 b를 열었더니 실린더 속 기체의 부피는 2 L가 되었고, C(g)의 몰 분율은 y이었다.

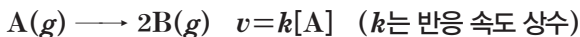
x : y는? (단, 온도는 일정하고, 대기압은 1 atm으로 일정하며, 연결관의 부피 및 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① 3 : 4 ② 4 : 5 ③ 6 : 7 ④ 8 : 9 ⑤ 9 : 10

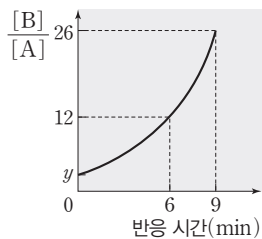
19

▶23071-0287

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



그림은 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 각각 4w g, xw g를 넣고 반응을 진행시켰을 때, 반응 시간에 따른 $\frac{[B]}{[A]}$ 를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x \times y = 4.5$ 이다.
- ㄴ. 6 min일 때 $\frac{B \text{의 질량}(g)}{A \text{의 질량}(g)} = 6$ 이다.
- ㄷ. 12 min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = 54$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

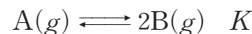
20

▶23071-0288

다음은 평형 이동과 관련된 실험이다.

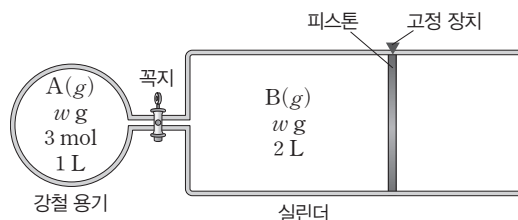
[자료]

A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 A(g)와 B(g)를 각각 넣고 반응을 진행시켜 평형에 도달하게 한다.



(나) 꼭지를 열고 반응을 진행시켜 새로운 평형에 도달하게 한다.

(다) 고정 장치를 풀고 반응을 진행시켜 새로운 평형에 도달하게 한다.

[실험 결과]

- (가) 과정 후 강철 용기에서 A의 몰 분율 : 0.6
- (다) 과정 후 실린더 속 기체의 부피 : V L
- (다) 과정 후 $[A] = [B]$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. (가) 과정 후 B(g)의 양(mol)은 실린더에서 강철 용기에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄴ. (나)에서 꼭지를 열면 평형은 정반응 쪽으로 이동한다.
- ㄷ. $V = 4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23071-0289

표는 4가지 물질에 대한 자료이다.

물질	CH ₄	SiH ₄	HF	HBr
분자량	16	32	20	81
기준 끓는점(°C)	x	-112	20	-66

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

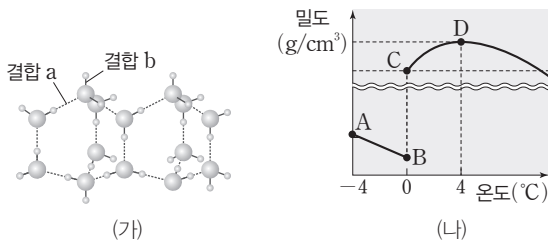
- ㄱ. $x < -112$ 이다.
- ㄴ. CH₄(*l*) 분자 사이에는 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.
- ㄷ. HF가 HBr보다 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 HF(*l*) 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23071-0290

그림 (가)는 얼음과 관련된 결합 모형을, (나)는 1 atm에서 온도에 따른 H₂O 1 g의 밀도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

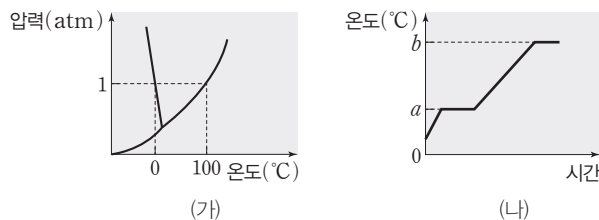
- ㄱ. H₂O의 부피는 A > B이다.
- ㄴ. H₂O에 포함된 결합 a의 수는 B > C이다.
- ㄷ. 분자 사이의 평균 거리는 C > D이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23071-0291

그림 (가)는 H₂O의 상평형 그림을, (나)는 H₂O를 P atm에서 일정한 열원으로 가열할 때 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다. $b - a < 100$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $P > 1$ 이다.
- ㄴ. $a^\circ\text{C}$, 1 atm에서 H₂O의 안정한 상은 2가지이다.
- ㄷ. $b^\circ\text{C}$ 에서 H₂O(*l*)의 증기 압력은 P atm이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23071-0292

표는 금속 X와 Y의 결정에 대한 자료이다. X와 Y의 결정 구조는 각각 단순 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이다.

금속	X	Y
단위 세포의 면		
원자량	$8a$	a
단위 세포 한 변의 길이	$5b$	$6b$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

보기

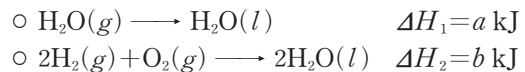
- ㄱ. X의 결정 구조는 단순 입방 구조이다.
- ㄴ. 단위 세포의 질량은 X가 Y의 2배이다.
- ㄷ. 단위 세포의 밀도는 X가 Y의 2배보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23071-0293

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	H-H	O=O	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	c	x	d

이 자료로부터 구한 x 는?

- ① $-2a + b - 2c + 4d$ ② $-2a + b + 2c + 4d$
 ③ $2a + b + 4c - 2d$ ④ $2a + 2b + c + 2d$
 ⑤ $2a + 2b + c + 4d$

06

▶23071-0294

다음은 1.5 M NaOH(aq)을 만드는 실험이다.

- (가) $x\%$ NaOH(aq) 200 g을 준비한다.
- (나) 3 m NaOH(aq) 56 g을 준비한다.
- (다) (가)와 (나)의 수용액을 모두 혼합한 후, NaOH(s) 2x g을 추가로 녹인다.
- (라) (다)에서 만든 NaOH(aq)에 물 y g을 추가하여 밀도가 1.06 g/mL인 1.5 M NaOH(aq) 0.5 L를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x+y=268$ 이다.
- ㄴ. $x\%$ NaOH(aq)의 몰랄 농도는 1.5 m보다 크다.
- ㄷ. (가)와 (나)의 NaOH(aq)에 녹아 있는 NaOH의 양 (mol)은 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23071-0295

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.

- (가) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g) \quad \Delta H = 180 \text{ kJ}$
- (나) $N_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g) \quad \Delta H = 66 \text{ kJ}$
- (다) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}$

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 $N_2(g)$, $O_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

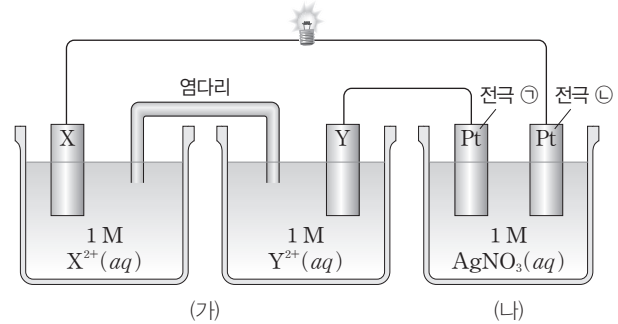
- ㄱ. NO(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 90 kJ/mol이다.
- ㄴ. $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 114 kJ이다.
- ㄷ. (다)에서 NH_3 1 mol이 생성될 때 방출하는 열량은 92 kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23071-0296

그림과 같이 금속 X와 Y로 이루어진 화학 전지 (가)와 전기 분해 장치 (나)를 도선으로 연결하였더니 질산 은($AgNO_3$) 수용액의 전기 분해가 일어났다. 전극 ㉠에서 산소(O_2) 기체가 발생했고, 환원되기 쉬운 경향은 $Ag^+ > H_2O$ 이다.



반응이 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.) [3점]

보기

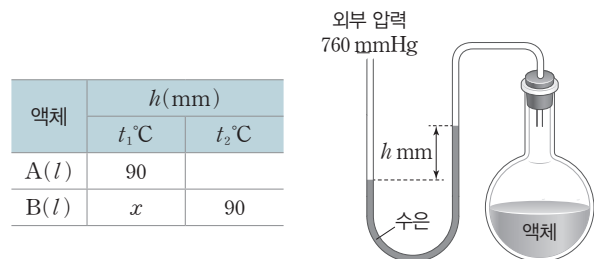
- ㄱ. (가)에서 금속 X는 산화된다.
- ㄴ. 전극 ㉠의 질량은 증가한다.
- ㄷ. 전극 ㉡은 (-)극이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶23071-0297

표는 A(l)와 B(l)를 그림과 같은 장치에 각각 넣고 평형에 도달했을 때 온도에 따른 수은 기둥의 높이 차(h)를 나타낸 것이다. $t_1 < t_2$ 이고, A와 B의 기준 끓는점은 $t_2^\circ C$ 보다 높다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 760 mmHg로 일정하고, 수은의 증기 압력은 무시한다.)

보기

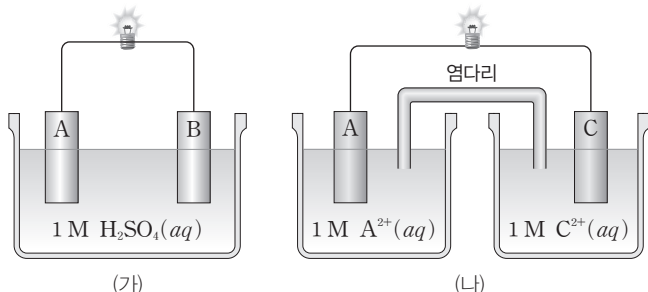
- ㄱ. $x > 90$ 이다.
- ㄴ. 기준 끓는점은 $A > B$ 이다.
- ㄷ. $t_2^\circ C$, 760 mmHg에서 B의 안정한 상은 액체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶ 23071-0298

그림은 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 (가)에서 A 전극의 질량이, (나)에서는 C 전극의 질량이 감소했다.



반응이 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

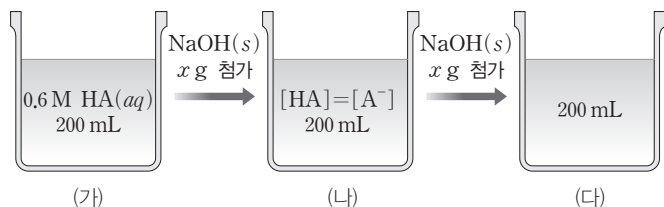
- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 C > A > B이다.
- ㄴ. (가)에서 수용액의 pH는 증가한다.
- ㄷ. (나)의 A 전극에서 환원 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶ 23071-0299

그림은 0.6 M 약산 HA(aq)에 NaOH(s)을 x g씩 두 차례 넣어 혼합 용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다. 25°C에서 산 HA의 이온화 상수(K_a)는 6 × 10⁻⁵이고, NaOH의 화학식량은 40이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1 × 10⁻¹⁴이고, 모든 수용액의 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. x = 2.4이다.
- ㄴ. (나)에서 pOH > 9.0이다.
- ㄷ. (다)에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = 10^4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

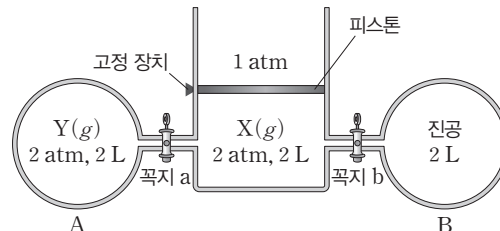
▶ 23071-0300

다음은 기체와 관련된 실험이다.

[화학 반응식] $X(g) + 2Y(g) \rightarrow zZ(g)$ (z는 반응 계수)

[실험 과정]

(가) T K에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기 A에 그림과 같이 X(g), Y(g)를 넣는다.



(나) 실린더의 고정 장치를 풀고, 꼭지 a를 열어 반응을 완결시키고 충분한 시간이 흐른 후, 꼭지 a를 닫는다.

(다) 꼭지 b를 열어 충분한 시간이 흐른 후, 꼭지 b를 닫는다.

[실험 결과]

○ (나) 과정 후 실린더 속 혼합 기체의 부피는 4 L이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. z = 1이다.
- ㄴ. (다) 과정 후 실린더 속 혼합 기체의 부피는 2 L이다.
- ㄷ. (다) 과정 후 강철 용기 속 Z(g)의 몰비는 A : B = 2 : 1이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

13

▶ 23071-0301

표는 물 500 g에 용질을 녹여 만든 수용액 (가)~(라)에 대한 자료이다. 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 a °C/m이다.

수용액	(가)	(나)	(다)	(라)
용질의 종류	A	A	A	B
용질의 질량(g)	x	x+y	x+y	$\frac{1}{2}y$
끓는점 오름(°C)	0.1a	0.15a	0.225a	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이 며 반응하지 않는다. 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

보기

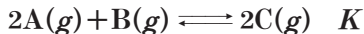
- ㄱ. x = 2y이다.
- ㄴ. 화학식량의 비는 A : B = 3 : 1이다.
- ㄷ. b = 0.3a이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

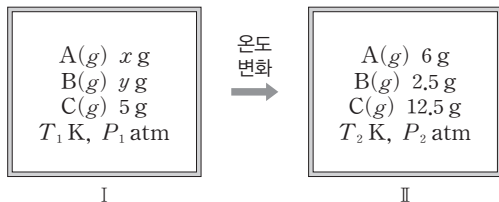
14

▶23071-0302

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 강철 용기에 A(g)~C(g)를 넣어 도달한 평형 상태 I과, 평형 상태 I에서 온도를 변화시킨 후 도달한 새로운 평형 상태 II를 나타낸 것이다. 화학식량은 A가 B의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

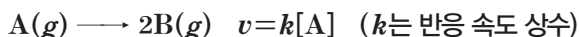
- ㄱ. $\frac{y}{x} = \frac{1}{3}$ 이다.
- ㄴ. $\frac{\text{II에서의 평형 상수}(K)}{\text{I에서의 평형 상수}(K)} = 20$ 이다.
- ㄷ. $\frac{P_1}{T_1}$ 은 $\frac{P_2}{T_2}$ 의 $\frac{8}{7}$ 배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

15

▶23071-0303

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



표는 부피가 같은 3개의 강철 용기에 서로 다른 양(mol)의 A(g)를 각각 넣어 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다. t는 반응 시간이다.

실험	온도	첨가한 촉매	[B](M)	
			t=3 min	t=6 min
I	T ₁	없음	7a	$\frac{63}{8}a$
II	T ₂	없음	12a	15a
III	T ₁	X(s)	30a	$\frac{255}{8}a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

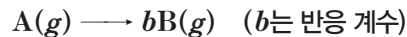
- ㄱ. 반감기는 II에서가 III에서의 2배이다.
- ㄴ. 반응 속도 상수(k)는 II > I > III이다.
- ㄷ. A(g)의 초기 농도는 II에서가 I에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16

▶23071-0304

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



$$v = k[A] \quad (k \text{는 반응 속도 상수})$$

표는 1 L의 강철 용기에 A(g) 2 mol을 넣은 후 반응이 진행될 때, $\frac{[B]}{[A]}$ 를 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.

반응 시간(s)	t	2t	3t	4t
$\frac{[B]}{[A]}$	2	6	14	x

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

보기

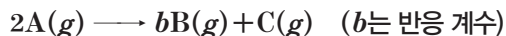
- ㄱ. 반감기는 2t s이다.
- ㄴ. A(g)의 몰 분율은 t s일 때가 3t s일 때의 5배이다.
- ㄷ. x=26이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▶23071-0305

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



$$v = k[A] \quad (k \text{는 반응 속도 상수})$$

표는 부피가 같은 두 강철 용기에 A(g)를 각각 넣어 반응시킨 실험 I, II에 대한 자료이다. n_A~n_C는 각각 A(g)~C(g)의 양(mol)이고, t는 반응 시간이다.

실험	온도	A(g)의 초기 양 (mol)	$\frac{n_B + n_C}{n_A}$	
			t=2 s	t=4 s
I	T ₁	4n	4.5	22.5
II	T ₂	n	1.5	4.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

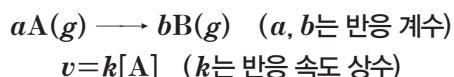
- ㄱ. b=2이다.
- ㄴ. II에서 $\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{\text{전체 기체의 질량}(g)}$ 은 4 s에서가 2 s에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄷ. I에서 3 s일 때 $\frac{([A] + [B] + [C])(M)}{[A] + [B] + [C]} = \frac{23}{11}$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

18

▶ 23071-0306

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



표는 부피가 2 L인 강철 용기에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, A(g)의 농도와 B(g)의 몰 분율을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.

반응 시간(min)	2	4
[A](M)	$2x$	$\frac{1}{2}x$
B(g)의 몰 분율	$\frac{3}{5}$	y

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

보기

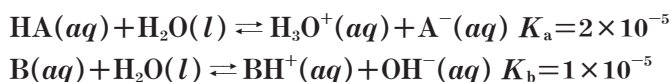
- ㄱ. $a=2b$ 이다.
 ㄴ. $y=\frac{15}{17}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{2 \text{ min일 때 B(g)의 양(mol)}}{4 \text{ min일 때 A(g)의 양(mol)}}=6$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶ 23071-0307

다음은 HA, B의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수이다.



표는 혼합 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

	혼합 수용액	평형 상태
(가)	0.1 M HA(aq) 70 mL + 0.05 M NaOH(aq) V_1 mL	$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{2}{5}$ $[H_3O^+] : [OH^-] = 1 : x$
(나)	0.2 M B(aq) 200 mL + 0.1 M HCl(aq) 100 mL	$\frac{[B]}{[BH^+]} = y$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x=4 \times 10^{-6}$ 이다.
 ㄴ. $V_1 \times y=60$ 이다.
 ㄷ. (나)에 0.3 M HCl(aq) 100 mL를 추가하면 $pOH=10.0$ 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

20

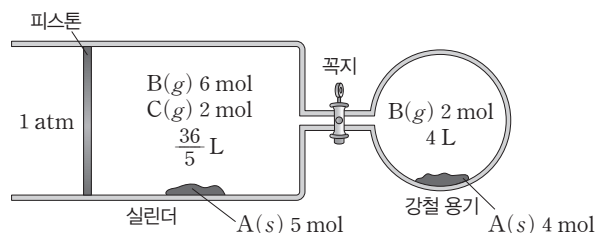
▶ 23071-0308

다음은 화학 평형과 관련된 실험이다.

- 화학 반응식과 온도 T 에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)
 $2A(s) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g) \quad K=1$

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 실린더에 A(s), B(g), C(g)를, 강철 용기에 A(s)와 B(g)를 넣는다.



- (나) 실린더와 강철 용기에서 각각 반응을 진행시키고 충분한 시간이 흐른 후 강철 용기 속 혼합 기체의 압력(P)과 실린더 속 혼합 기체의 부피(V)를 측정한다.
 (다) 꼭지를 열어 반응을 진행시키고 충분한 시간이 흐른 후, 새로운 평형 상태에 도달시킨다.

[실험 결과]

- (나) 과정 후 $P=x$ atm이다.
 ○ (나) 과정 후 $V=9$ L이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 고체의 부피와 증기압, 연결관의 부피, 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x=\frac{27}{40}$ 이다.
 ㄴ. (나) 과정 후 실린더 속 B(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{5}$ atm이다.
 ㄷ. (다) 과정 후 $\frac{[B]}{[C]} < \frac{5}{8}$ 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23071-0309

다음은 에너지원으로 사용되는 물질 (가)에 대한 자료이다.

물의 광분해 반응을 통해 얻을 수 있는 [가]와 공기 중의 산 소를 반응시켜 전기 에너지를 생성하는 전지를 [가] 연료 전지라고 한다.

(가)로 가장 적절한 것은?

- ① 붕소 ② 수소 ③ 염소 ④ 질소 ⑤ 탄소

02

▶23071-0310

다음은 H₂O과 관련된 설명이다.

- 물 분자 사이의 [㉠]으로 인해 물의 표면 장력이 크다.
- 분자당 [㉡]의 수는 H₂O(s)에서가 H₂O(l)에서보다 [㉢].

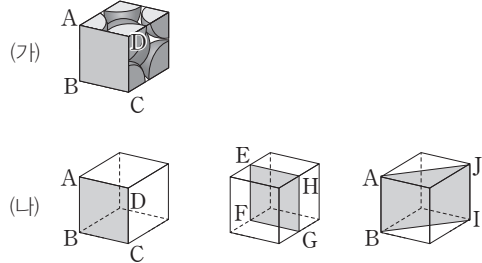
㉠과 ㉢으로 적절한 것은?

- | | |
|---------|-----|
| [㉠] | [㉢] |
| ① 공유 결합 | 크다 |
| ② 공유 결합 | 작다 |
| ③ 수소 결합 | 크다 |
| ④ 수소 결합 | 작다 |
| ⑤ 다중 결합 | 크다 |

03

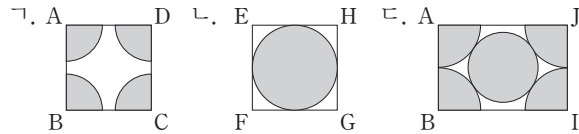
▶23071-0311

그림 (가)는 체심 입방 구조를 갖는 금속 M 결정의 단위 세포 모 형을, (나)는 (가)의 3가지 면 또는 단면을 나타낸 것이다.



(나)에서 면 ABCD, EFGH, ABIJ로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

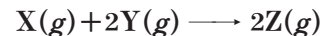


- ① 가
- ② 나
- ③ 다
- ④ 가, 나
- ⑤ 나, 다

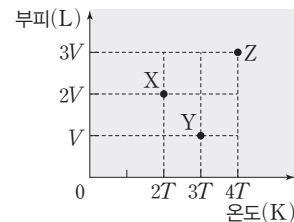
04

▶23071-0312

다음은 X(g)와 Y(g)가 반응하여 Z(g)가 생성되는 반응의 화 학 반응식이다.



그림은 질량이 같은 X(g)~Z(g)의 온도에 따른 부피를 나타낸 것이다. 분자량은 Y가 X의 2배이다.



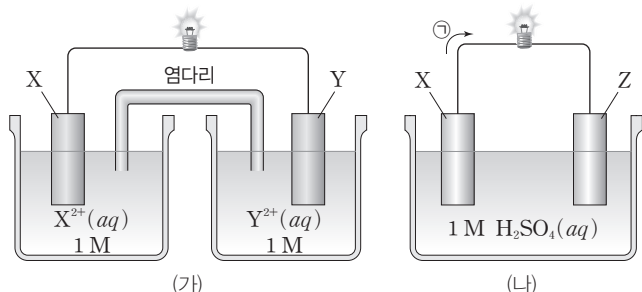
X(g)~Z(g)의 압력을 각각 P₁, P₂, P₃이라고 할 때, $\frac{P_3}{P_2 - P_1}$ 은?

- ① $\frac{3}{8}$ ② $\frac{5}{6}$ ③ $\frac{16}{15}$ ④ $\frac{17}{12}$ ⑤ $\frac{14}{9}$

05

▶ 23071-0313

그림은 금속 X~Z를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)에서 각각 전지 반응이 진행되는 것을 나타낸 것이다. ㉠은 전자의 이동 방향을 나타낸 것이고, (가)에서 Y 전극의 질량은 감소한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 물과 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 X²⁺(aq)은 환원된다.
- ㄴ. (나)에서 Z 전극의 질량은 증가한다.
- ㄷ. 금속의 이온화 경향은 Y > X > Z이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23071-0314

표는 w g의 H₂O(l)에 A(s)의 질량을 달리하여 녹인 수용액 (가)와 (나)의 몰랄 농도를 나타낸 것이다. A의 화학식량은 80이다.

수용액	녹인 A(s)의 질량(g)	몰랄 농도(m)
(가)	x	1
(나)	x+2	1.5

(가)와 (나)를 혼합한 용액의 퍼센트 농도(%)는? [3점]

- ① 8 ② $\frac{33}{4}$ ③ 10 ④ $\frac{100}{11}$ ⑤ $\frac{50}{6}$

07

▶ 23071-0315

다음은 25°C, 1 atm에서 CH₄(g)과 CH₃OH(l)의 연소와 관련된 열화학 반응식과 2가지 물질의 생성 엔탈피(ΔH)이다. a~c, x~z는 각각 반응 계수이다.

- CH₄(g) + aO₂(g) → bCO₂(g) + cH₂O(l) ΔH = -890 kJ
- 2CH₃OH(l) + xO₂(g) → yCO₂(g) + zH₂O(l) ΔH = -1452 kJ

○ 2가지 물질의 생성 엔탈피(ΔH)

물질	CH ₄ (g)	CH ₃ OH(l)
생성 엔탈피(ΔH) (kJ/mol)	-75	㉠

㉠은? [3점]

- ① -478 ② -239 ③ -178 ④ -128 ⑤ -89

08

▶ 23071-0316

표는 16족 원소 X~Z의 3가지 수소 화합물의 기준 끓는점과 분자량을 나타낸 것이다.

물질	H ₂ X	H ₂ Y	H ₂ Z
기준 끓는점(°C)	t	t+20	t+162
분자량(상댓값)	1	2.4	0.53

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

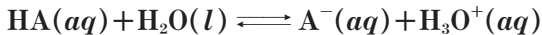
- ㄱ. H₂X(l)는 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.
- ㄴ. H₂Z(l)는 분자 사이에 수소 결합을 한다.
- ㄷ. 분산력은 H₂Y(l) > H₂Z(l)이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

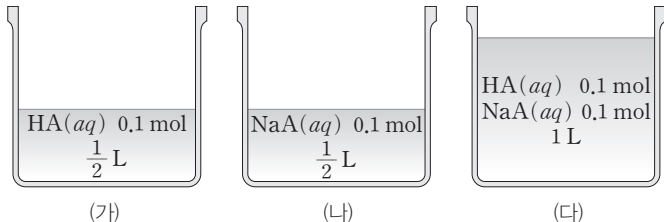
09

▶23071-0317

다음은 수용액에서 약산 HA의 이온화 반응식이다.



그림은 수용액 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

보기

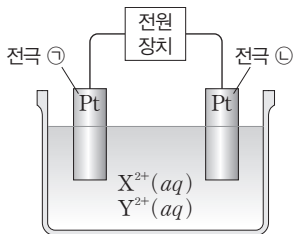
- ㄱ. HA의 짝염기는 A⁻이다.
- ㄴ. (다)는 완충 용액이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액과 (다)의 pH는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶23071-0318

그림은 백금(Pt) 전극을 사용하여 같은 양(mol)의 X²⁺과 Y²⁺이 각각 녹아 있는 수용액을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 반응이 진행될 때 전극 ㉠에서 X(s)가 먼저 석출된 후, Y(s)가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 Y > X이다.
- ㄴ. 전극 ㉠은 (-)극이다.
- ㄷ. 전극 ㉡에서 산화 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23071-0319

표는 2가지 온도 조건에서 A의 몰 분율(X_A)에 따른 A(aq)의 증기 압력을 나타낸 것이다. H₂O(l)의 기준 끓는점은 100°C이다.

온도(°C)	증기 압력(atm)		
	X _A =0.05	X _A =0.1	X _A =0.15
t ₁		P ₁	0.9
t ₂	P ₂	0.9	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A는 비휘발성, 비전해질이고, 용액은 라울 법칙을 따르며, 대기압은 1 atm으로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. t₁ > 100이다.
- ㄴ. X_A=0.05인 A(aq)의 기준 끓는점은 t₂°C보다 높다.
- ㄷ. P₁ > P₂이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23071-0320

다음은 25°C, 1 atm에서 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	C-C	C-F	F-F
결합 에너지(kJ/mol)	350	450	x

이 자료로부터 구한 x는?

- ① 162 ② 238 ③ 294 ④ 324 ⑤ 476

13

▶ 23071-0321

다음은 물질 X에 대한 자료이다.

- $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 안정한 상은 고체와 기체이다.
- $t_1^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 안정한 상은 고체와 액체이다.
- $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 안정한 상은 액체와 기체이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 고체, 액체, 기체의 3가지 상만 갖는다.)

보기

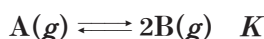
- ㄱ. $t_2 > t_1$ 이다.
- ㄴ. P_2 atm에서 X의 끓는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 이다.
- ㄷ. $t_2^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 X의 가장 안정한 상은 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

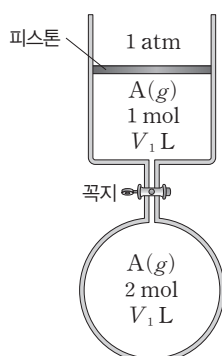
14

▶ 23071-0322

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 A(g)가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. T에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에서 실린더 속 A(g)의 부분 압력은 0.6 atm이고, 꼭지를 열어 도달한 새로운 평형 상태에서 실린더 속 기체의 부피는 V_2 L가 되었다.



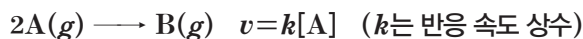
$K \times V_2$ 는? (단, 온도와 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{3}{5}$ ② $\frac{11}{15}$ ③ $\frac{11}{12}$ ④ 1 ⑤ $\frac{5}{4}$

15

▶ 23071-0323

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



표는 w g의 A(g)를 강철 용기에 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 B(g)의 질량에 대한 자료이다.

반응 시간(min)	t	2t
B(g)의 질량(g)	$\frac{3}{4}w$	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

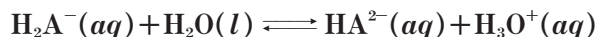
- ㄱ. $x = \frac{15}{16}w$ 이다.
- ㄴ. 순간 반응 속도는 t min일 때가 2t min일 때의 2배이다.
- ㄷ. 평균 반응 속도는 0~2t min 동안이 t~2t min 동안의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

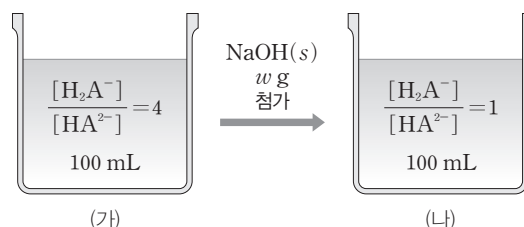
▶ 23071-0324

다음은 $\text{H}_2\text{A}^-(aq)$ 의 이온화 반응식과 25°C 에서의 이온화 상수(K_a)이다.



$$K_a = 1 \times 10^{-8}$$

그림 (가)는 25°C 에서 1 M $\text{NaH}_2\text{A}(aq)$ V_1 mL와 1 M $\text{Na}_2\text{HA}(aq)$ V_2 mL를 혼합하여 만든 수용액을, (나)는 (가)의 수용액에 w g의 NaOH(s)을 첨가하여 만든 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, NaOH의 화학식량은 40이며, 수용액의 온도는 25°C 로 일정하다.) [3점]

보기

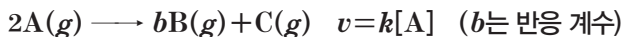
- ㄱ. $\frac{V_2}{V_1} = 4$ 이다.
- ㄴ. $w = 1.2$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 수용액의 pH=8.0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶23071-0325

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



표는 A(g)와 C(g)를 n mol씩 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 넣은 후 진행된 반응에 대한 자료이다. (가)에서 $t=2 \text{ min}$ 일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{25}{16}$ 이다.

강철 용기	온도	반응 시간(t)	$\frac{B(g) \text{의 부분 압력}}{C(g) \text{의 부분 압력}}$
(가)	T_1	2 min	$\frac{12}{11}$
(나)	T_2	3 min	$\frac{12}{11}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $b=2$ 이다.
- ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다.
- ㄷ. $t=3 \text{ min}$ 일 때, $\frac{\text{(나)에서 } B(g) \text{의 부분 압력}}{\text{(가)에서 } A(g) \text{의 부분 압력}} < 12$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

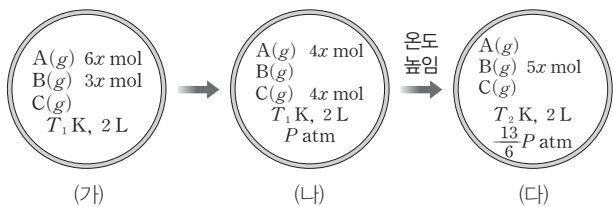
18

▶23071-0326

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림 (가)는 2 L 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I을, (다)는 (나)에서 온도를 높인 후 도달한 새로운 평형 상태 II를 나타낸 것이다. $\frac{\text{(나)에서 } B(g) \text{의 부분 압력}}{\text{(가)에서 } C(g) \text{의 부분 압력}} = 2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

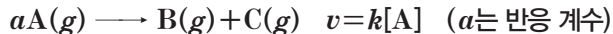
- ㄱ. $a=1$ 이다.
- ㄴ. $\frac{\text{II에서 평형 상수}(K)}{\text{I에서 평형 상수}(K)} = \frac{45}{2}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{T_2}{T_1} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

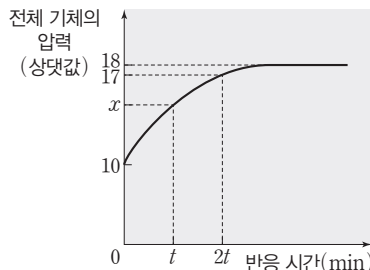
19

▶23071-0327

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



그림은 A(g)와 C(g)의 혼합 기체를 강철 용기에 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 강철 용기 속 전체 기체의 압력을 나타낸 것이다. $2t \text{ min}$ 에서 $\frac{C(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = 9$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $a=1$ 이다.
- ㄴ. $x=16$ 이다.
- ㄷ. $4t \text{ min}$ 일 때, $\frac{C(g) \text{의 부분 압력}}{B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{39}{31}$ 이다.

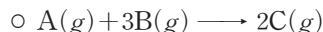
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶23071-0328

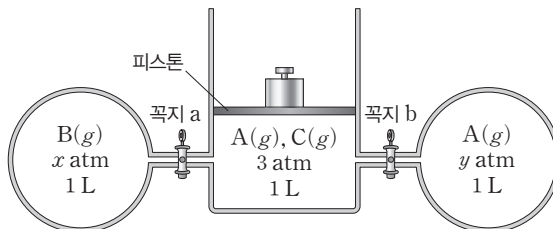
다음은 기체 반응 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 실린더에 A(g)와 C(g)를, 2개의 강철 용기에 각각 B(g)와 A(g)를 넣는다.



(나) 온도를 T K로 유지하면서 꼭지 a를 열어 반응을 완결시키고 충분한 시간이 흐른 후 꼭지 a를 닫는다.

(다) 온도를 $\frac{3}{4} T K$ 로 낮추어 유지시키고 추를 제거한 후 꼭지 b를 열어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

○ 각 과정 후 실린더 속 기체의 부피와 C(g)의 부분 압력

과정	(가)	(나)	(다)
실린더 속 기체의 부피(L)	1	1	$\frac{3}{2}$
실린더 속 C(g)의 부분 압력(atm)	2	P_1	P_2

$\frac{P_1}{P_2}$ 는? (단, 대기압은 1 atm이고, 피스톤의 질량과 마찰 및 연결관의 부피는 무시한다.) [3점]

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