

수능완성

2027학년도 수능 연계교재

과학탐구영역

화학 II

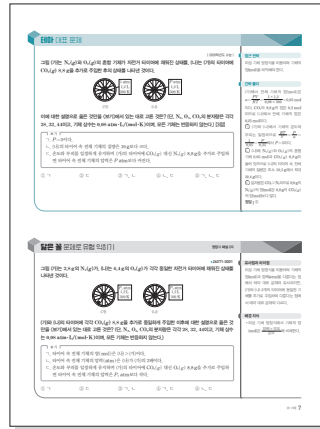
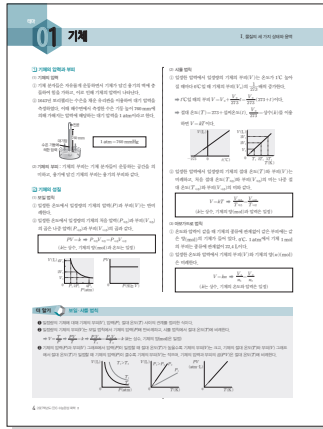
이 책의 차례 CONTENTS

	제목	페이지
01	기체	4
02	액체와 고체	17
03	용액의 농도	26
04	묾은 용액의 성질	33
05	엔탈피와 열화학 반응식	40
06	결합 에너지와 헤스 법칙	46
07	화학 평형과 평형 상수	53
08	화학 평형 이동	59
09	상평형	67
10	산 염기 평형	73
11	반응 속도	82
12	반응 속도에 영향을 미치는 요인	95
13	전기 화학과 이용	102
	실전 모의고사 1회	112
	실전 모의고사 2회	117
	실전 모의고사 3회	122
	실전 모의고사 4회	127
	실전 모의고사 5회	132

이 책의 구성과 특징 STRUCTURE

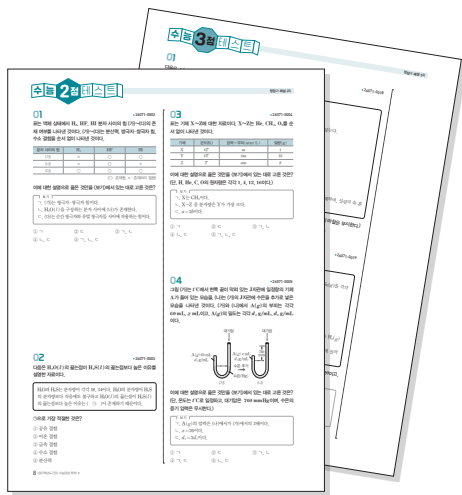
테마별 교과 내용 정리

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



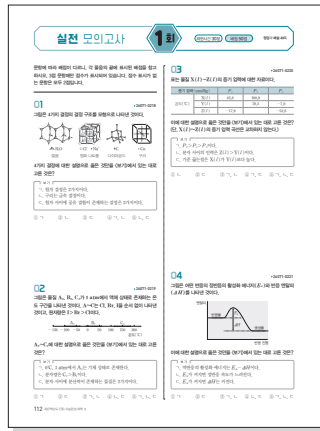
테마 대표 문제

테마 대표 문제, 접근 전략, 간략 풀이를 통해 대표 유형을 익힐 수 있고, 함께 실린 님은 꼴 문제를 스스로 풀어 유형에 대한 적응력을 기를 수 있습니다.



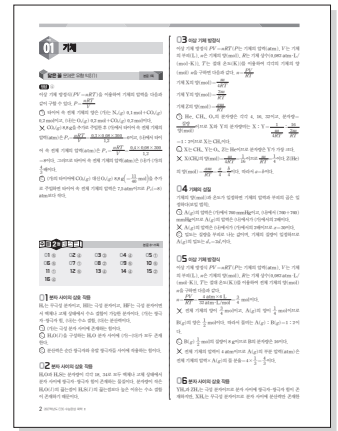
수능 2점 테스트와 수능 3점 테스트

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 교과 내용을 연결하여 설명하고, 오답을 찾아 분석함으로써 유사 문제 및 응용 문제에 대한 대비가 가능하도록 하였습니다.

학생

인공지능 DANCHO 프리봇 문제 검색

EBS 사이트와 EBSi 고교강의 APP 하단의 AI 학습도우미 프리봇을 통해 문항코드를 검색하면 프리봇이 해당 문제의 해설과 해설 강의를 찾아 줍니다. 사진 촬영으로도 검색할 수 있습니다.

문제별 문항코드 확인 [26071-0001] → 26071-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

문항코드 검색

사진 촬영 검색

선생님

EBS 교사지원센터 교재 관련 자료 제공

교재의 문항 한글(HWP) 파일과 교재이미지, 강의자료를 무료로 제공합니다.

한글다운로드 **교재이미지** **강의자료**

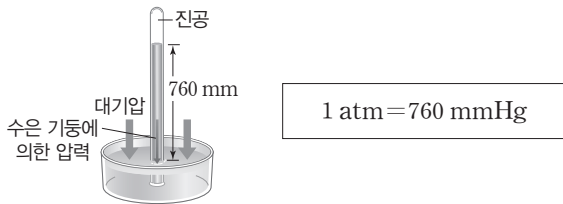
• 교사지원센터(teacher.ebsi.co.kr)에서 '교사인증' 이후 이용하실 수 있습니다.
• 교사지원센터에서 제공하는 자료는 교재별도 다를 수 있습니다.

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.



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

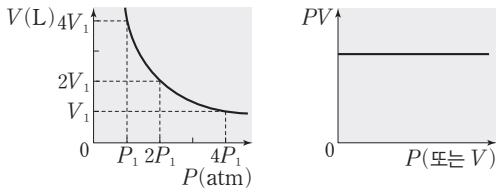
② 기체의 성질

(1) 보일 법칙

- ① 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력(P)과 부피(V)는 반비례한다.
- ② 일정한 온도에서 일정량의 기체의 처음 압력(P_{처음})과 부피(V_{처음})의 곱은 나중 압력(P_{나중})과 부피(V_{나중})의 곱과 같다.

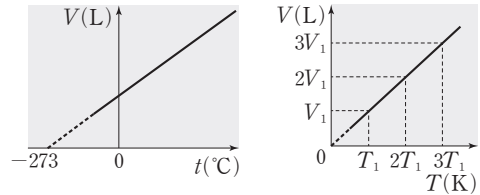
$$PV = k \Rightarrow P_{\text{처음}}V_{\text{처음}} = P_{\text{나중}}V_{\text{나중}}$$

(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(T_{처음})와 부피(V_{처음})의 비는 나중 절대 온도(T_{나중})와 부피(V_{나중})의 비와 같다.

$$V = kT \Rightarrow \frac{V_{\text{처음}}}{T_{\text{처음}}} = \frac{V_{\text{나중}}}{T_{\text{나중}}}$$

(k는 상수, 기체의 양(mol)과 압력은 일정)

(3) 아보가드로 법칙

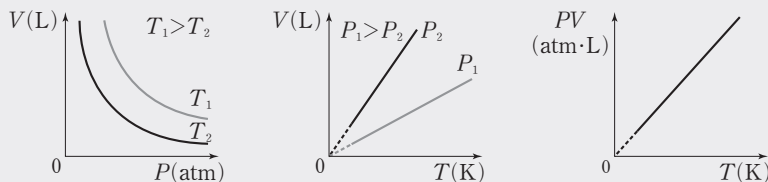
- ① 온도와 압력이 같을 때 기체의 종류에 관계없이 같은 부피에는 같은 양(mol)의 기체가 들어 있다. 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 종류에 관계없이 22.4 L이다.
- ② 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피(V)와 기체의 양(n)(mol)은 비례한다.

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

(k는 상수, 기체의 온도와 압력은 일정)

더 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 압력(P)이 일정할 때 절대 온도(T)가 높을수록 기체의 부피(V)는 크고, 기체의 절대 온도(T)와 부피(V) 그래프에서 절대 온도(T)가 일정할 때 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.

<ul style="list-style-type: none"> • 보일 법칙 : $V \propto \frac{1}{P}$ • 아보가드로 법칙 : $V \propto n$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 샤를 법칙 : $V \propto T$
➔ 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.

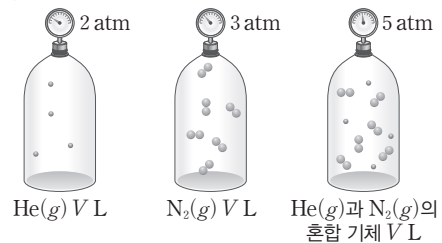
$$n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{w}{M} = \frac{PV}{RT} \Rightarrow M = \frac{wRT}{PV}$$

- 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

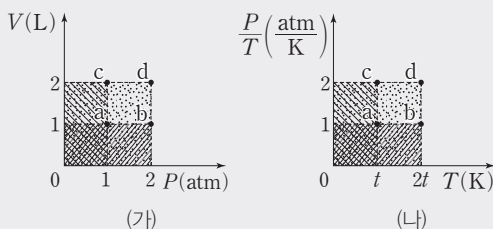
- (1) 부분 압력 법칙
 - ① 용기에 서로 반응하지 않는 2가지 이상의 기체가 혼합되어 있을 때 각 성분 기체가 나타내는 압력을 각 성분 기체의 부분 압력(분압)이라고 하고, 혼합된 각 기체의 부분 압력의 합을 전체 압력이라고 한다.



더 알기 이상 기체 방정식과 그래프

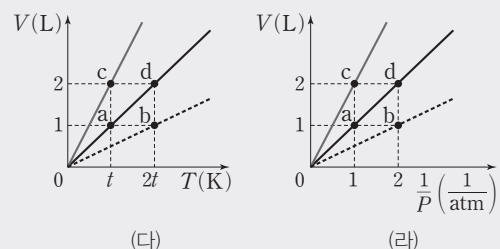
일정량의 기체의 성질을 나타낸 그래프 (가)~(라)에서 a~d 지점에 해당하는 기체의 압력(P)과 온도(T)는 다음과 같은 관계를 갖는다.

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

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

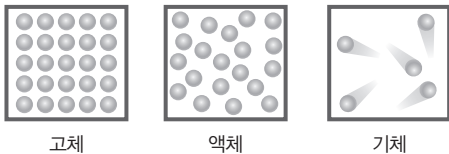
P_T 는 전체 압력,

(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.



고체

액체

기체

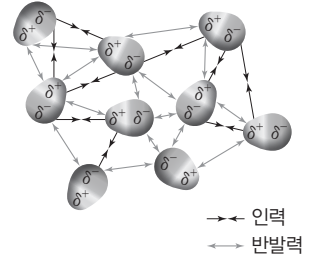
② 분자 사이의 힘이 클수록 액체에서 기체로 상태가 변화되기 위해 많은 에너지가 필요하므로 기준 끓는점(1 atm에서의 끓는점)이 높다.

(2) 쌍극자·쌍극자 힘

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

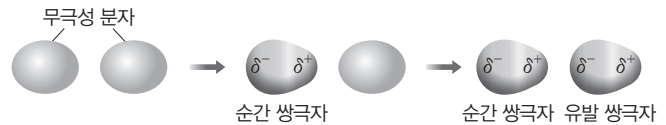
② 무극성 분자 간에는 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지 않는다.

③ 쌍극자 모멘트가 클수록 분자의 극성이 크며, 분자의 극성이 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.

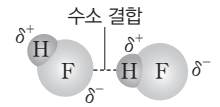


② 극성·극성 분자 사이, 무극성·무극성 분자 사이, 극성·무극성 분자 사이에 분산력이 모두 작용한다.

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

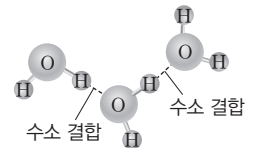
(4) 수소 결합

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



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

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



더 알기 부분 압력 법칙

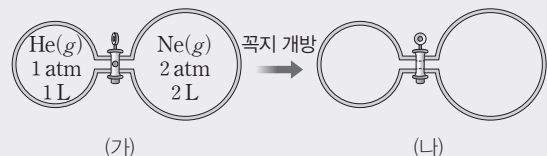
① 온도가 일정할 때 기체의 분자 수는 (압력 × 부피)에 비례한다.

→ (가)에서 He과 Ne의 분자 수 비는 (1 atm × 1 L) : (2 atm × 2 L) = 1 : 40이다.

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) = ($P \times 3 L$), $P = \frac{5}{3} \text{ atm}$

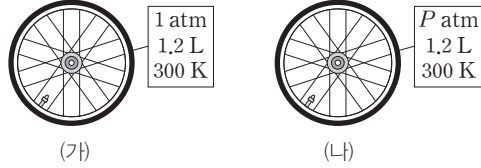
③ (나)에서 He과 Ne의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{5}, \frac{4}{5}$ 이므로 He(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{3} \text{ atm} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{3} \text{ atm}$ 이고, Ne(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{3} \text{ atm} \times \frac{4}{5} = \frac{4}{3} \text{ atm}$ 이다.



테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

그림 (가)는 $N_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 혼합 기체가 자전거 타이어에 채워진 상태를, (나)는 (가)의 타이어에 $CO_2(g)$ 8.8 g을 추가로 주입한 후의 상태를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, N_2 , O_2 , CO_2 의 분자량은 각각 28, 32, 44이고, 기체 상수는 $0.08 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 이며, 모든 기체는 반응하지 않는다.) [3점]

보기

- ㄱ. $P=5$ 이다.
- ㄴ. (나)의 타이어 속 전체 기체의 질량은 10 g보다 크다.
- ㄷ. 온도와 부피를 일정하게 유지하며 (가)의 타이어에 $CO_2(g)$ 대신 $N_2(g)$ 8.8 g을 추가로 주입하면 타이어 속 전체 기체의 압력은 $P \text{ atm}$ 보다 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

이상 기체 방정식을 이용하여 기체의 양(mol)을 파악해야 한다.

간략 풀이

(가)에서 전체 기체의 양(mol)은 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 1.2}{0.08 \times 300} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. CO_2 의 8.8 g의 양은 0.2 mol이므로 (나)에서 전체 기체의 양은 0.25 mol이다.

㉠ (가)와 (나)에서 기체의 온도와 부피는 일정하므로 $\frac{RT}{V} = \frac{P}{n} = \frac{1}{0.05} = \frac{P}{0.25}$ 에서 $P=5$ 이다.

㉡ (나)에 $N_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 혼합 기체 0.05 mol과 $CO_2(g)$ 8.8 g이 들어 있으므로 (나)의 타이어 속 전체 기체의 질량은 최소 10.2 g에서 최대 10.4 g이다.

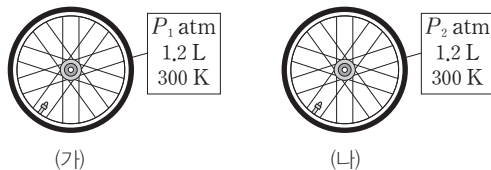
㉢ 분자량은 $CO_2 > N_2$ 이므로 8.8 g의 $N_2(g)$ 의 양(mol)은 8.8 g의 $CO_2(g)$ 의 양(mol)보다 많다.

정답 | ⑤

짧은 풀이 문제로 유형 익히기

정답과 해설 2쪽

그림 (가)는 2.8 g의 $N_2(g)$ 가, (나)는 6.4 g의 $O_2(g)$ 가 각각 동일한 자전거 타이어에 채워진 상태를 나타낸 것이다.



(가)와 (나)의 타이어에 각각 $CO_2(g)$ 8.8 g을 추가로 동일하게 주입한 이후에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, N_2 , O_2 , CO_2 의 분자량은 각각 28, 32, 44이고, 기체 상수는 $0.08 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 이며, 모든 기체는 반응하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 타이어 속 전체 기체의 양(mol)은 (나) > (가)이다.
- ㄴ. 타이어 속 전체 기체의 압력(atm)은 (나)가 (가)의 2배이다.
- ㄷ. 온도와 부피를 일정하게 유지하며 (가)의 타이어에 $CO_2(g)$ 대신 $O_2(g)$ 8.8 g을 추가로 주입하면 타이어 속 전체 기체의 압력은 $P_2 \text{ atm}$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

이상 기체 방정식을 이용하여 기체의 양(mol)과 압력(atm)을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 유사하지만, (가)와 (나) 2개의 타이어에 동일한 기체를 추가로 주입하여 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

· 이상 기체 방정식에서 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례한다.

01

▶26071-0002

표는 액체 상태에서 H_2 , HF, HI 분자 사이의 힘 (가)~(다)의 존재 여부를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 분산력, 쌍극자·쌍극자 힘, 수소 결합을 순서 없이 나타낸 것이다.

분자 사이의 힘	H_2	HF	HI
(가)	×	○	○
(나)	×	○	×
(다)	○	○	○

(○: 존재함, ×: 존재하지 않음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 쌍극자·쌍극자 힘이다.
- ㄴ. $H_2O(l)$ 을 구성하는 분자 사이에 (나)가 존재한다.
- ㄷ. (다)는 순간 쌍극자와 유발 쌍극자들 사이에 작용하는 힘이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0003

다음은 $H_2O(l)$ 의 끓는점이 $H_2S(l)$ 의 끓는점보다 높은 이유를 설명한 자료이다.

H_2O 과 H_2S 는 분자량이 각각 18, 34이다. H_2O 의 분자량이 H_2S 의 분자량보다 작음에도 불구하고 $H_2O(l)$ 의 끓는점이 $H_2S(l)$ 의 끓는점보다 높은 이유는 (㉠)이 존재하기 때문이다.

㉠으로 가장 적절한 것은?

- ① 공유 결합
- ② 이온 결합
- ③ 금속 결합
- ④ 수소 결합
- ⑤ 분산력

03

▶26071-0004

표는 기체 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 He, CH_4 , O_2 를 순서 없이 나타낸 것이다.

기체	온도(K)	압력×부피(atm·L)	질량(g)
X	$4T$	m	1
Y	$2T$	$4m$	16
Z	T	am	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, He, C, O의 원자량은 각각 1, 4, 12, 16이다.)

보기

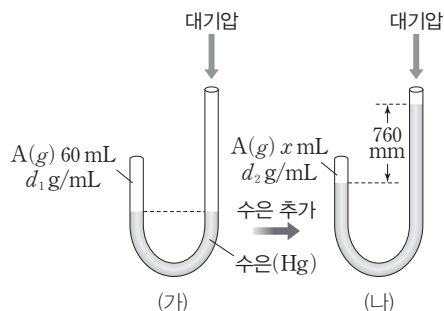
- ㄱ. X는 CH_4 이다.
- ㄴ. X~Z 중 분자량은 Y가 가장 크다.
- ㄷ. $a=2b$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0005

그림 (가)는 $t^\circ C$ 에서 한쪽 끝이 막혀 있는 J자관에 일정량의 기체 A가 들어 있는 모습을, (나)는 (가)의 J자관에 수은을 추가로 넣은 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A(g)의 부피는 각각 60 mL, x mL이고, A(g)의 밀도는 각각 d_1 g/mL, d_2 g/mL이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 $t^\circ C$ 로 일정하고, 대기압은 760 mmHg이며, 수은의 증기 압력은 무시한다.)

보기

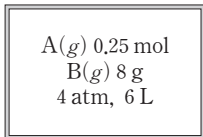
- ㄱ. A(g)의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄴ. $x=20$ 이다.
- ㄷ. $d_2=2d_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0006

그림은 T K에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. 전체 기체의 압력은 4 atm이고, 부피는 6 L이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $RT=32 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}$ 이다.)

보기

ㄱ. 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 2 : 1이다.

ㄴ. B의 분자량은 16이다.

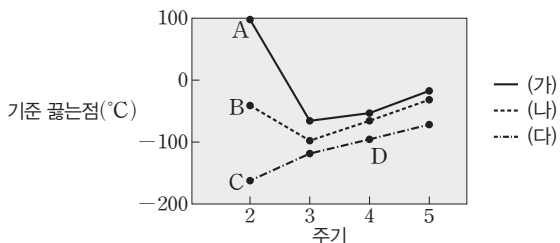
ㄷ. A(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{3}$ atm이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0007

그림은 같은 족에서 X~Z의 주기에 따른 수소 화합물 XH_4 , YH_3 , ZH_2 의 기준 끓는점을 나타낸 것이다. X~Z는 각각 14족, 15족, 16족 원소이고, (가)~(다)는 XH_4 , YH_3 , ZH_2 를 순서 없이 나타낸 것이다. 수소 화합물에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.



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

보기

ㄱ. (다)는 XH_4 이다.

ㄴ. A~C 중 액체 상태에서 수소 결합이 존재하는 물질은 2가지이다.

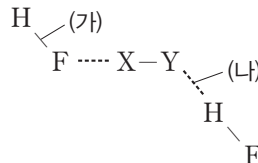
ㄷ. D가 C보다 기준 끓는점이 높은 이유는 D가 C보다 분산력이 크기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0008

그림은 액체 상태에서 HF 분자와 관련된 결합 모형을 나타낸 것이다. X와 Y는 H(수소)와 F(플루오린)을 순서 없이 나타낸 것이고, (가)와 (나)는 수소 결합과 공유 결합을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 H이다.

ㄴ. 결합의 세기는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. HF(l)가 기화될 때 끊어지는 결합은 (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

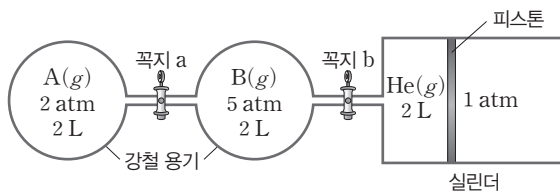
08

▶26071-0009

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



그림은 T K에서 두 강철 용기에 A(g)와 B(g)가, 실린더에 He(g)이 들어 있는 상태를 나타낸 것이다.



T K에서 꼭지 a를 열어 A(g)와 B(g)의 반응을 완결시킨 후, 꼭지 b를 열고 충분한 시간 동안 놓아두었을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 연결관의 부피, 피스톤의 마찰은 무시하고, $RT=32 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}$ 이다.)

보기

ㄱ. 남은 반응물은 B(g)이다.

ㄴ. 생성된 C(g)의 양(mol)은 $\frac{3}{16}$ 이다.

ㄷ. D(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

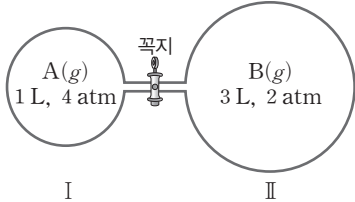
09

▶26071-0010

다음은 기체와 관련된 실험이다. A(g)와 B(g)는 반응하지 않는다.

[실험 과정]

(가) T K에서 1 L 강철 용기 I에 A(g)를 4 atm으로, 3 L 강철 용기 II에 B(g)를 2 atm으로 채운다.



(나) 꼭지를 열고 온도를 2T K로 올리고 충분한 시간이 흐른 후 꼭지를 닫는다.

(다) 2T K에서 I의 기체를 모두 빼내 진공으로 만든 뒤, 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후 혼합 기체의 압력을 측정한다.

[실험 결과]

○ (다)에서 측정한 혼합 기체의 압력 : P atm

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

보기

ㄱ. (가)에서 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 2 : 3이다.

ㄴ. (나)에서 I에 들어 있는 B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{5}$ 이다.

ㄷ. $P = \frac{15}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0011

다음은 4가지 17족 원소의 수소 화합물의 분자량 및 기준 끓는점과 이에 대한 세 학생의 대화이다.

화합물	HF	HCl	HBr	HI
분자량	20.0	36.5	80.9	127.9
기준 끓는점(°C)	20	-85	-66	-36

학생 A : 위 4가지 수소 화합물은 모두 액체 상태에서 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재해.
 학생 B : 액체 상태에서 HF 분자 사이에 수소 결합이 존재해.
 학생 C : HCl, HBr, HI 분자의 경우 분자량이 클수록 기준 끓는점이 높아.

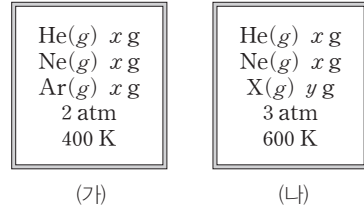
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

11

▶26071-0012

그림 (가)와 (나)는 부피가 같은 두 강철 용기에 He(g), Ne(g), Ar(g)의 혼합 기체와 He(g), Ne(g), X(g)의 혼합 기체가 각각 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. X의 분자량은 M_X 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, He, Ne, Ar의 원자량은 각각 4, 20, 40이고, 기체 상수는 a atm·L/(mol·K)이며, X(g)는 반응하지 않는다.)

보기

ㄱ. (가)에서 혼합 기체의 밀도는 $\frac{3}{65a}$ g/L이다.

ㄴ. (나)에서 $\frac{\text{He}(g) \text{의 부분 압력}}{\text{X}(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{4}{3}$ 이다.

ㄷ. $\frac{x}{y} = \frac{3}{16M_X}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

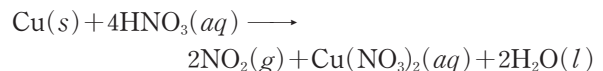
12

▶26071-0013

다음은 구리(Cu(s))와 관련된 실험이다. Cu의 원자량은 64이고, NO₂의 분자량은 46이다.

[자료]

○ (가)의 화학 반응식:



○ (다)의 화학 반응식: $2\text{NO}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(g)$

[실험 과정 및 결과]

(가) Cu(s) 3.2 g을 진한 질산(HNO₃(aq))과 모두 반응시켜 이산화 질소(NO₂(g))와 질산 구리(Cu(NO₃)₂) 수용액이 생성되는 반응을 완결시켰다.

(나) 320 K, 1 atm에서 생성된 NO₂(g)의 부피(L)는 V₁이었다.

(다) 320 K에서 (가)의 생성된 NO₂(g)를 모두 6 L 반응 용기에 넣은 후, 반응 용기를 300 K까지 식힌다.

(라) NO₂(g)가 반응하여 (다)의 반응 용기 속 전체 기체의 압력이 0.3 atm일 때, NO₂(g)의 몰 분율은 x이었다.

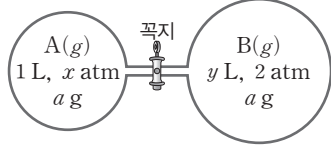
$\frac{V_1}{x}$ 은? (단, 기체 상수는 0.08 atm·L/(mol·K)이다.)

- ① 0.64 ② 1.28 ③ 1.92 ④ 2.56 ⑤ 3.84

13

▶26071-0014

그림은 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. $A(g)$ 와 $B(g)$ 는 반응하지 않으며, A와 B의 분자량비는 $A : B = 2 : 3$ 이다.



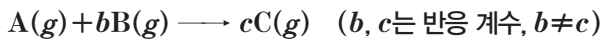
꼭지를 열어 충분한 시간이 지났을 때, $\frac{x}{y} \times \frac{A(g) \text{의 부분 압력}}{B(g) \text{의 부분 압력}}$ 은? (단, 온도는 T K로 일정하고, 연결관의 부피는 무시한다.)

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{5}{2}$ ③ $\frac{7}{2}$ ④ $\frac{9}{2}$ ⑤ $\frac{11}{2}$

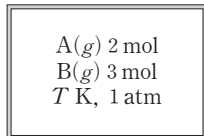
14

▶26071-0015

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



그림은 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 혼합 기체가 강철 용기에 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. 반응이 진행되어 완결된 후 T K에서 혼합 기체의 압력은 0.6 atm 이고, 온도를 $3T$ K로 높이면 $C(g)$ 의 부분 압력은 1.2 atm 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 반응이 완결된 후 $A(g)$ 가 남는다.
- ㄴ. 반응이 완결된 후 T K에서 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{3}{4}$ 이다.
- ㄷ. $b + c = 5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

15

▶26071-0016

표는 실린더 (가)~(다)에 들어 있는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 전체 기체의 압력은 $P \text{ atm}$ 으로 같다.

실린더	질량(g)		온도(K)	기체의 밀도
	A(g)	B(g)		
(가)	w	0	T	$3d$
(나)	0	aw	$2T$	$12d$
(다)	w	aw	$\frac{3}{2}T$	$8d$

a 는? (단, $A(g)$ 와 $B(g)$ 는 반응하지 않는다.)

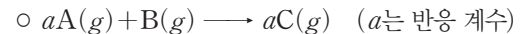
- ① 3 ② 6 ③ 9 ④ 12 ⑤ 15

16

▶26071-0017

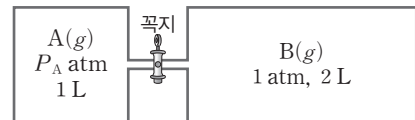
다음은 T K에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 가 생성되는 반응에 대한 실험이다. $P_A > 2$ 이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 꼭지로 분리된 2개의 강철 용기에 각각 $A(g)$ 와 $B(g)$ 를 넣는다.



(나) 꼭지를 열고 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

- (나)에서 반응 후 혼합 기체의 압력 : 2 atm
- 반응 후 남은 반응물의 몰 분율 : $\frac{1}{3}$

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

보기

- ㄱ. (나)에서 $B(g)$ 가 모두 소모된다.
- ㄴ. $P_A = 3$ 이다.
- ㄷ. $a = 2$ 이다.

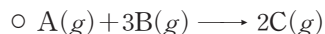
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0018

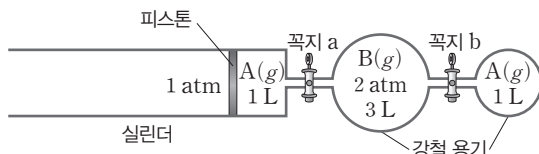
다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응에 대한 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 실린더와 두 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 각각 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시킨다.

(다) 꼭지 b를 열어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

○ (나) 과정 후 실린더 속 혼합 기체의 부피는 V_1 L이다.

○ (다) 과정 후 B(g)는 존재하지 않고, 기체의 양(mol)은 A(g) : C(g) = 1 : 2의 몰비로 존재하며, 실린더 속 혼합 기체의 부피는 V_2 L이다.

$V_1 + V_2$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K, 1 atm으로 일정하며, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

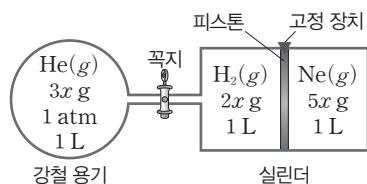
02

▶26071-0019

다음은 기체와 관련된 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 그림과 같이 300 K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 피스톤으로 분리된 실린더에 He(g), H₂(g), Ne(g)을 각각 넣는다.



(나) 강철 용기와 실린더의 온도를 600 K로 높여 유지하며 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후, 강철 용기 속 H₂(g)와 He(g)의 혼합 기체의 전체 압력(P)을 측정하였다.

(다) 온도를 600 K로 유지하면서 꼭지를 닫고 고정 장치를 풀어 충분한 시간이 흐른 후, 600 K에서 실린더에 들어 있는 H₂(g)와 He(g)의 혼합 기체의 부피(V)를 측정하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H₂, He, Ne의 분자량은 각각 2, 4, 20이고, 피스톤의 마찰과 연결관의 부피는 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 실린더 속 기체의 압력(atm)은 H₂(g)가 He(g)의 2배이다.

ㄴ. (나)에서 $P = \frac{7}{3}$ atm이다.

ㄷ. (다)에서 $V = \frac{10}{9}$ L이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

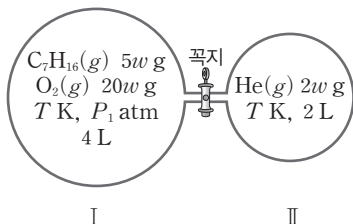
03

▶ 26071-0020

다음은 T K에서 $C_7H_{16}(g)$ 의 연소 반응에 대한 화학 반응식이다.



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기 I에 $C_7H_{16}(g)$ 과 $O_2(g)$ 를, 강철 용기 II에 $He(g)$ 을 넣은 상태를 나타낸 것이다. I에서 반응을 완결시킨 후, 꼭지를 열어 온도를 $2T$ K로 유지하며 충분한 시간이 흘렀을 때 $H_2O(g)$ 의 몰 분율은 x 이고, 전체 압력은 P_2 atm이다.



$x \times \frac{27P_2}{16P_1}$ 는? (단, H, He, C, O의 원자량은 각각 1, 4, 12, 16이고, 연결관의 부피는 무시한다.)

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

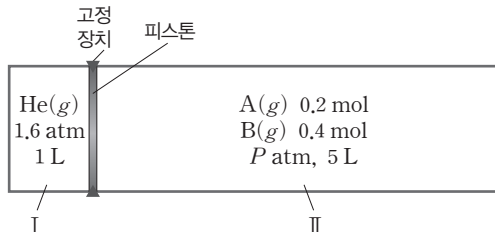
04

▶ 26071-0021

다음은 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 와 $D(g)$ 가 생성되는 반응에 대한 화학 반응식이다.



그림은 T K에서 피스톤으로 분리된 실린더 I, II에 $He(g)$, $A(g)$, $B(g)$ 가 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 전체 압력은 P atm이고, 부피는 5 L이다. $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 반응을 완결시킨 후 고정 장치를 풀고 충분한 시간이 흘렀을 때 II의 부피는 4 L이었다.



P 는? (단, 온도는 T K로 일정하다.)

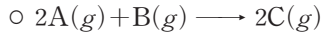
- ① $\frac{36}{125}$
- ② $\frac{48}{125}$
- ③ $\frac{72}{125}$
- ④ $\frac{18}{25}$
- ⑤ $\frac{4}{5}$

05

▶26071-0022

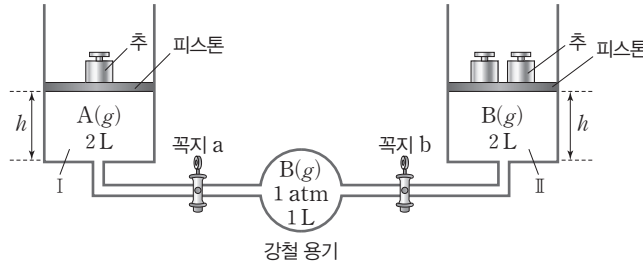
다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응에 대한 실험이다. 각각의 추의 질량은 같다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 실린더 I, II와 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시킨다.

(다) 꼭지 a를 닫고, 꼭지 b를 열어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

- 피스톤의 높이는 (나) 과정 후 I에서 $\frac{h}{2}$, (다) 과정 후 II에서 $\frac{3h}{4}$ 이다.
- (나) 과정 후 C(g)의 몰 분율은 x이다.

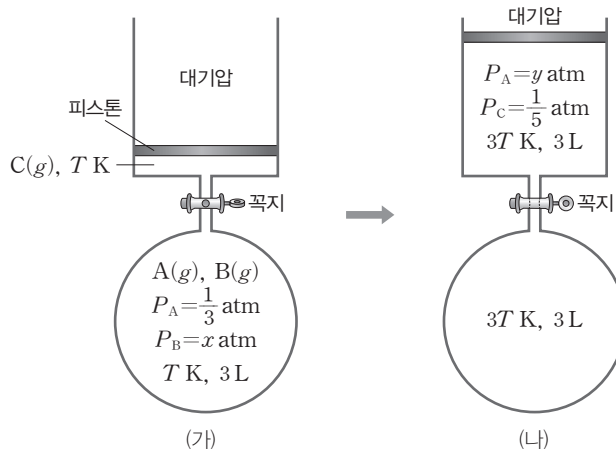
x는? (단, 온도와 대기압은 각각 T K, 1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.)

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

06

▶26071-0023

그림 (가)는 T K에서 서로 반응하지 않는 A(g)~C(g)를 강철 용기와 실린더에 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 꼭지를 열고 온도를 3T K로 높여 유지하며 충분한 시간이 지난 후의 상태를 나타낸 것이다. P_A~P_C는 각각 A(g)~C(g)의 부분 압력이다.



x × y는? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{1}{10}$ ② $\frac{1}{9}$ ③ $\frac{1}{8}$ ④ $\frac{1}{6}$ ⑤ $\frac{1}{5}$

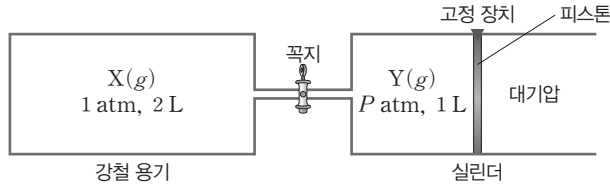
07

▶26071-0024

다음은 기체에 대한 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 서로 반응하지 않는 $X(g)$ 와 $Y(g)$ 를 넣는다.



(나) 꼭지를 열어 충분한 시간이 흘렀을 때 강철 용기에 들어 있는 혼합 기체의 압력이 x atm이었다.

(다) T K에서 꼭지를 열어둔 채 고정 장치를 풀었더니 실린더에 들어 있는 기체의 부피가 0.5 L가 되었다.

(라) 온도를 yT K로 변화시켰더니 실린더에 들어 있는 기체의 부피가 1 L가 되었다.

$\frac{x \times y}{P}$ 는? (단, 대기압은 1 atm이고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

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

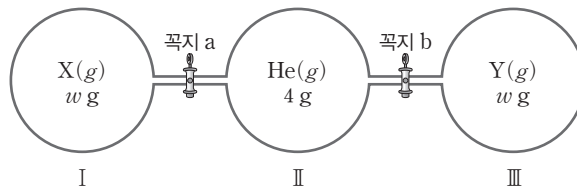
08

▶26071-0025

다음은 기체에 대한 실험이다. $X(g)$ 와 $Y(g)$ 는 서로 반응하지 않고, He의 분자량은 4이다.

[실험 과정]

(가) 300 K에서 부피가 V L인 강철 용기 I~Ⅲ에 각각 $X(g)$ w g, He(g) 4 g, $Y(g)$ w g을 넣는다. 이때 각각의 강철 용기 속 기체의 압력비는 I : II : III = 1 : 2 : 3이다.



(나) 꼭지 a를 열고 충분한 시간이 흐른 후 꼭지 a를 닫고 강철 용기 II 속 기체의 압력(P_1)을 측정한다.

(다) 꼭지 b를 열고 충분한 시간이 흐른 후 꼭지 b를 닫고 강철 용기 III 속 기체의 압력(P_2)을 측정한다.

[실험 결과]

- (나)에서 $P_1 = 1$ atm이다.
- (다)에서 $P_2 = x$ atm이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 300 K로 일정하고, 기체 상수는 $0.08 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 이다.)

□ 보기 □

- ㄱ. 분자량의 비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다.
- ㄴ. $x = 1.5$ 이다.
- ㄷ. $V = 9$ 이다.

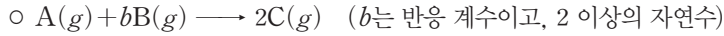
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0026

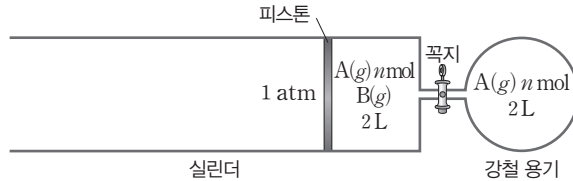
다음은 기체의 반응 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지를 닫은 후 실린더에 $A(g)$ n mol과 $B(g)$ 를, 강철 용기에 $A(g)$ n mol을 각각 넣는다.



(나) 피스톤을 고정 장치로 고정시킨 후, 꼭지를 열고 온도를 $3T$ K로 올려 반응을 완결시킨다. 충분한 시간이 흐른 후 꼭지를 닫은 채 혼합 기체의 온도와 압력을 측정한다.

[실험 결과]

- (가)에서 실린더 속 $A(g)$ 의 부분 압력 : $\frac{1}{3}$ atm
- (나) 과정 후 강철 용기 속 혼합 기체의 온도와 압력 : $3T$ K, $\frac{3}{2}$ atm

2b × $\frac{\text{(나) 과정 후 강철 용기 속 [A]}}{\text{(가)에서 실린더 속 [B]}}$ 는? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

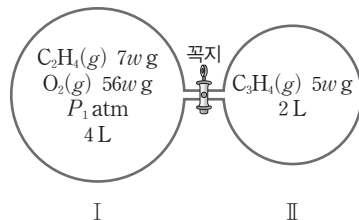
10

▶26071-0027

다음은 $C_2H_4(g)$ 과 $C_3H_4(g)$ 의 연소 반응에 대한 화학 반응식이다.



그림은 T K에서 강철 용기 I과 II에 $C_2H_4(g)$ 과 $O_2(g)$, $C_3H_4(g)$ 을 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. I에서 $O_2(g)$ 의 몰 분율은 x 이다. $C_2H_4(g)$ 과 $C_3H_4(g)$ 은 서로 반응하지 않는다.



꼭지를 열고 반응을 완결시킨 후 충분한 시간이 흘렀을 때, $H_2O(g)$ 의 몰 분율은 y 이고 전체 기체의 압력은 P_2 atm 이었다.

$\frac{y}{x} \times \frac{P_2}{P_1}$ 는? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, 온도는 T K로 일정하며, 연결관의 부피는 무시한다.)

- ① $\frac{2}{11}$ ② $\frac{1}{5}$ ③ $\frac{2}{9}$ ④ $\frac{1}{4}$ ⑤ $\frac{2}{7}$

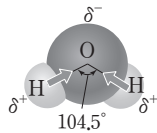
① 액체

(1) 액체의 일반적인 특징

- ① 압력 변화와 온도 변화에 의해 부피가 거의 변하지 않는다.
- ② 유동성을 갖는 상태로 일정한 모양이 없고 액체를 담는 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.

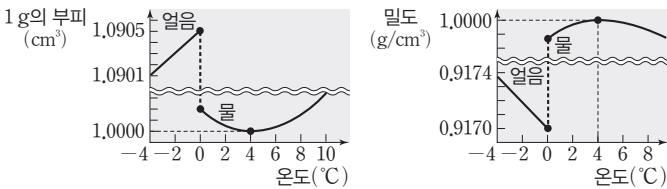


- ② 물은 굽은 형 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이고, 전기 음성도가 큰 산소 원자가 부분적인 음전하(δ^-), 수소 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

(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 부피가 물에 비해 증가하여 얼음의 밀도가 물의 밀도보다 작다.



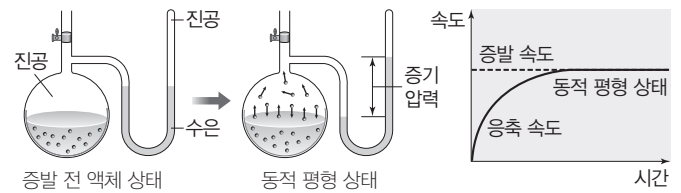
- ② 녹는점과 끓는점 : 물은 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 녹는점과 끓는점이 높다.
- ③ 열용량 : 물질의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량을 열용량이라고 한다.
 - 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량을 비열이라고 하고, 열용량은 비열에 물질의 질량을 곱한 값이다.

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

- 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 플라스틱 판 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.



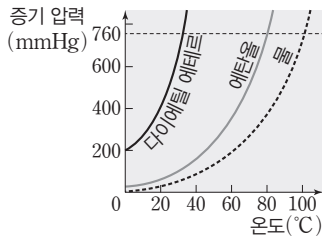
더 알기 물과 비눗물의 표면 장력



- 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.

02 액체와 고체

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



증기 압력 곡선

- ④ 끓는점 : 액체의 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

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

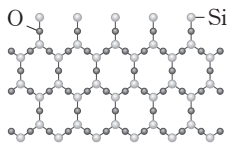
(2) 고체의 분류

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

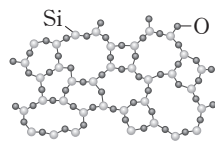
예 드라이아이스, 석영, 염화 나트륨, 나트륨 등

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

예 유리, 옻, 고무 등



결정성 고체(석영)

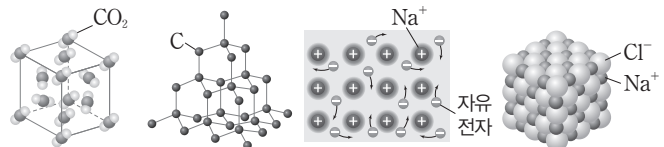


비결정성 고체(유리)

(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

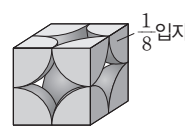
※ 원자 결정 중 흑연과 같은 일부 물질은 전기 전도성이 있다.



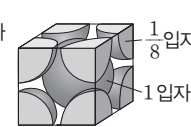
드라이아이스(CO₂) (분자 결정) 다이아몬드(C) (원자 결정) 나트륨(Na) (금속 결정) 염화 나트륨(NaCl) (이온 결정)

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

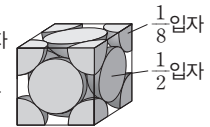
- 단순 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점에 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 이다.
- 체심 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 1개의 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 이다.
- 면심 입방 구조 : 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 6개 면의 중심에 입자가 배열된 구조이다. 단위 세포에 존재하는 입자 수는 $8 \times \frac{1}{8} + 6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



단순 입방 구조의 단위 세포



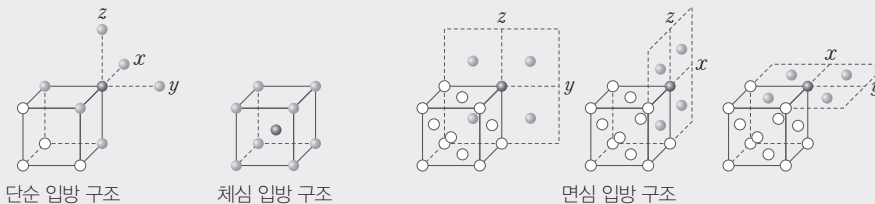
체심 입방 구조의 단위 세포



면심 입방 구조의 단위 세포

더 알기

고체의 결정 구조에서 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 인접한 입자 수

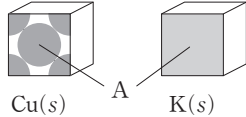


각각의 결정 구조에서 한 입자(●)를 둘러싸고 있는 가장 인접한 입자(●)의 수는 다음과 같다.

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

다음은 금속 Cu(s)와 K(s)의 결정 구조에 대한 자료이다.

- Cu(s)와 K(s)의 결정 구조는 각각 단순 입방 구조, 면심 입방 구조, 체심 입방 구조 중 하나이다.
- 단위 세포당 원자 수의 비는 Cu : K = 2 : 1이다.
- Cu(s)와 K(s)에서 단위 세포의 면 A



K(s)에서 A로 가장 적절한 것은?

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

접근 전략

단순 입방 구조, 면심 입방 구조, 체심 입방 구조에서 단위 세포당 원자 수를 파악해야 한다.

간략 풀이

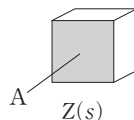
단순 입방 구조, 면심 입방 구조, 체심 입방 구조에서 단위 세포당 원자 수는 각각 1, 4, 2이다. Cu(s)에서 단위 세포의 면 A에서 원자가 면 중심에 1개가 온전히 존재하면서 8개의 꼭짓점에 원자가 존재하므로 Cu(s)의 결정 구조는 면심 입방 구조이다. 따라서 단위 세포당 원자 수의 비가 Cu : K = 2 : 1이므로 K(s)의 결정 구조는 단위 세포당 원자 수가 2인 체심 입방 구조이다. 따라서 K(s)에서 A로 가장 적절한 것은 이다.

정답 | ①

짧은 풀 문제로 유형 익히기

다음은 3가지 금속 X(s)~Z(s)의 결정 구조에 대한 자료이다.

- X(s)~Z(s)의 결정 구조는 단순 입방 구조, 면심 입방 구조, 체심 입방 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 단위 세포당 원자 수의 비는 X : Y = 2 : 1이다.
- X(s)의 단위 세포 중심에 원자가 1개 존재한다.
- Z(s)에서 단위 세포의 면 A



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X(s)의 결정 구조는 체심 입방 구조이다.
 - ㄴ. 단위 세포당 원자 수의 비는 Y : Z = 1 : 4이다.
 - ㄷ. 는 A로 적절하다.

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

▶26071-0028

유사점과 차이점

금속의 결정 구조를 제시하고 단위 세포당 원자 수의 비와 단위 세포의 면을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 유사하지만, 3가지 금속의 결정 구조(단순 입방, 체심 입방, 면심 입방)를 모두 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

• 결정에서 규칙적인 배열이 반복되는 기본 단위를 단위 세포라고 한다.

01

▶26071-0029

표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 NaCl, Cu, C₂H₄을 순서 없이 나타낸 것이다.

물질	기준 녹는점 (°C)	기준 끓는점 (°C)	전기 전도성	
			고체	액체
(가)	-169	-104	없음	없음
(나)	801	1465	없음	있음
(다)	1085	2562	있음	있음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

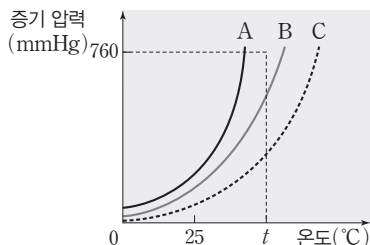
- ㄱ. (가)의 각 원자 사이의 결합은 공유 결합이다.
- ㄴ. (나)는 쉽게 퍼지는 성질을 가진다.
- ㄷ. (다)는 이온 결정이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0030

그림은 액체 A~C의 온도에 따른 증기 압력을 나타낸 것이다.



A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

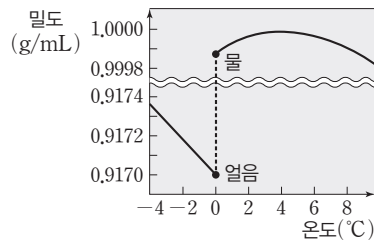
- ㄱ. 25°C에서 분자 사이의 인력은 A(l)가 가장 크다.
- ㄴ. 기준 끓는점은 C(l)가 가장 높다.
- ㄷ. t°C, 760 mmHg에서 B의 가장 안정한 상은 액체이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0031

그림은 온도에 따른 H₂O의 밀도를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 물의 밀도는 0°C에서 가장 크다.
- ㄴ. 0°C에서 1g의 부피는 얼음이 물보다 크다.
- ㄷ. 위 그림 자료로부터 추운 겨울 호수의 물이 표면부터 어는 이유를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0032

다음은 표면 장력에 대한 세 학생의 대화이다.



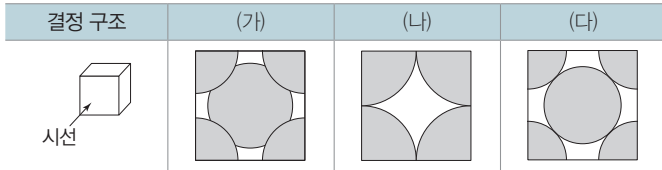
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

05

▶26071-0033

표는 각각 한 종류의 원자로 이루어진 결정 구조 (가)~(다)의 단위 세포를 한쪽 면의 방향에서 바라봤을 때 보이는 모양을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.



* 원자는 음영이 있는 부분이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

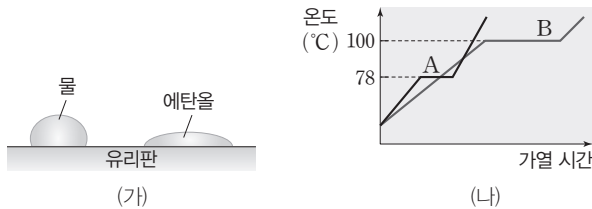
ㄱ. (가)는 체심 입방 구조이다.
 ㄴ. (나)의 단위 세포에 포함된 원자 수는 2이다.
 ㄷ. (다)는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 6개 면의 중심에 입자가 배열된 구조이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0034

그림 (가)는 유리판 위에 25°C의 물(H₂O(l))과 에탄올(C₂H₅OH(l))을 한 방울씩 떨어뜨렸을 때 액체 방울의 모양을, (나)는 같은 질량의 물질 A와 B를 1atm에서 동일한 열원으로 각각 가열할 때 가열 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다. A와 B는 H₂O과 C₂H₅OH을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

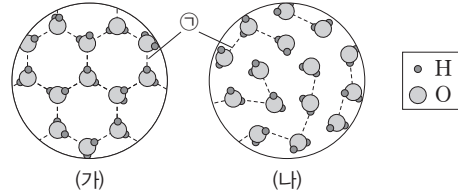
ㄱ. A는 H₂O이다.
 ㄴ. 표면 장력이 큰 액체일수록 액체 방울의 모양이 구형에 더 가깝다.
 ㄷ. 비열은 A(l)가 B(l)보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0035

그림 (가)와 (나)는 10°C, 1 atm에서 H₂O(l)과 -10°C, 1 atm에서 H₂O(s)의 모형을 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠은 수소 결합과 공유 결합 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 -10°C, 1 atm에서 H₂O(s)의 모형이다.
 ㄴ. ㉠은 수소 결합이다.
 ㄷ. 단위 질량당 부피는 H₂O(l)이 H₂O(s)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0036

표는 A(l)와 B(l)에 대한 자료이다. t₁<t₂<t₃<t₄<t₅<t₆이다.

증기 압력 (mmHg)	1	8	760
A(l)	t ₁	t ₃	t ₅
B(l)	t ₂	t ₄	t ₆

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A(l)와 B(l)의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

보기

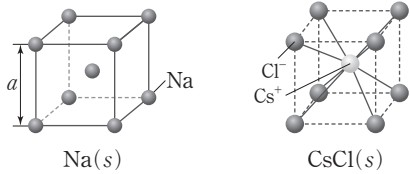
ㄱ. 같은 온도에서 증기 압력은 A(l)가 B(l)보다 크다.
 ㄴ. 분자 사이의 인력은 A(l)가 B(l)보다 크다.
 ㄷ. 기준 끓는점은 B(l)가 A(l)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0037

그림은 Na(s)과 CsCl(s)의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. Na(s)의 단위 세포는 한 변의 길이가 a 인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

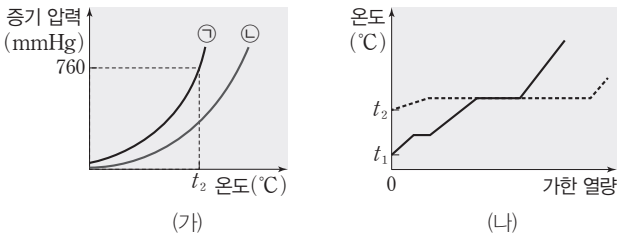
- ㄱ. CsCl(s)은 이온 결정이다.
- ㄴ. Na(s)은 면심 입방 구조를 갖는다.
- ㄷ. Na(s)의 단위 세포에 포함된 입자 수는 2이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0038

그림 (가)는 화합물 A(l)와 B(l)의 증기 압력 곡선 ㉠과 ㉡을 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 외부 압력 760 mmHg에서 서로 다른 질량의 화합물 A를 초기 온도를 달리하여 각각 가열할 때, 가한 열량에 따른 A의 온도 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

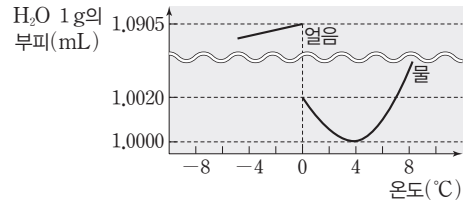
- ㄱ. ㉠은 A(l)의 증기 압력 곡선이다.
- ㄴ. A(l)의 기준 어는점은 t_2 °C보다 낮다.
- ㄷ. t_1 °C, 760 mmHg에서 A의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0039

그림은 1 atm에서 온도에 따른 H₂O 1 g의 부피를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 4°C에서 H₂O 1 g의 부피는 최솟값을 갖고, 대기압은 1 atm으로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 4°C에서 물의 밀도는 최댓값을 갖는다.
- ㄴ. -4°C의 얼음을 4°C의 물에 넣으면 가라앉는다.
- ㄷ. 0~4°C에서 물의 온도가 높을수록 부피가 감소하는 이유는 물의 공유 결합과 관련이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

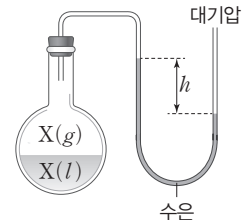
12

▶26071-0040

다음은 액체의 증기 압력과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 진공 상태의 둥근 바닥 플라스크에 X(l)를 넣고 충분한 시간이 흐른 후, 온도에 따른 수은 기둥의 높이 차 h 를 측정한다.



(나) Y(l), Z(l)를 사용하여 각각 (가)를 반복한다.

(다) X(l), Y(l), Z(l)의 기준 끓는점을 조사한다.

[실험 결과]

○ $t_1 \sim t_3$ °C에서 h 와 기준 끓는점

액체	h (mm)			기준 끓는점(°C)
	t_1 °C	t_2 °C	t_3 °C	
X(l)	740	700	610	100
Y(l)	720	630	410	78.2
Z(l)	260	h_1		t_4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg로 일정하고, 수은의 증기 압력은 무시한다. X(l)~Z(l)의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

보기

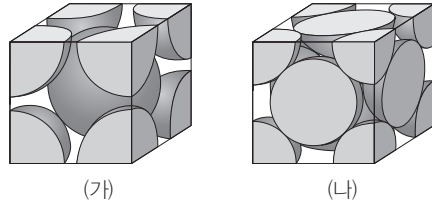
- ㄱ. $t_4 > 78.2$ 이다.
- ㄴ. $t_3 > t_2 > t_1$ 이다.
- ㄷ. t_2 °C에서 Z(l)의 증기 압력은 h_1 mmHg이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0041

그림은 금속 결정 구조 (가)와 (나)의 단위 세포를 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

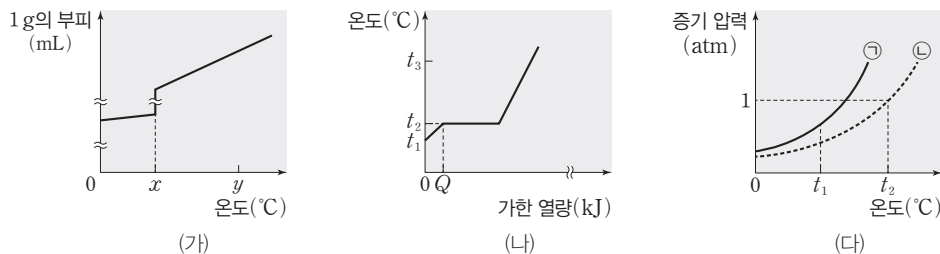
- ㄱ. (가)는 단순 입방 구조이다.
- ㄴ. (나)는 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 각각 원자가 배열된 구조이다.
- ㄷ. (가)에서 단위 세포에 포함된 원자 수 = $\frac{5}{14}$ 이다.
- (나)에서 단위 세포에 포함된 원자 수 = $\frac{5}{14}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0042

그림 (가)는 물질 X 1 g의 온도에 따른 부피를, (나)는 $t_1^\circ\text{C}$, 10 g의 X(l)에 가한 열량에 따른 X의 온도를, (다)는 ㉠과 ㉡의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다. (가)의 $y^\circ\text{C}$ 에서 X의 안정한 상은 기체이고, (가)와 (나)에서 외부 압력은 1 atm으로 일정하며, (다)에서 ㉠과 ㉡은 X(l)과 Y(l)를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. x 는 t_2 이다.
- ㄴ. ㉡은 X(l)이다.
- ㄷ. $t_1^\circ\text{C}$, 1 atm에서 20 g의 X(l)에 Q kJ의 열량을 가했을 때, X의 온도는 $t_2^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0043

표는 몇 가지 기준에 따라 고체 물질 (가)~(라)를 분류한 자료이다. (가)~(라)는 각각 구리, 드라이아이스, 석영, 유리를 순서 없이 나타낸 것이다.

기준	예	아니요
녹는점이 일정한가?	(가), (다), (라)	(나)
1 atm에서 승화성이 있는가?	(다)	(가), (나), (라)
원자 사이에 공유 결합이 존재하는가?	(가), (나), (다)	(라)

(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

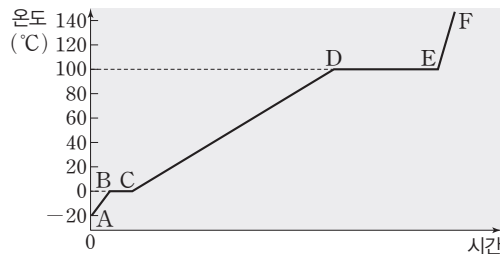
ㄱ. (다)는 드라이아이스이다.
 ㄴ. (라)는 금속 결정이다.
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 결정성 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0044

그림은 1 atm에서 -20°C 의 얼음 $a\text{ g}$ 을 일정한 열원으로 가열하면서 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다.



1 atm에서 -20°C 의 얼음 $2a\text{ g}$ 을 동일한 열원으로 가열할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 구간 BC의 시간이 길어진다.
 ㄴ. 구간 CD의 단위 시간 동안 온도 변화가 커진다.
 ㄷ. 구간 DE가 나타나는 온도가 100°C 보다 높아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05

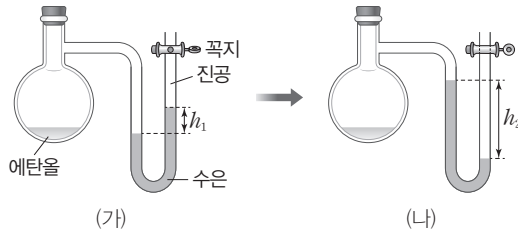
▶26071-0045

다음은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$)의 증기 압력과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가) 일정량의 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 을 진공 상태의 용기에 넣고 충분한 시간이 흐른 후 수은 기둥의 높이 차 h_1 mm를 측정한다.

(나) 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후 수은 기둥의 높이 차 h_2 mm를 측정한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이고, 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하며, 수은의 증기 압력은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (가)와 (나)에서 모두 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 증발이 일어난다.
- ㄴ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 증기 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. $h_1 + h_2 = 760$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0046

표는 0°C , 1 atm에서 w g의 3가지 물질 $\text{X}(l) \sim \text{Z}(l)$ 를 일정한 열원으로 각각 가열할 때, 가열 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다.

가열 시간(분)		0	5	10	20	...	30	35
온도 ($^{\circ}\text{C}$)	X(l)	0	23	46	...	...	47	47
	Y(l)	0	16	19	19	...	...	...
	Z(l)	0	15	30	...	...	79	79

X(l)~Z(l)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하다.)

보기

- ㄱ. 기준 끓는점이 가장 높은 것은 Z(l)이다.
- ㄴ. 19°C 에서 증기 압력이 가장 큰 것은 Y(l)이다.
- ㄷ. 비열($\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$)은 $\text{Y}(l) > \text{X}(l)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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 물속에 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.

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

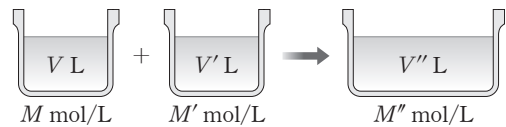
- ① 용액의 부피를 기준으로 하기 때문에 사용하기 편리하다.
- ② 용질의 질량이 아닌 양(mol)을 사용하여 농도를 표시하므로 화학 반응의 양적 계산에 매우 유용하다.
- ③ 온도에 따라 용액의 부피가 변하므로 몰 농도는 온도에 따라 달라진다.
- ④ 용액의 몰 농도와 부피를 알면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.
- ⑤ 어떤 용액에 용매를 가하여 용액을 희석했을 때, 용액의 부피와 농도는 달라지지만 그 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.
- ㉠ 농도가 M₁(mol/L)이고 부피가 V₁(L)인 용액에 물을 가하여 농도가 M₂(mol/L)이고 부피가 V₂(L)인 용액을 만들 때 희석하기 전과 희석한 후의 용질의 양(mol)은 다음과 같다.

- 희석하기 전 용질의 양(mol) = M₁V₁
- 희석한 후 용질의 양(mol) = M₂V₂

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.

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

더 알기  용액의 몰랄 농도와 용질의 몰 분율

① 용액의 몰랄 농도 : 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 의미한다. → 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. → 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 > 2B인 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.
 ※ 물 분율 : 균일한 혼합물에서 한 성분 물질의 양(mol)을 혼합물의 전체 성분 물질의 양(mol)으로 나눈 값이다.

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

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

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

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

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

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

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

더 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. $\Rightarrow V = \frac{10 \text{ g}}{1.84 \text{ g/mL}} \approx 5.43 \text{ mL}$

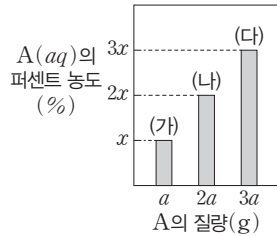
(라) 필요한 98% 황산의 부피(5.43 mL)를 피펫으로 정확히 취한 후 300 mL 정도의 물이 담긴 비커에 조금씩 넣으면서 저어 준다.

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

테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

그림은 A(aq) (가)~(다)의 퍼센트 농도를 용질 A의 질량에 따라 나타낸 것이다. (라)는 (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

ㄱ. (나)의 몰랄 농도(m) = $\frac{2}{3}$ 이다.

ㄴ. ppm 농도는 (라)가 (가)의 2배이다.

ㄷ. A의 몰 분율은 (나)에서와 (라)에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략

용액의 퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}$ 에 비례한다는 것을 이용하여 용액의 몰랄 농도, ppm 농도, 몰 분율을 비교해야 한다.

간략 풀이

(가)~(다)의 퍼센트 농도와 용질 A의 질량이 비례하므로 (가)~(다)의 질량은 같다. (가)~(다)의 질량을 W g이라고 하면 (라)의 질량은 $2W$ g이고, (라)에서 A의 질량은 a g + $3a$ g = $4a$ g이므로 (라)의 퍼센트 농도는 $2x\%$ 이다.

✕ (나)와 (다)의 몰랄 농도(m)는 각각 $\frac{2a}{W-2a}g$, $\frac{3a}{W-3a}g$ 에 비례하므로 $\frac{\text{(나)의 몰랄 농도}(m)}{\text{(다)의 몰랄 농도}(m)} < \frac{2}{3}$ 이다.

㉠ ppm 농도비는 퍼센트 농도비와 같다. 따라서 ppm 농도는 (라)가 (가)의 2배이다.

㉡ 퍼센트 농도는 (나)와 (라)가 같으므로 A의 몰 분율은 (나)에서와 (라)에서가 같다.

정답 | ⑤

답은 짚 문제로 유형 익히기

정답과 해설 11쪽

▶ 26071-0047

표는 A(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
A의 질량(g)	a	$2a$	$2a$
몰랄 농도(m)	x	x	$2x$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 수용액에 포함된 물의 질량은 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. 퍼센트 농도는 (다)가 (가)의 2배보다 작다.

ㄷ. (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 몰랄 농도는 $\frac{5}{4}x$ m 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

용액에서 용질의 질량과 농도를 다루는 점에서 테마 대표 문제와 유사하지만, 퍼센트 농도 대신 몰랄 농도를 다루는 점에서 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

• 몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$
 • 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$

01

▶26071-0048

그림은 포도당 수용액을 나타낸 것이다.



이 수용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H₂O과 포도당의 화학식량은 각각 18, 180이다.)

보기

- ㄱ. 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 20 g이다.
- ㄴ. 포도당의 몰 분율은 0.01보다 작다.
- ㄷ. 몰랄 농도는 $\frac{5}{8} m$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0049

다음은 A(aq)에 대한 자료이다. A의 화학식량은 400이다.

- 녹아 있는 A의 질량은 30 g이다.
- 퍼센트 농도는 24a%이다.
- 몰랄 농도는 7a m이다.

A(aq)의 질량(g)은?

- ① 140 ② 160 ③ 210
- ④ 240 ⑤ 280

03

▶26071-0050

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	몰 농도(M)	밀도(g/mL)	ppm 농도(ppm)
(가)	0.005	1	500
(나)	㉠	1.01	1000

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

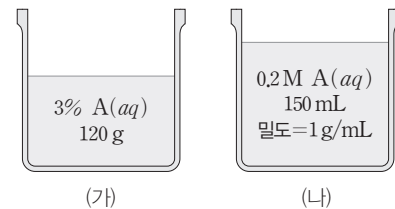
- ㄱ. (가)의 퍼센트 농도는 0.5%이다.
- ㄴ. A의 화학식량은 100이다.
- ㄷ. ㉠ > 0.01이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0051

그림은 A(aq) (가)와 (나)를 나타낸 것이다. A의 화학식량은 60이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (가)가 (나)의 2배이다.
- ㄴ. (나)의 퍼센트 농도는 1.2%이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{1}{3} m$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0052

표는 A(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다. $a < 90$ 이고, A의 화학식량은 100이다.

수용액	농도	용액의 양
(가)	$a\%$	100 g
(나)	a M	100 mL
(다)	a m	100 g

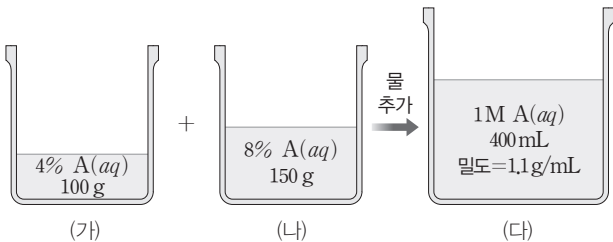
수용액에 녹아 있는 A의 질량을 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① (가) > (나) > (다)
- ② (나) > (가) > (다)
- ③ (나) > (다) > (가)
- ④ (다) > (가) > (나)
- ⑤ (다) > (나) > (가)

06

▶26071-0053

그림은 A(aq) (가)와 (나)를 혼합한 후 물을 넣어 수용액 (다)를 만드는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배보다 크다.
 - ㄴ. A의 화학식량은 60이다.
 - ㄷ. (다)의 퍼센트 농도는 $\frac{40}{11}\%$ 이다.

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

07

▶26071-0054

다음은 A(aq)에 대한 자료이다.

- A의 몰 분율은 x 이다.
- A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{100}{7}\%$ 이다.
- A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{25}{9}$ m이다.

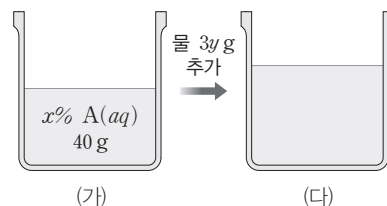
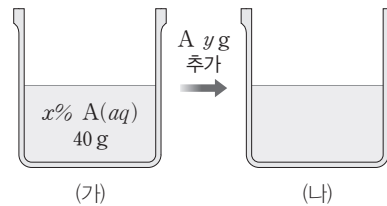
$x \times$ (A의 화학식량)은? (단, 물의 분자량은 18이다.)

- ① $\frac{5}{4}$
- ② $\frac{10}{7}$
- ③ $\frac{5}{3}$
- ④ $\frac{20}{7}$
- ⑤ $\frac{20}{3}$

08

▶26071-0055

그림은 A(aq) (가)로부터 수용액 (나)와 (다)를 각각 만드는 과정을 나타낸 것이다. 몰랄 농도의 비는 (가) : (나) : (다) = 4 : 8 : 3 이다.



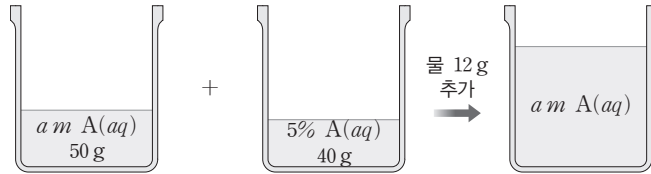
$x + y$ 는?

- ① 12
- ② 14
- ③ 15
- ④ 16
- ⑤ 18

01

▶26071-0056

그림은 $a\% A(aq)$ 50 g과 5% $A(aq)$ 40 g을 혼합한 후 물 12 g을 넣어 $a\% A(aq)$ 을 만드는 과정을 나타낸 것이다. A의 화학식량은 40이다.



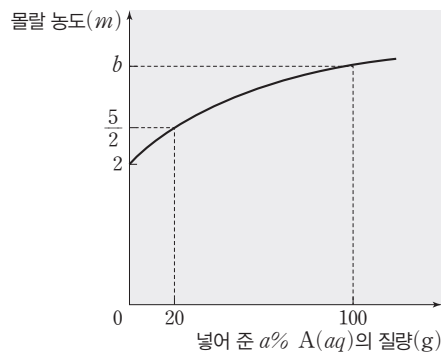
a 는?

- ① 0.2
- ② 0.5
- ③ 1
- ④ 1.5
- ⑤ 2

02

▶26071-0057

그림은 2 m $A(aq)$ 60 g에 $a\% A(aq)$ 을 계속 넣어 줄 때, 넣어 준 $a\% A(aq)$ 의 질량에 따른 혼합 용액의 몰랄 농도를 나타낸 것이다. A의 화학식량은 100이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 2 m $A(aq)$ 60 g에 녹아 있는 A의 질량은 10 g이다.
- ㄴ. $a=30$ 이다.
- ㄷ. $b=\frac{10}{3}$ 이다.

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

03

▶26071-0058

표는 $a\% A(aq)$, $b m A(aq)$, 물의 질량을 달리하여 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)의 밀도는 1 g/mL 이고, A의 화학식량은 100이다.

혼합 용액	혼합 전 물 또는 수용액의 질량(g)			혼합 용액의 물 농도(M)
	$a\% A(aq)$	$b m A(aq)$	물	
(가)	50	108	42	1
(나)	100	48	32	$\frac{2}{3}$

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

보기

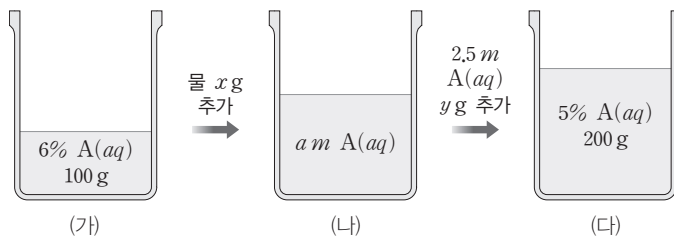
ㄱ. (가)에 녹아 있는 A의 질량은 20 g이다.
 ㄴ. (나)의 퍼센트 농도는 7%보다 크다.
 ㄷ. $a+b=6$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0059

그림 (가)는 $6\% A(aq)$ 100 g을, (나)는 (가)에 물 $x \text{ g}$ 을 추가한 수용액을, (다)는 (나)에 $2.5 m A(aq)$ $y \text{ g}$ 을 추가한 수용액을 나타낸 것이다. A의 화학식량은 40이다.



$a \times \frac{y}{x}$ 는?

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{11}{14}$ ③ 1 ④ $\frac{14}{11}$ ⑤ $\frac{3}{2}$

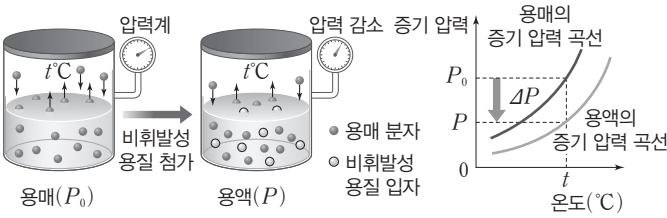
04 묽은 용액의 성질

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 농도가 진해질수록 증기 압력 내림이 커진다.
 - ③ 온도가 일정할 때 묽은 용액의 증기 압력 내림은 용질의 종류에 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

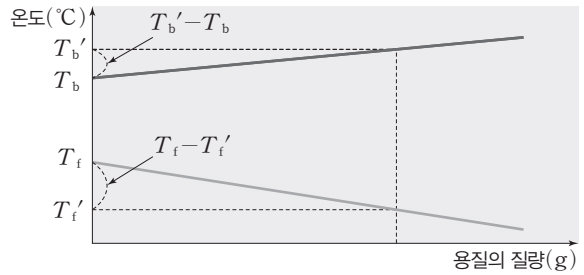
(1) 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림

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 용액은 용질의 영향 때문에 용액이 얼기 위해서는 용매보다 더 낮은 온도가 필요하다. 따라서 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 어는점(T_f')은 용매의 어는점(T_f)보다 낮다.

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

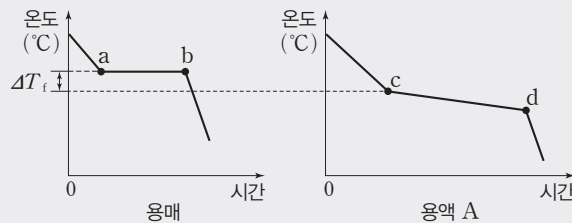
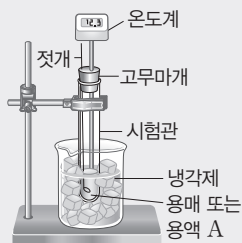


③ 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림은 용매의 종류에 따라 달라지며 용액의 몰랄 농도(m)에 비례한다.

$$\begin{aligned} \text{끓는점 오름}(\Delta T_b) &= T_b' - T_b = K_b \times m \\ \text{어는점 내림}(\Delta T_f) &= T_f - T_f' = K_f \times m \end{aligned}$$

• 몰랄 오름 상수(K_b): 용액의 농도가 1 m 일 때의 끓는점 오름이다.

더 알기 어는점 내림 측정



- 그림과 같이 장치하고 시험관 속의 순수한 용매를 젓개로 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.

04 묽은 용액의 성질

- 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

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

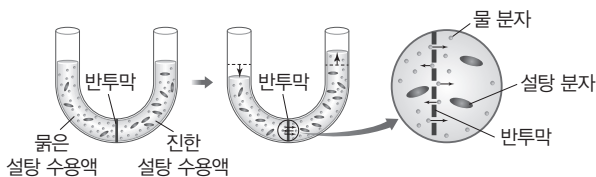
• $\Delta T = K \times m = K \times \frac{1000w}{MW}$

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

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

③ 삼투 현상과 삼투압

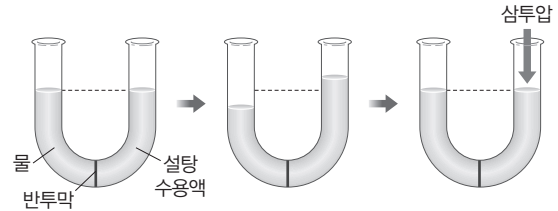
(1) 삼투 현상 : 반투막을 사이에 두고 농도가 서로 다른 용액이 있을 때 용매 분자가 반투막을 통해 저농도에서 고농도로 이동하는 현상이다.



• 반투막 : 물과 같이 크기가 작은 용매 입자는 통과시키지만, 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

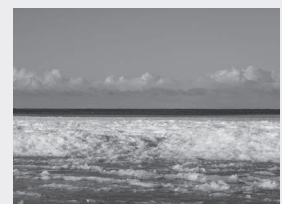
비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 증기 압력 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압은 용질의 종류와 관계없이 용질의 입자 수에만 비례하는데, 이러한 성질을 묽은 용액의 총괄성이라고 한다.

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

더 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.

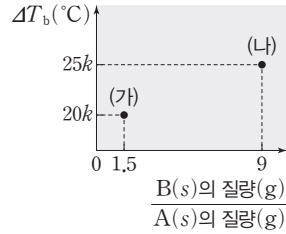
- 바닷물에 녹아 있는 염분은 약 3.5%이다.
- 염분의 약 78%는 염화 나트륨(NaCl), 나머지는 염화 마그네슘(MgCl₂)을 비롯한 여러 가지 물질이다.
- 평균적인 바닷물의 어는 온도는 약 -1.91°C이다.
- 염분의 농도가 진할수록 어는점은 낮아진다.
- 따뜻한 해류(난류) 등도 바닷물이 잘 얼지 않는 이유이다.



테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

그림은 물 100 g에 A(s)와 B(s)의 질량을 달리하여 녹인 수용액 (가)와 (나)의 끓는점 오름(ΔT_b)을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 물에 녹인 A(s)와 B(s)의 질량의 합은 각각 10 g으로 같다.



$\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}}$ 은? (단, 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며, 서로 반응하지 않는다. 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① $\frac{3}{11}$ ② $\frac{3}{10}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{3}{8}$ ⑤ $\frac{3}{7}$

접근 전략

A(s)와 B(s)의 질량의 합과 $\frac{B(s) \text{의 질량}(g)}{A(s) \text{의 질량}(g)}$ 으로부터 물에 녹은 A(s)와 B(s)의 질량을 구하고, (가)와 (나)의 끓는점 오름을 이용하여 A와 B의 분자량을 구해야 한다.

간략 풀이

(가)에 녹은 A(s)와 B(s)의 질량은 각각 4 g, 6 g이고, (나)에 녹은 A(s)와 B(s)의 질량은 각각 1 g, 9 g이다. A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하므로 (가)와 (나)의 끓는점 오름비는 (가) : (나) = $\left(\frac{4g}{M_A} + \frac{6g}{M_B}\right) : \left(\frac{1g}{M_A} + \frac{9g}{M_B}\right) = 20k : 25k$, $\frac{M_B}{M_A} = \frac{3}{8}$ 이다.

정답 | ④

답은 쫄 문제로 유형 익히기

정답과 해설 14쪽

▶ 26071-0060

표는 A(s)와 B(s)의 질량을 달리하여 녹인 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 분자량은 A가 B의 3배이다.

수용액	물의 질량(g)	A(s)와 B(s)의 질량의 합(g)	$\frac{B \text{의 양(mol)}}{A \text{의 양(mol)}}$	끓는점 오름(°C)
(가)	200	10	$\frac{1}{3}$	4x
(나)	200	①	2	9x

①은? (단, 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며, 서로 반응하지 않는다. 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① 10 ② 12 ③ 15 ④ 16 ⑤ 18

유사점과 차이점

2가지 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점 오름을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 유사하지만, 분자량을 제시한 후 용질의 양(mol)을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

- 끓는점 오름 $\Delta T_b = K_b \times m$
(K_b : 몰랄 오름 상수, m : 몰랄 농도)
- 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}(g)}{1 \text{ mol의 질량}(g/mol)}$

01

▶26071-0061

표는 $t^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)에 대한 자료이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 151.5 mmHg이다.

물의 질량(g)	A의 질량(g)	증기 압력(mmHg)
100	10	150

A의 화학식량은? (단, 물의 분자량은 18이고, A는 비휘발성, 비전해질이며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① 40 ② 60 ③ 100
 ④ 180 ⑤ 200

02

▶26071-0062

표는 1 atm에서 용매 A(l)에 용질 X(s)가 녹아 있는 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

용액	A(l)의 질량(g)	X의 양(mol)	끓는점($^\circ\text{C}$)
(가)	100	0.2	a
(나)	200	0.2	b

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

보기

- ㄱ. 1 atm에서 A의 몰랄 오름 상수(K_b)는 $(a-b)^\circ\text{C}/m$ 이다.
 ㄴ. 1 atm에서 어는점은 (가) > (나)이다.
 ㄷ. A(l) 100 g에 X 0.3 mol이 녹아 있는 용액의 끓는점은 $(2a-b)^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0063

표는 1 atm에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. $a > 0$ 이다.

수용액	물의 질량(g)	용질		어는점 내림($^\circ\text{C}$)
		종류	질량(g)	
(가)	100	A	w	2a
(나)	200	B	w	3a

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

보기

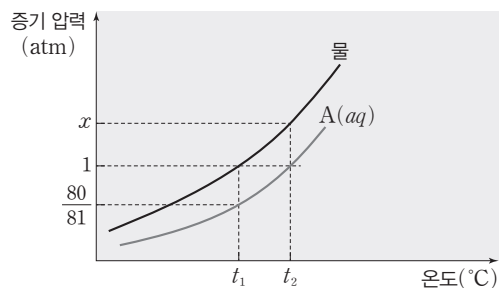
- ㄱ. 몰랄 농도는 (가) > (나)이다.
 ㄴ. 화학식량은 A가 B의 3배이다.
 ㄷ. 1 atm에서 (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 어는점 내림은 $\frac{5}{2}a^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0064

그림은 물과 A(aq)의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다. 물과 A의 화학식량은 각각 18, 60이다.



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

보기

- ㄱ. 1 atm에서 A(aq)의 끓는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 이다.
 ㄴ. $x = \frac{81}{80}$ 이다.
 ㄷ. A(aq)의 퍼센트 농도는 4%이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0065

표는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 (가)와 (나)의 밀도는 1 g/mL 이다.

수용액	용액의 질량 (g)	용질		삼투압 (atm)
		종류	질량(g)	
(가)	100	A	2	$2P$
(나)	200	B	4	P

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

보기

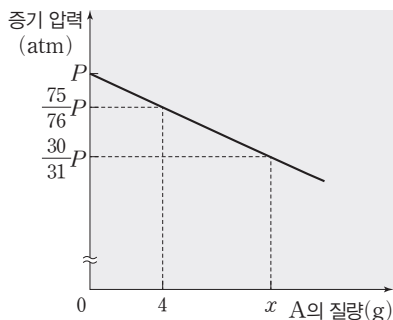
- ㄱ. 화학식량은 $B > A$ 이다.
- ㄴ. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 증기 압력은 (가) > (나)이다.
- ㄷ. $\frac{1\text{ atm에서 (나)의 끓는점 오름}}{1\text{ atm에서 (가)의 끓는점 오름}} < \frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0066

그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 물 90 g에 A를 녹인 수용액의 증기 압력을 A의 질량에 따라 나타낸 것이다.



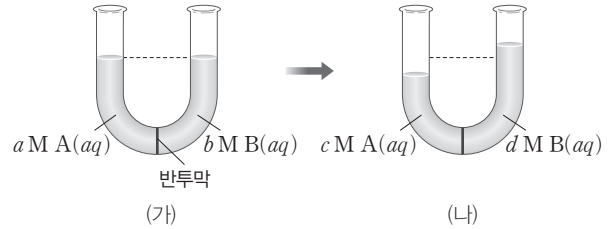
x 는? (단, 물의 분자량은 18이고, A는 비휘발성, 비전해질이며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① 8 ② 10 ③ 12 ④ 15 ⑤ 16

07

▶26071-0067

그림 (가)는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 반투막으로 분리된 U자관에 A(aq)과 B(aq)을 넣은 것을, (나)는 (가)에서 충분한 시간이 흐른 후에 U자관의 모습을 나타낸 것이다.



수용액의 몰 농도를 비교한 것으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따르며, 물의 증발은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $a > b$
- ㄴ. $c > a$
- ㄷ. $b > d$

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0068

표는 1 atm에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. $\frac{C\text{의 화학식량}}{B\text{의 화학식량}} = 3$ 이고, $a > 0$ 이다.

수용액	물의 질량(g)	용질의 질량(g)			어는점($^{\circ}\text{C}$)
		A	B	C	
(가)	100	w	w	0	$-5a$
(나)	200	$2w$	0	$4w$	$-4a$
(다)	200	$2w$	$2w$	$2w$	㉠

㉠은? (단, A~C는 비휘발성, 비전해질이고, 서로 반응하지 않으며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① $-8a$ ② $-7a$ ③ $-6a$
- ④ $-5a$ ⑤ $-4a$

01

▶26071-0069

표는 1 atm에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	물의 질량(g)	용질의 질량(g)		끓는점(°C)
		A	B	
(가)	100	w	w	$t+a$
(나)	200	$3w$	w	t
(다)	300	$3w$	$2w$	t

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

보기

- ㄱ. 화학식량은 A가 B의 3배이다.
- ㄴ. 물의 기준 끓는점은 $(t-3a)^\circ\text{C}$ 이다.
- ㄷ. 1 atm에서 어는점 내림의 비는 (가) : (다) = 4 : 3이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0070

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다. 물과 A의 화학식량은 각각 18, 60이고, 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 $a^\circ\text{C}/m$ 이다.

수용액	물의 질량(g)	A의 질량(g)	1 atm에서 어는점 내림(°C)	$t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력(atm)
(가)	W	x	$\frac{5}{9}a$	P
(나)	W	$x+3$	$\frac{5}{6}a$	㉠

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

보기

- ㄱ. $W=180$ 이다.
- ㄴ. $x=3$ 이다.
- ㄷ. ㉠ = $\frac{202}{203}P$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0071

표는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 물 100 g에 용질 A와 B의 질량을 달리하여 녹인 A(aq)과 B(aq)의 증기 압력을 나타낸 것이다.

수용액		용질의 질량(g)		
		w	$2w$	$3w$
증기 압력 (atm)	A(aq)	$50P$	㉠	
	B(aq)		$51P$	$50P$

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

□ 보기 □

- ㄱ. 화학식량은 $A > B$ 이다.
 ㄴ. $\text{㉠} > 47P$ 이다.
 ㄷ. A의 화학식량은 $\frac{72}{25}w$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0072

표는 A(aq)과 B(aq)에 대한 자료이다.

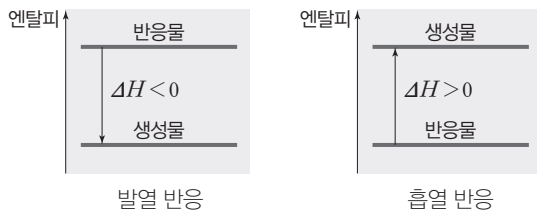
수용액	물의 질량 (g)	용질의 질량 (g)	1 atm에서 끓는점 오름 (상댓값)	$t^{\circ}\text{C}$ 에서 증기 압력 내림 (atm)
A(aq)	100	$12w$	4	$21P$
B(aq)	200	$10w$	5	$26P$

$\frac{\text{A(aq)에서 용질의 양(mol)}}{\text{A(aq)에서 물의 양(mol)}} \times \frac{\text{A의 화학식량}}{\text{B의 화학식량}}$ 은? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

- ① $\frac{1}{10}$ ② $\frac{3}{25}$ ③ $\frac{3}{20}$ ④ $\frac{4}{25}$ ⑤ $\frac{2}{5}$

① 엔탈피(H)

- (1) 엔탈피(H) : 일정한 압력에서 화학 반응이 일어날 때 출입하는 열은 엔탈피 변화(ΔH)와 같다.
 - ① 엔탈피는 직접 측정할 수 없지만, 엔탈피 변화는 측정할 수 있다.
 - ② 발열 반응이 일어나면 반응물의 엔탈피 일부가 열로 방출되어 생성물의 엔탈피는 반응물의 엔탈피보다 작고, 흡열 반응이 일어나면 반응물이 열을 흡수하여 생성물의 엔탈피는 반응물의 엔탈피보다 크다.
 - ③ 압력이 일정할 때 화학 반응이 일어나면 반응물과 생성물의 엔탈피 차에 해당하는 열이 출입한다.
- (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(CH₃OH)의 연소 반응의 반응 엔탈피

[자료] 25°C, 1 atm에서 CH₃OH(l) 16 g이 완전 연소하여 CO₂(g)와 H₂O(l)을 생성할 때 363.2 kJ의 열이 발생

→ 25°C, 1 atm에서 반응물과 생성물
 반응물 : CH₃OH(l), O₂(g), 생성물 : CO₂(g), H₂O(l)

→ 반응물 1 mol에 대한 반응 엔탈피

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

CH₃OH(l) 1 mol에 대한 반응 엔탈피 ΔH = -726.4 kJ

→ 계수를 고려한 열화학 반응식

$$2\text{CH}_3\text{OH}(l) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$$

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

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	
	O ₂ (g)	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 CO₂(g)의 표준 생성 엔탈피
 - 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 O₂(g)가 반응하여 CO₂(g) 1 mol을 생성할 때 반응 엔탈피(ΔH)는 -393.5 kJ이다.

$$\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -393.5 \text{ kJ}$$
 - 25°C에서 CO₂(g)의 표준 생성 엔탈피는 -393.5 kJ/mol이다.

더 알기

생성 엔탈피(ΔH)와 표준 생성 엔탈피(ΔH)

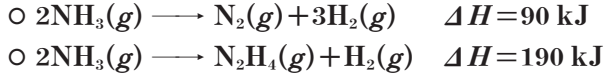
- 1 atm에서의 생성 엔탈피는 표준 생성 엔탈피를 뜻한다.
- 생성 엔탈피와 표준 생성 엔탈피는 온도에 따라 달라진다.
- 1 atm에서의 생성 엔탈피는 표준 생성 엔탈피와 같은 값을 가지므로, '1 atm' 조건에서 표준 생성 엔탈피 대신 생성 엔탈피로 ΔH를 제공한다.
- 예 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 O₂(g)가 반응하여 CO₂(g) 1 mol을 생성할 때 반응 엔탈피(ΔH)는 -393.5 kJ이다.

$$\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -393.5 \text{ kJ}$$
 25°C, 1 atm에서 CO₂(g)의 생성 엔탈피 = 25°C에서 CO₂(g)의 표준 생성 엔탈피 = -393.5 kJ/mol이다.

테마 대표 문제

| 2026학년도 9월 모의평가 |

다음은 25°C, 1 atm에서 NH₃(g)와 관련된 2가지 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 H₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

- ㄱ. 제시된 2가지 반응은 모두 흡열 반응이다.
 ㄴ. NH₃(g)의 생성 엔탈피는 45 kJ/mol이다.
 ㄷ. N₂H₄(g) 1 mol이 분해되어 N₂(g) 1 mol과 H₂(g) 2 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 -100 kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

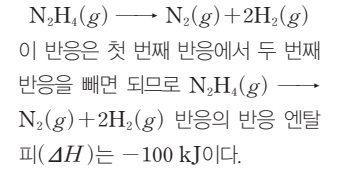
주어진 열화학 반응식을 이용하여 새로운 반응의 반응 엔탈피를 구한다.

간략 풀이

㉠ 두 반응 모두 ΔH > 0이므로 제시된 2가지 반응은 모두 흡열 반응이다.

✕ NH₃(g)의 생성 엔탈피는 첫 번째 반응의 역반응의 반응 엔탈피의 반에 해당하므로 -45 kJ/mol이다.

㉡ N₂H₄(g) 1 mol이 분해되어 N₂(g) 1 mol과 H₂(g) 2 mol이 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



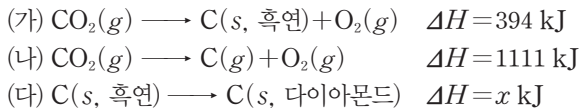
정답 | ③

답은 꿀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 17쪽

▶ 26071-0073

다음은 25°C, 1 atm에서 탄소(C)와 관련된 3가지 열화학 반응식이다.



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

보기

- ㄱ. x > 0이다.
 ㄴ. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 -394 kJ/mol이다.
 ㄷ. C(s, 다이아몬드) 1 mol이 분해되어 C(g) 1 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (717 - x) kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

주어진 열화학 반응식을 이용하여 생성 엔탈피와 반응 엔탈피를 구한다는 점이 테마 대표 문제와 유사하지만, 탄소 동소체의 생성 엔탈피가 제시된 점이 테마 대표 문제와 다르다.

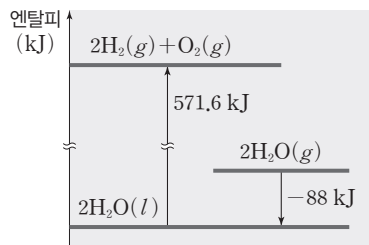
배경 지식

- 반응 엔탈피는 반응이 일어날 때 엔탈피 값으로 발열 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작고, 흡열 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크다.
- 생성 엔탈피는 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피로, 어떤 원소에 여러 가지 동소체가 존재하는 경우 가장 안정한 물질의 생성 엔탈피는 0이다.

01

▶26071-0074

그림은 25°C, 1 atm에서 2가지 반응의 엔탈피 변화를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. H₂O(l)의 생성 엔탈피는 -571.6 kJ/mol이다.
- ㄴ. H₂O(g)의 생성 엔탈피는 -241.8 kJ/mol이다.
- ㄷ. H₂O(l) → H₂O(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 44 kJ이다.

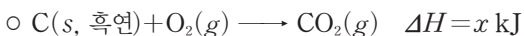
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0075

다음은 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 O₂(g)가 반응하여 CO₂(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 이에 대한 자료이다.

[열화학 반응식]



[자료]

- 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연) 6 g이 완전 연소될 때 197 kJ의 열이 방출된다.

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, C의 원자량은 12이고, 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

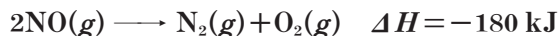
- ㄱ. x = -394이다.
- ㄴ. C(s, 흑연) 1 mol과 O₂(g) 1 mol의 엔탈피 합은 CO₂(g) 1 mol의 엔탈피보다 크다.
- ㄷ. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 -x kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0076

다음은 25°C, 1 atm에서 NO(g)가 분해되는 반응의 열화학 반응식과 이에 대한 학생들의 대화이다.



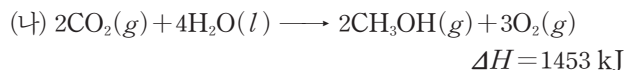
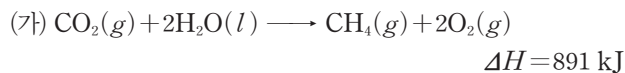
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

04

▶26071-0077

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 반응의 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

보기

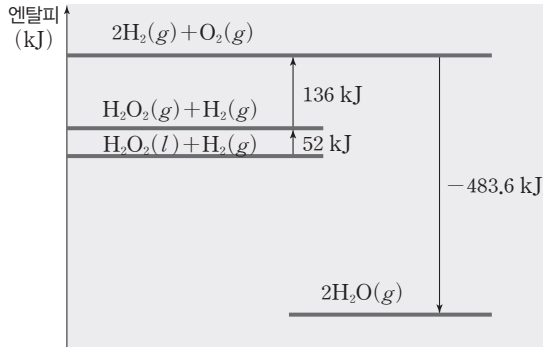
- ㄱ. (가)는 CH₄(g)의 생성 엔탈피를 나타내는 반응의 열화학 반응식이다.
- ㄴ. CH₄(g)과 CH₃OH(g) 각각 1 mol을 완전 연소시킬 때 방출하는 열량은 CH₃OH(g)이 CH₄(g)보다 크다.
- ㄷ. CH₄(g)과 CH₃OH(g) 각각 1 g을 완전 연소시킬 때 방출하는 열량은 CH₄(g)이 CH₃OH(g)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 26071-0078

그림은 25°C, 1 atm에서 몇 가지 반응의 엔탈피 변화를 나타낸 것이다.



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

| 보기 |

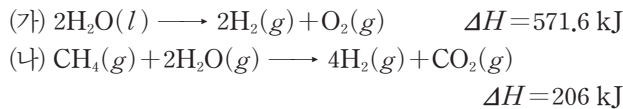
- ㄱ. H₂O(g)의 생성 엔탈피는 -241.8 kJ/mol이다.
 ㄴ. H₂O₂(l)의 생성 엔탈피는 -52 kJ/mol이다.
 ㄷ. 2H₂O(g) → H₂O₂(l) + H₂(g) 반응의 반응 엔탈피는 295.6 kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 26071-0079

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 반응의 열화학 반응식이다.



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

| 보기 |

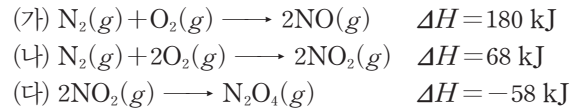
- ㄱ. (가)와 (나)는 모두 흡열 반응이다.
 ㄴ. H₂O(l)의 생성 엔탈피는 -285.8 kJ/mol이다.
 ㄷ. (가)와 (나)에서 H₂(g) 1 mol이 각각 생성될 때 출입하는 열에너지는 (나)가 (가)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶ 26071-0080

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 반응의 열화학 반응식이다.



25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

| 보기 |

- ㄱ. (가)와 (나) 모두 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피보다 작다.
 ㄴ. 생성 엔탈피는 NO(g)가 NO₂(g)보다 크다.
 ㄷ. $\text{NO}_2(g) \longrightarrow \frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 -29 kJ이다.

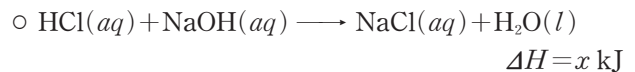
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 26071-0081

다음은 간이 열량계로 염산(HCl(aq))과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액이 반응할 때 방출하는 열량을 구하는 실험이다.

[열화학 반응식]

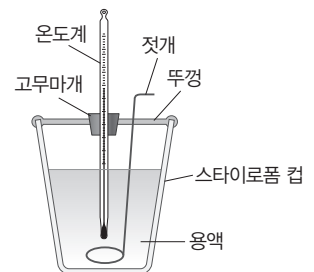


[자료]

- 1 M HCl(aq)과 1 M NaOH(aq)의 밀도는 각각 1 g/mL 이고, 혼합 용액의 비열은 $c \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 이다.

[실험 과정]

- (가) 간이 열량계에 1 M HCl(aq) 100 mL를 넣고 온도($t_1^\circ\text{C}$)를 측정한다.
 (나) (가)의 열량계에 $t_1^\circ\text{C}$ 의 1 M NaOH(aq) 100 mL를 넣은 후 젓개로 저어 가면서 용액의 최고 온도($t_2^\circ\text{C}$)를 측정한다.



[실험 결과]

- $t_1 : 25, t_2 : 28$

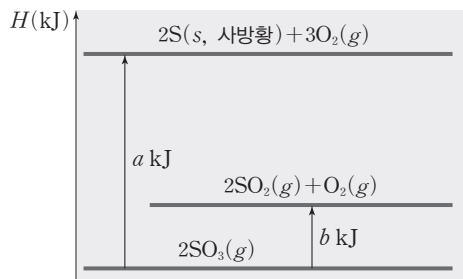
x 는? (단, 열량계와 주위 사이의 열 출입은 없다.)

- ① $-6c$ ② $-3c$ ③ $-0.6c$
 ④ $0.3c$ ⑤ $6c$

01

▶26071-0082

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



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

보기

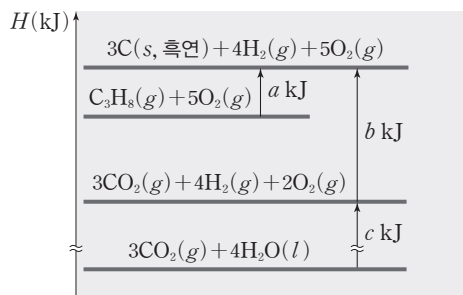
- ㄱ. SO₂(g) 2 mol과 O₂(g) 1 mol의 엔탈피 합은 SO₃(g) 2 mol의 엔탈피보다 크다.
- ㄴ. SO₃(g)의 생성 엔탈피는 $-\frac{a}{2}$ kJ/mol이다.
- ㄷ. SO₂(g) → S(s, 사방황) + O₂(g) 반응의 반응 엔탈피는 $-\frac{a-b}{2}$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0083

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



25°C, 1 atm에서 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. C₃H₈(g)의 생성 엔탈피는 a kJ/mol이다.
- ㄴ. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 $-\frac{b}{3}$ kJ/mol이다.
- ㄷ. C₃H₈(g) 1 mol이 완전 연소하여 CO₂(g)와 H₂O(l)이 생성되는 반응의 반응 엔탈피는 (a-b-c) kJ이다.

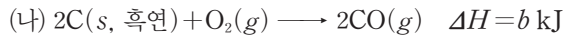
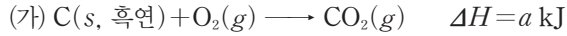
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0084

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식과 이와 관련된 자료이다.

[열화학 반응식]



[자료]

○ 반응 엔탈피(kJ)의 비교 : $a < b < 0 < c$

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

□ 보기 □

- ㄱ. (가)~(다) 중 발열 반응은 2가지이다.
- ㄴ. O(g)의 생성 엔탈피는 c kJ/mol이다.
- ㄷ. 생성 엔탈피는 CO₂(g)가 CO(g)보다 크다.

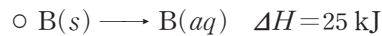
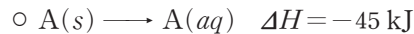
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0085

다음은 1 atm에서 A(s)와 B(s)의 용해와 관련된 열화학 반응식과 실험이다.

[열화학 반응식]

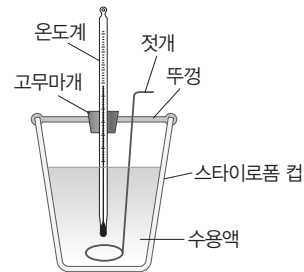


[자료]

- 화학식량은 B가 A의 2배이다.
- A(aq)과 B(aq)의 비열은 모두 c J/(g·°C)이다.

[실험 과정]

- (가) 간이 열량계에 20°C의 물 99 g을 넣고 20°C의 A(s) 1 g을 넣어 용해시킨 후 용액의 최고 또는 최저 온도(t_1 °C)를 측정한다.
- (나) 다른 간이 열량계에 20°C의 물 99 g을 넣고 20°C의 B(s) 1 g을 넣어 용해시킨 후 용액의 최고 또는 최저 온도(t_2 °C)를 측정한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

□ 보기 □

- ㄱ. $t_1 > t_2$ 이다.
- ㄴ. 고체 1 mol이 물에 용해될 때 출입하는 열량의 비는 A(s) : B(s) = 9 : 5이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 수용액의 온도 변화의 비는 A(aq) : B(aq) = 18 : 5이다.

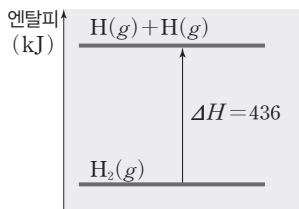
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

① 결합 에너지와 반응 엔탈피

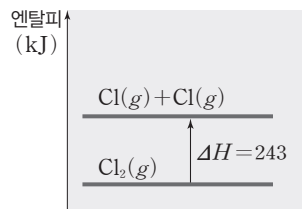
(1) 결합 에너지 : 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 간의 공유 결합 1 mol을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이다.

예 H-H와 Cl-Cl의 결합 에너지

- H-H의 결합 에너지 : 기체 상태의 수소(H₂) 분자 1 mol의 공유 결합을 끊어 기체 상태의 수소(H) 원자로 만드는 데 436 kJ의 에너지가 필요하다.
- Cl-Cl의 결합 에너지 : 기체 상태의 염소(Cl₂) 분자 1 mol의 공유 결합을 끊어 기체 상태의 염소(Cl) 원자로 만드는 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

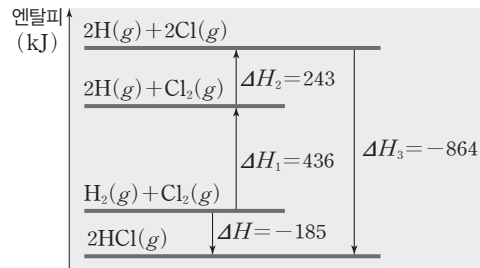
분자	결합	측정된 결합 에너지(kJ/mol)
CH ₄ (g)	H-CH ₃	435
CHBr ₃ (g)	H-CBr ₃	380
CHCl ₃ (g)	H-CCl ₃	380
CHF ₃ (g)	H-CF ₃	430

→ 몇 가지 원자 사이의 평균 결합 에너지

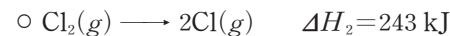
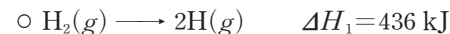
결합	결합 에너지(kJ/mol)	결합	결합 에너지(kJ/mol)
H-H	436	N-N	240
H-C	410	N=N	418
H-O	460	N≡N	945
H-Cl	432	C-C	350
O-O	180	C=C	611
O=O	498	C≡C	835

(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.

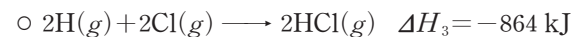
예 H₂(g) + Cl₂(g) → 2HCl(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH) 구하기



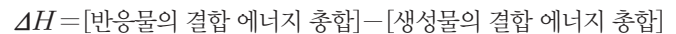
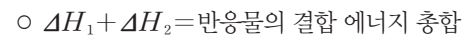
[반응물의 결합이 끊어지는 과정]



[생성물의 결합이 생성되는 과정]



[반응 엔탈피(ΔH)]



더 알기

결합 에너지와 반응 엔탈피(ΔH)의 관계

- 반응물과 생성물이 기체 상태일 경우 결합 에너지를 이용하여 반응 엔탈피(ΔH)를 구할 수 있다.
- H₂(g)와 Cl₂(g)가 반응하여 HCl(g)가 생성되는 반응에서 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값이므로 다음과 같이 반응 엔탈피(ΔH)를 구할 수 있다.

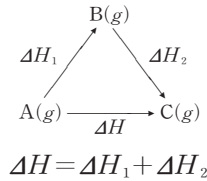


H₂(g)의 결합 에너지 = x kJ/mol, Cl₂(g)의 결합 에너지 = y kJ/mol, HCl(g)의 결합 에너지 = z kJ/mol이라고 할 때

→ ΔH = (x + y - 2z) kJ이다.

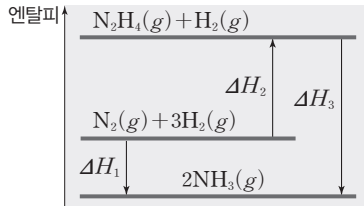
② 헤스 법칙

(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.

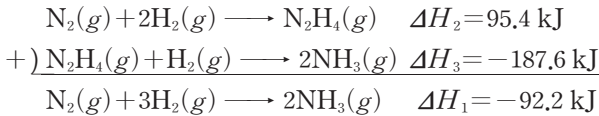


예 질소(N₂)와 수소(H₂)의 반응

- 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 kJ과 같다. 따라서 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로와 무관하게 반응 엔탈피의 총합은 일정하다.



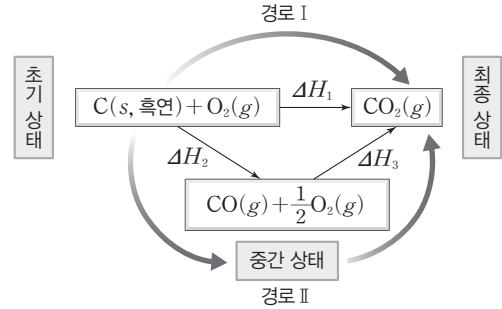
(2) 헤스 법칙의 이용

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.

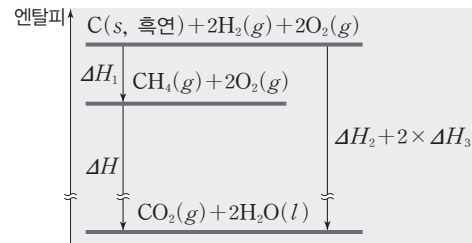
$$\Delta H = [\text{생성물의 생성 엔탈피 합}] - [\text{반응물의 생성 엔탈피 합}]$$

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)

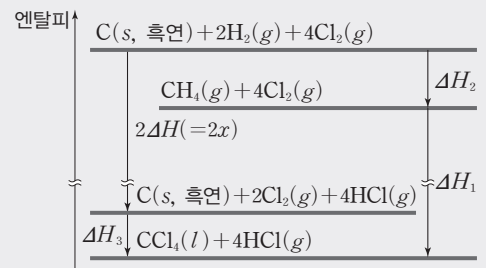


더 알기 헤스 법칙 이용하기

H₂(g)와 Cl₂(g)가 반응하여 HCl(g)가 생성되는 반응의 반응 엔탈피(x)는 헤스 법칙을 이용하여 구할 수 있다.

- CH₄(g) + 4Cl₂(g) → CCl₄(l) + 4HCl(g) ΔH₁
- C(s, 흑연) + 2H₂(g) → CH₄(g) ΔH₂
- C(s, 흑연) + 2Cl₂(g) → CCl₄(l) ΔH₃
- H₂(g) + Cl₂(g) → 2HCl(g) ΔH = x

→ x = 1/2(ΔH₁ + ΔH₂ - ΔH₃)



테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 이와 관련된 자료이다.

[열화학 반응식]

- $C_2H_4(g) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g) \quad \Delta H = x \text{ kJ}$
- $C(g) \longrightarrow C(s, \text{흑연}) \quad \Delta H = a \text{ kJ}$

[자료]

C ₂ H ₆ 의 구조식	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	결합	C—C	C—H	H—H
		결합 에너지 (kJ/mol)	b	c	d

- C₂H₄(g)의 생성 엔탈피는 y kJ/mol이다.

이 자료로부터 구한 x+y는? (단, 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 H₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① $-a-b-6c+3d$ ② $2a+b+6c-3d$ ③ $2a-b-6c+3d$
- ④ $-2a+b+6c-3d$ ⑤ $-2a-b-6c+3d$

접근 전략

주어진 열화학 반응식과 C₂H₄(g)의 생성 엔탈피를 이용하여 C(g)와 H₂(g)가 반응하여 C₂H₆(g)이 생성되는 반응의 열화학 반응식을 구한다. 이 반응의 반응 엔탈피는 결합 에너지를 이용하여 구한 반응 엔탈피와 값이 같다.

간략 풀이

C₂H₄(g) + H₂(g) → C₂H₆(g) ΔH = x kJ ... ①
 2C(s, 흑연) + 2H₂(g) → C₂H₄(g) ΔH = y kJ ... ②
 2C(g) → 2C(s, 흑연) ΔH = 2a kJ ... ③
 식 ①~③을 더하면 2C(g) + 3H₂(g) → C₂H₆(g) 반응이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피는 (x+y+2a) kJ이다. 또한 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값이므로 x+y+2a = (3×d) - (b+6c)이고, x+y = -2a - b - 6c + 3d이다.
정답 | ⑤

답은 쫄 문제로 유형 익히기

정답과 해설 19쪽

▶ 26071-0086

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 물질의 생성 엔탈피와 이와 관련된 자료이다.

[생성 엔탈피]

물질	C(g)	CH ₃ OH(g)	C ₂ H ₅ OH(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	a	-201	-235

[자료]

물질	CH ₃ OH		C ₂ H ₅ OH	
	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
결합	C—C	C—H	H—H	
결합 에너지(kJ/mol)	b	c	d	

이 자료로부터 구한 -b-2c+d는? (단, 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연), H₂(g), O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① $-a-34$ ② $-a+34$ ③ $-a+436$ ④ $a+34$ ⑤ $a+436$

유사점과 차이점

결합 에너지를 이용하여 반응 엔탈피를 구할 수 있다는 점은 테마 대표 문제와 유사하지만, 열화학 반응식이 주어지지 않고 생성 엔탈피만을 이용하여 구하고자 하는 열화학 반응식을 만들어야 한다는 점이 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

- 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값이다.

01

▶ 26071-0087

다음은 25°C, 1 atm에서 NH₃(g)와 관련된 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다. NH₃(g)의 생성 엔탈피는 -46 kJ/mol이다.



결합	N=N	H-H	N-H
결합 에너지(kJ/mol)	x	436	391

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 H₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

- ㄱ. $a = -92$ 이다.
- ㄴ. H(g)의 생성 엔탈피는 436 kJ/mol이다.
- ㄷ. $x = 946$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 26071-0088

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.

- $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ}$
- $2\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ}$
- $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ}$

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

보기

- ㄱ. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 a kJ/mol이다.
- ㄴ. CO(g)의 생성 엔탈피는 $-b$ kJ/mol이다.
- ㄷ. $c = 2a - b$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 26071-0089

표는 25°C, 1 atm에서 2가지 물질의 생성 엔탈피이다.

물질	NH ₃ (g)	N ₂ H ₄ (g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	a	b

이 자료로부터 구한 $2\text{NH}_3(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 x kJ이다.

x 는? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 H₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

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

04

▶ 26071-0090

다음은 25°C, 1 atm에서 H₂O(l)과 관련된 열화학 반응식과 생성 엔탈피 및 3가지 결합의 결합 에너지이다.

- $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = 44 \text{ kJ}$
- H₂O(l)의 생성 엔탈피는 x kJ/mol이다.

결합	H-H	O=O	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	a	b	c

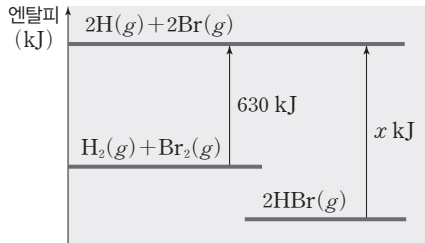
이 자료로부터 구한 x 는? (단, 25°C, 1 atm에서 H₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① $a + \frac{b}{2} - c - 44$
- ② $a + \frac{b}{2} - 2c - 44$
- ③ $a + \frac{b}{2} - 2c + 44$
- ④ $a + \frac{b}{2} + c - 44$
- ⑤ $a + \frac{b}{2} + 2c + 44$

05

▶26071-0091

그림은 25°C, 1 atm에서 몇 가지 반응의 엔탈피 변화를 나타낸 것이고, 표는 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	H-H	H-Br	Br-Br
결합 에너지(kJ/mol)	436	366	y

25°C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 Br₂(g)과 Br₂(l)의 생성 엔탈피는 각각 31 kJ/mol과 0이다.)

보기

- ㄱ. x=732이다.
- ㄴ. y=194이다.
- ㄷ. HBr(g)의 생성 엔탈피는 -71 kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0092

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 반응의 열화학 반응식이다.

- N₂H₄(g) + O₂(g) → N₂(g) + 2H₂O(g) ΔH = a kJ
- 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(l) ΔH = b kJ
- H₂O(l) → H₂O(g) ΔH = c kJ

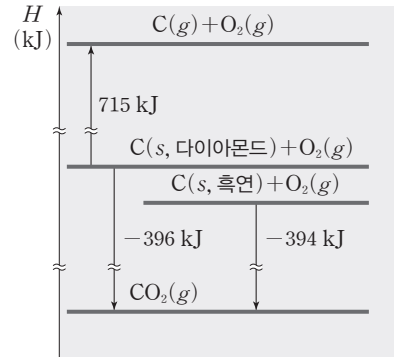
25°C, 1 atm에서 이 자료로부터 구한 N₂H₄(g)의 생성 엔탈피는 x kJ/mol이다. x는?

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

07

▶26071-0093

그림은 25°C, 1 atm에서 탄소(C)의 연소와 관련된 반응에 대한 엔탈피(H) 변화를 나타낸 것이다.



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

보기

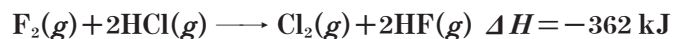
- ㄱ. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 -394 kJ/mol이다.
- ㄴ. C(s, 흑연) → C(s, 다이아몬드) 반응의 반응 엔탈피는 2 kJ이다.
- ㄷ. C(g)의 생성 엔탈피는 717 kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0094

다음은 25°C, 1 atm에서 Cl₂(g)의 생성과 관련된 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	H-H	H-Cl	Cl-Cl
결합 에너지(kJ/mol)	436	432	242

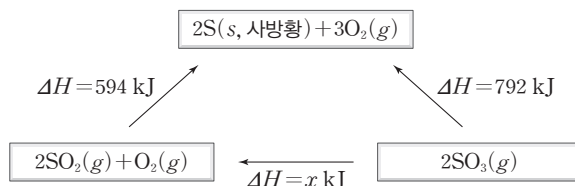
25°C, 1 atm에서 이 자료로부터 구한 HF(g)의 생성 엔탈피는 x kJ/mol이다. x는? (단, 25°C, 1 atm에서 F₂(g)과 Cl₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① -548 ② -395 ③ -274
- ④ -185 ⑤ -96

01

▶ 26071-0095

그림은 25°C, 1 atm에서 S(s, 사방황)과 관련된 반응의 반응 엔탈피를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. $x = 198$ 이다.
- ㄴ. SO₂(g)의 생성 엔탈피는 -297 kJ/mol이다.
- ㄷ. S(s, 사방황)과 S(s, 단사황)이 각각 O₂(g)와 반응하여 SO₃(g) 1 mol이 생성될 때 방출하는 열량은 S(s, 단사황)이 S(s, 사방황)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 26071-0096

다음은 학생 A가 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

- N₂(g)와 O₂(g)가 반응하여 NO₂(g)가 생성될 때, 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피 합은 같다.

[탐구 과정]

- (가) 25°C, 1 atm에서 N₂(g) 1 mol이 O₂(g)와 반응하여 NO₂(g) 2 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 조사한다.
- (나) 25°C, 1 atm에서 N₂(g) 1 mol이 O₂(g)와 반응하여 NO(g) 2 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 조사한다.
- (다) 25°C, 1 atm에서 NO(g) 1 mol이 O₂(g)와 반응하여 NO₂(g) 1 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 조사한다.

[탐구 결과]

과정	(가)	(나)	(다)
ΔH(kJ)	68	180	x

[결론]

- 가설은 옳다.

학생 A의 탐구 과정 및 결과와 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C, 1 atm에서 N₂(g)와 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

- ㄱ. (가)와 (나)는 모두 흡열 반응이다.
- ㄴ. 생성 엔탈피는 NO₂(g)가 NO(g)보다 크다.
- ㄷ. $x = -112$ 이다.

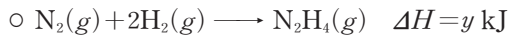
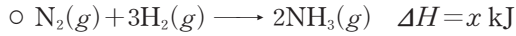
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0097

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 이와 관련된 자료이다.

[열화학 반응식]



[자료]

N ₂ H ₄ 의 구조식	H—N—N—H | | H H	결합	N—N	H—H	N—H
		결합 에너지(kJ/mol)	a	b	c

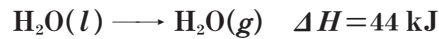
이 자료로부터 구한 y는?

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

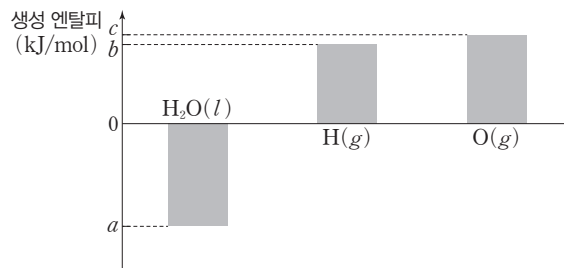
04

▶26071-0098

다음은 25°C, 1 atm에서 H₂O(g)와 관련된 열화학 반응식이다.



그림은 25°C, 1 atm에서 3가지 물질의 생성 엔탈피를 나타낸 것이다.



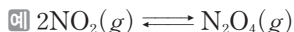
이 자료로부터 구한 O—H의 결합 에너지는 $\frac{x}{2}$ kJ/mol이다.

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

- ① $-a - 2b + c - 44$
- ② $-a + 2b + c - 44$
- ③ $-a + 2b + c + 44$
- ④ $a + 2b + c - 44$
- ⑤ $a + 2b + c + 44$

① 화학 평형

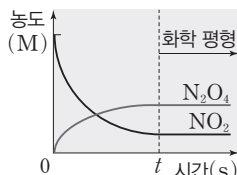
(1) 가역 반응 : 반응 조건(농도, 압력, 온도 등)에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로, 화학 반응식에서 반응물 \rightleftharpoons 생성물로 나타낸다.



(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.

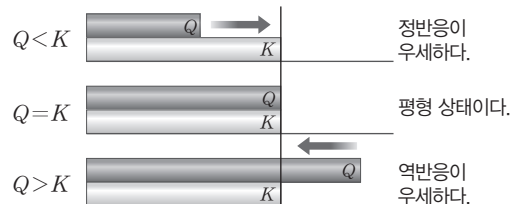
(3) 평형 상수(K)의 의미

- 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.

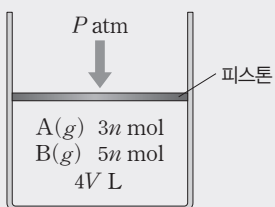


구분	생성물의 농도	반응의 진행 방향
$Q < K$	현재 상태 < 평형 상태	생성물의 농도가 커져야 하므로 정반응이 우세하게 진행된다.
$Q = K$	현재 상태 = 평형 상태	평형 상태이다.
$Q > K$	현재 상태 > 평형 상태	생성물의 농도가 작아져야 하므로 역반응이 우세하게 진행된다.

더 알기

$\text{A}(g) + 3\text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$ 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 각각 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.

테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

다음은 $\text{NO}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.

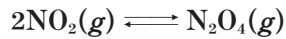
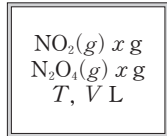
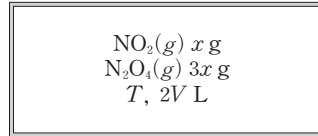


그림 (가)와 (나)는 두 강철 용기에 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. (가)에서는 정반응이, (나)에서는 역반응이 우세하게 진행되어 온도 T 에서 (가)와 (나)는 각각 평형 상태 I과 II에 도달하였다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.) [3점]

보기

- ㄱ. 반응 지수(Q)는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ㄴ. $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 몰 분율은 I에서가 II에서보다 크다.
- ㄷ. 전체 기체의 압력은 I에서와 II에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

초기 상태에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 질량을 이용하여 기체의 양(mol)을 구하고 온도가 일정할 때 평형 상수가 동일하게 유지된다는 점을 바탕으로 평형 상태에서 각 기체의 양적 관계를 구할 수 있어야 한다.

간략 풀이

$\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 분자량은 $\text{NO}_2(g)$ 의 2배이다. (가)에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 질량이 같으므로 (가)에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양을 각각 $2n \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이라고 하면, (나)에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양은 각각 $2n \text{ mol}$, $3n \text{ mol}$ 이다.

㉠ (가)와 (나)의 온도는 T 로 일정하므로 I과 II에서 평형 상수는 같다. (가)에서는 정반응이 우세하게 진행되었으므로 $Q < K$ 이고, (나)에서는 역반응이 우세하게 진행되었으므로 $Q > K$ 이다. 따라서 반응 지수(Q)는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

✕ 초기 상태에서 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)이 모두 $\text{NO}_2(g)$ 로 존재할 때 (가)와 (나)에서 $\text{NO}_2(g)$ 의 양은 각각 $4n \text{ mol}$, $8n \text{ mol}$ 이고, 강철 용기의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 (가)와 (나)에서 $\text{NO}_2(g)$ 의 몰 농도(M)는 같다. 평형 상태 I과 II에서 온도가 같으므로 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 몰 분율은 I에서와 II에서가 같다.

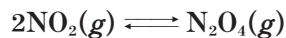
㉡ II에서 전체 기체의 양(mol)은 I에서의 2배이고, (나)에서의 부피는 (가)에서의 2배이므로 전체 기체의 압력은 I에서와 II에서가 같다.

정답 | ③

짧은 풀이 문제로 유형 익히기

정답과 해설 22쪽

다음은 $\text{NO}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 부피가 서로 다른 강철 용기에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 들어 있는 초기 상태 (가)와 (나)에 대한 자료이다. $\frac{(\text{나})\text{에서의 반응 지수}(Q)}{(\text{가})\text{에서의 반응 지수}(Q)} = 12$ 이고, (가)에서는 정반응이, (나)에서는 역반응이 우세하게 진행되어 온도 T 에서 (가)와 (나)는 각각 평형 상태 I과 II에 도달하였다.

초기 상태	강철 용기의 부피(L)	$\frac{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 질량}(g)}{\text{NO}_2(g)\text{의 질량}(g)}$	온도
(가)	V	$\frac{1}{2}$	T
(나)	$2V$	3	T

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 평형 상수(K)는 II에서가 I에서보다 크다.
- ㄴ. $\text{NO}_2(g)$ 의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 몰 분율은 I에서와 II에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 26071-0099

유사점과 차이점

초기 상태의 질량 관계를 토대로 기체의 양(mol)을 구하고 온도가 일정할 때 평형 상수가 같다는 점을 이용하여 평형 상태에서 양적 관계를 비교한다는 점이 테마 대표 문제와 유사하지만, 그림 자료를 표로 제시하고 초기 상태의 질량을 비율 형태로 제시한 점이 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

- 반응 지수(Q) : 평형 상수식에 반응물과 생성물의 현재 농도(M)를 대입하여 구한 값이다.
- 평형 상수(K)는 온도에 의해서만 달라지며, 농도나 기체의 압력에 의해서는 변하지 않는다.

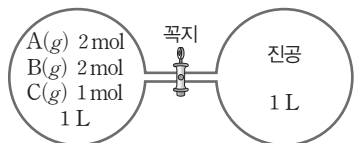
05

▶26071-0104

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



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 진공 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 초기 상태의 반응 지수(Q)는 2이고, 꼭지를 열어 반응시킨 후 평형 상태에 도달하였을 때, B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{13}$ 이다.



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

보기

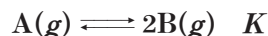
- ㄱ. $b=3$ 이다.
- ㄴ. 평형 상태에 도달한 후 A(g)의 양은 2 mol이다.
- ㄷ. $K = \frac{3}{32}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0105

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



표는 T K에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태와 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에서 강철 용기에 들어 있는 전체 기체의 압력과 기체의 종류 및 양(mol)을 모형으로 나타낸 것이다. 1개의 ▲과 ■은 각각 1 mol의 A(g)와 B(g)이고, Q는 초기 상태의 반응 지수이다.

	초기 상태	평형 상태
전체 기체의 압력(상대값)	3	4
강철 용기 속 기체의 종류와 양(mol)		㉠

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

보기

- ㄱ. 평형에 도달하기 전까지 정반응이 우세하게 진행된다.
- ㄴ. ㉠에서 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 1 : 3이다.
- ㄷ. $\frac{K}{Q} = 18$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0106

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

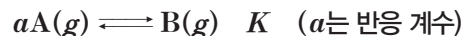
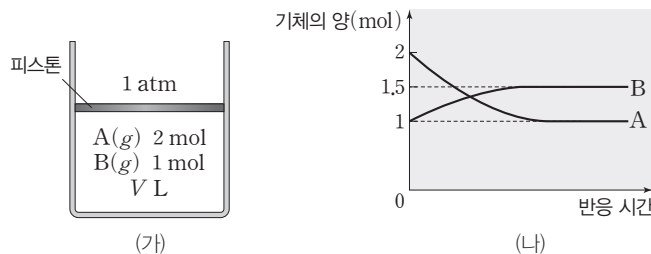


그림 (가)는 T K에서 실린더에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 평형 상태에 도달하였을 때 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 양(mol)을 나타낸 것이다. Q는 초기 상태의 반응 지수이다.



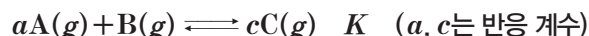
$\frac{K}{Q}$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K와 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.)

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

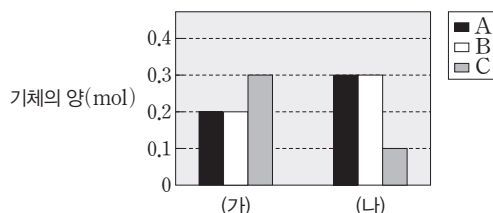
08

▶26071-0107

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



그림은 T K에서 실린더에 A(g)~C(g)가 들어 있는 초기 상태와 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에서 실린더에 들어 있는 기체의 양(mol)을 나타낸 것이고, (가)와 (나)는 초기 상태와 평형 상태를 순서 없이 나타낸 것이다. $K > Q$ 이고, Q는 초기 상태의 반응 지수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K와 1 atm으로 일정하다.)

보기

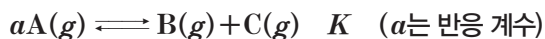
- ㄱ. (가)는 평형 상태이다. ㄴ. $\frac{c}{a} = 2$ 이다.
- ㄷ. $\frac{K}{Q} = \frac{81}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0108

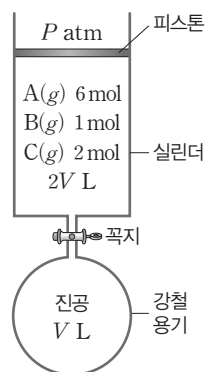
다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 A(g)~C(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다.

꼭지를 열고 반응이 진행되어 평형 상태에 도달하였을 때, 실린더 속 전체 기체의 부피는 V L 이고 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다. Q는 초기 상태의 반응 지수이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K와 P atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.)



보기

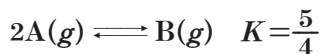
- ㄱ. 평형에 도달하기 전까지 정반응이 우세하게 진행된다.
- ㄴ. $a=2$ 이다.
- ㄷ. $\frac{K}{Q}=54$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

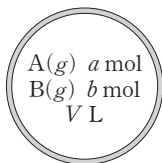
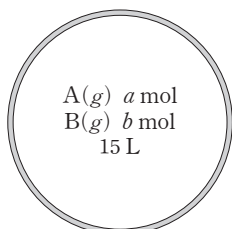
02

▶26071-0109

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



그림은 T K에서 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 (가)와 (나)에서 각각 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다. 초기 상태에서 (가)의 $\frac{B(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{1}{4}$ 이다.



(가)

(나)

강철 용기	평형 상태에서 B(g)의 몰 분율
(가)	$\frac{1}{3}$
(나)	$\frac{1}{2}$

(가)에서 초기 상태의 반응 지수를 Q라 할 때, $\frac{Q}{V}$ 는? (단, 온도는 T K로 일정하다.)

- ① $\frac{1}{32}$ ② $\frac{1}{16}$ ③ $\frac{3}{32}$ ④ $\frac{1}{8}$ ⑤ $\frac{5}{32}$

03

▶26071-0110

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



표는 T K에서 부피가 V L인 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 초기 상태 I~Ⅲ에 대한 자료이다. Ⅲ에서 $\frac{B(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = 2$ 이고, Q는 초기 상태의 반응 지수이다.

초기 상태	기체의 양(mol)			$\frac{Q}{K}$
	A(g)	B(g)	C(g)	
I	x	x	x	$\frac{1}{4}$
Ⅱ	x	x	y	1
Ⅲ	x	z	①	$\frac{3}{2}$

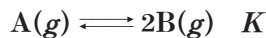
$\frac{K}{\text{①}}$ 는? (단, 온도는 T K로 일정하다.)

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

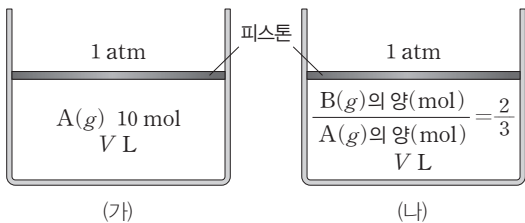
04

▶26071-0111

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



그림은 T K에서 실린더 (가)에 A(g)가, (나)에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 (가)와 (나)에서 각각 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다.



실린더	평형 상태에서 실린더 속 기체의 부피(L)	평형 상태에서 B(g)의 몰 분율
(가)	V_1	$\frac{1}{3}$
(나)	V_2	$\frac{1}{3}$

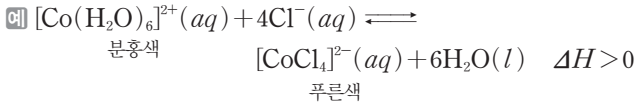
$\frac{V_2}{V_1} \times K$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K와 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

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

(3) 온도 변화

- ① 평형 상태에 있는 반응에서 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하고, 온도를 낮추면 발열 반응 쪽으로 평형이 이동하여 새로운 평형에 도달한다.

온도 변화	평형 이동 방향
온도 증가	흡열 반응 쪽
온도 감소	발열 반응 쪽



- 온도를 낮추면 발열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다(색 변화 : 푸른색 → 분홍색).
 - 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다(색 변화 : 분홍색 → 푸른색).
- ② 온도 변화에 의해 평형이 이동하면 평형 상수(K)도 달라진다.
- 정반응이 흡열 반응일 때 온도를 높여 주면 정반응이 우세하게 진행되고 평형 상수는 커진다. 온도를 낮추면 역반응이 우세하게 진행되고 평형 상수는 작아진다.
 - 정반응이 발열 반응일 때 온도를 높여 주면 역반응이 우세하게 진행되고 평형 상수는 작아진다. 온도를 낮추면 정반응이 우세하게 진행되고 평형 상수는 커진다.



온도(K)	평형 상수
300	2.6×10^8
400	3.9×10^4

(4) 촉매 사용

- ① 촉매는 반응 속도에는 영향을 미치지 않지만 평형을 이동시키지는 않는다.

- ② 촉매를 사용해도 평형 상태에서 생성물의 양은 변하지 않고 평형 상수도 변하지 않는다.

③ 평형 이동의 응용

(1) 수득률

- ① 수득률(%) : 화학 반응에서 이론상 최대로 얻을 수 있는 생성물의 양에 대한 실제로 얻어진 생성물의 양의 비율에 100을 곱한 값이다.

$$\text{수득률}(\%) = \frac{\text{실제로 얻어진 생성물의 양}(\text{mol})}{\text{이론상 최대로 얻을 수 있는 생성물의 양}(\text{mol})} \times 100$$

이론상 최대로 얻을 수 있는 생성물의 양은 정반응만 진행된다 가정했을 때 얻을 수 있는 생성물의 최대 양을 의미한다.

- ② 수득률을 높이려면 정반응이 우세하게 진행되도록 평형을 이동시켜야 한다.

(2) 암모니아의 합성과 수득률

- ① 암모니아 합성 반응의 열화학 반응식

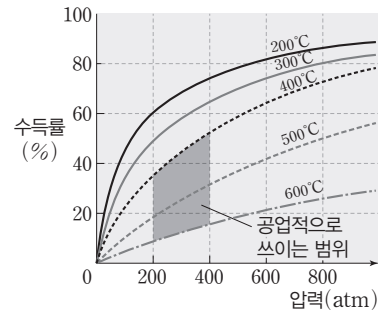


- ② 평형 이동의 조건

- 정반응이 발열 반응이므로 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 증가한다.
- 정반응이 진행되면 기체 분자 수가 감소하므로 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 증가한다.

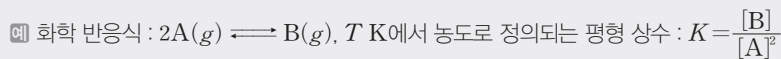
③ 암모니아의 공업적 생산(하버·보슈 법)

- 온도가 낮으면 반응 속도가 느려지고, 높은 압력을 견디는 반응 용기의 제작이 어렵다.
- 공업적으로 400~600°C, 200~400 atm 정도의 조건에서 촉매를 사용하여 암모니아를 합성한다.



더 알기 강철 용기와 실린더에서 비활성 기체를 첨가하는 경우 평형 이동

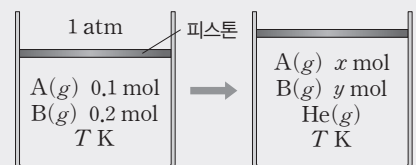
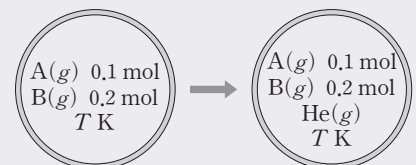
- (가) : T K에서 기체 반응이 강철 용기에서 평형을 이루고 있는 상태에서 $\text{He}(\text{g})$ 을 넣어 주는 경우
 → 각 기체의 몰 농도는 변화 없으므로 평형 이동 없음
- (나) : T K에서 기체 반응이 압력이 일정한 실린더에서 평형을 이루고 있는 상태에서 $\text{He}(\text{g})$ 을 넣어 주는 경우 → 각 기체의 몰 농도(부분 압력) 감소함
 이는 압력 감소 효과와 동일하여 기체의 양(mol)이 증가하는 쪽으로 평형 이동



$\text{He}(\text{g})$ 을 넣어 부피가 증가한 순간 :

반응 지수(Q)는 $Q > K$ 이므로 기체의 양(mol)이 증가하는 역반응 쪽으로 평형 이동

→ $x > 0.1, y < 0.2$



테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

다음은 $\text{SO}_3(g)$ 이 반응하여 $\text{SO}_2(g)$ 과 $\text{O}_2(g)$ 를 생성하는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

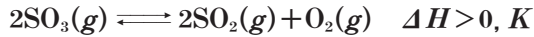
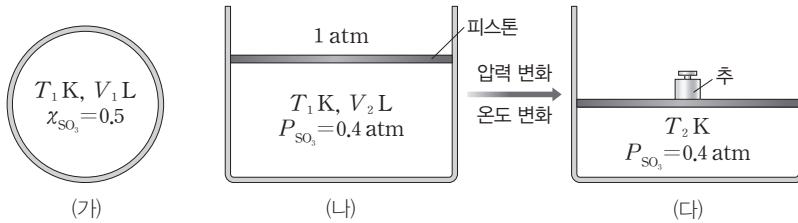


그림 (가)와 (나)는 T_1 K에서 강철 용기와 실린더에 $\text{SO}_3(g)$ 2 mol을 각각 넣고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (다)는 (나)에서 피스톤 위에 추를 올리고 온도를 변화시킨 후 반응이 진행되어 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. χ_{SO_3} 과 P_{SO_3} 은 각각 $\text{SO}_3(g)$ 의 몰 분율과 부분 압력이다.



V_1 와 V_2 의 크기 비교(㉠)과 T_1 와 T_2 의 크기 비교(㉡)로 옳은 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시하며, 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.)

- | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|
| ㉠ | ㉡ | ㉠ | ㉡ |
| ① $3V_1 < V_2$ | $T_1 < T_2$ | ② $3V_1 < V_2$ | $T_1 > T_2$ |
| ③ $3V_1 = V_2$ | $T_1 < T_2$ | ④ $3V_1 > V_2$ | $T_1 < T_2$ |
| ⑤ $3V_1 > V_2$ | $T_1 > T_2$ | | |

접근 전략

온도가 같을 때 평형 상수가 같다는 점을 토대로 (가)와 (나)의 부피 관계를 파악하고, (나)와 (다)에서 $\text{SO}_3(g)$ 의 몰 분율을 비교하여 온도와 압력에 따른 평형 이동 관계를 구할 수 있어야 한다.

간략 풀이

성분 기체의 부분 압력은 전체 기체의 압력과 성분 기체의 몰 분율에 비례한다. 강철 용기와 실린더에 $\text{SO}_3(g)$ 2 mol을 각각 넣고 반응이 진행되었을 때 도달한 평형 상태에서 기체의 양(mol)은 다음과 같다.

평형 상태	$\text{SO}_3(g)$	$\text{SO}_2(g)$	$\text{O}_2(g)$
(가)	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{5}$
(나)	1	1	$\frac{1}{2}$

(가)와 (나)는 온도가 같으므로 평형 상수(K)가 같다. 따라서

$$\left(\frac{\frac{4}{5}}{\frac{6}{5}}\right)^2 \times \frac{\frac{2}{5}}{\frac{2}{5}} = \left(\frac{1}{V_2}\right)^2 \times \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \implies \left(\frac{4}{6}\right)^2 = \left(\frac{1}{V_2}\right)^2 \implies V_1 = \frac{16}{45}V_2 \text{ 이고, } 3V_1 > V_2 \text{ 이다.}$$

반응 계수 합은 반응 전보다 반응 후가 크므로 외부 압력이 증가함에 따라 역반응이 우세하게 진행된다. 하지만 (다)에서 실린더 내 전체 압력이 커져 $\text{SO}_3(g)$ 의 몰 분율은 (나)보다 작으므로 정반응이 우세하게 진행되었고, (나)에서 온도를 높인 것이다. 따라서 $T_1 < T_2$ 이다. **정답 | ④**

답은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 25쪽

다음은 $\text{HI}(g)$ 가 반응하여 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{I}_2(g)$ 를 생성하는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

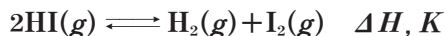
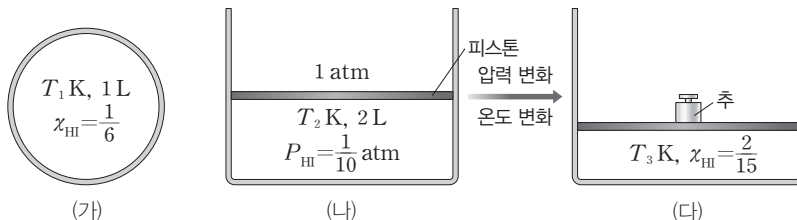


그림 (가)와 (나)는 T_1 K, T_2 K에서 강철 용기와 실린더에 $\text{HI}(g)$ 3 mol과 $\text{H}_2(g)$ 3 mol을 각각 넣고 정반응이 우세하게 진행되어 도달한 평형 상태를, (다)는 (나)에서 피스톤 위에 추를 올리고 온도를 변화시킨 후 반응이 진행되어 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. $T_3 > T_2$ 이고, χ_{HI} 와 P_{HI} 는 각각 $\text{HI}(g)$ 의 몰 분율과 부분 압력이며, (가)와 (나)에서 평형 상수는 각각 K_1 과 K_2 이다.



K_1 과 K_2 의 크기 비교(㉠)와 ΔH 의 부호(㉡)로 옳은 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시하며, 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.)

- | | | | |
|----------------|---|----------------|---|
| ㉠ | ㉡ | ㉠ | ㉡ |
| ① $3K_1 < K_2$ | + | ② $3K_1 < K_2$ | - |
| ④ $3K_1 > K_2$ | + | ⑤ $3K_1 > K_2$ | - |
| | | ③ $3K_1 = K_2$ | + |

▶26071-0112

유사점과 차이점

기체의 부분 압력을 몰 분율 관계로 파악하여 온도 변화에 따른 평형 이동 관계를 파악해야 한다는 점은 테마 대표 문제와 유사하지만, 온도가 다를 때 평형 상수를 구하고 화학 반응 전후 반응 계수 합이 같을 때 압력 변화에 따른 평형 이동 관계를 제시한 점이 테마 대표 문제와 다르다.

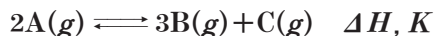
배경 지식

- 평형 상수(K)는 온도에 의해서만 달라지며, 농도나 기체의 압력에 의해서는 변하지 않는다.
- 평형 이동 법칙: 평형 상태에 있는 반응에서 농도, 압력, 온도 등의 반응 조건을 변화시키면, 그 조건의 변화를 상쇄시키려는 방향으로 반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

01

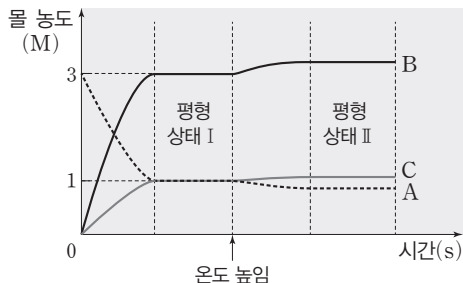
▶26071-0113

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



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 시간에 따른 A(g)~C(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.

평형 상태 II에서 $\frac{K}{\text{평형 상태 I에서 } K} > 1$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

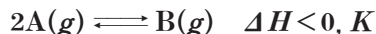
- ㄱ. 평형 상태 I에서 $K = 27$ 이다.
- ㄴ. $\Delta H > 0$ 이다.
- ㄷ. 평형 상태 II에 He(g) 1 mol을 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0114

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



표는 강철 용기 (가)~(다)에 A(g)를 넣고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다.

강철 용기	평형 상태에서 몰 농도(M)		온도(K)	평형 상수
	[A]	[B]		
(가)	x	4	T_1	K_1
(나)	y	1	T_1	
(다)	y	2	T_2	K_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $x = 2y$ 이다.
- ㄴ. $K_2 = 2K_1$ 이다.
- ㄷ. $T_1 > T_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

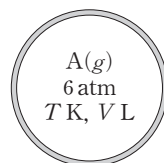
03

▶26071-0115

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



그림은 T K에서 강철 용기에 A(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 초기 상태에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I과, I에서 온도를 변화시켜 도달한 평형 상태 II에 대한 자료이다. II에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{7}$ 이다.



평형 상태	온도(K)	전체 기체의 압력(atm)	K
I	T	8	K_1
II	$\frac{7}{8}T$		K_2

$\frac{K_2}{K_1}$ 는?

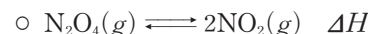
- ① $\frac{1}{64}$ ② $\frac{1}{32}$ ③ $\frac{1}{16}$ ④ $\frac{1}{8}$ ⑤ $\frac{1}{4}$

04

▶26071-0116

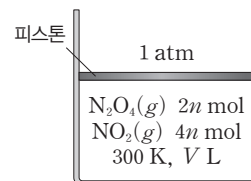
다음은 N₂O₄(g)와 NO₂(g)의 평형에 대한 실험이다.

[열화학 반응식]



[실험 과정 및 결과]

(가) 300 K에서 실린더에 N₂O₄(g)를 넣고 반응이 진행되었을 때, 그림과 같이 평형 상태 I에 도달하였다.



(나) I에서 온도를 유지하면서 외부 압력을 P atm으로 증가시켜 새로운 평형 상태 II에 도달하였을 때, 실린더 속 NO₂(g)의 몰 분율과 전체 기체의 부피는 각각 $\frac{2}{5}$, $\frac{V}{6}$ L이었다.

(다) II에서 외부 압력을 P atm으로 유지한 채 온도를 360 K로 높여 새로운 평형 상태 III에 도달하였을 때, 실린더 속 NO₂(g)의 몰 분율과 전체 기체의 부피는 각각 $\frac{6}{7}$, V_1 L이었다.

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

보기

- ㄱ. $P = 5$ 이다.
- ㄴ. $\Delta H < 0$ 이다.
- ㄷ. $V_1 = \frac{6}{5}V$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0117

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

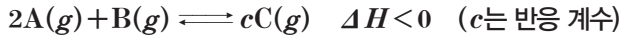
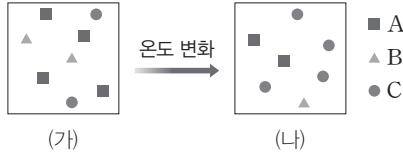


그림 (가)는 T_1 K에서 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 평형 상태 I을, (나)는 (가)에서 온도를 T_2 K로 변화시켰을 때 반응이 일어나 도달한 평형 상태 II를 모형으로 나타낸 것이다. 1개의 ■, ▲, ●은 각각 1 mol의 A(g), B(g), C(g)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

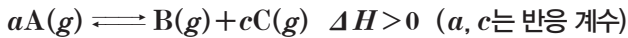
- ㄱ. $c=2$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 온도를 T_2 K로 유지하면서 He(g) 1 mol을 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형 상태에 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

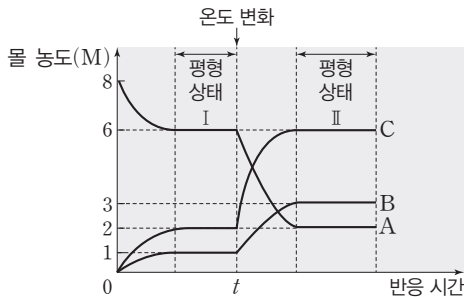
06

▶26071-0118

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



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다. 반응 시간이 t 일 때 온도를 변화시켰고, 평형 상태 I과 II에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)는 각각 K_1, K_2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\frac{c}{a}=2$ 이다.
- ㄴ. t 일 때 온도를 높였다.
- ㄷ. $K_1 \times K_2 = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0119

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

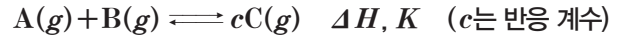
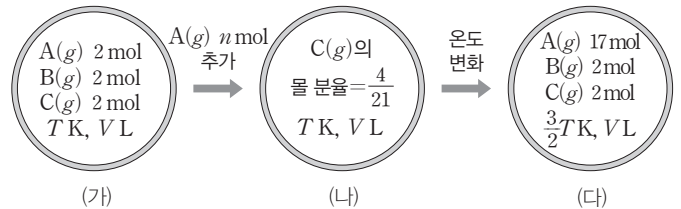


그림 (가)는 T K에서 강철 용기에 A(g)~C(g)가 들어 있는 평형 상태 I을, (나)는 (가)에 A(g) n mol을 추가하여 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 II를, (다)는 (나)에서 온도를 $\frac{3}{2}T$ K로 높인 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 III을 나타낸 것이다. 강철 용기 속 전체 기체의 압력은 (다)에서 (나)에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

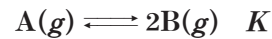
- ㄱ. $\Delta H > 0$ 이다.
- ㄴ. $n=15$ 이다.
- ㄷ. III에서 $K = \frac{2}{17}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0120

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



표는 T K에서 실린더에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 평형 상태 I과, I에서 순차적으로 조건을 달리하여 새롭게 도달한 평형 상태 II와 III에 대한 자료이다.

평형 상태	B(g)의 몰 분율	온도 (K)	실린더 속 기체의 부피 (L)	전체 기체의 압력(atm)	K
I	$\frac{1}{6}$	T		P	K_1
II	$\frac{3}{7}$	T	V_1	1	K_2
III	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{6}T$	V_2	1	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $P > 1$ 이다.
- ㄴ. $K_1 = K_2$ 이다.
- ㄷ. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0121

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

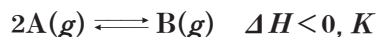
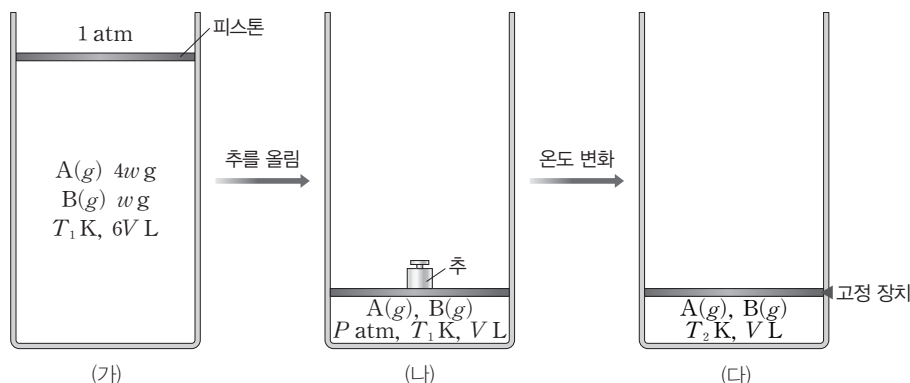


그림 (가)는 T_1 K에서 실린더에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 피스톤 위에 추를 올려 외부 압력을 증가시킨 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (다)는 (나)에서 피스톤을 고정하고 온도를 T_2 K로 변화시킨 후 반응이 진행되어 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{6}P$ atm이고, (다)에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이다.



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

보기

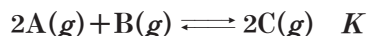
ㄱ. $P = \frac{40}{7}$ 이다. ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다. ㄷ. $\frac{T_2 \text{ K에서의 } K}{T_1 \text{ K에서의 } K} = \frac{50}{9}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

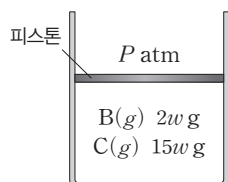
02

▶26071-0122

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



그림은 T K에서 실린더에 B(g)와 C(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 초기 상태에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I과, I에서 온도를 $\frac{23}{27}T$ K로 낮춰 도달한 평형 상태 II에 대한 자료이다. I에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이고, $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{5}{2}$ 이다.



평형 상태	실린더 속 전체 기체의 밀도(상댓값)	온도(K)	$\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$
I	23	T	x
II	30	$\frac{23}{27}T$	y

$\frac{y}{x}$ 는? (단, 외부 압력은 P atm으로 일정하고, 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.)

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

03

▶26071-0123

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

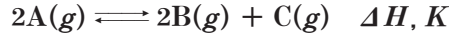
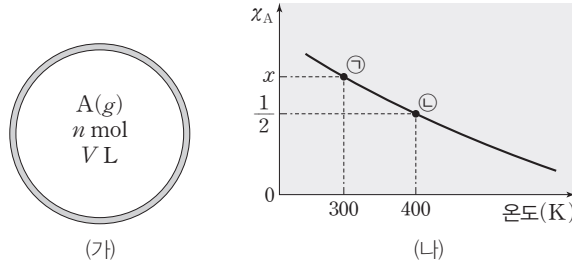


그림 (가)는 T K에서 강철 용기에 A(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 온도를 변화시켜 반응이 진행되었을 때, 도달한 평형 상태에서 온도에 따른 A(g)의 몰 분율(χ_A)을 나타낸 것이다. ㉠에서 용기 속 전체 기체의 압력(atm) = $\frac{16}{11}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

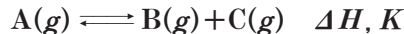
- ㄱ. $\Delta H < 0$ 이다.
- ㄴ. ㉠에서 $K = \frac{4n}{45V}$ 이다.
- ㄷ. $x = \frac{8}{11}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

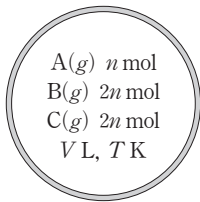
04

▶26071-0124

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



그림은 강철 용기에서 A(g)~C(g)가 평형 상태 I에 있는 것을 나타낸 것이고, 표는 I에서 온도를 변화시킨 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 II와 III에 대한 자료이다. III에서 전체 기체의 압력(atm) = $\frac{2}{3}$ 이다.



평형 상태 I

평형 상태	A(g)의 몰 분율	온도(K)
II	$\frac{1}{7}$	$\frac{31}{30}T$
III	$\frac{1}{2}$	xT

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\Delta H < 0$ 이다.
- ㄴ. $x = \frac{5}{6}$ 이다.
- ㄷ. III에서 $K = \frac{4}{27}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

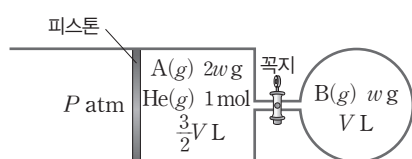
05

▶26071-0125

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



그림은 T₁ K에서 실린더에 A(g)와 He(g)을, 꼭지로 분리된 강철 용기에 B(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 T₁ K에서 꼭지를 열고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I과, I에서 온도를 T₂ K로 변화시킨 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 II에 대한 자료이다. T₂ > T₁이고, 초기 상태에서 실린더 속 He(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이며, $\frac{\text{II에서 } K}{\text{I에서 } K} = 2$ 이다.



평형 상태	온도(K)	A(g)의 몰 분율	실린더 속 전체 기체의 부피(L)
I	T ₁	$\frac{3}{10}$	2V
II	T ₂	$\frac{2}{11}$	x

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

보기

- ㄱ. ΔH > 0이다.
- ㄴ. x = 4V이다.
- ㄷ. II에서 실린더에 Ne(g)을 1 mol 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

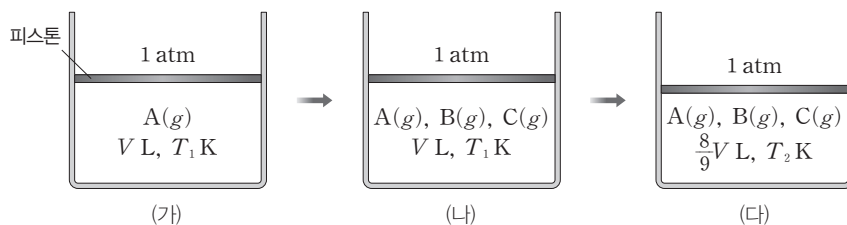
06

▶26071-0126

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



그림 (가)는 T₁ K에서 실린더에 A(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I을, (다)는 (나)에서 온도를 T₂ K로 변화시켜 도달한 평형 상태 II를 나타낸 것이다. I과 II에서 A(g)의 몰 분율은 각각 $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{5}$ 이고, I과 II에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)는 각각 K₁, K₂이다.



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

보기

- ㄱ. a = 2이다.
- ㄴ. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{9}$ 이다.
- ㄷ. $K_1 \times K_2 = \frac{1}{16}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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.

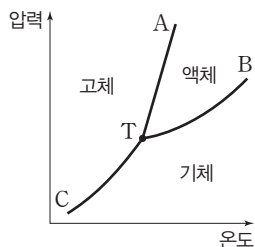
(2) 압력에 의한 상태 변화

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

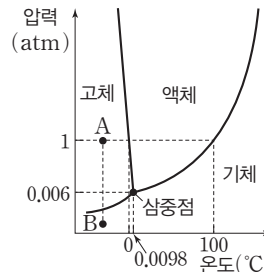
(1) H₂O의 상평형 그림

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

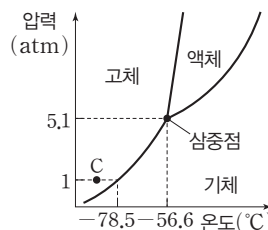
② A→B일 때 H₂O(s) → H₂O(g) 반응이 일어난다. → 식품을 얼린 후 승화 곡선에 해당하는 압력 이하로 낮추면 얼음이 수증기로 승화한다.

예 즉석커피나 우주 식량의 동결 건조

③ H₂O는 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.

더 알기

피스톤이 고정된 실린더 속 H₂O(l)과 H₂O(g)의 상평형

- 상평형 : 2가지 이상의 상이 평형을 이루어 겉으로 보기에 변화가 없는 상태
- 피스톤이 고정된 상태에서 H₂O(l)과 H₂O(g)가 평형을 이루는 경우

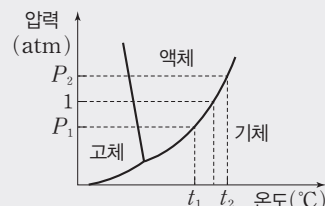
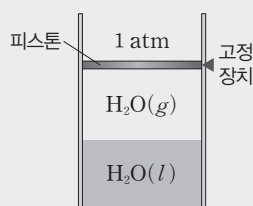
① 온도가 t₁°C일 때 H₂O(g)의 압력은 t₁°C에서의 증기 압력이므로 P₁ atm이다.

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 < 1이므로 피스톤이 내려오고 H₂O(g)가 H₂O(l)로 변한다.

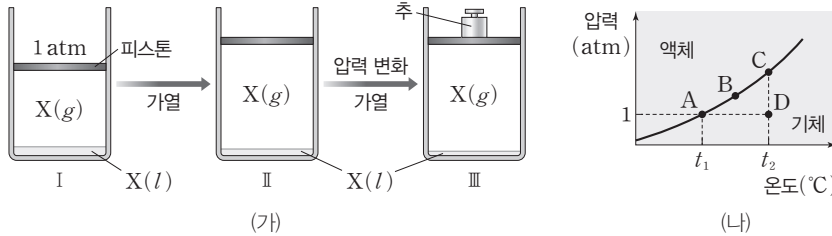
② 온도가 t₂°C일 때 고정 장치 제거 → P₂ > 1이므로 피스톤이 올라가고 H₂O(l)이 H₂O(g)로 변한다.



테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

그림 (가)는 $t_1^\circ\text{C}$, 1 atm에서 실린더 속 물질 X의 평형 상태 I과, I에서 순차적으로 조건을 달리하여 새롭게 도달한 평형 상태 II와 III을, (나)는 X의 상평형 그림 일부를 나타낸 것이다. III에서 X의 온도는 $t_2^\circ\text{C}$ 이고, I~III은 각각 A~D 중 하나이다.



II와 III으로 옳은 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| II | III | II | III | II | III |
| ① A | C | ② A | D | ③ B | C |
| ④ C | D | ⑤ D | C | | |

접근 전략

상평형 그림에서 액체와 기체가 상평형을 이루고 있는 상태의 온도와 압력을 찾을 수 있어야 한다.

간략 풀이

$t_1^\circ\text{C}$ 에서 액체와 기체가 안정한 상으로 존재하는 평형 상태 I은 A에 해당한다. I에서 실린더 속 물질을 가열하여 X(l)의 양이 감소하고, X(g)의 양이 증가하였지만 여전히 1 atm에서 액체와 기체가 안정한 상으로 존재하므로 평형 상태 II도 A에 해당한다. II에서 압력을 높이고 가열하였을 때 도달한 평형 상태 III의 온도가 $t_2^\circ\text{C}$ 이므로 III은 C이다.

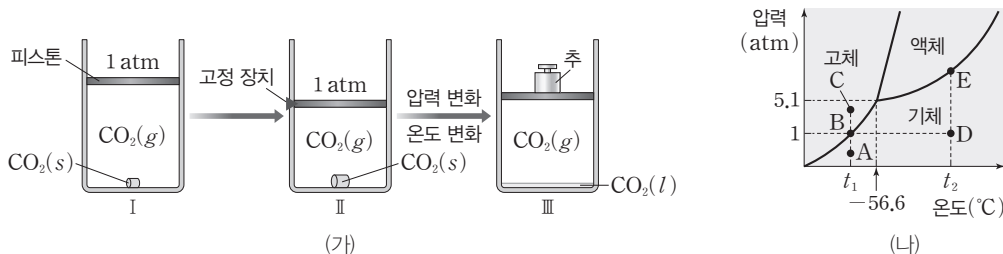
정답 | ①

답은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 30쪽

▶26071-0127

그림 (가)는 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 실린더 속 CO_2 의 평형 상태 I과, I에서 $t_1^\circ\text{C}$ 를 유지한 채 고정 장치로 피스톤을 고정시켜 충분한 시간이 흐른 후 도달한 평형 상태 II와, II에서 조건을 달리하여 새롭게 도달한 평형 상태 III을, (나)는 CO_2 의 상평형 그림을 나타낸 것이다. III에서 온도는 $t_2^\circ\text{C}$ 이고, II는 A~E 중 하나이다.



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

보기

- ㄱ. II는 B이다.
 ㄴ. 단위 부피당 $\text{CO}_2(\text{g})$ 의 양(mol)은 II에서가 I에서보다 많다.
 ㄷ. III에서 온도를 일정하게 유지하면서 추를 제거하여 충분한 시간이 흐른 후, CO_2 의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

물질의 평형 상태에서 압력 변화 및 온도 변화에 따른 평형 이동 관계를 파악해야 하는 점이 테마 대표 문제와 유사하지만, CO_2 의 상평형 그림을 토대로 고체와 기체, 액체와 기체의 평형 상태에서 고정 장치, 압력 및 온도 변화에 따른 안정한 상 변화를 제시한 점이 테마 대표 문제와 다르다.

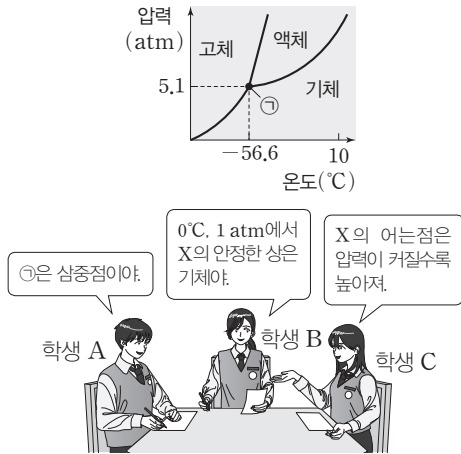
배경 지식

• 상평형: 물질의 3가지 상태인 고체, 액체, 기체 중 2가지 이상의 상태 사이에 평형이 이루어졌을 때이다.

01

▶26071-0128

다음은 물질 X의 상평형 그림과 이에 대한 학생들의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶26071-0129

다음은 H₂O의 상평형과 관련된 실험이다.

[자료]
 ○ H₂O의 상평형 그림

[실험 과정]
 (가) 그림과 같이 $t_1^\circ\text{C}$, $P_1 \text{ atm}$ 에서 실린더에 H₂O를 넣고 평형에 도달한 후 안정한 상을 관찰한다.
 (나) (가)의 평형 상태에서 온도를 $t_2^\circ\text{C}$ 로 높인 후 평형에 도달하였을 때 압력을 측정하고 H₂O의 안정한 상을 관찰한다.
 (다) (나)의 평형 상태에서 온도를 $t_2^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하면서 압력을 낮춘 후 H₂O의 안정한 상을 관찰한다.

[실험 결과]
 ○ (나)의 평형 상태에서 실린더 속 압력은 $P_2 \text{ atm}$ 이고, H₂O의 안정한 상의 수는 2이다.
 ○ (다) 과정 후 H₂O의 안정한 상은 ㉠ 이다.

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

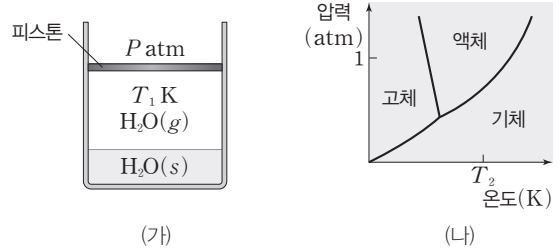
보기
 ㄱ. $t_1 > 0.0098$ 이다. ㄴ. $P_2 > P_1$ 이다.
 ㄷ. '액체'는 ㉠으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0130

그림 (가)는 $T_1 \text{ K}$, $P \text{ atm}$ 에서 실린더에 H₂O(s)와 H₂O(g)가 평형을 이루고 있는 상태를, (나)는 H₂O의 상평형 그림을 나타낸 것이다.



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

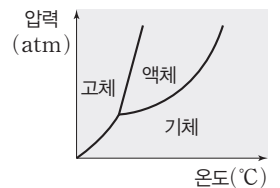
보기
 ㄱ. $P < 1$ 이다.
 ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
 ㄷ. $T_2 \text{ K}$, $P \text{ atm}$ 에서 H₂O의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0131

그림은 물질 X의 상평형 그림을 나타낸 것이고, 표는 온도와 압력에 따른 X의 안정한 상에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 고체, 액체, 기체를 순서 없이 나타낸 것이고, $a > 0$, $b > 0$ 이다.



압력(atm)	온도(°C)	안정한 상
P_1	T	㉠
	$T-a$	㉠, ㉡, ㉢
	$T-b$	㉡
P_2	T	㉠, ㉢
	$T-a$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

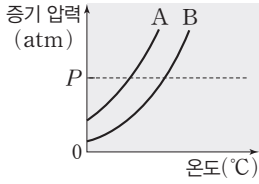
보기
 ㄱ. ㉢은 액체이다.
 ㄴ. $P_2 > P_1$ 이다.
 ㄷ. $(T-a)^\circ\text{C}$, $P_2 \text{ atm}$ 에서 X의 안정한 상은 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0132

그림은 물질 A와 B의 온도에 따른 증기 압력 곡선을 나타낸 것이고, 표는 P atm에서 온도에 따른 물질 A~C의 안정한 상에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 액체와 기체 중 하나이다.



물질	P atm에서 안정한 상	
	t ₁ °C	t ₂ °C
A	㉠	㉠, ㉡
B	㉠, ㉡	㉡
C	㉡	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

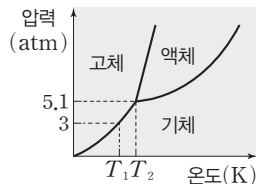
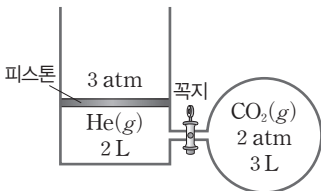
- ㄱ. ㉠은 기체이다.
- ㄴ. t₂ > t₁이다.
- ㄷ. t₂°C, P atm에서 C의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0133

그림 (가)는 T₁ K에서 실린더에 He(g)을, 꼭지로 분리된 강철 용기에 CO₂(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 CO₂의 상평형 그림을 나타낸 것이다. (가)에서 꼭지를 열고 T₁ K에서 충분한 시간이 흐른 후 평형 상태 I에 도달하였고, I에서 피스톤을 고정한 후 온도를 T₂ K로 높여 평형 상태 II에 도달하였을 때 전체 기체의 압력은 5.1 atm이었다.



(가)

(나)

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

보기

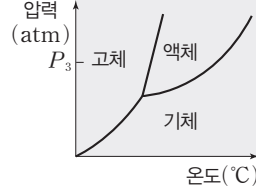
- ㄱ. I에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.
- ㄴ. I에서 He의 몰 분율은 1/2이다.
- ㄷ. II에서 CO₂의 안정한 상은 3가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0134

그림은 물질 X의 상평형 그림을 나타낸 것이고, 표는 온도와 압력에 따른 X의 안정한 상의 수에 대한 자료이다. P₂ > P₁이고, c > b > a이다.



압력 (atm)	안정한 상의 수	
	t ₁ °C	t ₂ °C
P ₁	a	b
P ₂	c	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. t₂ > t₁이다.
- ㄴ. t₂°C, P₂ atm에서 X의 안정한 상의 수는 1이다.
- ㄷ. t₁°C, P₃ atm에서 X의 안정한 상은 고체와 액체이다.

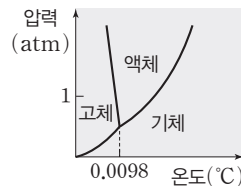
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

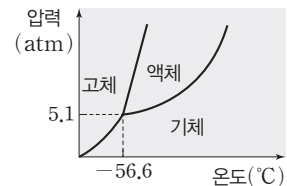
▶26071-0135

표는 온도와 압력에 따른 물질 A의 안정한 상의 수를, 그림 (가)와 (나)는 각각 H₂O와 CO₂의 상평형 그림을 나타낸 것이다. A는 H₂O와 CO₂ 중 하나이고, P₂ > 1 > P₁이며, x + y = 3이다.

압력(atm)	A의 안정한 상의 수	
	t ₁ °C	t ₂ °C
P ₁	2	x
P ₂	y	2



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

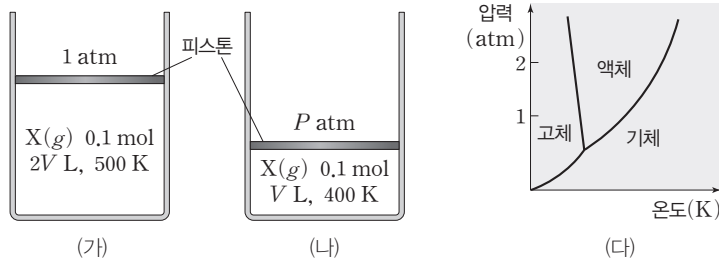
- ㄱ. A는 H₂O이다.
- ㄴ. t₁ > t₂이다.
- ㄷ. t₂°C, P₁ atm에서 A의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이

▶26071-0136

그림 (가)와 (나)는 실린더에 0.1 mol의 X(g)가 각각 들어 있는 것을, (다)는 X의 상평형 그림을 나타낸 것이다. (나)의 온도를 T K로 변화시켜 평형 상태에 도달하였을 때, 안정한 상은 액체와 기체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 외부 압력은 각각 1 atm, P atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $P = \frac{8}{5}$ 이다.
- ㄴ. $T > 400$ 이다.
- ㄷ. X의 어는점은 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

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

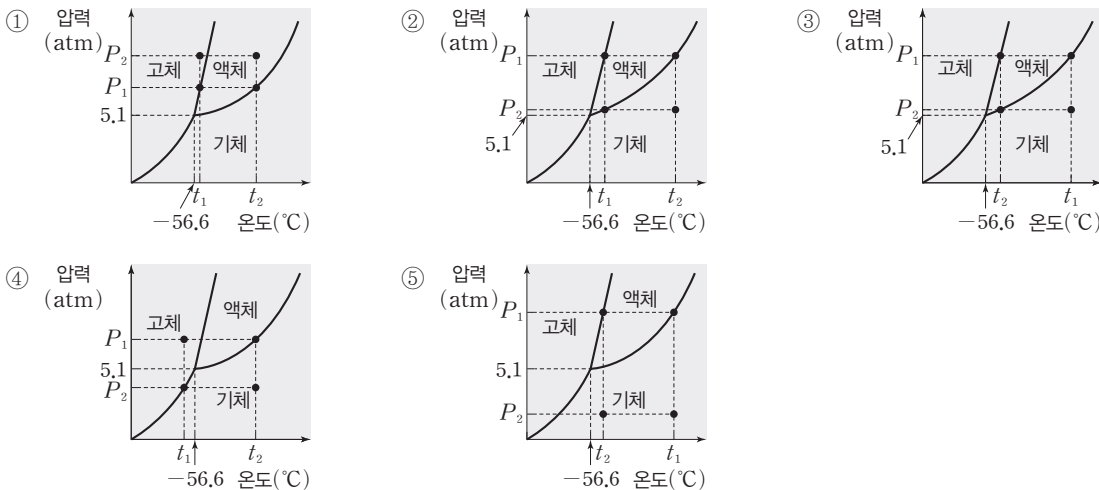
02

▶26071-0137

다음은 물질 X에 대한 자료이다.

- 삼중점에서 압력은 5.1 atm, 온도는 -56.6°C 이다.
- $P_1 > 5.1$ 이고, P_1 atm에서 $t_1^{\circ}\text{C}$ 일 때와 $t_2^{\circ}\text{C}$ 일 때 안정한 상의 수는 2로 같다.
- P_2 atm에서 안정한 상의 수는 $t_1^{\circ}\text{C}$ 일 때가 $t_2^{\circ}\text{C}$ 일 때보다 크다.
- $t_2^{\circ}\text{C}$, P_2 atm일 때와 $t_2^{\circ}\text{C}$, 5.1 atm일 때 안정한 상은 각각 기체이다.

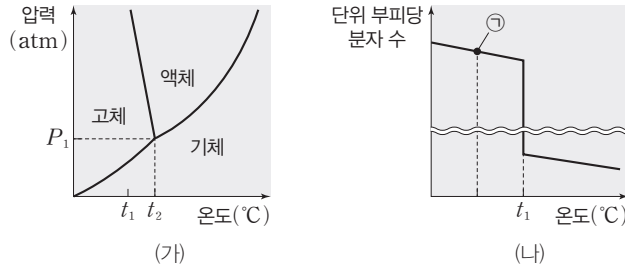
다음 중 물질 X의 상평형 그림으로 가장 적절한 것은?



03

▶26071-0138

그림 (가)는 H₂O의 상평형 그림을, (나)는 P₂ atm에서 H₂O의 온도에 따른 단위 부피당 분자 수를 나타낸 것이다. ㉠에서 H₂O의 상은 고체, 액체, 기체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

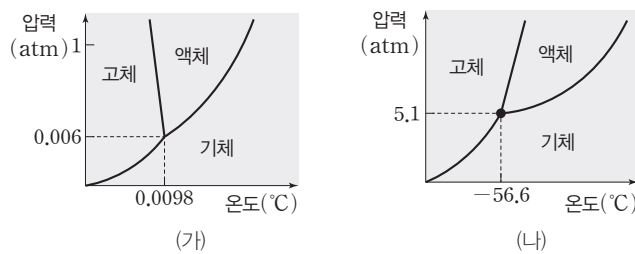
- ㄱ. ㉠에서 H₂O의 상은 고체이다.
- ㄴ. P₁ > P₂이다.
- ㄷ. t₂°C, P₂ atm에서 H₂O의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0139

그림 (가)와 (나)는 각각 H₂O와 CO₂의 상평형 그림을 나타낸 것이고, 표는 H₂O와 CO₂의 온도와 압력에 따른 안정한 상을 나타낸 자료이다. ㉠~㉣은 고체, 액체, 기체를 순서 없이 나타낸 것이고, P < 1이다.



물질	안정한 상	
	t ₁ °C, 1 atm	t ₂ °C, P atm
H ₂ O	㉠	㉡, ㉢
CO ₂	㉠, ㉡	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1 atm에서 H₂O의 끓는점은 100°C이다.)

보기

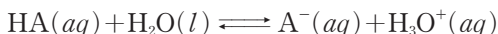
- ㄱ. ㉠은 고체이다.
- ㄴ. t₂ < 100이다.
- ㄷ. t₂°C, P atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

① 산과 염기의 세기

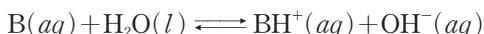
(1) 산과 염기의 이온화 상수

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



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

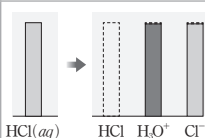
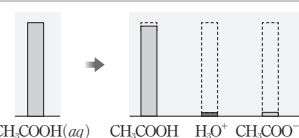
② 염기의 이온화 상수(K_b) : 염기 B가 물에 녹아 이온화 평형을 이룰 때 염기의 이온화 상수 K_b 는 다음과 같다.



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

(2) 이온화 상수와 산과 염기의 세기

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

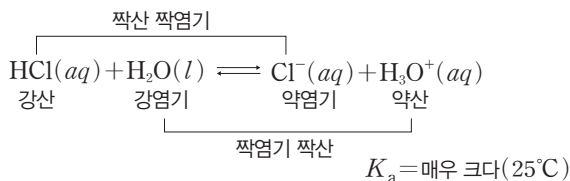
산	HCl	CH ₃ COOH
K_a (25°C)	매우 크다	1.8×10^{-5}
입자 수 (상댓값)		

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

(3) 산과 염기의 상대적 세기

① 짙산과 짙염기 : 수소 이온(H^+)의 이동에 의해 산과 염기로 구분되는 1쌍의 산과 염기를 짙산 짙염기라고 한다.

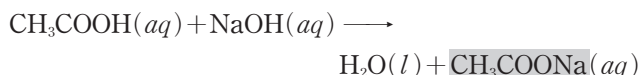
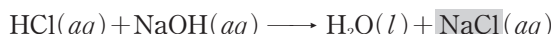
② 짙산과 짙염기의 상대적 세기 : 짙산과 짙염기의 쌍들이 H^+ 을 주고받는 정도에 따라 산과 염기의 상대적 세기를 나타낼 수 있다.



➔ 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.

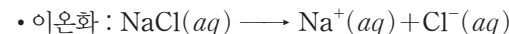
② 염의 가수 분해

(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.

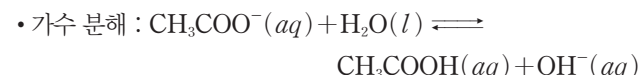
① 강산과 강염기의 반응으로 생성된 염 : 염의 이온화로 생성된 이온들이 가수 분해하지 않는다.



② 강산과 약염기의 반응으로 생성된 염 : 약염기의 짙산인 양이온이 가수 분해하므로 수용액이 산성이다.



③ 약산과 강염기의 반응으로 생성된 염 : 약산의 짙염기인 음이온이 가수 분해하므로 수용액이 염기성이다.



더 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 짙산 짙염기 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

$$K_b = \frac{[HCN][OH^-]}{[CN^-]} = \frac{y^2}{0.2-y} \approx \frac{y^2}{0.2} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

$$[OH^-] = y = 2 \times 10^{-3} \text{ M, } [H_3O^+] = 5 \times 10^{-12} \text{ M, } 11.0 < \text{pH} < 12.0$$

10 산 염기 평형

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

- 이온화 평형 : CH₃COOH(aq) + H₂O(l) ⇌ CH₃COO⁻(aq) + H₃O⁺(aq) ... ㉠
- CH₃COONa(aq) → CH₃COO⁻(aq) + Na⁺(aq) ... ㉡
- ➔ 약산인 CH₃COOH은 수용액에서 일부만 이온화되고 CH₃COONa은 수용액에서 거의 모두 이온화된다.
- ➔ 1 M CH₃COOH(aq) 100 mL에 1 M CH₃COONa(aq) 100 mL를 넣으면 ㉠ 반응에서 생성물의 농도가 증가하므로 평형은 역반응 쪽으로 이동하여, CH₃COOH(aq)과 CH₃COO⁻(aq)은 거의 비슷한 농도로 평형을 이룬다.

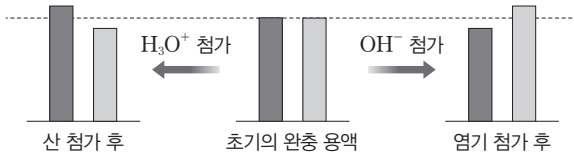
• 산과 염기의 첨가

- ➔ 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.

■ CH₃COOH
□ CH₃COO⁻

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.

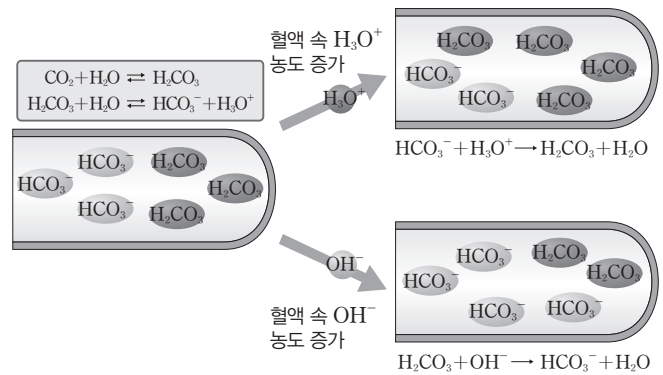
③ H₂CO₃과 HCO₃⁻의 완충 용액

• 혈액에 녹은 이산화탄소(CO₂)와 물(H₂O)이 반응하여 H₂CO₃을 생성하며, 혈액 속에서 H₂CO₃과 그 짝염기인 HCO₃⁻은 평형을 이룬다.

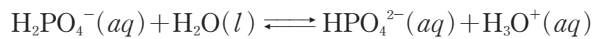


➔ 혈액 속 H₃O⁺의 농도가 증가하면, 증가한 H₃O⁺이 HCO₃⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다(㉡의 역반응). 이때 증가한 H₂CO₃은 CO₂와 H₂O로 분해되며, CO₂는 호흡으로 몸 밖으로 배출된다(㉠의 역반응).

➔ 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.

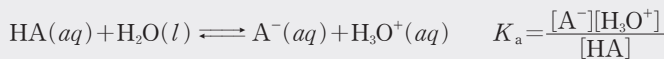


➔ 혈액 속 H₃O⁺의 농도가 증가하면, 증가한 H₃O⁺이 HPO₄²⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다.

➔ 혈액 속 OH⁻의 농도가 증가하면, 증가한 OH⁻이 H₂PO₄⁻과 반응하여 소모되므로 pH가 거의 변하지 않는다.

더 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

| 2026학년도 수능 |

다음은 약염기 B의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_b)이다.



표는 혼합 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 부피(mL)			$\frac{[B]}{[BH^+]}$	$\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$
	0.1 M B(aq)	x M NaOH(aq)	0.05 M HCl(aq)		
(가)	30	30	40	5	
(나)	60	40	100		100
(다)	60	60	180		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 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. $x=0.1$ 이다.
 ㄴ. $K_b=1 \times 10^{-6}$ 이다.
 ㄷ. (다)의 pH는 5.0보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략

혼합 전 수용액 중 NaOH(aq)과 HCl(aq)이 반응하여 남은 H^+ 과 약염기 B의 반응을 파악하여 $\frac{[BH^+]}{[B]}$, $[H_3O^+]$ 를 구하고 pH를 계산해야 한다.

간략 풀이

✕ (가)에서 NaOH(aq)과 HCl(aq)이 반응하면 반응 후 H^+ 의 양은 $(2-30x)$ mmol이다. 0.1 M B(aq) 30 mL에 있는 B 3 mmol과 H^+ 이 반응하면 $\frac{[BH^+]}{[B]} = \frac{2-30x}{3-(2-30x)} = \frac{1}{5}$, $x=0.05$ 이다.

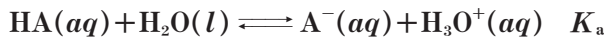
○ (나)에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=1000$ 이고 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-6}$ M이다. (나)에서 NaOH(aq)과 HCl(aq)이 반응하면 반응 후 H^+ 의 양은 3 mmol이다. $K_b = \frac{[BH^+]}{[B]} \times [OH^-] = \frac{3}{0.1 \times 60 - 3} \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

○ BH⁺의 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = 1 \times 10^{-8}$ 이다. (다)에서 NaOH(aq)과 HCl(aq)이 반응하면 반응 후 H^+ 의 양은 6 mmol이다. 혼합 전 B의 양은 6 mmol이므로 B와 H^+ 이 모두 중화 반응한다. (다)에서 pH는 $\frac{0.1 \times 60}{300}$ M $BH^+(aq)$ 과 같으므로 $K_a = \frac{[B][H_3O^+]}{[BH^+]} = \frac{[H_3O^+]^2}{0.02} = 1 \times 10^{-8}$, $[H_3O^+] = \sqrt{2} \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 (다)의 pH = $5 - \log\sqrt{2} < 5.0$ 이다. 정답 | ⑤

짧은 풀이 문제로 유형 익히기

정답과 해설 32쪽

다음은 약산 HA의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_a)이다.



표는 혼합 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 부피(mL)			$\frac{[A^-]}{[HA]}$	pH
	x M HA(aq)	0.1 M HCl(aq)	0.2 M NaOH(aq)		
(가)	30	20	20	$\frac{1}{2}$	4.0
(나)	40	20	V	1	㉠

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

보기

- ㄱ. $x \times V = 6$ 이다. ㄴ. $K_a = 5 \times 10^{-5}$ 이다. ㄷ. ㉠ < 5.0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 26071-0140

유사점과 차이점

3가지 산과 염기의 중화 반응을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 유사하지만, 약염기 대신 약산을 다룬다는 점에서 테마 대표 문제와 다르다.

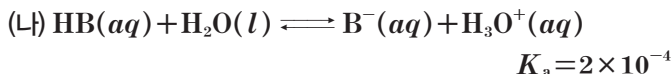
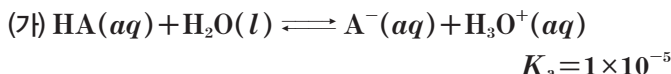
배경 지식

- HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다.

01

▶26071-0141

다음은 산 HA와 HB의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_a)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
 (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 산의 세기는 $H_3O^+ > HA$ 이다.
 ㄴ. 25°C에서 B^- 의 이온화 상수(K_b)는 5×10^{-11} 이다.
 ㄷ. 염기의 세기는 $B^- > A^-$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0142

표는 약염기 A(aq)과 약염기 B(aq)에 대한 자료이다. 25°C에서 A와 B의 이온화 상수(K_b)는 각각 1×10^{-5} , ①이다.

수용액	물 농도(M)	pH
A(aq)	x	11.0
B(aq)	0.2	10.0

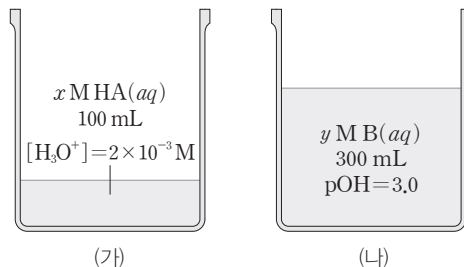
① x 은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

- ① 2×10^{-7} ② 5×10^{-7} ③ 1×10^{-6}
 ④ 2×10^{-6} ⑤ 5×10^{-6}

03

▶26071-0143

그림 (가)는 약산 HA(aq)을, (나)는 약염기 B(aq)을 나타낸 것이다. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-5} 이고, B의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-5} 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
 (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

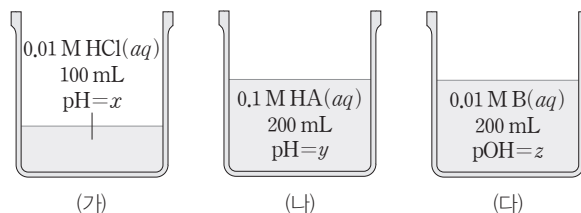
ㄱ. $y > x$ 이다.
 ㄴ. (가)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 와 (나)에서 $\frac{[BH^+]}{[B]}$ 는 같다.
 ㄷ. (가)에 y M NaOH(aq) 200 mL를 혼합한 용액의 pH는 7.0보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0144

그림 (가)~(다)는 HCl(aq), 산 HA(aq), 염기 B(aq)을 나타낸 것이다. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이고, B의 이온화 상수(K_b)는 2×10^{-5} 이다.



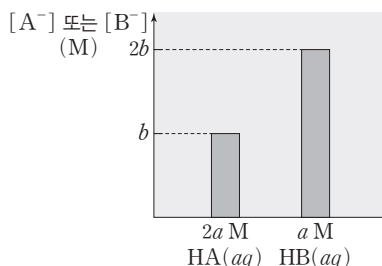
$x \sim z$ 의 크기를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

- ① $x > z > y$ ② $y > x > z$ ③ $y > z > x$
 ④ $z > x > y$ ⑤ $z > y > x$

05

▶26071-0145

그림은 $2a$ M 약산 $HA(aq)$ 과 a M 약산 $HB(aq)$ 에서 수용액 속 $[A^-]$ 또는 $[B^-]$ 를 나타낸 것이다. $2a$ M $HA(aq)$ 의 $pH=3.00$ 이고, $25^\circ C$ 에서 HB 의 이온화 상수(K_a)는 4×10^{-5} 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

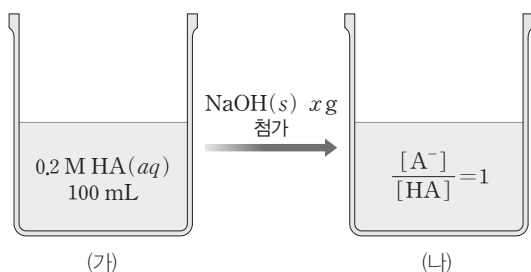
- ㄱ. 산의 세기는 $HB > HA$ 이다.
- ㄴ. $25^\circ C$ 에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이다.
- ㄷ. $25^\circ C$ 에서 $10a$ M $HA(aq)$ 의 $[H_3O^+] > 3b$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0146

그림 (가)는 0.2 M 약산 $HA(aq)$ 100 mL를, (나)는 (가)에 $NaOH(s)$ x g을 첨가한 수용액을 나타낸 것이다. $25^\circ C$ 에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 5×10^{-6} 이고, $NaOH$ 의 화학식량은 40 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

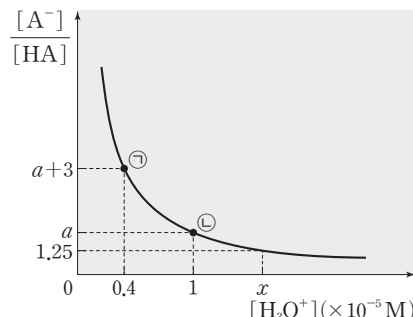
- ㄱ. $x=0.4$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 $pH > 6.0$ 이다.
- ㄷ. (나)에 $NaOH(s)$ x g을 추가하면 A^- 의 양은 0.02 mol보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0147

그림은 약산 $HA(aq)$ 100 mL에 $NaOH(s)$ 을 첨가할 때 평형 상태에서 $[H_3O^+]$ 에 따른 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

- ㄱ. $25^\circ C$ 에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-5} 이다.
- ㄴ. $x=1.6$ 이다.
- ㄷ. ㉡에서 첨가한 $NaOH(s)$ 의 양(mol) = $\frac{4}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0148

표는 염 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
염	NH_4X	NaX	NaY
액성	㉠	중성	염기성

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

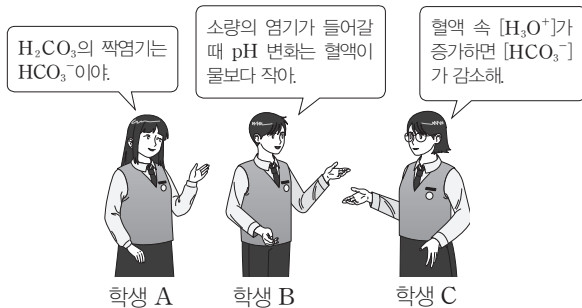
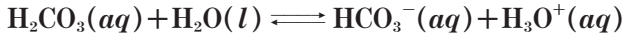
- ㄱ. ㉠은 산성이다.
- ㄴ. (다)에서 $\frac{[Y^-]}{[Na^+]} < 1$ 이다.
- ㄷ. 산의 세기는 $HY > HX$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0149

다음은 혈액에 녹아 있는 H_2CO_3 과 관련된 이온화 반응식과 이에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하다.)

- ① A ② C ③ A, B
 ④ B, C ⑤ A, B, C

10

▶26071-0150

표는 두 수용액을 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 농도와 부피		$[\text{Na}^+](\text{M})$
(가)	0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL	0.1 M $\text{NaCl}(aq)$ 100 mL	0.05
(나)	0.1 M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 100 mL	a M $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 100 mL	0.05
(다)	0.1 M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 100 mL	b M $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL	0.025

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} 이며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

- 보기
- ㄱ. (가)~(다) 중 완충 용액은 2가지이다.
- ㄴ. (나)에 $\text{NaOH}(s)$ 0.001 mol을 넣으면 CH_3COO^- 의 양 (mol)이 증가한다.
- ㄷ. $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ 는 (나)가 (다)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0151

표는 약산 $\text{HA}(aq)$ 과 염 $\text{NaA}(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. ㉠은 pH와 pOH 중 하나이고, 25°C 에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이다.

수용액	물 농도(M)		㉠
	$[\text{HA}]$	$[\text{A}^-]$	
(가)	0.1	0.01	$a+1.0$
(나)	0.2	0.2	a

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.)

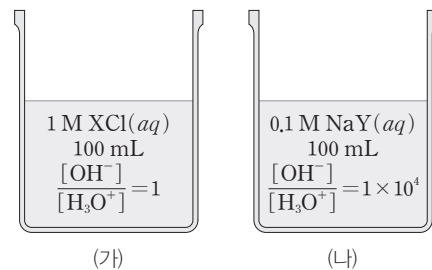
- 보기
- ㄱ. ㉠은 pH이다.
- ㄴ. $a=8.0$ 이다.
- ㄷ. (나)에 0.1 M $\text{NaA}(aq)$ 10 mL를 넣으면 (나)의 $\text{pH} < 6.0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0152

그림은 염의 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



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.)

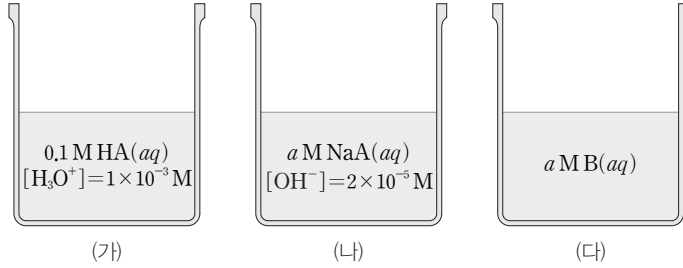
- 보기
- ㄱ. (가)에서 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{X}^+]} > 1$ 이다.
- ㄴ. 25°C 에서 HY 의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-5} 이다.
- ㄷ. 0.1 M $\text{HY}(aq)$ 100 mL에서 OH^- 의 양은 1×10^{-12} mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0153

그림은 수용액 (가)~(다)를 나타낸 것이다. HA와 B는 각각 약산과 약염기이고, 25°C에서 B의 이온화 상수(K_b)는 2×10^{-7} 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

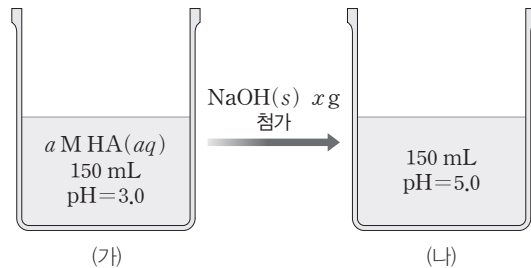
- ㄱ. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-5} 이다.
- ㄴ. $a=0.4$ 이다.
- ㄷ. (다)의 $pOH < 4.0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0154

그림 (가)는 a M 약산 HA(aq)을, (나)는 (가)에 NaOH(s)을 첨가한 수용액을 나타낸 것이다. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 5×10^{-6} 이고, NaOH의 화학식량은 40이다.



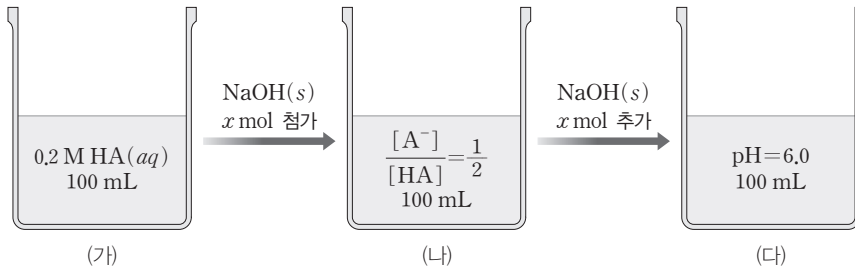
$\frac{x}{a}$ 는? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

- ① 1 ② 1.5 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4

03

▶26071-0155

그림 (가)는 0.2 M HA(aq)을, (나)와 (다)는 각각 (가), (나)에 NaOH(s)을 넣어 준 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. $x=0.01$ 이다.

ㄴ. (다)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}=1$ 이다.

ㄷ. 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-6} 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0156

표는 0.1 M 약산 HA(aq) 100 mL에 0.1 M NaOH(aq)을 첨가하였을 때 첨가한 0.1 M NaOH(aq)의 부피에 따른 혼합 수용액의 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 와 pH를 나타낸 것이다.

첨가한 0.1 M NaOH(aq)의 부피(mL)	0	V	2V	3V
$\frac{[A^-]}{[HA]}$		$\frac{1}{3}$		㉠
pH	a		5.0	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

ㄱ. $V=\frac{100}{3}$ 이다.

ㄴ. ㉠=3이다.

ㄷ. a=3.0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0157

표는 약산 HA(aq)에 염 NaA(aq) 또는 NaOH(aq)을 혼합한 수용액(가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 농도와 부피		[H ₃ O ⁺](M)
(가)	0.2 M HA(aq) 100 mL	0.2 M NaOH(aq) 100 mL	2 × 10 ⁻⁹
(나)	0.2 M HA(aq) 100 mL	a M NaOH(aq) 100 mL	1.2 × 10 ⁻⁴
(다)	a M HA(aq) 200 mL	0.2 M NaA(aq) 200 mL	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1 × 10⁻¹⁴이며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

□ 보기 □

ㄱ. a=0.1이다.

ㄴ. $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (다)가 (나)의 12배이다.

ㄷ. (다)의 pH=5.0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0158

표는 0.2 M 약산 HA(aq) 100 mL와 x M 약산 HB(aq) 100 mL에 각각 NaOH(s)을 첨가하였을 때, 첨가한 NaOH(s)의 질량에 따른 수용액에서 [H₃O⁺]를 나타낸 것이다. 25°C에서 $\frac{HB\text{의 이온화 상수}(K_a)}{HA\text{의 이온화 상수}(K_a)} = \frac{1}{2}$ 이다.

구분	첨가한 NaOH(s)의 질량(g)	
	w	2w
수용액에서 [H ₃ O ⁺](M)	0.2 M HA(aq)	6 × 10 ⁻⁵
	x M HB(aq)	1 × 10 ⁻⁵
		㉠

㉠은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1 × 10⁻¹⁴이며, 고체 용해에 따른 수용액의 부피 변화는 무시한다.)

- ① 1 × 10⁻⁹ ② 5 × 10⁻⁸ ③ 2 × 10⁻⁷ ④ 1 × 10⁻⁶ ⑤ $\frac{1}{3} \times 10^{-5}$

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.

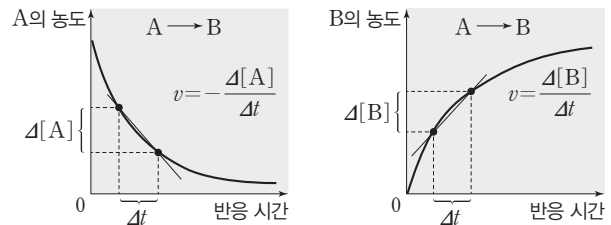
$$\text{반응 속도} = \frac{\text{반응물의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}} \quad \text{또는} \quad \frac{\text{생성물의 농도 증가량}}{\text{반응 시간}}$$

예 $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \longrightarrow 2\text{HI}(g)$ 반응의 반응 속도(v) 표현

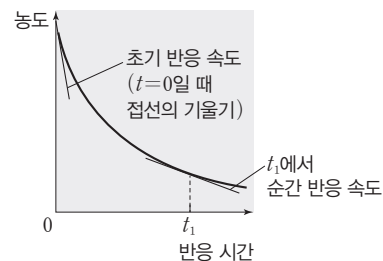
- 일정 시간(Δt) 동안 생성된 HI의 농도 변화량은 감소한 H₂ 또는 I₂의 농도 변화량의 2배이다.

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

(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.

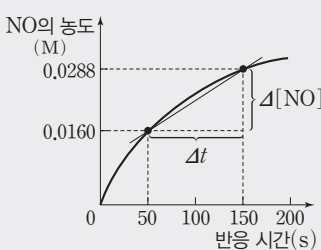


(2) 순간 반응 속도 : 특정 시간에서의 반응 속도를 나타내며, 시간·농도 그래프에서 특정 시간에서의 접선의 기울기(절댓값)에 해당한다. 초기 반응 속도는 $t=0$ 일 때의 순간 반응 속도이다. 접선의 기울기(절댓값)가 클수록 순간 반응 속도가 빠르다.



더 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, m , n 은 반응 차수)

(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

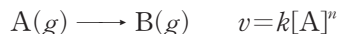
- [B]가 일정한 실험 (가)와 (나)에서 A의 초기 농도가 2배 일 때 반응 속도는 2배이다. ➔ 반응 속도는 A의 초기 농도([A])에 비례한다.
- [A]가 일정한 실험 (나)와 (다)에서 B의 초기 농도가 2배 일 때 반응 속도는 4배이다. ➔ 반응 속도는 B의 초기 농도의 제곱([B]²)에 비례한다.
- 반응 속도식 : $v = k[A][B]^2$

$$\text{④ 반응 속도 상수 } k = \frac{v}{[A][B]^2} = \frac{0.2 \text{ M/s}}{1 \text{ M} \times (1 \text{ M})^2}$$

$$k = 0.2 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$$

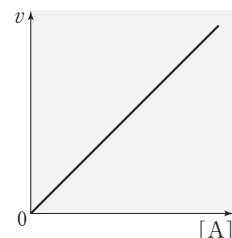
④ 1차 반응과 반감기

A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식은 다음과 같다.



$n=1$ 이면 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이고, 이 반응은 A에 대한 1차 반응이다.

(1) 1차 반응에서 반응물의 농도([A])에 따른 반응 속도(v)

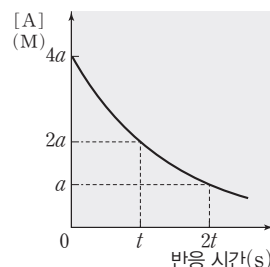


① 1차 반응의 반응 속도식 : $v = k[A]$

1차 반응의 반응 속도(v)는 반응물의 농도([A])에 비례한다.

② 반응물의 농도([A])에 따른 반응 속도(v) 그래프에서 기울기는 반응 속도 상수(k)에 해당한다.

(2) 1차 반응에서 시간에 따른 반응물의 농도([A])



① 반응물의 농도가 반으로 감소할 때까지 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 그래프에서 A의 농도가 절반이 되는 시간은 t s이므로 반감기는 t s이다.

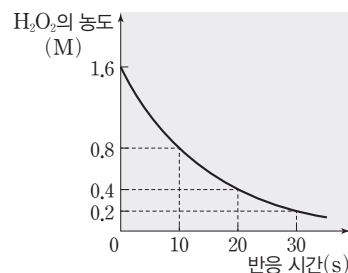
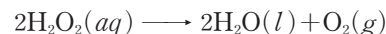
② A의 농도는 t s일 때 처음 농도 $\times \frac{1}{2}$ 이 되며, $2t$ s일 때 처음 농도 $\times \left(\frac{1}{2}\right)^2$ 이 된다.

③ 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 H_2O_2 의 농도



- H_2O_2 의 농도가 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 10 s이며, 10 s마다 H_2O_2 의 농도가 절반이 된다.
- 반감기는 H_2O_2 의 농도에 관계없이 10 s로 일정하다.
- 이 반응은 H_2O_2 에 대하여 1차 반응이며 반응 속도식은 $v = k[H_2O_2]$ 이다.

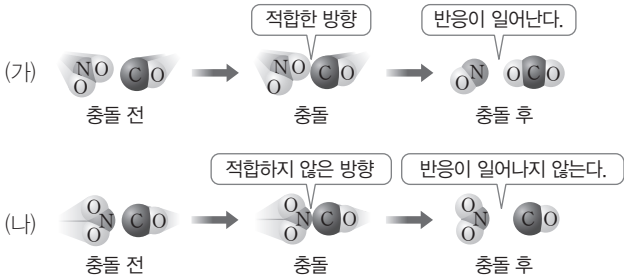
11 반응 속도

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.

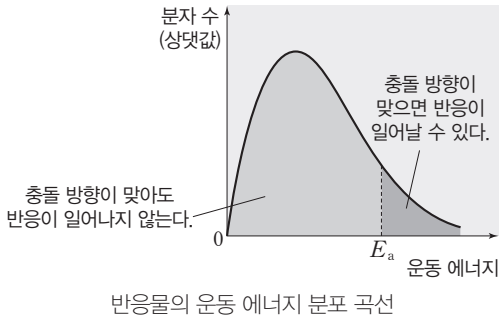
예 $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$ 반응에서 입자의 충돌과 화학 반응



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.

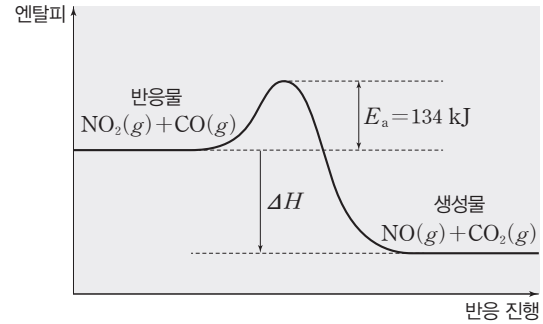


→ 활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 가진 입자가 적합한 방향으로 충돌하면 화학 반응이 일어날 수 있다.

(3) 활성화 에너지(E_a)

반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지(E_a)라고 한다.

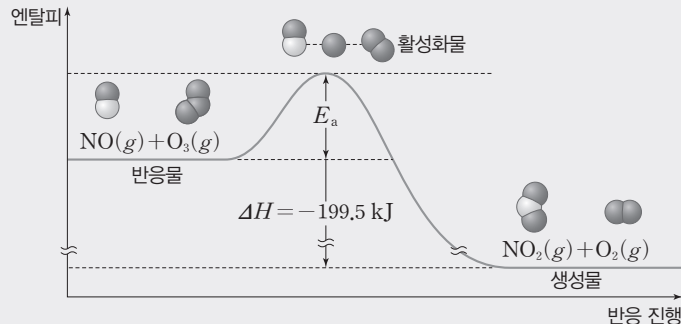
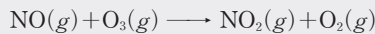
예 $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$ 반응에서 반응 진행에 따른 엔탈피 변화(ΔH)와 활성화 에너지(E_a)



- 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.

더 알기 활성화 에너지와 활성화물

일산화 질소(NO)와 오존(O_3)의 반응의 화학 반응식과 반응 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

| 2026학년도 수능 |

다음은 A(g)와 C(g)가 각각 분해되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 온도 T 에서의 반응 속도 상수이다.

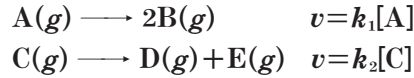
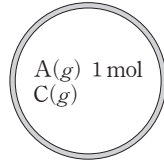
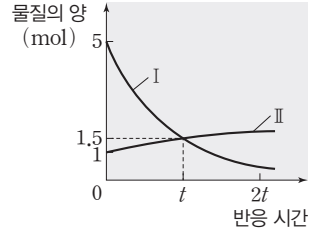


그림 (가)는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 물질의 양(mol)을 나타낸 것이다. I과 II는 $n_A + n_B$ 와 $n_A + n_C$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, $n_A \sim n_C$ 는 각각 A(g)~C(g)의 양(mol)이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 두 분해 반응은 서로 영향을 주지 않는다.) [3점]

보기

- ㄱ. I은 $n_A + n_C$ 이다.
- ㄴ. 분해 반응의 반감기는 C(g)가 A(g)의 2배이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때 $\frac{\text{A(g)의 부분 압력}}{\text{C(g)의 부분 압력}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

(가)에서 초기에 A(g)와 C(g)만 들어 있으므로 초기 상태에서 $n_A + n_B = 1$ 임을 이용하여 I과 II를 구분하고, t 일 때 A(g)와 C(g)의 양(mol)을 계산하여 두 반응의 반감기를 구한다.

간략 풀이

II는 $n_A + n_B$ 이므로 t 일 때 $n_A = 0.5$, $n_B = 1.0$ 이며, $n_C = 1.0$ 이다. 따라서 A(g)와 C(g)의 반감기는 각각 $t, \frac{1}{2}t$ 이다.

- ㉠ I은 $n_A + n_C$ 이다.
- ㉡ 분해 반응의 반감기는 A(g)가 C(g)의 2배이다.
- ㉢ 온도와 부피가 일정할 때 부분 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. $2t$ 일 때 A(g)는 반감기가 2번 지난 순간이고, C(g)는 반감기가 4번 지난 순간이다. 따라서 $\frac{\text{A(g)의 부분 압력}}{\text{C(g)의 부분 압력}} = \frac{1 \times (\frac{1}{2})^2}{4 \times (\frac{1}{2})^4} = 1$

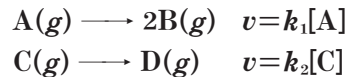
이다.
정답 | ③

답은 꿀 문제로 유형 익히기

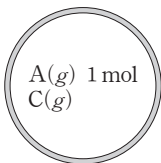
정답과 해설 36쪽

▶26071-0159

다음은 A(g)와 C(g)가 각각 분해되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 온도 T 에서의 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 물질의 양(mol)에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 $n_A + n_D$ 와 $n_B + n_C$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, $n_A \sim n_D$ 는 각각 A(g)~D(g)의 양(mol)이다.



반응 시간(min)	0	t	
물질의 양(mol)	㉠	1	2
	㉡	2	$\frac{3}{2}$

$2t$ min일 때, $\frac{n_B}{n_D} \times \frac{k_1}{k_2}$ 은? (단, 온도는 T 로 일정하고, 두 분해 반응은 서로 영향을 주지 않는다.)

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

유사점과 차이점

2가지 1차 반응에서 초기 상태와 t 에서 물질의 양(mol)을 제시한 점은 테마 대표 문제와 유사하지만, 두 번째 반응에서 반응이 진행될 때 양(mol)적 변화가 없고 그래프 자료를 표로 제시한 점은 테마 대표 문제와 다르다.

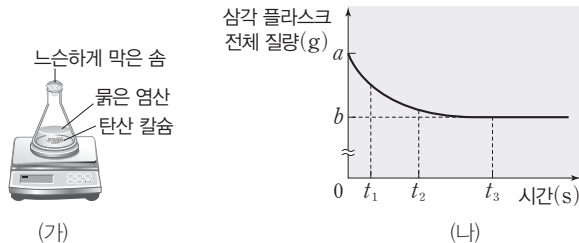
배경 지식

- 1차 반응에서 온도가 일정할 때, 반응물의 농도와 관계없이 반감기는 일정하다.
- 1차 반응에서 반감기와 반응 속도 상수는 반비례한다.

01

▶26071-0160

그림 (가)는 탄산 칼슘과 충분한 양의 묽은 염산을 반응시키는 실험 장치를, (나)는 (가)에서 반응이 진행될 때, 시간에 따른 삼각 플라스크의 전체 질량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, CO₂의 물에 대한 용해와 물의 증발은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 0~t₃s 동안 생성된 기체의 질량은 (a-b) g이다.
- ㄴ. 반응의 빠르기는 t₁s일 때가 t₂s일 때보다 크다.
- ㄷ. t₃s일 때 묽은 염산은 모두 반응하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

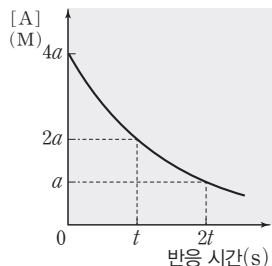
02

▶26071-0161

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣어 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이다.
- ㄴ. 4t s일 때 [A]=0.5a M이다.
- ㄷ. 0~t s 동안 $\left| \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \right| : \left| \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \right| = 1 : 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

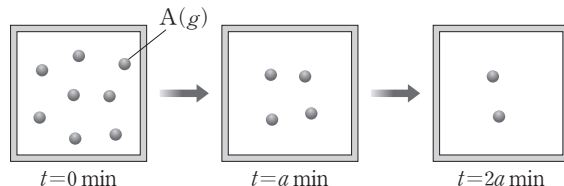
03

▶26071-0162

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



그림은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응이 진행될 때, 반응 시간 (t)에 따른 용기 속 A(g)를 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. A(g)의 순간 반응 속도는 t=0 min일 때가 t=2a min일 때의 4배이다.
- ㄴ. t=2a min일 때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{0 \sim a \text{ min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2a \text{ min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{4}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04

▶26071-0163

다음은 화학 반응에서 유효 충돌과 활성화 에너지에 대한 세 학생의 대화이다.



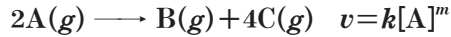
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

05

▶26071-0164

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이고, m 는 반응 차수이다.



표는 온도 T 에서 A(g)의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도에 대한 자료이다.

실험	A(g)의 초기 농도(M)	초기 반응 속도(M/s)
I	0.02	$2v$
II	0.03	$3v$
III	a	$5v$

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

| 보기 |

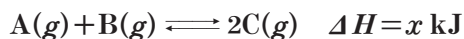
- ㄱ. $m=1$ 이다.
 ㄴ. $a=0.05$ 이다.
 ㄷ. k 의 단위는 M/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

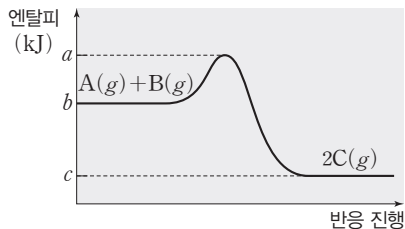
06

▶26071-0165

다음은 25°C, 1 atm에서 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



그림은 25°C, 1 atm에서 반응 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

| 보기 |

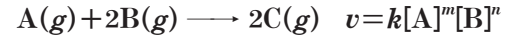
- ㄱ. 역반응의 활성화 에너지는 정반응의 활성화 에너지보다 크다.
 ㄴ. $x = b - c$ 이다.
 ㄷ. C(g) 2 mol의 결합 에너지의 총합은 $(a - c)$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0166

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이고, m, n 는 반응 차수이다.



표는 온도 T 에서 A(g)와 B(g)의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도에 대한 자료이다.

실험	초기 농도(M)		초기 반응 속도(M/s)
	A(g)	B(g)	
I	0.1	0.1	1.2×10^{-2}
II	0.2	0.1	2.4×10^{-2}
III	0.2	0.3	7.2×10^{-2}
IV	0.4	x	9.6×10^{-2}

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

| 보기 |

- ㄱ. $m+n=2$ 이다.
 ㄴ. $k=1.2 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.
 ㄷ. $x=0.2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0167

표는 온도 T 에서 $\text{CaCO}_3(s)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 을 반응시킬 때, 반응 시간에 따라 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 부피에 대한 자료이다.

반응 시간 (s)	0	10	20	30	40	50	60
$\text{CO}_2(g)$ 의 부피 (mL)	0	42	72	96	114	126	132

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

| 보기 |

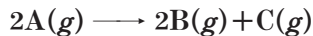
- ㄱ. 10 s일 때 순간 반응 속도는 4.2 mL/s이다.
 ㄴ. 순간 반응 속도는 20 s일 때가 40 s일 때보다 크다.
 ㄷ. $\frac{20 \sim 30 \text{ s 동안 평균 반응 속도}}{50 \sim 60 \text{ s 동안 평균 반응 속도}} = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0168

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



표는 강철 용기에 A(g) 6.8 g을 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 생성물의 질량에 대한 자료이다.

반응 시간(min)	t	2t	4t
B(g)의 질량(g)	1.8	2.7	
C(g)의 질량(g)	1.6	2.4	x

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

보기

- ㄱ. $x=3.0$ 이다.
- ㄴ. $3t$ min일 때 A(g)의 질량은 0.85 g이다.
- ㄷ. $\frac{2t}{0}$ min일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{11}{4}$ 이다.

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

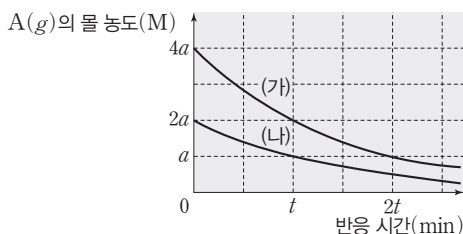
10

▶26071-0169

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T에서 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.



(가)에서가 (나)에서보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. A(g)의 반감기
- ㄴ. 반응 속도 상수
- ㄷ. 0~t min 동안 평균 반응 속도

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0170

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 순간 반응 속도에 대한 자료이다.

반응 시간(min)	t	2t
A(g)의 순간 반응 속도(상댓값)	8	1

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

보기

- ㄱ. A(g)의 반감기는 $\frac{t}{3}$ min이다.
- ㄴ. 반응 속도 상수는 t min일 때가 2t min일 때보다 크다.
- ㄷ. t min일 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{8}$ 이다.

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

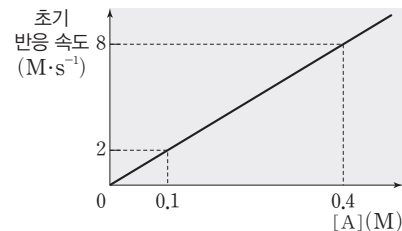
12

▶26071-0171

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이고, m은 반응 차수이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, A(g)의 초기 농도([A])에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. 강철 용기에 [A]=0.4 M가 되도록 A(g)를 넣은 후 반응이 진행되어 t s일 때, A(g)의 순간 반응 속도는 $2 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.



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

보기

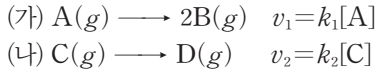
- ㄱ. $k=20 \text{ s}^{-1}$ 이다.
- ㄴ. A(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ s이다.
- ㄷ. t s일 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이다.

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

13

▶26071-0172

다음은 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1, k_2 는 각각 (가)와 (나)의 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 부피가 같은 2개의 강철 용기에 각각 $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 1 mol씩 넣고 반응시킨 후 $3t$ min일 때, 생성물의 몰 분율에 대한 자료이다.

반응	(가)	(나)
$3t$ min일 때 생성물의 몰 분율	$\frac{6}{7}$	$\frac{7}{8}$

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

- 보기
- ㄱ. $k_1 > k_2$ 이다.
 - ㄴ. 반감기의 비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.
 - ㄷ. $3t$ min일 때 $\frac{A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{C(g) \text{의 순간 반응 속도}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

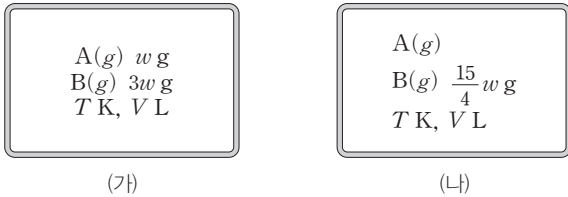
14

▶26071-0173

다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림 (가)는 강철 용기에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 a min일 때의 상태를 나타낸 것이다.



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

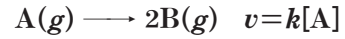
- 보기
- ㄱ. $A(g)$ 의 반감기는 a min이다.
 - ㄴ. 반응 속도 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 - ㄷ. $A(g)$ 의 몰 분율은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{17}{5}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

15

▶26071-0174

다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 전체 기체의 압력에 대한 자료이다.

반응 시간(min)	0	t_1	t_2
전체 기체의 압력(atm)	P	$\frac{7}{4}P$	$\frac{15}{8}P$

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

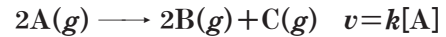
- 보기
- ㄱ. $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{t_1}{2}$ min이다.
 - ㄴ. $t_1 : t_2 = 2 : 3$ 이다.
 - ㄷ. t_2 min일 때, $\frac{A(g) \text{의 질량}(g)}{B(g) \text{의 질량}(g)} = \frac{1}{14}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

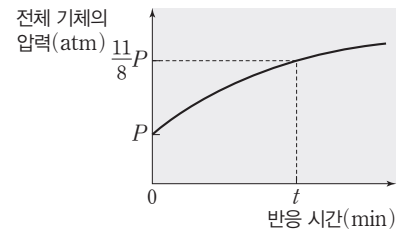
16

▶26071-0175

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



그림은 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 전체 기체의 압력을 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㄱ. $A(g)$ 의 반감기는 t min이다.
 - ㄴ. $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t min일 때의 2배이다.
 - ㄷ. t min일 때 몰비는 $A : C = 2 : 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0176

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

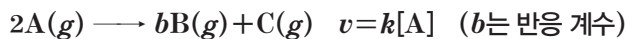
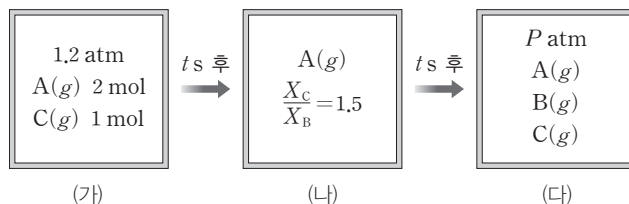


그림 (가)는 A(g)와 C(g)가 강철 용기에 들어 있는 초기 상태를, (나)와 (다)는 반응이 진행되어 각각 t s일 때와 $2t$ s일 때의 상태를 나타낸 것이다. A(g)의 반감기는 t s이고, X_B 와 X_C 는 각각 B(g)와 C(g)의 몰 분율이다.



$\frac{b}{P}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

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

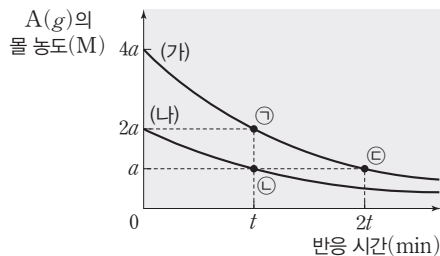
02

▶26071-0177

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 부피가 다른 강철 용기 (가)와 (나)에 각각 A(g) n mol씩 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.



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

보기

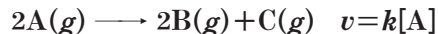
- ㄱ. 강철 용기의 부피는 (나)가 (가)의 2배이다.
- ㄴ. A(g)의 순간 반응 속도는 ㉠에서가 ㉡에서의 2배이다.
- ㄷ. 전체 기체의 압력은 ㉢에서가 ㉣에서의 $\frac{7}{3}$ 배이다.

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

03

▶26071-0178

다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이고, $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{9}{16}$ 이다.



표는 강철 용기에 일정량의 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 $\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{\text{전체 질량(g)}}$ 에 대한 자료이다.

반응 시간(min)	0	t	$2t$
$\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{\text{전체 질량(g)}}$	0	$\frac{6}{17}$	x

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

□ 보기 □

- ㄱ. A(g)의 반감기는 t min이다.
- ㄴ. $x = \frac{9}{17}$ 이다.
- ㄷ. 0 min일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{8}{11}$ 이다.
 t min일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{8}{11}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

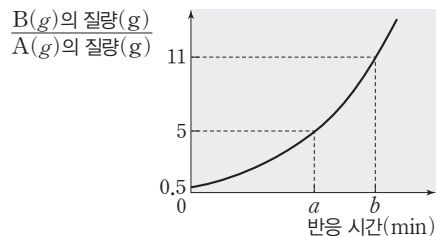
04

▶26071-0179

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 A(g)와 B(g)가 들어 있는 강철 용기에서 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 $\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$ 을 나타낸 것이다.



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

□ 보기 □

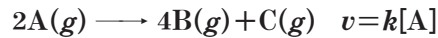
- ㄱ. A(g)의 반감기는 $(b-a)$ min이다.
- ㄴ. a min일 때 몰비는 A : B = 1 : 10이다.
- ㄷ. $a \sim b$ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도 = $\frac{1}{3}$ 이다.
 $0 \sim a$ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도 = $\frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0180

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



표는 강철 용기에 A(g) 4 mol을 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 C(g)의 몰 분율에 대한 자료이다.

t min일 때, $\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{C(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{2}{3}$ 이다.

반응 시간(min)	t	xt
C(g)의 몰 분율	$\frac{3}{17}$	$\frac{7}{37}$

$x \times \frac{2t \text{ min일 때 } A(g) \text{의 양(mol)}}{t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 양(mol)}}$ 은? (단, 온도는 일정하다.)

- ① $\frac{1}{24}$ ② $\frac{1}{20}$ ③ $\frac{1}{16}$ ④ $\frac{1}{12}$ ⑤ $\frac{1}{8}$

06

▶26071-0181

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 강철 용기에 A(g) w g을 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 $\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$ 에 대한 자료이다.

$0 < t_1 < t_2$ 이다.

반응 시간(min)	0	t_1	t_2
$\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$	0	3	7

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

보기

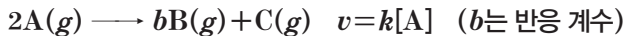
- ㄱ. $t_2 = 2t_1$ 이다.
- ㄴ. A(g)의 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t_1 min일 때의 3배이다.
- ㄷ. t_2 min일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{14}{15}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

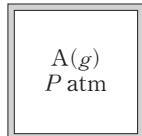
07

▶26071-0182

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



그림은 강철 용기에 A(g)가 들어 있는 것을, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 용기 속 전체 기체의 압력에 대한 자료이다. 반감기는 t₁ min이고, t₁ min일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이며, t₁ < t₂이다.



반응 시간(min)	t ₁	t ₂
전체 기체의 압력(atm)	5	$\frac{23}{4}$

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

□ 보기 □

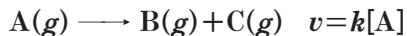
- ㄱ. b=2이다.
- ㄴ. P=4이다.
- ㄷ. t₂=2t₁이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

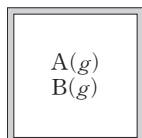
08

▶26071-0183

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



그림은 강철 용기에 A(g)와 B(g)의 혼합 기체가 들어 있는 것을, 표는 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 $\frac{n_B + n_C}{n_A}$ 에 대한 자료이다. n_A~n_C는 각각 A(g)~C(g)의 양(mol)이고 t min일 때, A(g)와 C(g)의 부분 압력은 같다.



반응 시간(min)	0	t	2t
$\frac{n_B + n_C}{n_A}$	a	6a	x

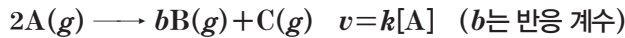
x × $\frac{2t \text{ min일 때 } C(g) \text{의 부분 압력(atm)}}{t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 부분 압력(atm)}}$ 은? (단, 온도는 일정하다.)

- ① 3 ② 6 ③ 9 ④ 12 ⑤ 18

09

▶26071-0184

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



표는 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 시간에 따른 A(g)의 몰 분율에 대한 자료이다.

0 min일 때 전체 기체의 압력(atm) = 9이다.
t min일 때 C(g)의 부분 압력(atm) = $\frac{1}{4}$ 이다.

반응 시간(min)	0	t
A(g)의 몰 분율	$\frac{8}{9}$	$\frac{1}{6}$

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

보기

ㄱ. A(g)의 반감기는 $\frac{t}{3}$ min이다.

ㄴ. b=2이다.

ㄷ. A(g)의 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t min일 때의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0185

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

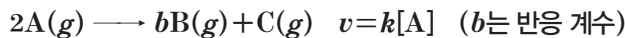


그림 (가)는 강철 용기에 A(g)와 C(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 t min일 때의 상태를 나타낸 것이다.

$\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)} = \frac{8}{27}$ 이고, (나)에서 $\frac{C(g) \text{의 양}(mol)}{B(g) \text{의 양}(mol)} = \frac{1}{2}$ 이다.

A(g), C(g)
12w g

$$\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)} = \frac{1}{9}$$

(가)

A(g), B(g), C(g)

$$\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)} = \frac{8}{9}$$

(나)

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

보기

ㄱ. 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

ㄴ. b=2이다.

ㄷ. (나)에서 B(g)의 질량은 6.9w g이다.

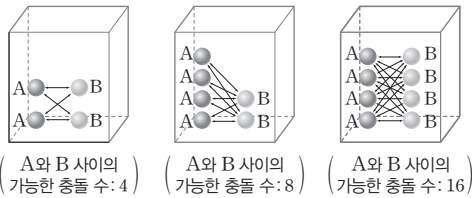
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

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



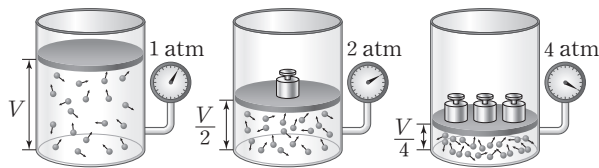
예 농도에 따라 반응 속도가 변하는 경우

- 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.

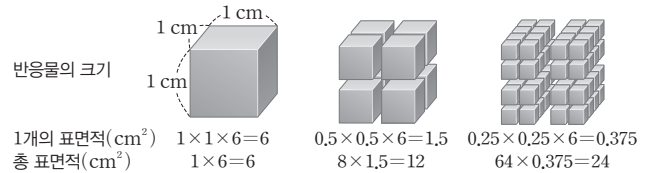
압력 증가 → 단위 부피당 기체 분자 수 증가 →
기체 분자 사이의 충돌 수 증가 → 반응 속도 증가



(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

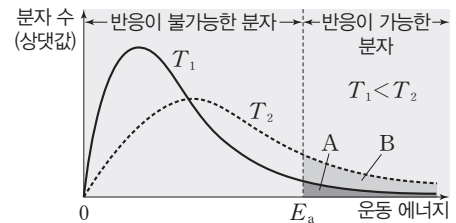


예 분진이 많은 탄광이나 밀가루 공장에서 화재로 인한 폭발 사고가 일어날 위험이 크다.

② 온도와 반응 속도

(1) 온도와 반응 속도

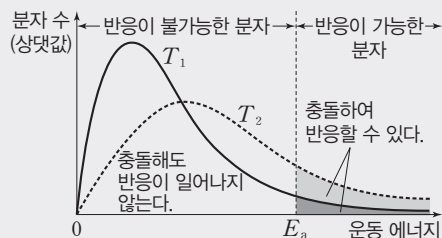
온도가 높아지면 분자들의 평균 운동 에너지는 증가하며, 활성화 에너지(E_a) 이상의 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.



- 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.

더 알기 온도와 반응 속도

온도가 높아지면 분자 운동이 활발해져 분자들의 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)

12 반응 속도에 영향을 미치는 요인

(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

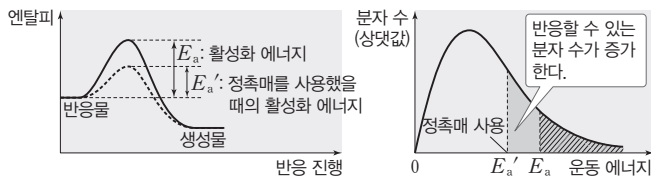
(1) 촉매 : 화학 반응에서 자신은 소모되지 않으면서 반응 속도를 빠르게 또는 느리게 하는 물질이다. 촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지(E_a)의 크기가 변하여 반응 속도가 달라진다.

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.

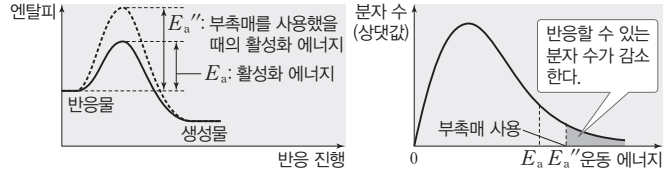
정촉매 사용 \rightarrow 활성화 에너지 감소 \rightarrow 반응 속도 증가



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



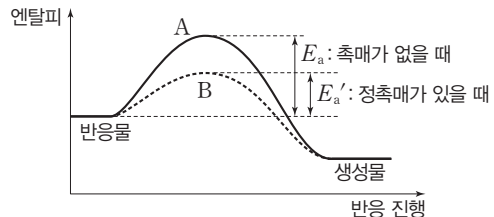
예 과산화 수소수에 인산(부촉매)을 넣으면 과산화 수소가 물과 산소로 분해되는 속도가 느려진다.

(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

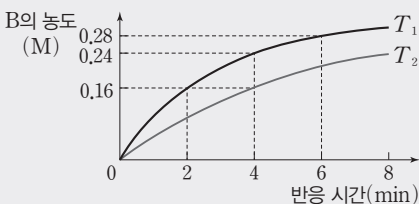
촉매는 반응에 참여하여 반응 경로를 변화시킨다. 반응 경로의 변화 때문에 활성화 에너지의 크기가 변한다.



\rightarrow 촉매를 사용하면 반응 경로가 바뀌면서 활성화 에너지의 크기가 달라지므로 반응 속도가 달라진다. 경로 A는 촉매를 사용하지 않은 것이고, 경로 B는 정촉매를 사용한 것이다.

더 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 $0.16 M \times 2 = 0.32 M$ 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

| 2026학년도 수능 |

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

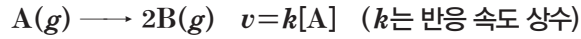
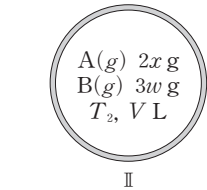
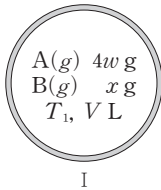
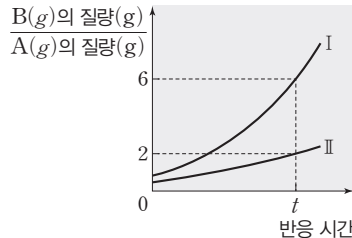


그림 (가)는 강철 용기 I과 II의 초기 상태를, (나)는 I과 II에서 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 B(g)의 질량(g)을 나타낸 것이다. I에서 t일 때 A(g)의 질량은 $\frac{1}{3}x$ g이다.



(가)



(나)

II에서 2t일 때 A(g)의 몰 분율은? (단, 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

- ① $\frac{1}{11}$ ② $\frac{1}{10}$ ③ $\frac{1}{9}$ ④ $\frac{1}{8}$ ⑤ $\frac{1}{7}$

접근 전략

I에서 t일 때 A(g)의 질량이 $\frac{1}{3}x$ g
이므로 B(g)의 질량은 $2x$ g임을 이
용하여 $x=3w$ 임을 구하는 것이 중
요하다.

간략 풀이

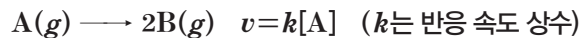
$x=3w$ 이므로 II에서 반응 전 A(g)
와 B(g)의 질량(g)은 각각 $6w, 3w$
이고, t일 때 A(g)와 B(g)의 질량
(g)은 각각 $3w, 6w$ 이며 A(g)의 반
감기는 t이다. 2t일 때 A(g)와 B(g)
의 질량(g)은 각각 $\frac{3}{2}w, \frac{15}{2}w$ 이고,
분자량비는 A : B = 2 : 1이므로 몰
비는 A : B = $\frac{1}{2} : \frac{5}{1} = 1 : 10$ 이다.
따라서 2t일 때 A(g)의 몰 분율은
 $\frac{1}{11}$ 이다.

정답 | ①

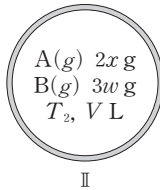
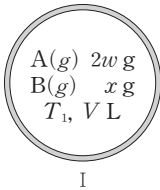
많은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 43쪽

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



그림은 강철 용기 I과 II의 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 I과 II에서 반응이 진행되어 t min일 때 강철 용기에 들어 있는 기체에 대한 자료이다. II에서 t min일 때 B(g)의 질량은 $2x$ g이다.



I

II

강철 용기	I	II
$\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$	18	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

보기

- ㄱ. $x=3w$ 이다.
ㄴ. A(g)의 반감기는 T_1 에서 T_2 에서의 2배이다.
ㄷ. t min일 때 $\frac{\text{I에서 B(g)의 질량(g)}}{\text{II에서 A(g)의 질량(g)}}=3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

▶26071-0186

유사점과 차이점

초기 상태의 반응물과 생성물의 질량
을 제시한 점은 테마 대표 문제와 유
사하지만, 특정 시간에서 두 물질의
몰비를 자료로 제시한 점이 테마 대
표 문제와 다르다.

배경 지식

- 화학 반응에서 반응 전과 후 전체 질량은 일정하다.
- 1차 반응에서 온도가 일정할 때, 반응물의 농도와 관계없이 반감기는 일정하다.

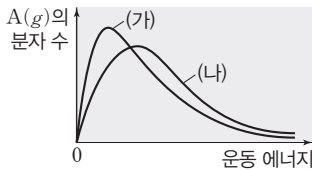
01

▶26071-0187

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 서로 다른 온도에서 A(g) 1 mol의 분자 운동 에너지 분포 곡선 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



(나)에서가 (가)에서보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 온도(K)
- ㄴ. 반응 속도 상수(s^{-1})
- ㄷ. 반감기(min)

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0188

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 부피가 같은 강철 용기에 A(g)를 각각 넣고 반응을 진행시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다. I과 II에서 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이다.

실험	온도(K)	A(g)의 초기 농도(M)	반감기(min)
I	T_1	4.0	$2t$
II	T_2	2.0	$3t$

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

보기

- ㄱ. $T_1 > T_2$ 이다.
- ㄴ. 0 min일 때 A(g)의 순간 반응 속도는 I에서가 II에서의 2배이다.
- ㄷ. $6t$ min일 때 $\frac{\text{I에서 용기 속 전체 기체의 양(mol)}}{\text{II에서 용기 속 전체 기체의 양(mol)}} = \frac{7}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0189

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 온도 T 에서 부피가 같은 3개의 강철 용기에 1 mol의 A(g)를 넣은 후 반응 조건을 달리한 실험 I~III에 대한 자료이다. X(s)와 Y(s)는 정촉매와 부촉매를 순서 없이 나타낸 것이고, I~III에서 이 반응은 모두 A(g)에 대한 1차 반응이다.

실험	첨가한 촉매	B(g)의 몰 분율	
		$t = 2a$ min	$t = 3a$ min
I	없음	$\frac{6}{7}$	
II	X(s)		$\frac{6}{7}$
III	Y(s)	x	

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

보기

- ㄱ. X(s)는 정촉매이다.
- ㄴ. $x > \frac{6}{7}$ 이다.
- ㄷ. 정반응의 활성화 에너지는 III에서가 II에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04

▶26071-0190

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식에 대한 세 학생의 대화이다. k 는 반응 속도 상수이고, 촉매를 첨가해도 반응 차수는 변하지 않는다.



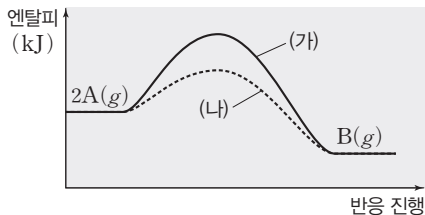
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① X ② Z ③ X, Y
- ④ Y, Z ⑤ X, Y, Z

05

▶26071-0191

그림은 T K, 1 atm에서 반응 $2A(g) \longrightarrow B(g)$ 이 진행될 때, 반응 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 촉매 X(s)가 없을 때와 있을 때를 나타낸 것이고, E_a 와 E_a' 는 각각 정반응과 역반응의 활성화 에너지이다.



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

보기

- ㄱ. X(s)는 정촉매이다.
- ㄴ. $|E_a - E_a'|$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. A(g) 1 mol당 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 입자 수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0192

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 강철 용기에 A(g)를 넣은 후 T_1 K와 T_2 K에서 반응이 진행될 때 온도에 따른 $\frac{t \text{ min일 때 B(g)의 농도(M)}}{0 \text{ min일 때 A(g)의 농도(M)}}$ 를 나타낸 것이다.

온도(K)	T_1	T_2
$\frac{t \text{ min일 때 B(g)의 농도(M)}}{0 \text{ min일 때 A(g)의 농도(M)}}$	1	$\frac{3}{2}$

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

보기

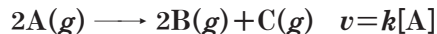
- ㄱ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄴ. A(g)의 반감기는 T_1 K에서가 T_2 K에서의 2배이다.
- ㄷ. t min일 때 B(g)의 몰 분율은 T_2 K에서가 T_1 K에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

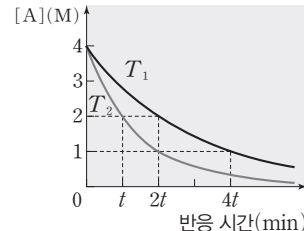
07

▶26071-0193

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



그림은 T_1 K와 T_2 K에서 강철 용기에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄴ. 0~2t min 동안 A(g)의 평균 반응 속도는 T_2 K에서가 T_1 K에서의 2배이다.
- ㄷ. A(g)의 순간 반응 속도는 T_2 K에서 t min일 때가 T_1 K에서 4t min일 때의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

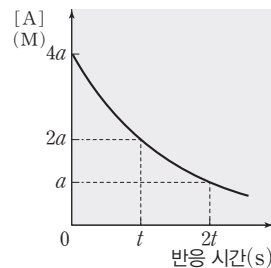
08

▶26071-0194

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도를 나타낸 것이다. t s일 때 B(g)의 몰 분율은 b 이고, 온도 및 촉매와 관계 없이 A(g)에 대한 반응 차수는 일정하다.



초기 상태에서 반응 조건을 달리할 때 t s에서 B(g)의 몰 분율이 b 보다 큰 조건만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A(g)의 초기 농도를 $4a$ M보다 크게 한다.
- ㄴ. 온도를 T 보다 높게 한다.
- ㄷ. 정촉매를 넣어 준다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0195

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 3개의 강철 용기에 각각 n mol의 A(g)를 넣고 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다. 온도 및 촉매와 관계없이 A(g)에 대한 반응 차수는 일정하다.

실험	용기 부피(L)	온도(K)	촉매	반응 속도 상수(s ⁻¹)	초기 반응 속도(M/s)
I	V	T ₁	없음	k ₁	2v
II	2V	T ₁	X(s)	k ₂	3v
III	3V	T ₂	없음	k ₃	v

$\frac{k_1 + k_3}{k_2}$ 은? (단, 온도는 각각 T₁ K, T₂ K로 일정하다.)

- ① $\frac{5}{6}$ ② $\frac{9}{10}$ ③ $\frac{10}{9}$ ④ $\frac{6}{5}$ ⑤ $\frac{14}{9}$

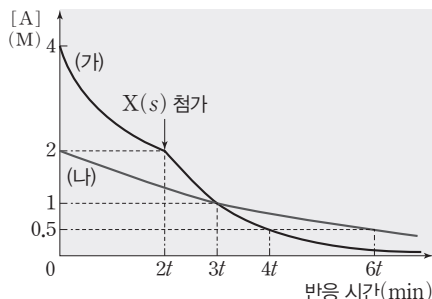
02

▶26071-0196

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도가 각각 T₁, T₂인 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 A(g)의 농도를 나타낸 것이다. (가)에서 2t min일 때, 촉매 X(s)를 첨가하였고, (가)에서 X(s)를 첨가하기 전과 후의 반응 속도 상수는 각각 k₁과 k₂이며, (나)에서 반응 속도 상수는 k₃이다.



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

보기

ㄱ. k₁ > k₃이다.

ㄴ. X(s)는 정촉매이다.

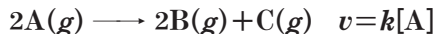
ㄷ. (가)에서 3t min일 때 순간 반응 속도 = $\frac{2k_2}{k_3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

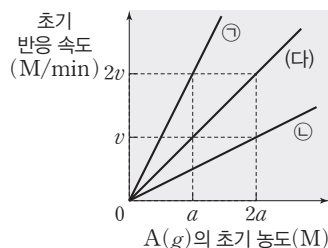
▶26071-0197

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



표는 강철 용기에 A(g)를 넣어 반응시킬 때, 반응 조건 (가)~(다)에 대한 자료이고, 그림은 (가)~(다)에서 A(g)의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 (가)와 (나)를 순서 없이 나타낸 것이고, 반감기는 (다) > (나)이다.

반응 조건	온도(K)	촉매	반응 속도 상수(s ⁻¹)
(가)	T ₁	없음	k ₁
(나)	T ₁	있음	k ₂
(다)	T ₂	없음	k ₃



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 각각 T₁ K, T₂ K로 일정하다.)

보기

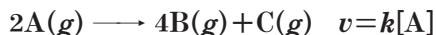
ㄱ. (나)에서 촉매는 정촉매이다.
 ㄴ. T₁ > T₂이다.
 ㄷ. $\frac{k_1 + k_3}{k_2} = \frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0198

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



표는 부피가 같은 3개의 강철 용기에 각각 A(g)를 넣고 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다. 온도 및 촉매와 관계 없이 A(g)에 대한 반응 차수는 일정하다.

실험	온도(K)	촉매	$\frac{[A]+[C]}{[B]}$	
			2t min	3t min
I	T ₁	없음	$\frac{3}{4}$	
II	T ₁	X(s)	x	$\frac{9}{28}$
III	T ₂	없음		$\frac{5}{12}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 각각 T₁ K, T₂ K로 일정하다.)

보기

ㄱ. T₂ > T₁이다.
 ㄴ. X(s)는 정촉매이다.
 ㄷ. $x = \frac{5}{12}$ 이다.

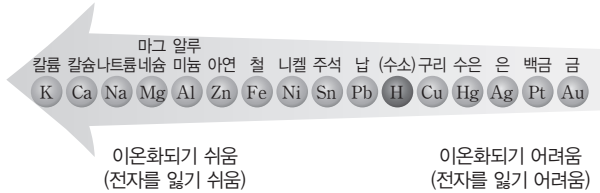
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 전기 화학과 이용

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 아연(Zn)이 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(H)보다 이온화 경향이 큰 금속(Al, Zn, Fe 등)을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H⁺이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

② H보다 이온화 경향이 작은 금속(Au, Pt, Ag, Hg, Cu 등)은 H⁺과 반응하지 않는다.

② 화학 전지의 원리

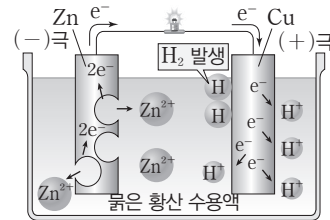
(1) 화학 전지 : 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

① 화학 전지에서 일반적으로 (-)극과 (+)극은 이온화 경향 차이가 큰 금속을 이용한다.

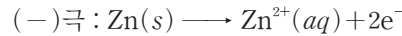
(-)극	(+)극
산화 반응	환원 반응
이온화 경향이 큰 금속	이온화 경향이 작은 금속

② 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

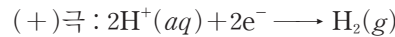
(2) 볼타 전지 : 아연판과 구리판을 묽은 황산(H₂SO₄) 수용액에 담고 그 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.



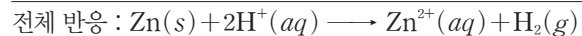
① 전극의 반응



(산화 반응, 아연판 질량 감소)



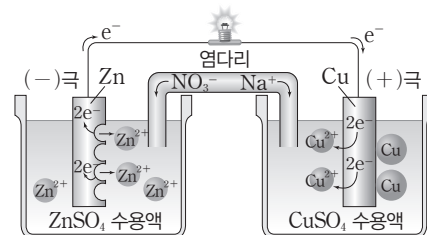
(환원 반응, 구리판 질량 일정)



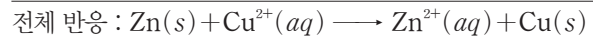
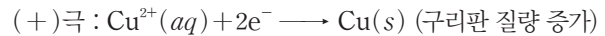
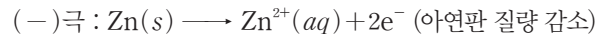
➡ (-)극은 아연판, (+)극은 구리판이며, 전자는 도선을 따라 아연판에서 구리판 쪽으로 이동한다.

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



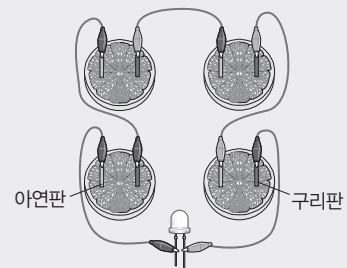
➡ (-)극은 아연판, (+)극은 구리판이며, 전자는 도선을 따라 아연판에서 구리판 쪽으로 이동한다.

더 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 구리판 쪽으로 이동하여 전류가 흐르게 된다.
• 과일 전지에서 아연판은 (-)극이 되고, 구리판은 (+)극이 된다.



② 염다리 : 염다리에서 Na^+ 은 Cu 전극 쪽으로 이동하고, NO_3^- 은 Zn 전극 쪽으로 이동한다. \rightarrow 전하의 불균형을 해소하여 양쪽 수용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 한다.

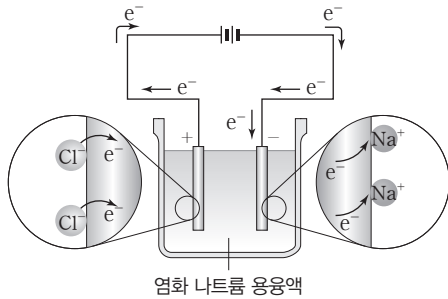
③ 전기 분해

(1) 전기 분해

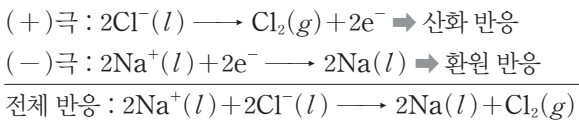
- ① 전기 에너지를 이용하여 산화 환원 반응을 일으키는 과정을 전기 분해라고 한다.
- ② 전해질의 수용액이나 용융액에 직류 전류를 흘려주면 양이온은 (-)극으로 이동하고, 음이온은 (+)극으로 이동한다.
- ③ (-)극 : 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.
(+)극 : 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.

(2) 염화 나트륨 용액의 전기 분해

- ① 염화 나트륨 용액에 전극을 넣고 직류 전원을 연결한다.
 - (+)극 : Cl^- 이 전자를 내놓고 산화되어 Cl_2 기체가 발생한다.
 - (-)극 : Na^+ 이 전자를 얻고 환원되어 Na이 생성된다.



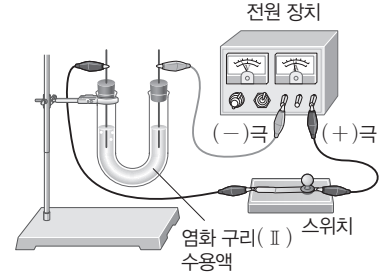
② 전극에서의 반응



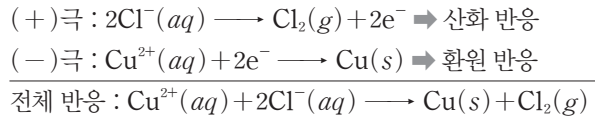
(3) 염화 구리(II) 수용액의 전기 분해

- 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



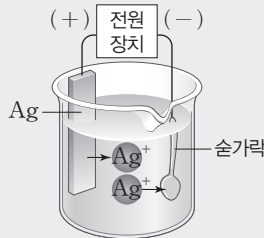
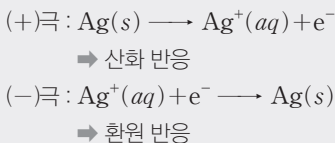
(4) 전해질 수용액의 전기 분해에서 이온과 H_2O 의 산화 환원 반응

- ① (+)극 : 전해질의 음이온과 H_2O 중 산화되기 쉬운(전자를 잃기 쉬운) 물질이 먼저 산화된다.
 - F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} 등은 산화되기 어려우므로 H_2O 이 먼저 산화되면서 O_2 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 H_2O 보다 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 H_2O 중 환원되기 쉬운(전자를 얻기 쉬운) 물질이 먼저 환원된다.
 - Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} 등은 환원되기 어려우므로 H_2O 이 먼저 환원되면서 H_2 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 H_2O 보다 환원되기 쉬우므로 먼저 환원된다.
 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$
 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$

더 알기 은 도금과 구리 제련

① 은 도금

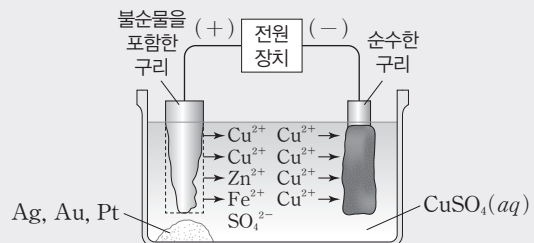
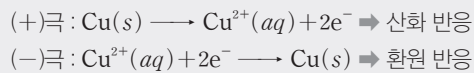
전원 장치의 (+)극에는 은을, (-)극에는 손가락을 연결한 후 Ag^+ 이 들어 있는 수용액에 담가 전류를 흘려주면 손가락에 은이 도금된다.



② 구리 제련

전원 장치의 (+)극에는 불순물을 포함한 구리를, (-)극에는 순수한 구리를 연결한 후 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 담가 전류를 흘려주면 순수한 구리를 얻을 수 있다.

\rightarrow 불순물 중 구리보다 반응성이 큰 Zn, Fe 등은 구리와 함께 금속 양이온이 되고, 구리보다 반응성이 작은 Ag, Au, Pt 등은 금속 상태로 가라앉는다.



13 전기 화학과 이용

④ 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.

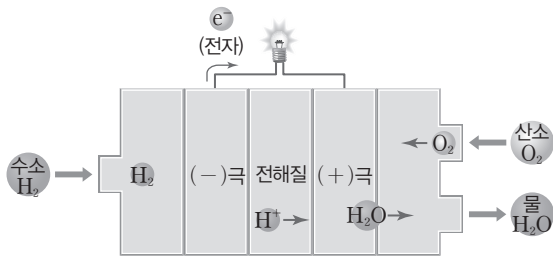
(2) 수소 연료 전지

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



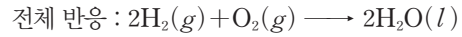
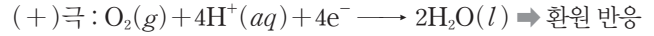
공급된 수소 기체는 (-)극에서 수소 이온과 전자로 분해된다.

➔ 수소 이온은 전해질을 거쳐 (+)극으로 이동한다.

➔ (+)극에서 수소 이온과 전자, 산소가 반응하여 물이 생성된다.

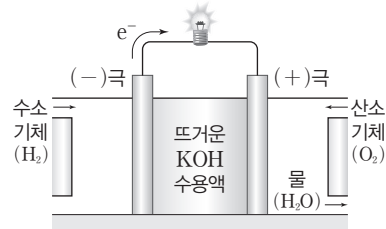
➔ 전자는 외부 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

(4) 수소 연료 전지의 각 전극에서의 반응

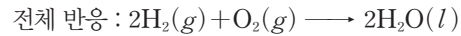
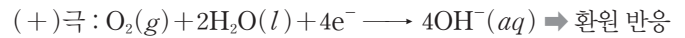
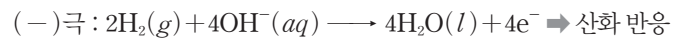


수소 연료 전지는 생성물이 물이므로 환경 오염을 거의 일으키지 않고 소음이 적으며, 에너지 효율이 높다.

(5) 전해질이 KOH인 수소 연료 전지



[각 전극에서의 반응]



⑤ 수소 연료 전지의 활용

(1) 수송용 : 연료 전지 버스, 승용차, 항공기, 열차 등

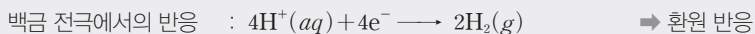
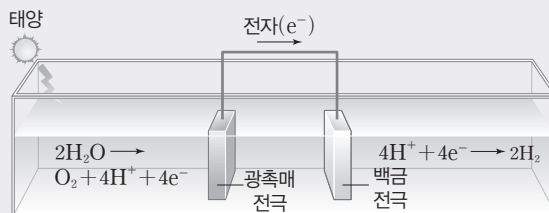
(2) 휴대용 : 노트북, 스마트폰, 태블릿 PC 등

(3) 산업용 : 연료 전지 드론, 연료 전지 발전소 등



더 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.



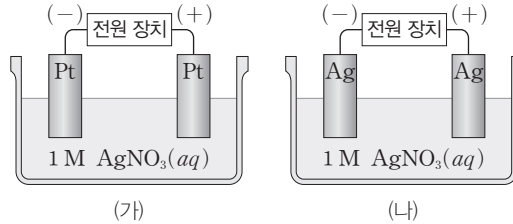
테마 대표 문제

| 2026학년도 수능 |

다음은 백금(Pt)과 은(Ag)을 각각 전극으로 사용한 $\text{AgNO}_3(aq)$ 의 전기 분해 실험 (가)와 (나)에 대한 자료이다. ㉠~㉢은 각각 $\text{Ag}(s)$ 과 $\text{Ag}^+(aq)$ 중 하나이다.

- 산화되기 쉬운 경향 : $\text{Ag}(s) > \text{H}_2\text{O}(l)$
- 환원되기 쉬운 경향 : $\text{Ag}^+(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$
- 물의 산화 반응 : $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
- 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질

실험	(-)극	(+)극
(가)	㉠	$\text{O}_2(g), \text{H}^+(aq)$
(나)	㉡	㉢



(가)와 (나)에서 전기 분해가 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. (가)에서 수용액에 들어 있는 양이온의 수는 증가한다.
- ㄴ. (나)에서 (+) 전극의 질량은 증가한다.
- ㄷ. ㉠과 ㉢은 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 환원되기 쉬운 물질이 환원되고, (+)극에서는 산화되기 쉬운 물질이 산화된다.

간략 풀이

✕. (가)의 (+)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 반응이 일어나고, (-)극에서는 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$ 반응이 일어난다. 전자 4 mol이 (+)극에서 (-)극으로 이동할 때 H^+ 4 mol이 증가하고, Ag^+ 4 mol이 감소하므로 (가)에서 수용액에 들어 있는 양이온의 수는 변하지 않는다.

✕. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Ag}(s) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이므로 (나)의 (+) 전극에서 $\text{Ag}(s)$ 이 산화된다.

$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$ 따라서 전기 분해가 일어나는 동안 (+) 전극의 질량은 감소한다.

㉡ 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Ag}^+(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이므로 (가)와 (나)의 (-) 전극에서는 모두 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$ 반응이 일어난다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 $\text{Ag}(s)$ 이다.

정답 | ②

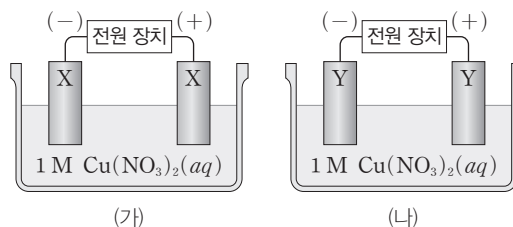
답은 꿀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 45쪽

▶26071-0199

다음은 금속 X와 Y를 각각 전극으로 사용한 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq)$ 의 전기 분해 실험 (가)와 (나)에 대한 자료이다. X와 Y는 Pt과 Cu를 순서 없이 나타낸 것이다.

- 산화되기 쉬운 경향 : $\text{Cu}(s) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{NO}_3^-(aq)$
- 환원되기 쉬운 경향 : $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$
- 전기 분해가 진행되는 동안 (나)의 (+)극에서 기체가 발생하였다.



(가)와 (나)에서 전기 분해가 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 X는 Cu이다.
- ㄴ. (나)에서 양이온 수는 증가한다.
- ㄷ. (나)의 (+)극 주위에 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨리면 수용액은 붉은색으로 변한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

수용액을 전기 분해하였을 때 각 전극에서 생성되는 물질을 알아내는 것은 테마 대표 문제와 유사하지만, 전극의 종류를 알려주지 않은 점이 테마 대표 문제와 다르다.

배경 지식

- 전기 에너지를 이용하여 산화 환원 반응을 일으키는 과정을 전기 분해라고 한다.
- 수용액을 전기 분해할 때 (-)극에서는 환원 반응이, (+)극에서는 산화 반응이 일어난다.

01

▶26071-0200

다음은 화학 전지에 대한 학생들의 대화이다.



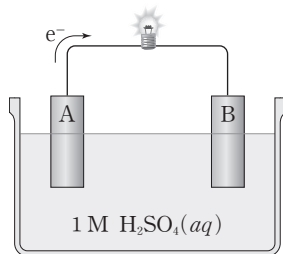
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B ② C ③ A, B
- ④ A, C ⑤ A, B, C

02

▶26071-0201

그림은 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지에서 전지 반응이 진행될 때 전자의 이동 방향을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

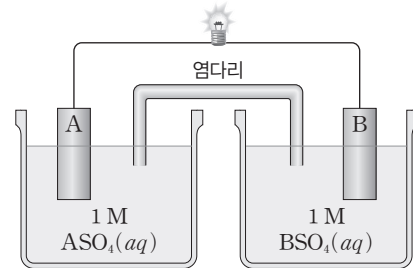
- 보기
- ㄱ. A의 질량은 감소한다.
 - ㄴ. B 전극은 (-)극이다.
 - ㄷ. 금속의 이온화 경향은 A > B이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0202

그림은 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지에서 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이다. 금속의 이온화 경향은 A > B이다.



전지 반응이 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

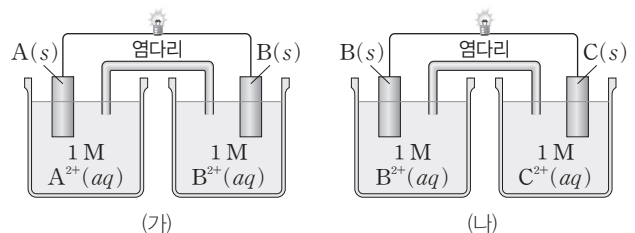
- 보기
- ㄱ. A 전극은 (-)극이다.
 - ㄴ. B 전극의 질량은 감소한다.
 - ㄷ. 전자는 도선을 따라 B 전극에서 A 전극으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0203

그림은 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)에서 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이다. 전지 반응이 진행된 후 (가)에서는 B(s)의 질량이 증가하였고, (나)에서 C(s)의 질량이 증가하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

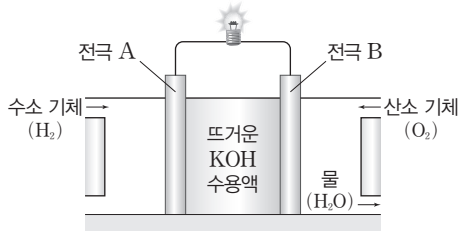
- 보기
- ㄱ. (가)에서 A의 질량은 감소한다.
 - ㄴ. (나)에서 전자는 도선을 따라 B 전극에서 C 전극으로 이동한다.
 - ㄷ. 금속의 이온화 경향은 A > C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 26071-0204

다음은 수소 연료 전지와 각 전극에서 일어나는 반응이다.



- 전극 A : $\text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^-$
- 전극 B : $\text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow 4 \square \ominus$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

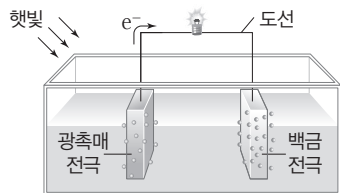
- 보기
- ㄱ. 전극 A는 (+)극이다.
 - ㄴ. \ominus 은 $\text{OH}^-(aq)$ 이다.
 - ㄷ. 수소 연료 전지에서 반응 후 물(H_2O)이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 26071-0205

다음은 물의 광분해 장치에서 전지 반응이 진행될 때 전자의 이동 방향과 각 전극에서 일어나는 반응이다.



- $4\text{H}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2(g)$
- $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+ + 4e^-$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 광분해 장치는 빛을 이용하여 물을 분해하는 장치이다.
 - ㄴ. 광촉매 전극에서 발생하는 기체는 수소 연료 전지의 연료로 사용될 수 있다.
 - ㄷ. 백금 전극에서 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶ 26071-0206

다음은 25°C , 1 atm에서 $\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해할 때 전극 A와 B에서 일어나는 반응의 화학 반응식이다.

- 전극 A : $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
- 전극 B : $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \square \ominus (g) + 2\text{OH}^-(aq)$

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

- 보기
- ㄱ. 전기 분해가 진행될 때 전극 A에서 산화 반응이 일어난다.
 - ㄴ. \ominus 은 O_2 이다.
 - ㄷ. 전기 분해가 진행될 때 (-)극 주위에서 수용액의 pH는 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶ 26071-0207

표는 $\text{NaCl}(aq)$ 과 $\text{NaCl}(l)$ 을 각각 전기 분해할 때 두 전극에서 생성된 물질에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 (+)극과 (-)극 중 하나이다.

물질	(가)	(나)
$\text{NaCl}(aq)$	$\text{H}_2(g)$	$\text{Cl}_2(g)$
$\text{NaCl}(l)$		$\text{Cl}_2(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 (+)극이다.
 - ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$ 이다.
 - ㄷ. $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해할 때 생성된 물질의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0208

다음은 $XSO_4(aq)$ 의 전기 분해와 관련된 자료이다.

- 산화되기 쉬운 경향 : $H_2O(l) > SO_4^{2-}(aq)$
- 환원되기 쉬운 경향 : $X^{2+}(aq) > H_2O(l)$
- 전기 분해 결과 전극 (가)에서는 $X(s)$ 가 생성되었고, 전극 (나)에서는 기체 \ominus 이 생성되었다.

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

보기

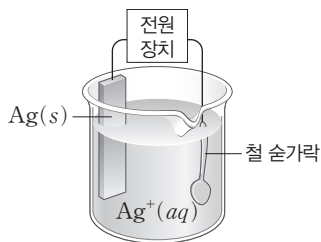
- ㄱ. (가)는 (+)극이다.
- ㄴ. \ominus 은 O_2 이다.
- ㄷ. $XSO_4(aq)$ 을 전기 분해할 때 생성된 물질의 양(mol)은 $X(s)$ 가 \ominus 의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0209

다음은 철 숟가락을 은으로 도금하는 장치와 두 전극에서 일어나는 반응이다.



- $Ag(s) \longrightarrow Ag^+(aq) + e^-$
- $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

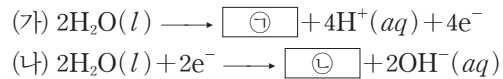
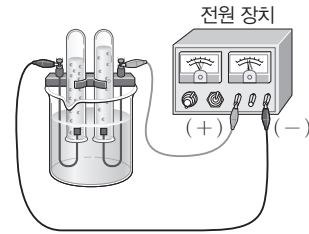
- ㄱ. $Ag(s)$ 은 전원 장치의 (+)극에 연결한다.
- ㄴ. 산화되기 쉬운 경향은 $Ag(s) > H_2O(l)$ 이다.
- ㄷ. 환원되기 쉬운 경향은 $Ag^+(aq) > H_2O(l)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0210

다음은 소량의 $X_2SO_4(s)$ 를 녹인 $H_2O(l)$ 을 전기 분해하는 장치와 두 전극 (가)와 (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식이다.



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

보기

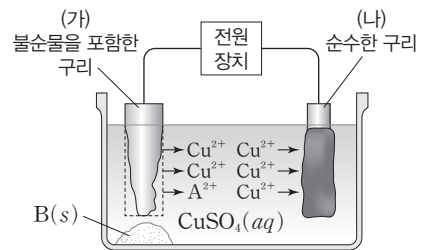
- ㄱ. (가)에서는 산화 반응이 일어난다.
- ㄴ. $\omin�$ 은 $H_2(g)$ 이다.
- ㄷ. 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O(l) > X^+(aq)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0211

그림과 같이 전극 (가)에는 불순물 A(s)와 B(s)가 포함된 구리 (Cu)를, 전극 (나)에는 순수한 구리를 연결한 후 전류를 흘려주었더니 A는 금속 양이온으로 녹고, B는 (가) 아래에서 금속으로 분리되었으며, (나)에서는 $Cu(s)$ 가 석출되었다.



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

보기

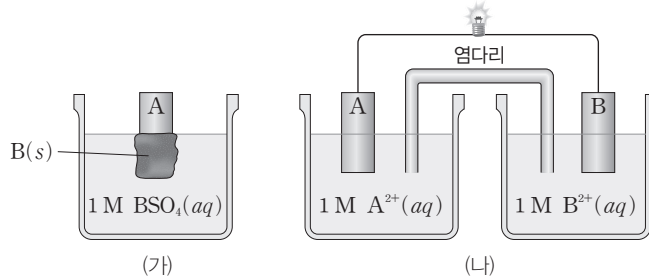
- ㄱ. (가)는 (+)극이다.
- ㄴ. 산화되기 쉬운 경향은 $Cu(s) > B(s)$ 이다.
- ㄷ. 환원되기 쉬운 경향은 $A^{2+}(aq) > Cu^{2+}(aq)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶26071-0212

그림 (가)는 금속 A를 $BSO_4(aq)$ 에 넣었을 때 A의 표면에 금속 B(s)가 석출된 것을, (나)는 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 음이온은 반응하지 않으며, (가)와 (나)의 수용액의 온도와 부피는 일정하다.)

보기

- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.
- ㄴ. (가)에서 $[A^{2+}]$ 는 증가한다.
- ㄷ. (나)의 전체 수용액에서 $\frac{[B^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 는 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0213

다음은 학생 A가 수행한 실험이다. X와 Y는 금속이다.

[자료]
 ○ 환원되기 쉬운 경향 : $X^+(aq) > H_2O(l) > Y^+(aq)$

[실험 과정]
 ○ 그림과 같이 1 M $XNO_3(aq)$ 과 1 M $Y_2SO_4(aq)$ 에 백금(Pt) 전극을 각각 넣고, 전원 장치에 연결하여 전기 분해한다.

[실험 결과]
 ○ 전기 분해 결과 ⊕과 ⊖에서 같은 종류의 기체가 생성되었다.

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

보기

- ㄱ. ⊕과 ⊖에서 모두 $O_2(g)$ 가 생성된다.
- ㄴ. ⊕과 ⊖에서는 모두 환원 반응이 일어난다.
- ㄷ. $XNO_3(aq)$ 을 전기 분해할 때 생성된 금속 또는 기체의 양(mol)의 비는 ⊕ : ⊖ = 4 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0214

다음은 수용액 (가)~(다)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $\text{KCl}(aq)$, $\text{K}_2\text{SO}_4(aq)$, $\text{CuCl}_2(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{Cl}_2(g)$ 중 하나이고, ㉢은 기체이다.

[자료]

- 산화되기 쉬운 경향 : $\text{Cl}^-(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{SO}_4^{2-}(aq)$
- 환원되기 쉬운 경향 : $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{K}^+(aq)$
- 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질의 종류와 양(mol)

수용액	(+)극		(-)극	
	종류	양(mol)	종류	양(mol)
(가)	㉠	1	㉡	x
(나)	㉠	1	㉢	y
(다)	㉢	z	㉡	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

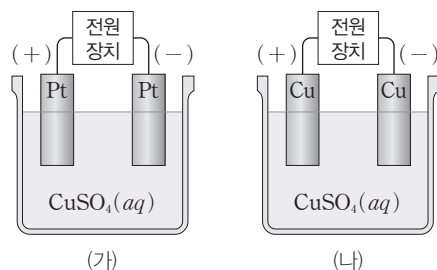
- ㄱ. ㉠은 $\text{Cl}_2(g)$ 이다.
- ㄴ. (다)는 $\text{K}_2\text{SO}_4(aq)$ 이다.
- ㄷ. $x + y + z = 2.5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0215

그림 (가)와 (나)는 백금(Pt)과 구리(Cu)를 각각 전극으로 이용하여 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 각각 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}(s) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{SO}_4^{2-}(aq)$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.



(가)와 (나)에서 전기 분해가 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C 로 같고, 수용액의 부피는 일정하다.)

보기

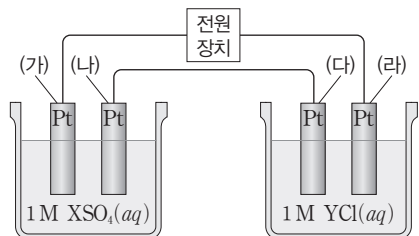
- ㄱ. (가)의 (+)극에서 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.
- ㄴ. (나)의 (+)극에서 Cu 전극의 질량이 감소한다.
- ㄷ. 수용액의 pH는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0216

그림은 백금(Pt) 전극을 사용하여 $XSO_4(aq)$ 과 $YCl(aq)$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이고, 표는 전기 분해 장치에 일정 시간 동안 전류를 흘려주었을 때 전극 (가)~(라)에서 생성된 물질에 대한 자료이다.



전극	생성된 물질
(가)	$O_2(g)$
(나)	$X(s)$
(다)	$Cl_2(g)$
(라)	$H_2(g)$

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

보기

- ㄱ. (가)는 (-)극이다.
- ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $X^{2+}(aq) > Y^+(aq)$ 이다.
- ㄷ. 전극에서 생성된 물질의 양(mol)은 (라)에서가 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26071-0217

다음은 어떤 학생이 수행한 탐구 활동이다.

[탐구 과정]

(가) 그림 I과 같이 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 만든 후 전지 반응이 진행될 때 각 전극의 변화를 관찰한다.

(나) 그림 II와 같이 백금(Pt) 전극을 사용하여 A^{2+} 1 mol과 B^+ 1 mol이 함께 녹아 있는 수용액을 전기 분해한 후 각 전극의 변화를 관찰한다.

I

II

[탐구 결과]

- I에서는 B에서 기체가 발생하였다.
- II에서 전극 ⊕에서는 금속이 석출되었고, ⊖에서는 기체가 0.1 mol 발생하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 산화되기 쉬운 경향은 $A > B$ 이다.
- ㄴ. I과 II에서 발생한 기체의 종류는 같다.
- ㄷ. II의 ⊕에서는 금속 B가 0.4 mol 석출된다.

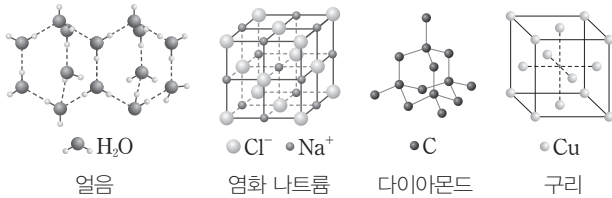
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶26071-0218

그림은 4가지 결정의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



4가지 결정에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

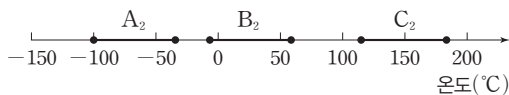
보기
 ㄱ. 원자 결정은 2가지이다.
 ㄴ. 구리는 금속 결정이다.
 ㄷ. 원자 사이에 공유 결합이 존재하는 결정은 3가지이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶26071-0219

그림은 물질 A₂, B₂, C₂가 1 atm에서 액체 상태로 존재하는 온도 구간을 나타낸 것이다. A~C는 Cl, Br, I을 순서 없이 나타낸 것이고, 원자량은 I > Br > Cl이다.



A₂~C₂에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. 0°C, 1 atm에서 A₂는 기체 상태로 존재한다.
 ㄴ. 분자량은 C₂ > B₂이다.
 ㄷ. 분자 사이에 분산력이 존재하는 물질은 2가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0220

표는 물질 X(l)~Z(l)의 증기 압력에 대한 자료이다.

증기 압력(mmHg)	P ₁	P ₂	P ₃
X(l)	45,8	100,0	
온도(°C)			
Y(l)		78,2	-7,0
Z(l)	-17,8		-52,6

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X(l)~Z(l)의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

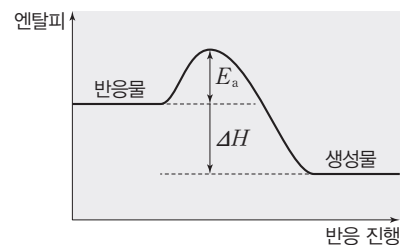
보기
 ㄱ. P₂ > P₁ > P₃이다.
 ㄴ. 분자 사이의 인력은 Z(l) > Y(l)이다.
 ㄷ. 기준 끓는점은 X(l)가 Y(l)보다 높다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0221

그림은 어떤 반응의 정반응의 활성화 에너지(E_a)와 반응 엔탈피(ΔH)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. 역반응의 활성화 에너지는 E_a - ΔH이다.
 ㄴ. E_a가 커지면 정반응 속도가 느려진다.
 ㄷ. E_a가 커지면 ΔH는 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0222

다음은 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가) 1 m NaOH(aq) x g에 증류수 y g을 넣어 0.2 m NaOH(aq) 252 g을 만든다.
 (나) 0.5 m NaOH(aq) 510 mL에 NaOH(s) 3z g을 넣어 2 m NaOH(aq) 540 g을 만든다.

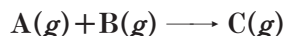
$\frac{x \times z}{y}$ 는? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, 0.5 m NaOH(aq)의 밀도는 1 g/mL이다.) [3점]

- ① $\frac{11}{5}$ ② $\frac{13}{5}$ ③ 3 ④ $\frac{17}{5}$ ⑤ $\frac{19}{5}$

06

▶26071-0223

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



표는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)의 농도를 달리하여 넣고 반응시킨 실험 (가)~(라)에 대한 자료이다.

실험	A(g)의 초기 농도 (M)	B(g)의 초기 농도 (M)	첨가한 촉매	정반응의 활성화 에너지 (kJ/mol)	초기 반응 속도 (M/s)
(가)	a	b	없음	E_a	$2v$
(나)	a	b	X(s)	⊖	v
(다)	$2a$	b	없음	⊖	$4v$
(라)	a	$2b$	없음	⊖	$2v$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. 반응 $A(g) + B(g) \longrightarrow C(g)$ 의 전체 반응의 차수는 1이다.
 ㄴ. X(s)는 부촉매이다.
 ㄷ. ⊖~⊖ 중 ⊖이 가장 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0224

다음은 25°C, 1 atm에서 4가지 열화학 반응식이다.

- (가) $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ}$
 (나) $H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H = b \text{ kJ}$
 (다) $\frac{1}{2}CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow \frac{1}{2}CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H = c \text{ kJ}$
 (라) $2H_2O(l) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O_2(l) \quad \Delta H = d \text{ kJ}$

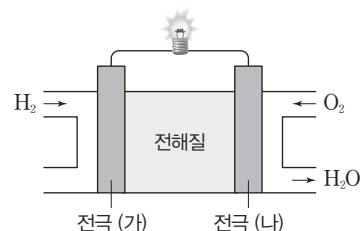
25°C, 1 atm에서 $CH_4(g)$ 의 생성 엔탈피(kJ/mol)는? (단, 25°C, 1 atm에서 C(s, 흑연)과 $H_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① $a + 2b + 2c - d$ ② $a + 2b - 2c + 2d$
 ③ $a + 2b - 2c - d$ ④ $a - 2b - c - 2d$
 ⑤ $a - 2b - 2c + d$

08

▶26071-0225

그림은 수소 연료 전지를 나타낸 것이고, 자료는 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식이다.



- 전극 (가) : $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$
 ○ 전극 (나) : $O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

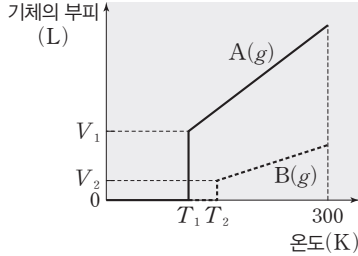
- ㄱ. 전극 (가)에서 산화 반응이 일어난다.
 ㄴ. 전자는 도선을 따라 전극 (나)에서 전극 (가)로 이동한다.
 ㄷ. 전지 반응이 진행되어 H_2O 1 mol이 생성될 때 이동하는 전자의 양은 4 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

09

▶26071-0226

그림은 300 K, 1 atm에서 두 실린더에 같은 질량의 A(g)와 B(g)를 각각 넣고 냉각시킬 때 온도에 따른 A(g)와 B(g)의 부피를 나타낸 것이다. $V_1=3V_2$ 이고, $3T_1>2T_2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하다.) [3점]

보기

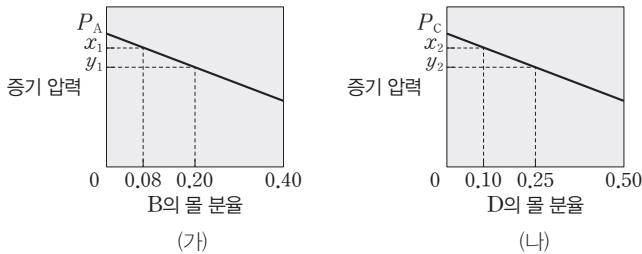
- ㄱ. 분자량은 B가 A보다 크다.
- ㄴ. 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.
- ㄷ. $\frac{T_1 \text{ K}, V_1 \text{ L일 때 A(g)의 양(mol)}}{T_2 \text{ K}, V_2 \text{ L일 때 B(g)의 양(mol)}} > 5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0227

그림 (가)는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 용매 A에 용질 B를 녹인 용액의 증기 압력을 B의 몰 분율에 따라 나타낸 것이고, (나)는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 용매 C에 용질 D를 녹인 용액의 증기 압력을 D의 몰 분율에 따라 나타낸 것이다. P_A 와 P_C 는 각각 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 A(l)와 C(l)의 증기 압력이며, $P_A : P_C = 3 : 2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, B와 D는 비휘발성, 비전해질이고, 용액은 라울 법칙을 따르며, 온도와 대기압은 각각 $t^\circ\text{C}$, 1 atm으로 일정하다.) [3점]

보기

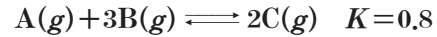
- ㄱ. $x_1 = 0.80P_A$ 이다.
- ㄴ. $\frac{P_C - y_2}{P_C - x_2} \times \frac{x_2}{y_2} = 3$ 이다.
- ㄷ. $\frac{x_1}{x_2} \times \frac{y_2}{y_1} = \frac{24}{23}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0228

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



표는 온도 T에서 강철 용기 (가)~(다)에 들어 있는 A(g)~C(g)에 대한 자료이다. (다)에서 A(g)~C(g)는 평형 상태에 있다.

용기	몰 농도(M)		
	[A]	[B]	[C]
(가)	0.5	0.1	0.01
(나)	2.0	1.0	3.0
(다)	x	0.5	0.5

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

보기

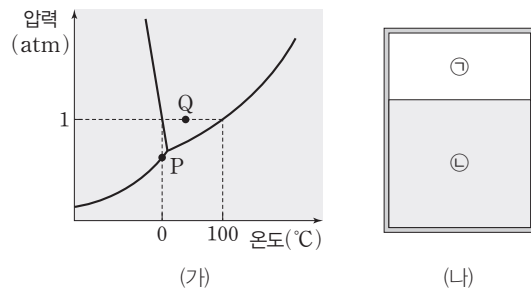
- ㄱ. (가)에서 정반응이 우세하게 일어난다.
- ㄴ. (나)에서 반응 지수(Q)는 4이다.
- ㄷ. $x = 2.5$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0229

그림 (가)는 H₂O의 상평형 그림을, (나)는 강철 용기에서 (가)의 P에서 H₂O의 안정한 상 ㉠과 ㉡이 평형을 이루고 있는 상태를 단면으로 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 H₂O(s), H₂O(l), H₂O(g) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

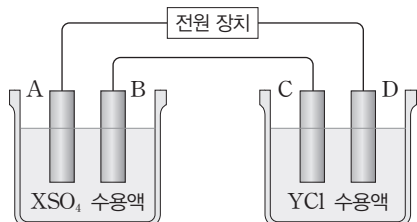
- ㄱ. ㉡은 H₂O(l)이다.
- ㄴ. Q에서 H₂O의 안정한 상은 액체이다.
- ㄷ. P에서 압력을 일정하게 유지하고 온도를 100°C까지 높이면 안정한 상의 가짓수는 P에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

13

▶ 26071-0230

그림은 일정한 온도에서 백금 전극을 사용하여 XSO_4 수용액과 YCl 수용액을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 전류를 흘려 주었을 때 전극 A에서는 금속이 석출되었고, 전극 C에서는 기체가 발생하였다. 산화되기 쉬운 경향은 $Cl^- > H_2O > SO_4^{2-}$ 이다.



전기 분해가 진행될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 금속 원소 기호이다.) [3점]

| 보기 |

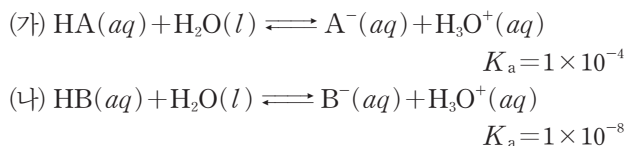
- ㄱ. 전극 A에서 환원 반응이 일어난다.
- ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $Y^+ > X^{2+}$ 이다.
- ㄷ. 같은 시간 동안 전극 B와 전극 D에서 발생하는 기체의 몰 비는 1 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

▶ 26071-0231

다음은 산 HA와 HB의 이온화 반응식과 $25^\circ C$ 에서의 이온화 상수(K_a)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

| 보기 |

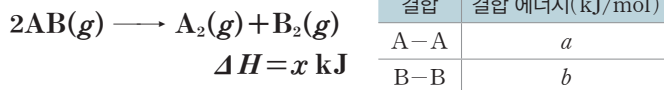
- ㄱ. 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.
- ㄴ. $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{10}$ 인 $HA(aq)$ 100 mL에 들어 있는 H_3O^+ 의 양은 1×10^{-4} mol이다.
- ㄷ. (나)에서 $HB(aq)$ 의 몰 농도가 0.01 M일 때 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-4} M이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶ 26071-0232

다음은 화합물 $AB(g)$ 가 분해되어 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 가 생성되는 반응의 열화학 반응식과 생성물의 결합 에너지에 대한 자료이다. $x > 0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, $A_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

| 보기 |

- ㄱ. $A(g)$ 의 생성 엔탈피는 a kJ/mol이다.
- ㄴ. $AB(g)$ 1 mol이 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 로 분해될 때 $\frac{1}{2}x$ kJ의 에너지가 흡수된다.
- ㄷ. A-B의 결합 에너지는 $\frac{a+b+x}{2}$ kJ/mol이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16

▶ 26071-0233

다음은 반응물의 농도에 따른 반응 시간을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) Y자관의 한쪽 가지에는 0.05 M 아이오딘산 칼륨(KIO_3) 수용액을, 다른 한쪽 가지에는 x M 아황산수소 나트륨($NaHSO_3$)과 녹말의 혼합 수용액을 각각 같은 부피씩 넣는다.
- (나) Y자관의 입구를 마개로 막고 뒤집어 두 수용액을 섞어 준 후 Y자관을 뒤집은 순간부터 혼합 수용액의 색깔이 변할 때까지의 시간을 측정한다.
- (다) 같은 온도에서 0.025 M, 0.0125 M $KIO_3(aq)$ 을 사용하여 (가)와 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

- 혼합 수용액의 색깔이 변할 때까지 걸린 시간과 평균 반응 속도

$KIO_3(aq)$ 의 농도(M)	반응 시간(s)	평균 반응 속도(상댓값)
0.05	35	v_1
0.025	t	v_2
0.0125	140	v_3

- $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{4}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

| 보기 |

- ㄱ. $t = 70$ 이다.
- ㄴ. $\frac{v_2}{v_3} = 4$ 이다.
- ㄷ. 이 반응은 $KIO_3(aq)$ 에 대한 1차 반응이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶26071-0234

다음은 25°C에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 과 $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 의 이온화 반응의 화학 반응식과 수용액 A와 B에 대한 자료이다.

[화학 반응식]

- $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
- $\text{CH}_3\text{COONa}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{Na}^+(aq)$

[자료]

- 0.1 M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 100 mL와 0.1 M $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 100 mL를 혼합하여 수용액 A를 만든다.
- 수용액 A에 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 1 mL를 첨가하여 수용액 B를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.)

보기

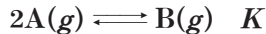
- ㄱ. A는 완충 용액이다.
- ㄴ. A에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.
- ㄷ. B에서 $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

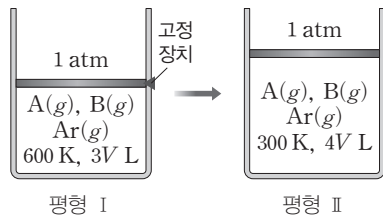
18

▶26071-0235

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



그림은 실린더에 A(g) 3 mol, B(g) 3 mol, Ar(g) x mol이 들어 있는 평형 상태 I과, I에서 고정 장치를 제거한 후 온도를 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태 II를 나타낸 것이다. I에서 Ar(g)의 부분 압력은 $\frac{4}{15}x \text{ atm}$ 이고, II에서 A(g)와 B(g)의 몰비는 1 : 4이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1 atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. I에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{4}{5} \text{ atm}$ 이다.
- ㄴ. $\frac{\text{II에서 } K}{\text{I에서 } K} = 16$ 이다.
- ㄷ. $x = 5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶26071-0236

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



표는 이 반응에서 반응물의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도에 대한 자료이다.

실험	반응물의 초기 농도(M)		초기 반응 속도 (M/s)
	[A]	[B]	
I	a	b	v
II	2a	b	4v
III	a	2b	8v
IV	x	3b	5v

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

보기

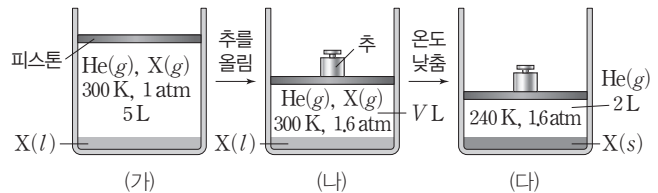
- ㄱ. 이 반응은 A(g)에 대한 2차 반응이다.
- ㄴ. k의 단위는 $\text{M}^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.
- ㄷ. $\frac{n}{m} \times x^2 = \frac{5a^2}{18}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

20

▶26071-0237

그림 (가)는 300 K에서 He(g)이 들어 있는 실린더에 X(l)를 넣고 충분한 시간이 지났을 때 실린더 속 전체 기체의 압력과 부피가 각각 1 atm과 5 L로 된 것을, (나)는 (가)의 실린더에 추를 올려놓고 충분한 시간이 지났을 때 실린더 속 전체 기체의 압력이 1.6 atm으로 된 것을, (다)는 (나)에서 실린더 내부의 온도를 240 K로 낮추어 X(l)를 모두 X(s)로 변화시켰을 때 실린더 속 He(g)의 부피가 2 L로 된 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, He(g)은 X(l)에 용해되지 않고, X(s)의 증기 압력은 무시한다. 기체 상수는 R이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. 실린더에 들어 있는 He(g)의 양은 $\frac{1}{75R} \text{ mol}$ 이다.
- ㄴ. 300 K에서 X(l)의 증기 압력은 0.2 atm이다.
- ㄷ. (나)에서 실린더 속 전체 기체의 부피(L) V는 $\frac{20}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶26071-0238

다음은 수소 연료 전지에 대한 설명이다.

수소 연료 전지는 ㉠와/과 산소의 반응을 이용하여 화학 에너지를 ㉡에너지로 전환시키는 장치이다.

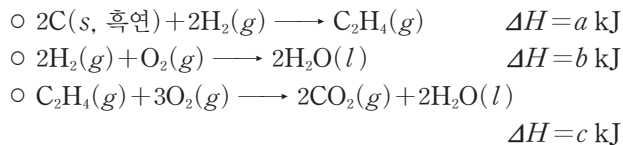
㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은?

- | | | |
|---|----|----|
| | ㉠ | ㉡ |
| ① | 수소 | 빛 |
| ② | 수소 | 운동 |
| ③ | 수소 | 전기 |
| ④ | 물 | 빛 |
| ⑤ | 물 | 전기 |

02

▶26071-0239

다음은 25°C, 1 atm에서 3가지 반응의 열화학 반응식이다.



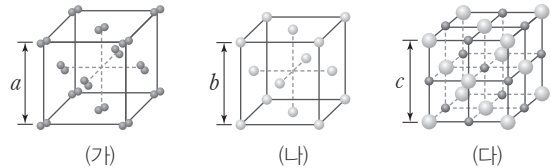
25°C, 1 atm에서 반응 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ 의 반응 엔탈피(kJ)는?

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

03

▶26071-0240

그림은 고체 (가)~(다)의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 $Cu(s)$, $I_2(s)$, $NaCl(s)$ 을 순서 없이 나타낸 것이고, (가)~(다)의 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 a , b , c 인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- 가. (가)는 $I_2(s)$ 이다.
 나. (나)의 결정 구조는 면심 입방 구조이다.
 다. (다)는 이온 결정이다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

04

▶26071-0241

표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)	(다)
분자식	CH_4	H_2O	SiH_4
분자량	16	18	32
기준 끓는점(°C)	㉠	100	-112

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

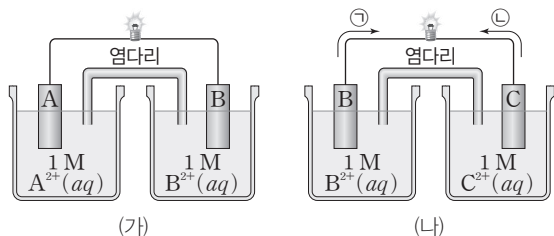
- 가. ㉠ < -112이다.
 나. (다)는 액체 상태에서 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 작용한다.
 다. (가)~(다) 중 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 (나)가 가장 크다.

- ① 나 ② 다 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 가, 나, 다

05

▶26071-0242

그림은 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)에서 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이다. (가)의 A 전극에서 A(s)가 석출되었고, (나)의 B 전극에서 B(s)가 석출되었으며, (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

- ㉠. (가)에서 B는 산화된다.
- ㉡. (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㉢. 금속의 이산화 경향은 A > C이다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

06

▶26071-0243

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 부피가 같은 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다.

실험	온도(K)	첨가한 촉매	A의 초기 몰 농도(M)	초기 반응 속도 (상댓값)
I	T_1	없음	n	2
II	T_2	없음	$2n$	3
III	T_2	X(s)	$2n$	12

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

보기

- ㉠. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㉡. 반응의 활성화 에너지는 II에서가 III에서보다 크다.
- ㉢. 반응이 완결된 후 생성된 B(g)의 양(mol)은 III > II > I이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

07

▶26071-0244

표는 물과 A(aq)의 온도에 따른 증기 압력을 나타낸 것이다. 물과 A의 분자량은 각각 18, 60이고, 1 atm에서 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 $k \text{ } ^\circ\text{C}/m$ 이다.

온도($^\circ\text{C}$)		t_1	t_2
증기 압력 (atm)	물	$\frac{51}{50}P$	P
	A(aq)	P	㉠

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

[3점]

보기

- ㉠. ㉠ < $\frac{50}{51}P$ 이다.
- ㉡. A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{25}{4}\%$ 이다.
- ㉢. 1 atm에서 A(aq)의 어는점은 $-\frac{10}{9}k^\circ\text{C}$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

08

▶26071-0245

표는 두 수용액을 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. HA는 약산이다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 농도와 부피		$\frac{[A^-]}{[HA]}$
(가)	0.1 M HA(aq) 50 mL	a M NaA(aq) 50 mL	1
(나)	0.1 M HA(aq) 100 mL	b M NaOH(aq) 100 mL	$\frac{1}{2}$

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

보기

- ㉠. $a = 2b$ 이다.
- ㉡. 수용액의 pH는 (나) > (가)이다.
- ㉢. (가)에 b M NaOH(aq) 10 mL를 혼합하면 $\frac{[A^-]}{[HA]} > 1$ 이다.

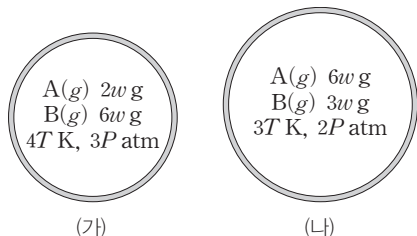
- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

09

▶26071-0246

그림은 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체를 나타낸 것이다.

$$\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{3}{2} \text{이다.}$$



(나)에 들어 있는 기체의 밀도(g/L)는? (단, 모든 기체는 반응하지 않는다.) [3점]

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

10

▶26071-0247

표는 25°C, 1 atm에서 3가지 물질의 생성 엔탈피를 나타낸 것이다. O-O의 결합 에너지는 x kJ/mol이다.

물질	H(g)	O(g)	H ₂ O(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	a	b	c

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

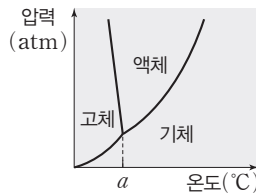
- 보기
- ㄱ. 반응 H₂(g) → 2H(g)의 반응 엔탈피는 a kJ이다.
 - ㄴ. H-O의 결합 에너지는 $\frac{2a+b-c}{2}$ kJ/mol이다.
 - ㄷ. H₂O₂(g)의 생성 엔탈피는 $(b+c-x)$ kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0248

그림은 물질 X의 상평형 그림을, 표는 온도와 압력에 따른 X의 안정한 상을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 고체, 액체, 기체를 순서 없이 나타낸 것이다.



온도 (°C)	압력 (atm)	안정한 상
t_1	P_1	㉠, ㉡
t_1	P_2	㉡, ㉢
t_2	P_1	㉠, ㉢

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

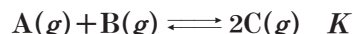
- 보기
- ㄱ. $t_1 < a$ 이다.
 - ㄴ. $P_2 > P_1$ 이다.
 - ㄷ. ㉢은 액체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0249

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



표는 T K에서 강철 용기 (가)~(다)에 A(g)~C(g)를 넣었을 때, 초기 상태에서 A(g)~C(g)의 몰 농도와 $\frac{K}{Q}$ 를 나타낸 것이다. Q는 반응 지수이다.

용기	초기 상태에서 기체의 몰 농도(M)			$\frac{K}{Q}$
	A(g)	B(g)	C(g)	
(가)	a	0.2	a	$\frac{1}{2}$
(나)	0.4	a	0.2	$\frac{1}{4}$
(다)	a	a	a	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T K로 일정하다.) [3점]

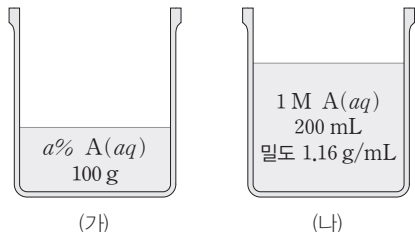
- 보기
- ㄱ. $a = 0.1$ 이다.
 - ㄴ. ㉠ = $\frac{1}{4}$ 이다.
 - ㄷ. (다)에서 반응이 진행되어 평형에 도달하면 B(g)의 몰 농도는 $\frac{3}{25}$ M이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶26071-0250

그림은 A(aq) (가)와 (나)를 나타낸 것이다. A의 화학식량은 40 이고, $\frac{(\text{나})\text{의 몰랄 농도}(m)}{(\text{가})\text{의 몰랄 농도}(m)} = \frac{6}{7}$ 이다.



a는? [3점]

- ① 4 ② 6 ③ 10 ④ 12 ⑤ 15

14

▶26071-0251

표는 물질 (가)~(다)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (-)극에서 생성된 기체 또는 금속의 종류는 (가)와 (나)가 같고, (가)~(다)는 H₂O(l), NaCl(l), NaCl(aq)을 순서 없이 나타낸 것이며, 환원되기 쉬운 경향은 H₂O(l) > Na⁺(aq)이다.

물질	(가)	(나)	(다)
(+)극에서 생성되는 금속 또는 기체의 양(mol)	n	n	2n
(-)극에서 생성되는 금속 또는 기체의 양(mol)	2n	n	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H₂O(l)의 전기 분해에서는 소량의 Na₂SO₄을 첨가하였다.)

보기

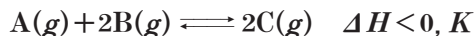
- ㄱ. (가)는 H₂O(l)이다.
 ㄴ. (나)에서 (-)극과 (+)극에서 모두 기체가 발생한다.
 ㄷ. ㉠은 n이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶26071-0252

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



표는 T K에서 강철 용기 (가)~(다)에 들어 있는 기체의 초기 상태와 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다. 평형 상태에서 온도는 T K이다.

용기	부피(L)	초기 상태에서 기체의 양(mol)			평형 상태에서 C(g)의 몰 분율
		A(g)	B(g)	C(g)	
(가)	1	0.2	0.3	0	$\frac{1}{2}$
(나)	2	0.2	0.4	0.6	
(다)	2	0	0	a	$\frac{4}{7}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

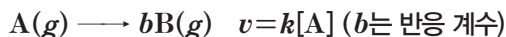
- ㄱ. (나)의 초기 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다.
 ㄴ. a=1.2이다.
 ㄷ. (가)의 평형 상태에서 온도를 높여 새로운 평형에 도달하면 $\frac{[C]}{[B]} < 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶26071-0253

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 T K에서 진공 강철 용기 I과 II에 A(g)를 각각 넣고 반응시켰을 때 반응 시간에 따른 전체 기체의 압력을 나타낸 것이다.

반응 시간(min)		0	t	2t	3t	4t
전체 기체의 압력(atm)	I	16x	24x		30x	31x
	II	㉠		21x		

㉠/b은? (단, 온도는 T K로 일정하다.) [3점]

- ① 2x ② 4x ③ 6x ④ 8x ⑤ 12x

17

▶26071-0254

표는 1 atm에서 물 100 g에 용질 A~C를 녹여 만든 수용액 (가)~(라)에 대한 자료이다.

수용액	용질의 질량(g)			어는점 내림 (°C)	끓는점(°C)
	A	B	C		
(가)	w	0	w	a	
(나)	0	2w	w	a	t
(다)	w	2w	2w		t+k
(라)	3w	2w	0		t+2k

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 비휘발성, 비전해질이고 서로 반응하지 않으며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

| 보기 |

- ㄱ. 화학식량은 B가 A의 2배이다.
 ㄴ. 물의 기준 끓는점은 $(t-k)^\circ\text{C}$ 이다.
 ㄷ. 1 atm에서 어는점은 물 100 g에 C 12w g을 모두 녹인 수용액과 (라)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶26071-0255

다음은 약산 HA와 약산 HB를 이용한 실험이다. 25°C 에서 HA와 HB의 이온화 상수(K_a)는 각각 k_1 , k_2 이다.

[실험 과정]

- (가) a M HA(aq) 100 mL와 0.1 M NaOH(aq) 40 mL를 혼합하여 수용액 ㉠을 만든다.
 (나) 0.2 M HB(aq) V mL와 0.1 M NaOH(aq) 40 mL를 혼합하여 수용액 ㉡을 만든다.
 (다) 0.2 M HB(aq) V mL와 0.1 M NaOH(aq) 80 mL를 혼합하여 수용액 ㉢을 만든다.

[실험 결과]

- ㉠~㉢에 대한 자료

수용액	㉠	㉡	㉢
$\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ 또는 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]}$	$\frac{3}{2}$	x	4
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	y	3y	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C 로 일정하다.) [3점]

| 보기 |

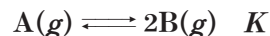
- ㄱ. $a \times V = 10$ 이다.
 ㄴ. $x = 9$ 이다.
 ㄷ. $\frac{k_2}{k_1} = \frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶26071-0256

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



표는 P atm에서 실린더에 A(g)를 넣은 초기 상태와 T_1 K, T_2 K에서 반응이 진행되어 도달한 평형 (가), (나)에 대한 자료이다.

상태	온도 (K)	B의 질량(g) A의 질량(g)	실린더 속 기체의 부피(L)	평형 상수
초기	T_1	0	1	
평형 (가)	T_1	$\frac{1}{4}$		K_1
평형 (나)	T_2	$\frac{3}{2}$	V_1	$9K_1$

$V_1 \times \frac{T_1}{T_2}$ 은? (단, 실린더 속 기체의 압력은 P atm으로 일정하다.) [3점]

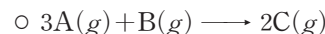
- ① $\frac{6}{5}$ ② $\frac{8}{5}$ ③ 2 ④ $\frac{9}{4}$ ⑤ $\frac{12}{5}$

20

▶26071-0257

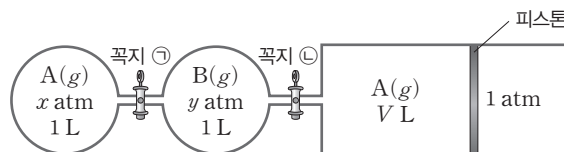
다음은 기체의 반응을 이용한 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

- (가) T K에서 그림과 같이 꼭지 ㉠과 ㉡으로 분리된 2개의 강철 용기와 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣는다.



- (나) 꼭지 ㉠을 열고 반응을 완결시킨다.
 (다) 꼭지 ㉠을 닫은 후 꼭지 ㉡을 열고 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

- (나) 과정 후 B(g)의 부분 압력은 1 atm이다.
 ○ (다) 과정 후 A(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{4}$ atm이고, 실린더에 들어 있는 기체의 부피는 3 L이다.

$V \times \frac{y}{x}$ 는? (단, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시하고, 온도와 외부 압력은 각각 T K, 1 atm으로 일정하다.) [3점]

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶26071-0258

다음은 25°C, 1 atm에서 X(g)로부터 Y(g)가 생성되는 반응에 대한 열화학 반응식과 이에 대한 학생들의 대화이다. 정반응의 활성화 에너지는 E_a 이다.

$X(g) \rightleftharpoons Y(g) \quad \Delta H > 0$

역반응의 활성화 에너지는 $E_a + \Delta H$ 야.

정촉매를 사용하면 정반응과 역반응의 속도가 모두 빨라져.

온도를 높이면 정반응의 활성화 에너지가 작아져.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶26071-0259

다음은 금속 결정 구조에 관한 탐구 활동이다. (가)~(다)는 각각 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이다.

[탐구 과정]

- 단위 세포의 단면 abcd에 위치한 원자의 중심을 점으로 표시한다.

[탐구 결과]

- 금속의 결정 구조 (가)~(다)에 따른 단면의 모양

결정 구조	(가)	(나)	(다)
단면 모양			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- 보기
- ㄱ. (가)는 단순 입방 구조이다.
 - ㄴ. (다)는 단위 세포의 면의 중심에 원자가 존재한다.
 - ㄷ. 단위 세포에 포함된 원자의 수는 (나)가 (다)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶26071-0260

표는 4가지 물질 (가)~(라)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	CH ₄	NH ₃	SiH ₄	CH ₃ OH
분자량	16	17	32	32
기준 끓는점(°C)	-161	-33	-112	65

액체 상태의 (가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

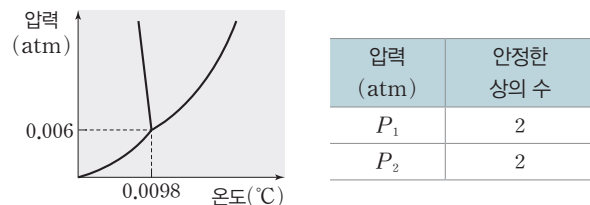
- ㄱ. 분자 사이의 인력은 (라)가 가장 크다.
- ㄴ. 기준 끓는점이 (다)가 (가)보다 높은 주된 이유는 (다)가 (가)보다 분자 사이의 분산력이 크기 때문이다.
- ㄷ. 분자 사이에 수소 결합이 존재하는 물질은 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶26071-0261

그림은 H₂O의 상평형 그림을 나타낸 것이고, 표는 t°C에서 압력에 따른 H₂O의 안정한 상의 수를 나타낸 것이다. P₂ > P₁이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

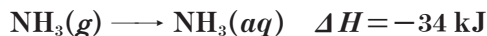
- 보기
- ㄱ. t > 0.0098이다.
 - ㄴ. P₁ < 0.006이다.
 - ㄷ. P₂ atm, t°C에서 H₂O의 안정한 상은 액체와 기체이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26071-0262

다음은 25°C, 1 atm에서 NH₃(g)와 관련된 열화학 반응식이다.



표는 25°C, 1 atm에서 3가지 물질의 생성 엔탈피를 나타낸 것이다.

물질	NH ₃ (aq)	H(g)	N(g)
생성 엔탈피(kJ/mol)	a	b	c

이 자료로부터 구한 N-H의 결합 에너지는 $\frac{x}{3}$ kJ/mol이다. x는? (단, 25°C, 1 atm에서 H₂(g)와 N₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① a+3b+c+34 ② a+3b-c-34
 ③ -a+3b+c+34 ④ -a+3b+c-34
 ⑤ -a+3b-c-34

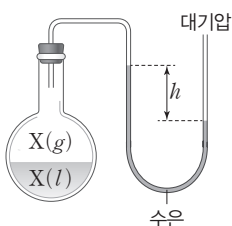
06

▶26071-0263

다음은 X(l)~Z(l)의 증기 압력과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 진공 상태의 플라스크에 액체 X(l)를 넣은 후 온도를 변화시키면서 평형에 도달했을 때, 수은 기둥의 높이 차 h가 684 mm와 0이 되는 온도를 측정한다.



(나) X(l) 대신 Y(l)와 Z(l)를 사용하여 (가)를 반복한다.

[실험 결과]

○ h가 684 mm와 0이 되는 온도

h(mm)	온도(°C)		
	X(l)	Y(l)	Z(l)
684	-17	29	51
0	34	78	100

X~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이고, 수은의 증기 압력은 무시한다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. 기준 끓는점은 X(l)가 가장 높다.
 ㄴ. 50°C에서 증기 압력은 X(l)가 가장 크다.
 ㄷ. 60°C, 0.1 atm에서 Z의 가장 안정한 상은 액체이다.

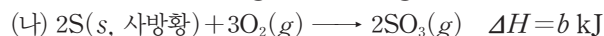
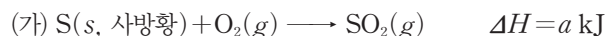
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0264

다음은 25°C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 이와 관련된 물질의 생성 엔탈피에 대한 자료이다.

[열화학 반응식]



[자료]

- S(s, 사방황)과 O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.
 ○ 생성 엔탈피의 비교 : SO₃(g) < SO₂(g) < 0

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

[보기]

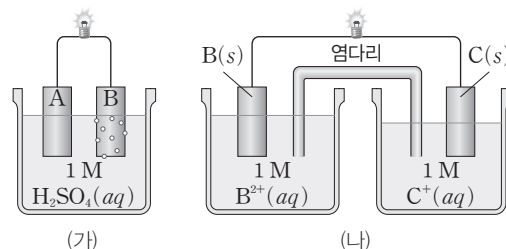
- ㄱ. (가)와 (나)는 모두 발열 반응이다.
 ㄴ. SO₃(g)의 생성 엔탈피는 b kJ/mol이다.
 ㄷ. SO₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) → SO₃(g) 반응의 반응 엔탈피는 $(\frac{b}{2} - a)$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26071-0265

그림 (가)는 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지, (나)는 금속 B와 C를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 전지 반응이 진행되는 동안 (가)에서는 전극 B에서 기체가 발생하였고, (나)에서는 수용액 속 [B²⁺]가 증가하였다. 환원되기 쉬운 경향은 C⁺(aq) > H₂O(l)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다. 물의 증발은 무시하고, 음이온은 반응하지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. 금속의 이온화 경향은 A > C이다.
 ㄴ. (나)에서 전자는 도선을 따라 B(s)에서 C(s)로 이동한다.
 ㄷ. (나)에서 수용액 속 [C⁺]는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

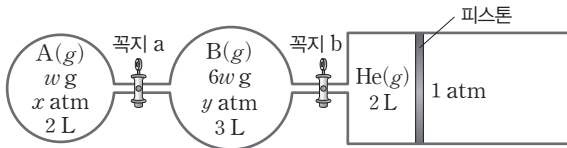
09

▶26071-0266

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



그림은 온도 T에서 두 강철 용기에 A(g)와 B(g)가, 실린더에 He(g)이 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 꼭지 a를 열어 A(g)와 B(g)의 반응을 완결시킨 후, 꼭지 b를 열고 충분한 시간 동안 놓아 두었더니 남아 있는 반응물의 부분 압력은 $\frac{1}{5}$ atm이었고, 실린더 속 기체의 부피는 V L이었다. 분자량은 B가 A의 2배이다.



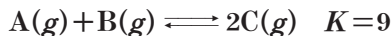
$\frac{x}{y} \times V$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T와 1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① 1 ② 1.5 ③ 2 ④ 2.5 ⑤ 4

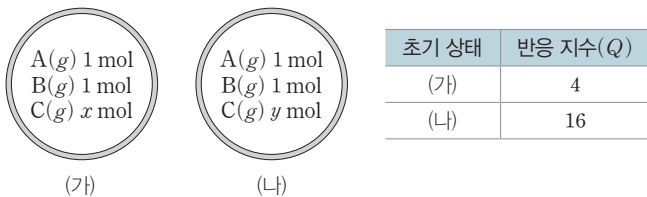
10

▶26071-0267

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 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)~C(g)를 넣은 것을, 표는 (가)와 (나)의 초기 상태에 대한 자료이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x+y=6$ 이다.
- ㄴ. (나)는 평형 상태에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다.
- ㄷ. 평형 상태에서 C(g)의 몰 분율은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0268

표는 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다. A의 화학식량은 100이고, (가)와 (나)에 녹아 있는 A의 질량은 같다.

A(aq)	농도	부피(mL)	밀도(g/mL)
(가)	0.1 M	100	d_1
(나)	0.1 m	100	d_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 몰랄 농도는 $\frac{10}{100d_1-1}$ m이다.
- ㄴ. $d_2=1.1$ 이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합하여 만든 A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{200}{100d_1+101}$ %이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0269

표는 1 atm에서 용액 (가)~(라)에 대한 자료이다.

용액	(가)	(나)	(다)	(라)
용매의 종류와 질량	A, 100 g	A, 100 g	B, 100 g	B, 200 g
용질의 종류와 질량	X, a g	Y, a g	X, a g	Y, a g
어느점 내림 (°C)	k	3k	2k	㉠

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

보기

- ㄱ. 화학식량은 X가 Y의 3배이다.
- ㄴ. 몰랄 내림 상수는 B(l)가 A(l)의 2배이다.
- ㄷ. ㉠은 $3k$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶26071-0270

표는 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다.

강철 용기	질량(g)			압력 (atm)	온도(K)	B(g)의 몰 분율
	A(g)	B(g)	C(g)			
(가)	w	2w	0	P	T	0.5
(나)	0	w	w	2.5P	2T	①

①은? (단, A(g)~C(g)는 반응하지 않는다.)

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

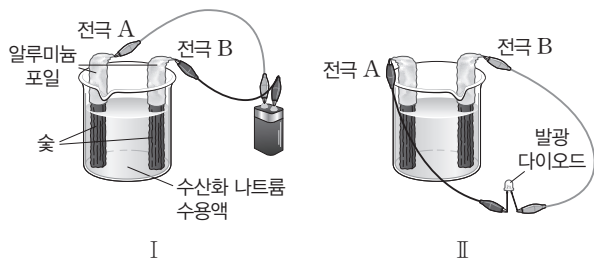
14

▶26071-0271

다음은 학생 X가 수행한 탐구 활동이다.

[탐구 과정]

- (가) 그림 I과 같이 수산화 나트륨(NaOH)을 소량 녹인 물(H₂O)에 숯(C) 전극을 넣고 건전지에 연결한 후 각 전극의 변화를 관찰한다.
- (나) 전극 A와 B 주위에 페놀프탈레인 용액을 한 방울 떨어뜨린 후 색 변화를 관찰한다.
- (다) 각 전극에서 기체가 충분히 발생한 후 건전지를 떼어 내고, 그림 II와 같이 발광 다이오드를 연결하여 불이 켜지는지 관찰한다.



[탐구 결과]

- (가)의 A와 B에서 모두 기체가 발생하였다.
- (나)의 A 주위에서는 수용액의 색 변화가 없었고, B 주위에서는 수용액이 붉은색으로 변하였다.
- (다)에서 발광 다이오드에 불이 켜졌다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B는 (+)극이다.
- ㄴ. I에서 발생한 기체의 양(mol)은 A에서 B에서의 2배이다.
- ㄷ. (다)에서 전자는 도선을 따라 B에서 A로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶26071-0272

다음은 약산 HA의 이온화 반응식과 25°C에서의 이온화 상수(K_a)이다.

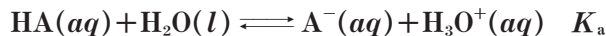
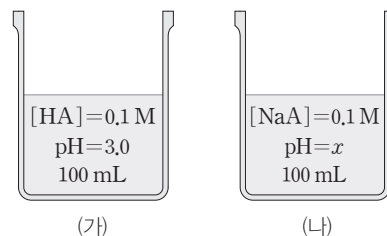


그림 (가)는 0.1 M HA(aq)을, (나)는 0.1 M NaA(aq)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이다.) [3점]

보기

- ㄱ. K_a=1×10⁻⁵이다.
- ㄴ. x=10.0이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 pH는 4.0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶26071-0273

다음은 25°C에서 x M HA(aq) 100 mL에 0.1 M NaA(aq) V mL를 넣어 혼합한 수용액에 대한 자료이다.

- HA의 이온화 상수 K_a≪1이다.
- [Na⁺]= $\frac{1}{30}$ M이다.
- $\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{1}{2}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

보기

- ㄱ. V=100이다.
- ㄴ. x=0.05이다.
- ㄷ. 혼합 수용액에 HCl(aq)을 소량 넣으면 HA의 양(mol)은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶26071-0274

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 강철 용기에 A(g)를 각각 넣어 반응시킨 실험 I~IV에 대한 자료이다. $v_2 > v_3 > v_1$ 이다.

실험	A(g)의 초기 농도(M)	온도 (K)	첨가한 촉매	초기 반응 속도 (상댓값)
I	a	T_1	없음	v_1
II	$2a$	T_1	없음	㉠
III	a	T_1	X(s)	v_2
IV	a	T_2	없음	v_3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. ㉠은 $2v_1$ 이다.
- ㄴ. X(s)는 정촉매이다.
- ㄷ. $T_2 > T_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶26071-0275

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 전체 기체의 압력(P)에 대한 자료이다.

반응 시간	0	t	$2t$
P(atm)	1.6	2.8	x

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

보기

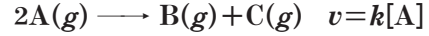
- ㄱ. A(g)의 반감기는 t 이다.
- ㄴ. $x = 3.1$ 이다.
- ㄷ. t 일 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶26071-0276

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



표는 서로 다른 온도 T_1 과 T_2 에서 강철 용기 (가)와 (나)에 서로 다른 양의 A(g)를 각각 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $\frac{B(g)의 양(mol)}{A(g)의 양(mol)}$ 이다.

용기	온도	$\frac{B(g)의 양(mol)}{A(g)의 양(mol)}$			
		0	t	$2t$	$3t$
(가)	T_1	0		1.5	㉠
(나)	T_2	0	㉡	7.5	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하다.) [3점]

보기

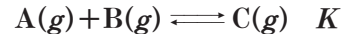
- ㄱ. (가)에서 A(g)의 반감기는 $2t$ 이다.
- ㄴ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ㄷ. $\frac{㉠}{㉡} = \frac{5}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

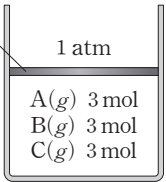
20

▶26071-0277

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



그림은 온도 T 에서 실린더에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 실린더에서 반응이 일어나 도달한 평형 상태 I과, I에서 압력을 P atm으로 변화시켜 도달한 평형 상태 II에 대한 자료이다.

피스톤 	평형 상태	압력 (atm)	B(g)의 몰 분율	실린더 속 기체의 부피(L)
	I	1	$\frac{1}{4}$	V_1
	II	P	$\frac{1}{7}$	V_2

P 는? (단, 온도는 T 로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

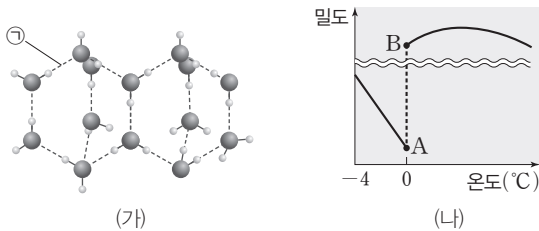
- ① $\frac{15}{8}$ ② $\frac{35}{16}$ ③ $\frac{15}{4}$ ④ $\frac{35}{8}$ ⑤ $\frac{37}{8}$

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶26071-0278

그림 (가)는 H₂O 분자 사이의 결합 모형을, (나)는 H₂O의 온도에 따른 밀도를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 고체 상태, 액체 상태 중 하나이다.



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

보기

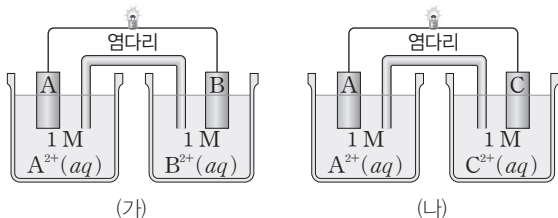
- ㉠. ①은 수소 결합이다.
- ㉡. H₂O(s) 1g의 부피는 어는점에서 가장 크다.
- ㉢. A에서는 (가)의 구조를 가진다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02

▶26071-0279

그림 (가)와 (나)는 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지에서 각각 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 질량이 감소한 전극은 각각 A(s), C(s)이다.



A~C의 금속의 이온화 경향을 비교한 것으로 옳은 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다.)

- ① A > B > C ② A > C > B ③ B > A > C
 ④ C > A > B ⑤ C > B > A

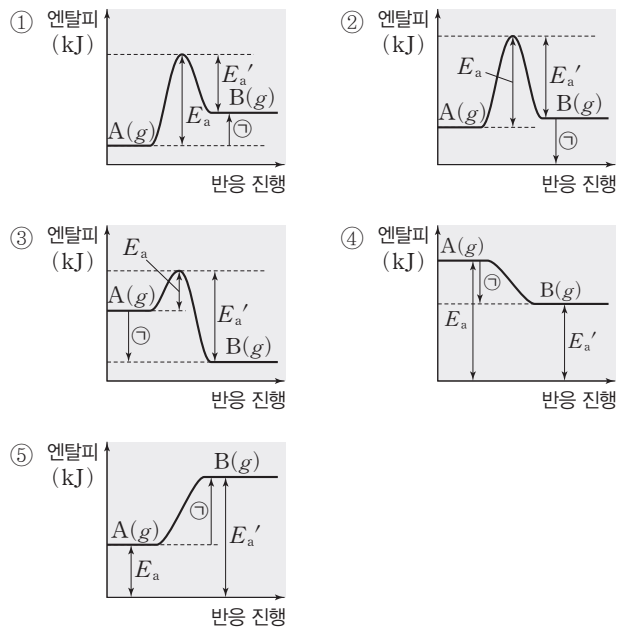
03

▶26071-0280

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

- 열화학 반응식 : A(g) ⇌ B(g) ΔH = \ominus kJ
- 정반응의 활성화 에너지(E_a) : 250 kJ/mol
- 역반응의 활성화 에너지(E'_a) : 160 kJ/mol

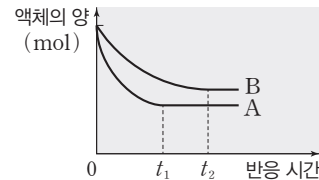
25°C, 1 atm에서 이 반응이 진행될 때 엔탈피 변화를 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? [3점]



04

▶26071-0281

그림은 부피가 같은 진공 상태의 두 용기에 A(l)와 B(l)를 각각 넣은 후 25°C에서 반응 시간에 따른 액체의 양(mol)을 나타낸 것이고, 표는 온도에 따른 A(l)와 B(l)의 증기 압력에 대한 자료이다. A(l)는 t₁일 때, B(l)는 t₂일 때 각각 동적 평형 상태에 도달하였고, (가)와 (나)는 각각 A(l)와 B(l) 중 하나이다.



온도 (°C)	증기 압력(mmHg)	
	(가)	(나)
30	a	b
45	c	a

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

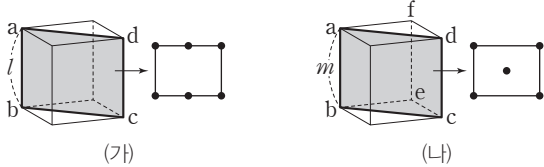
- 보기
- ㉠. 분자 간 인력은 (나) > (가)이다.
 - ㉡. (가)는 A(l)이다.
 - ㉢. t₁일 때 응축 속도는 (가) > (나)이다.
 - 증발 속도

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

05

▶26071-0282

그림 (가)와 (나)는 각각 금속 X(s)와 금속 Y(s)의 단위 세포 모형과 각 단위 세포를 abcd면을 따라 자른 단면에서 원자의 중심을 점으로 표시한 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이고, (가)와 (나)의 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 l, m 인 정육면체이다.



다음 중 (가)의 결정 구조(㉠)와 (나)에서 단위 세포를 abef면을 원자의 중심을 점으로 표시한 구조(㉡)로 가장 적절한 것은?

- | | | | |
|------------|---|------------|---|
| ㉠ | ㉡ | ㉠ | ㉡ |
| ① 면심 입방 구조 | | ② 면심 입방 구조 | |
| ③ 체심 입방 구조 | | ④ 체심 입방 구조 | |
| ⑤ 단순 입방 구조 | | | |

06

▶26071-0283

다음은 물질 (가)~(다)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $\text{NaCl}(aq)$, $\text{CuCl}_2(aq)$, $\text{AgNO}_3(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{Ag}(s)$ 중 하나이다.

- 환원되기 쉬운 경향 : $\text{Ag}^+(aq) > \text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$
- 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질

물질	(+)극	(-)극
(가)		㉠
(나)	$\text{Cl}_2(g)$	X(s)
(다)	$\text{O}_2(g)$	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

- 보기
- ㄱ. (가)는 $\text{CuCl}_2(aq)$ 이다.
 - ㄴ. ㉠은 $\text{Ag}(s)$ 이다.
 - ㄷ. (-)극에서 X(s) 또는 ㉡이 각각 1 mol 생성되었을 때 얻은 전자의 양(mol)은 (나)에서가 (다)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26071-0284

다음은 25°C , 1 atm에서 3가지 반응의 열화학 반응식과 이에 대한 자료이다.

[열화학 반응식]

(가) $\text{NO}(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{NO}_2(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ}$

(나) $\text{NO}(g) \longrightarrow \frac{1}{2}\text{N}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ}$

(다) $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ}$

[자료]

○ 생성 엔탈피 비교 : $\text{NO}(g) > \text{NO}_2(g) > 0$

25°C , 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C , 1 atm에서 $\text{N}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.)

보기

- ㄱ. $\text{N}_2(g)$ $\frac{1}{4}$ mol과 $\text{O}_2(g)$ $\frac{1}{2}$ mol이 반응하여 $\text{NO}_2(g)$ $\frac{1}{2}$ mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{a+b}{2}$ kJ이다.
- ㄴ. $|b| > |a|$ 이다.
- ㄷ. $\text{NO}(g) + \text{O}(g) \longrightarrow \text{NO}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(a - \frac{c}{2})$ kJ이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

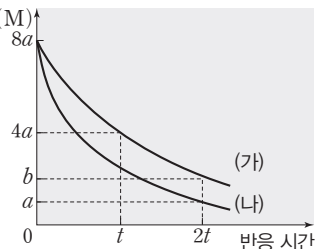
08

▶26071-0285

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 T K에서 강철 용기 [A](M) (가)에 A(g) n mol을, (나)에 A(g) n mol과 소량의 촉매 X(s)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 [A]를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T K로 일정하다.) [3점]

- 보기
- ㄱ. X(s)는 정촉매이다.
 - ㄴ. $b = 2a$ 이다.
 - ㄷ. (나)에서 $0 \sim 2t$ 동안 B(g)의 평균 반응 속도 = $\frac{7}{4}$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶26071-0286

다음은 약산 HA의 이온화 반응식과 25°C에서 이온화 상수 (K_a)이다.

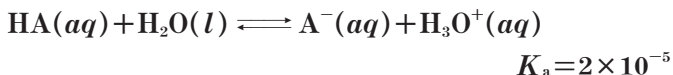
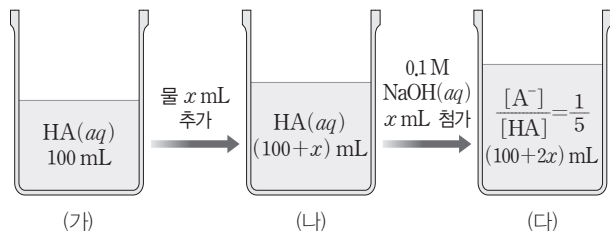


그림 (가)는 0.1 M HA(aq) 100 mL를, (나)는 (가)에 물 x mL를 추가한 수용액을, (다)는 (나)에 0.1 M NaOH(aq) x mL를 첨가한 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

- 보기
- ㄱ. $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 는 (가) > (나)이다.
 - ㄴ. (다)에서 pH = 4.0이다.
 - ㄷ. $x = 20$ 이다.

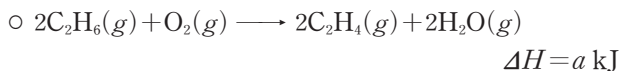
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26071-0287

다음은 25°C, 1 atm에서 C_2H_6 과 관련된 열화학 반응식 및 이와 관련된 자료이다.

[열화학 반응식]



[자료]

물질	$C_2H_6(g)$	$C_2H_4(g)$
구조식	$\begin{array}{c} H & H \\ | & | \\ H-C & -C-H \\ | & | \\ H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & & H \\ & \diagdown & / \\ & C=C & \\ & / & \diagdown \\ H & & H \end{array}$

결합	C-C	C-H	H-H	C=C
결합 에너지 (kJ/mol)	368	b	436	x

○ 25°C, 1 atm에서 $H_2O(g)$ 의 생성 엔탈피는 -242 kJ/mol 이다.

이 자료로부터 구한 x 는? (단, 25°C, 1 atm에서 $H_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

- ① $-a + b - 310$ ② $-\frac{a}{2} + b - 310$ ③ $-\frac{a}{2} + 2b - 310$
 ④ $-\frac{a}{2} + b + 310$ ⑤ $a + b + 310$

11

▶26071-0288

표는 25°C에서 A(aq)과 B(aq)에 대한 자료이다. 분자량은 B가 A의 2배이다.

수용액	몰 농도(M)	몰랄 농도(m)	퍼센트 농도(%)
A(aq)	7	x	20
B(aq)	10	$2x$	

B(aq)의 밀도 / A(aq)의 밀도 는? [3점]

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

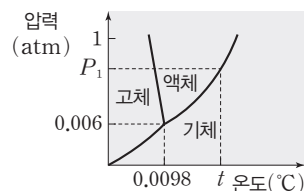
12

▶26071-0289

다음은 H_2O 의 상평형과 관련된 실험이다.

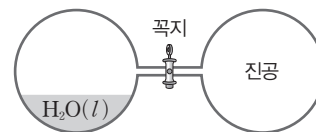
[자료]

○ H_2O 의 상평형 그림



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 꼭지로 분리된 진공 강철 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣고 평형에 도달하였을 때, $H_2O(g)$ 의 질량과 압력을 측정하고, H_2O 의 안정한 상을 관찰한다.



(나) (가)의 평형 상태에서 꼭지를 열고, 새로운 평형에 도달하였을 때 온도와 압력을 측정하고, H_2O 의 안정한 상을 관찰한다.

[실험 결과]

- (가)의 평형 상태에서 용기 속 온도와 압력은 각각 $t^\circ\text{C}$, $P_1 \text{ atm}$ 이고, $H_2O(g)$ 의 질량은 $w \text{ g}$ 이며, H_2O 의 안정한 상은 액체와 기체이다.
- (나)의 평형 상태에서 강철 용기 속 온도와 압력은 각각 $t^\circ\text{C}$, $P_2 \text{ atm}$ 이고, H_2O 의 안정한 상의 수는 2이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $P_2 > P_1$ 이다.
 - ㄴ. (나) 과정 후 $H_2O(g)$ 의 질량은 $w \text{ g}$ 보다 크다.
 - ㄷ. H_2O 의 녹는점은 $P_2 \text{ atm}$ 에서가 1 atm에서보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶26071-0290

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

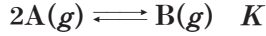
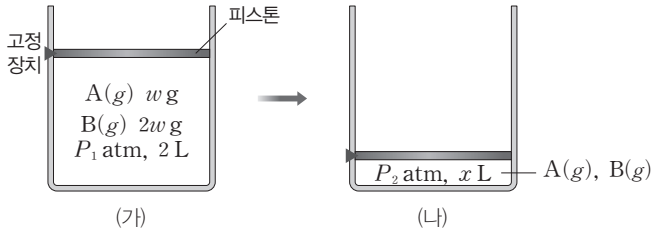


그림 (가)는 T K에서 피스톤이 고정된 실린더에 A(g) 6 mol을 넣은 후 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 (가)에서 피스톤의 위치를 변화시켜 고정한 후 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{5}{7}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T K로 일정하다.) [3점]

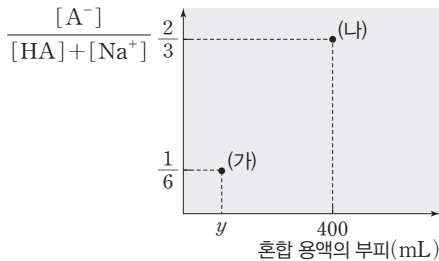
보기
 ㄱ. $K=1$ 이다. ㄴ. $x=\frac{2}{5}$ 이다. ㄷ. $\frac{P_2}{P_1}=\frac{35}{8}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶26071-0291

그림은 25°C에서 x M 약산 HA(aq) 200 mL에 1 M NaOH(aq)을 가할 때, 평형 상태에서 혼합 용액의 부피에 따른 $\frac{[A^-]}{[HA]+[Na^+]}$ 를 나타낸 것이다. (가)에서 $[H_3O^+]=9 \times 10^{-5}$ M 이고, 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 a이다.



$\frac{y}{x} \times a$ 는? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

- ① $\frac{3}{1000}$ ② $\frac{27}{4000}$ ③ $\frac{4000}{27}$ ④ $\frac{1000}{3}$ ⑤ 1000

15

▶26071-0292

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 T K에서 부피가 서로 다른 강철 용기에 물질의 종류와 양(mol)을 달리하여 넣고 반응시킬 때, 반응 시간(t)에 따른 [B]에 대한 자료이다.

실험	용기의 부피 (L)	반응 전 용기 속 기체 종류	반응 전 용기 속 기체 전체 양 (mol)	[B](M) 반응 시간		
				t=1 min	t=2 min	t=3 min
(가)	2V	A(g)	8n	8a		14a
(나)	V	A(g), B(g)	4n	x	17a	

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

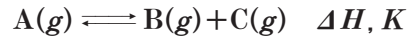
보기
 ㄱ. $x=15a$ 이다.
 ㄴ. (나)에서 반응 전 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.
 ㄷ. t=2 min일 때 (나)에서 A(g)의 순간 반응 속도 = $\frac{3}{4}$ 이다. (가)에서 A(g)의 순간 반응 속도

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶26071-0293

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



그림은 실린더에 A(g) 1 mol이 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 반응이 진행되어 서로 다른 온도에서 도달한 평형 상태 I과 II에 대한 자료이다. II에서 $\frac{K}{I} = \frac{27}{8}$ 이다.

평형 상태	A(g)의 몰 분율	전체 기체의 부피(L)	온도 (K)
I	$\frac{1}{3}$	V_1	T_1
II	$\frac{1}{7}$	V_2	T_2

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

보기
 ㄱ. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$ 이다. ㄴ. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{7}$ 이다. ㄷ. $\Delta H > 0$ 이다.

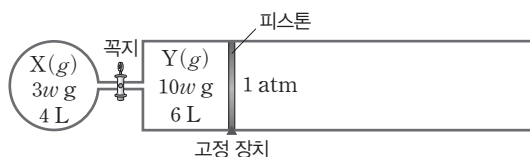
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶26071-0294

다음은 기체와 관련된 실험이다. X와 Y는 서로 반응하지 않는다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 T K에서 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 X(g)와 Y(g)를 각각 넣는다.(나) (가)에서 온도를 T K로 유지하면서 꼭지를 열고 충분한 시간 동안 놓아둔다.(다) (나)에서 온도를 T K로 유지하면서 고정 장치를 제거하고 충분한 시간 동안 놓아둔다.(라) (다)에서 온도를 $\frac{3}{2}T$ K로 변화시키고 충분한 시간 동안 놓아둔다.

[실험 결과]

- (나) 과정 후 $\frac{Y(g) \text{의 부분 압력}}{X(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{2}{3}$ 이다.
- (다) 과정 후 강철 용기와 실린더 속 전체 기체의 부피는 20 L이다.
- (라) 과정 후 Y(g)의 부분 압력은 P atm이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, $RT=20 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}$ 이고, 외부 압력은 1 atm으로 일정하다. 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. (가) 과정 후 실린더 속 Y(g)의 압력 / 강철 용기 속 X(g)의 압력 = $\frac{4}{9}$ 이다.
- ㄴ. X의 화학식량은 $5w$ 이다.
- ㄷ. $P = \frac{3}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶26071-0295

표는 A(aq)과 B(aq)에 대한 자료이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 P atm이다. 물, A, B의 화학식량은 각각 18, M_A , M_B 이다.

수용액	용액의 질량(g)	퍼센트 농도(%)	1 atm에서의 끓는점 오름($^\circ\text{C}$)	$t^\circ\text{C}$ 에서의 증기 압력(atm)
A(aq)	300	10	k	x
B(aq)	600	10	$3k$	$\frac{30}{31}P$

$x \times \frac{M_B}{M_A}$ 는? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.)

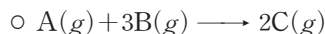
- ① $\frac{15}{91}P$ ② $\frac{30}{91}P$ ③ $\frac{45}{91}P$ ④ $\frac{60}{91}P$ ⑤ $\frac{90}{91}P$

19

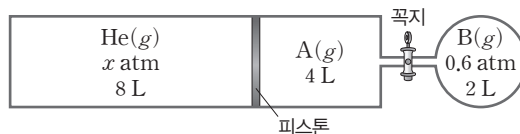
▶26071-0296

다음은 기체와 관련된 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정 및 결과]

(가) T K에서 피스톤으로 분리된 실린더에 He(g)과 A(g)를, 꼭지로 분리된 강철 용기에는 각각 B(g)를 그림과 같이 넣는다.(나) 꼭지를 열고 반응을 완결시켰더니 A(g)는 모두 소모되었고, 강철 용기에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이며, 실린더 속 He(g)의 부피는 y L이었다.

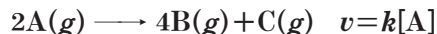
$x \times y$ 는? (단, 온도는 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

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

20

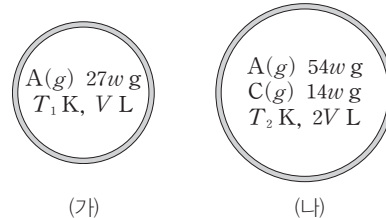
▶26071-0297

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



그림은 서로 다른 온도 T_1 K와 T_2 K에서 강철 용기 (가)에 A(g)를, (나)에 A(g)와 C(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. 반응이 진행되어 반응 시간이 t 일 때, C(g)의 양(mol)은 (나)에서 (가)에서의 11배이고, (나)에서 $2t$ 일 때 $\frac{\text{B}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{A}(g) \text{의 양(mol)}} = 30$ 이며,

$\frac{\text{A의 분자량}}{\text{C의 분자량}} = \frac{27}{7}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 각각 T_1 K와 T_2 K로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. (나)에서 반감기는 t 이다. ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 t 일 때 $[\text{B}] = 6$ 이다.
- ㄹ. (가)에서 $2t$ 일 때 $[\text{A}] = 6$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, 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

▶26071-0298

다음은 엔탈피(H)와 반응 엔탈피(ΔH)에 대한 세 학생의 대 화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶26071-0299

표는 고체 결정 (가)~(다)를 2가지 분류 기준으로 분류한 것이다. (가)~(다)는 Fe(s), C(s, 흑연), H₂O(s)을 순서 없이 나타낸 것이다.

고체 결정	(가)	(나)	(다)
<input type="checkbox"/> ① 결합이 있는가?	예	아니요	예
<input type="checkbox"/> 전기 전도성이 있는가?	예	예	아니요

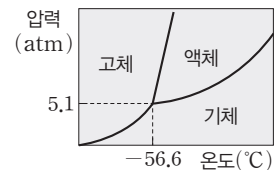
다음 중 ①과 (가)로 가장 적절한 것은?

- ① 공유 (가) ② 공유 (가)
 ③ 금속 Fe(s) ④ 금속 C(s, 흑연)
 ⑤ 이온 Fe(s)

03

▶26071-0300

다음은 CO₂의 상평형 그림과 CO₂에 대한 자료이다.



- $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체와 액체이다.
- $t_1^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 CO₂의 가장 안정한 상은 기체이다.
- $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체와 고체이다.

㉠ t_1 과 t_2 의 크기와 ㉡ P_1 과 P_2 의 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?

- ㉠ ㉡ ㉠ ㉡
- ① $t_1 > t_2$ $P_1 > P_2$ ② $t_1 > t_2$ $P_2 > P_1$
 ③ $t_2 > t_1$ $P_1 > P_2$ ④ $t_2 > t_1$ $P_1 = P_2$
 ⑤ $t_2 > t_1$ $P_2 > P_1$

04

▶26071-0301

표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)	(다)
분자식	SiH ₄	H ₂ S	H ₂ O ₂
화학식량	32	34	34
기준 끓는점(°C)	-112	-60	152

액체 상태에서 (가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에 서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 분산력이 작용하는 물질은 1가지이다.
 - ㄴ. 분자 사이의 인력이 가장 큰 것은 (다)이다.
 - ㄷ. 분자 사이의 쌍극자·쌍극자 힘은 (나)가 (가)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

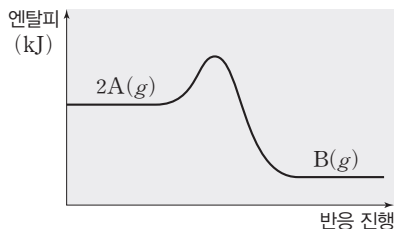
05

▶ 26071-0302

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 온도 T 에서 반응이 진행될 때 반응 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다. 반응 조건에 관계없이 A(g)에 대한 반응 차수는 일정하다.



정확매를 넣었을 때, 감소하는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

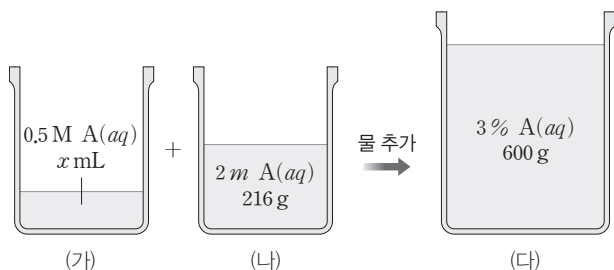
- ㄱ. 활성화 에너지
- ㄴ. 반응 속도 상수
- ㄷ. 반감기

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 26071-0303

그림은 농도가 다른 A(aq) (가)와 (나)를 혼합한 후 물을 추가하여 A(aq) (다)를 만드는 과정을 나타낸 것이다. A의 화학식량은 40이다.



x 는?

- ① 60 ② 80 ③ 100 ④ 120 ⑤ 140

07

▶ 26071-0304

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

- $3O_2(g) \longrightarrow 2O_3(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ}$
- $O_2(g) + O(g) \longrightarrow O_3(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ}$
- $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ}$

결합	H-H	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	436	x

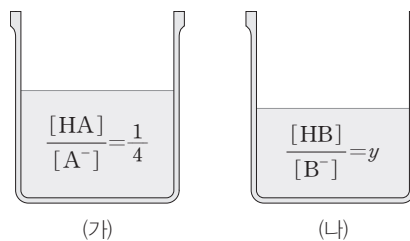
이 자료로부터 구한 x 는? [3점]

- ① $\frac{a-b-c}{4} + 109$ ② $\frac{a-b-c}{4} + 218$
 ③ $\frac{a-2b+c}{4} + 218$ ④ $\frac{a-2b-c}{4} + 109$
 ⑤ $\frac{a-2b-c}{4} + 218$

08

▶ 26071-0305

그림 (가)는 25°C에서 0.5 M HA(aq) 100 mL와 x M NaOH(aq) 80 mL를 혼합한 수용액을, (나)는 25°C에서 0.75 M HB(aq) 100 mL와 x M NaOH(aq) 50 mL를 혼합한 수용액을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 pH는 같고, 25°C에서 약산 HA와 약산 HB의 이온화 상수(K_a)는 각각 a 와 b 이다.



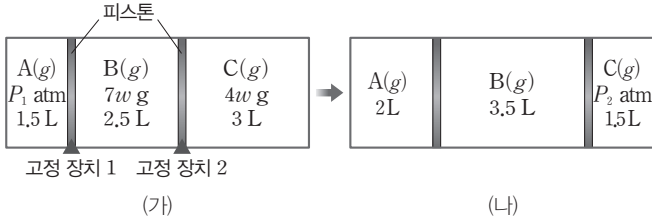
$\frac{x}{y} \times \frac{a}{b}$ 는? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

- ① 1 ② 2 ③ 4 ④ 6 ⑤ 8

09

▶26071-0306

그림 (가)는 T K에서 2개의 피스톤으로 분리된 실린더에 기체가 들어 있는 것을, (나)는 (가)에서 고정 장치 1과 2를 모두 제거하고 충분한 시간이 흐른 후의 모습을 나타낸 것이다.



$\frac{P_1}{P_2} \times \frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}}$ 은? (단, 온도는 일정하고, 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

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

10

▶26071-0307

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



표는 실린더에 일정량의 A(g)를 넣고, 온도를 달리하여 반응시켜 도달한 평형 상태 I, II에 대한 자료이다.

평형 상태	온도 (K)	실린더 속 전체 기체의 밀도(상대값)	농도(M)	
			A(g)	B(g)
I	T_1	3	2	2
II	T_2	2	2	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실린더 속 기체의 압력은 P atm으로 일정하다.)

- 보기
 ㄱ. $T_1 : T_2 = 2 : 3$ 이다.
 ㄴ. $\Delta H < 0$ 이다.
 ㄷ. 실린더 속 B(g)의 몰비는 I : II = 4 : 3이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶26071-0308

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 부피가 같은 강철 용기 I과 II에 A(g)의 양(mol)을 달리하여 각각 넣고 반응을 진행시켰을 때 반응 시간(t)에 따른 B(g)의 질량을 나타낸 것이다.

용기	초기 상태에서 A(g)의 양(mol)	B(g)의 질량(g)		
		$t = 1$ min	$t = 2$ min	$t = 3$ min
I	$4n$	$4w$		$7w$
II	x		$9w$	

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

- 보기
 ㄱ. $x = 6n$ 이다.
 ㄴ. $\frac{\text{I에서 2 min일 때 B(g)의 양(mol)}}{\text{II에서 1 min일 때 A(g)의 양(mol)}} = 2$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{I에서 0~2 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{\text{II에서 2~3 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26071-0309

다음은 물질 (가)와 (나)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 NaCl(aq)과 CuSO₄(aq)을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 H₂(g), O₂(g), Cl₂(g)를 순서 없이 나타낸 것이다.

- 환원되기 쉬운 경향: Cu²⁺ > H₂O > Na⁺
- 전기 분해 결과 각 전극에서 생성된 물질

물질	(+)극	(-)극
(가)	㉠	㉡
(나)	㉢	X(s)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

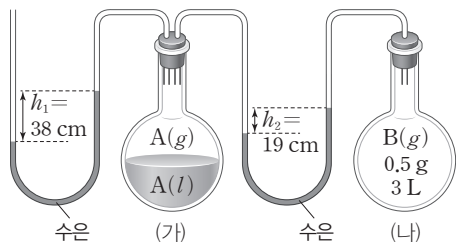
- 보기
 ㄱ. ㉠은 Cl₂(g)이다.
 ㄴ. (나)에서 X는 Cu이다.
 ㄷ. 같은 양(mol)의 전자가 이동할 때 생성되는 물질의 몰비는 ㉠ : ㉢ = 2 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶26071-0310

그림은 T_1 K에서 진공 상태의 용기 (가)와 (나)에 각각 $A(l)$ 와 $B(g)$ 를 넣고 충분한 시간이 지난 후의 모습을 나타낸 것이다. T_1 K에서 $RT_1 = 24 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}$ 이고, $T_1 < T_2$ 이며, T_2 K에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 47 cmHg 보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 76 cmHg 로 일정하고, 연결관의 부피와 수은의 증기 압력은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $A(l)$ 의 기준 끓는점은 T_1 K보다 높다.
- ㄴ. B의 분자량은 16이다.
- ㄷ. (가)만 T_2 K로 유지시켜 새로운 평형에 도달할 때 $|h_1 - h_2| < 19$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶26071-0311

표는 $A(aq)$ 과 $B(aq)$ 에 대한 자료이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 $P \text{ atm}$ 이고, 물, A, B의 분자량은 각각 18, a , b 이다.

수용액	퍼센트 농도 (%)	1 atm에서의 끓는점 오름($^\circ\text{C}$)	$t^\circ\text{C}$ 에서의 증기 압력(atm)
$A(aq)$	$\frac{100}{21}$	$3k$	$\frac{200}{203}P$
$B(aq)$	$\frac{100}{11}$	$4k$	xP

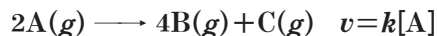
$x \times \frac{b}{a}$ 는? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

- ① $\frac{25}{39}$ ② $\frac{25}{34}$ ③ $\frac{50}{39}$ ④ $\frac{25}{18}$ ⑤ $\frac{25}{17}$

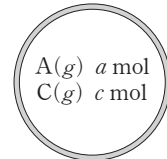
15

▶26071-0312

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



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. 반응이 진행되어 반응 시간이 $2t \text{ min}$ 일 때, $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = 20$ 이고, $A(g)$ 의 반감기는 $t \text{ min}$ 이다.



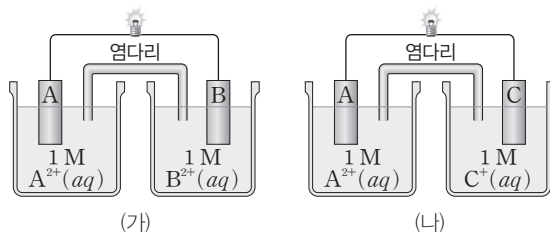
$\frac{a}{c} \times \frac{4t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 양(mol)}}{2t \text{ min일 때 } C(g) \text{의 양(mol)}}$ 은? (단, 온도는 T 로 일정하다.) [3점]

- ① 10 ② 15 ③ 20 ④ 30 ⑤ 40

16

▶26071-0313

그림은 금속 A~C를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 전지 반응이 진행될 때 (가)에서 $A(s)$ 전극의 질량은 증가하였고, (나)에서 $A(s)$ 전극의 질량은 감소하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 물과 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

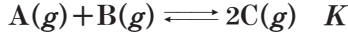
- ㄱ. (가)에서 반응이 진행될 때 $A(s)$ 전극은 (+)극이다.
- ㄴ. (나)에서 반응이 진행될 때 $\frac{A^{2+}(aq) \text{ 속 } A^{2+} \text{의 양(mol)}}{C^+(aq) \text{ 속 } C^+ \text{의 양(mol)}}$ 은 감소한다.
- ㄷ. 금속 B와 C를 전극으로 사용한 화학 전지에서 반응이 진행될 때 전자는 $B(s)$ 전극에서 도선을 따라 $C(s)$ 전극으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▶26071-0314

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



표는 온도 T에서 부피가 2 L인 강철 용기에 A(g)~C(g)의 초기 양(mol)을 달리하여 넣은 후 반응을 진행시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다. Q는 초기 상태에서 반응 지수이다.

실험	초기 상태에서 물질의 양(mol)			$\frac{K}{Q}$	평형 상태에서 C(g)의 몰 분율
	A(g)	B(g)	C(g)		
I	1	2	1	4	
II	3	1	x	$\frac{1}{6}$	y

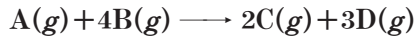
$\frac{x}{y}$ 는? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

- ① 5 ② $\frac{15}{2}$ ③ 10 ④ 15 ⑤ 30

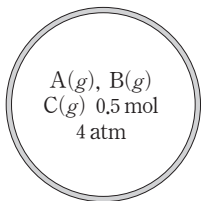
18

▶26071-0315

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



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 표는 A(g)와 B(g)의 양(mol)을 달리하여 반응을 완결시켰을 때, 초기 상태의 A(g)의 몰 분율(X_A)에 따른 반응 완결 후 P_A 와 $\frac{P_D}{P_C}$ 에 대한 자료이다. 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)의 합은 n으로 일정하고, P_A , P_C , P_D 는 각각 A(g), C(g), D(g)의 부분 압력(atm)이며, $\frac{P_D}{P_C}$ 의 최댓값은 1이다.



X_A	a	3a
P_A (atm)		x
$\frac{P_D}{P_C}$	1	y

$x \times y$ 는? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

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

19

▶26071-0316

표는 25°C에서 약산 HA(aq)과 NaA(aq)을 혼합한 수용액(가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	부피(mL)	$\frac{[HA]}{[A^-]}$	pH
(가)	300	$\frac{1}{2}$	5.0
(나)	200	x	4.0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하다.) [3점]

보기

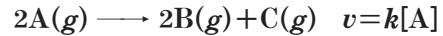
- ㄱ. 25°C에서 HA의 이온화 상수 $K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이다.
 ㄴ. $x = 4$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{(가)에 들어 있는 } H_3O^+ \text{의 양(mol)}}{\text{(나)에 들어 있는 } H_3O^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{3}{20}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶26071-0317

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



표는 부피가 같은 2개의 강철 용기에 물질의 종류와 양을 달리하여 넣고 반응시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다. $n_A \sim n_C$ 는 각각 A(g)~C(g)의 양(mol)이고, t min일 때 C(g)의 부분 압력은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다. I에서 A(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

실험	온도 (K)	반응 전		반응 시간에 따른 $\frac{n_B + n_C}{n_A}$		
		기체의 종류	전체 기체의 양 (mol)	0 min	t min	2t min
I	T_1	A(g), B(g)	6n	a	13a	61a
II	T_2	A(g), C(g)	4n	2a	7a	17a

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, I과 II에서 온도는 각각 T_1 K, T_2 K로 일정하다.) [3점]

보기

- ㄱ. $a = \frac{1}{2}$ 이다.
 ㄴ. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{9}{10}$ 이다.
 ㄷ. I에서 t min일 때 A(g)의 순간 반응 속도 / II에서 0 min일 때 A(g)의 순간 반응 속도 = 2이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수능완성

2027학년도 수능 연계교재

과학탐구영역

정답과 해설

화학 II

테마
01

기체

답은 풀 문제로 유형 익히기 본문 7쪽

정답 ④

이상 기체 방정식($PV=nRT$)을 이용하여 기체의 압력을 다음과 같이 구할 수 있다. $P=\frac{nRT}{V}$

㉠. 타이어 속 전체 기체의 양은 (가)는 $N_2(g)$ 0.1 mol + $CO_2(g)$ 0.2 mol이고, (나)는 $O_2(g)$ 0.2 mol + $CO_2(g)$ 0.2 mol이다.

✕. $CO_2(g)$ 8.8 g을 추가로 주입한 후 (가)에서 타이어 속 전체 기체의 압력(atm)은 $P_1=\frac{nRT}{V}=\frac{0.3 \times 0.08 \times 300}{1.2}=6$ 이고, (나)에서 타

이어 속 전체 기체의 압력(atm)은 $P_2=\frac{nRT}{V}=\frac{0.4 \times 0.08 \times 300}{1.2}$

$=8$ 이다. 그러므로 타이어 속 전체 기체의 압력(atm)은 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

㉡. (가)의 타이어에 $CO_2(g)$ 대신 $O_2(g)$ 8.8 g($=\frac{11}{40}$ mol)을 추가로 주입하면 타이어 속 전체 기체의 압력은 7.5 atm이므로 $P_2(=8)$ atm보다 작다.

수능 2점 테스트

본문 8~11쪽

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

01 분자 사이의 상호 작용

H_2 는 무극성 분자이고, HI 는 극성 분자이고, HF 는 극성 분자이면서 액체나 고체 상태에서 수소 결합이 가능한 분자이다. (가)는 쌍극자·쌍극자 힘, (나)는 수소 결합, (다)는 분산력이다.

㉠. (가)는 극성 분자 사이에 존재하는 힘이다.

㉡. $H_2O(l)$ 을 구성하는 H_2O 분자 사이에 (가)~(다)가 모두 존재한다.

㉢. 분산력은 순간 쌍극자와 유발 쌍극자들 사이에 작용하는 힘이다.

02 분자 사이의 상호 작용

H_2O 과 H_2S 는 분자량이 각각 18, 34로 모두 액체나 고체 상태에서 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하는 물질이다. 분자량이 작은 $H_2O(l)$ 의 끓는점이 $H_2S(l)$ 의 끓는점보다 높은 이유는 수소 결합이 존재하기 때문이다.

03 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 각각의 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다. $n=\frac{PV}{RT}$

기체 X의 양(mol) $=\frac{m}{4RT}$

기체 Y의 양(mol) $=\frac{2m}{RT}$

기체 Z의 양(mol) $=\frac{am}{RT}$

㉠. He, CH_4 , O_2 의 분자량은 각각 4, 16, 32이고, 분자량= $\frac{\text{질량}}{\text{양(mol)}}$ 이므로 X와 Y의 분자량비는 $X:Y=\frac{1}{\frac{m}{4RT}}:\frac{16}{\frac{2m}{RT}}$

$=1:2$ 이므로 X는 CH_4 이다.

㉡. X는 CH_4 , Y는 O_2 , Z는 He이므로 분자량은 Y가 가장 크다.

✕. X(CH_4)의 양(mol) $=\frac{m}{4RT}=\frac{1}{16}$ 이므로 $\frac{m}{RT}=\frac{1}{4}$ 이다. Z(He)

의 양(mol) $=\frac{am}{RT}=\frac{a}{4}=\frac{b}{4}$ 이다. 따라서 $a=b$ 이다.

04 기체의 성질

기체의 양(mol)과 온도가 일정하면 기체의 압력과 부피의 곱은 일정하다(보일 법칙).

㉠. A(g)의 압력은 (가)에서 760 mmHg이고, (나)에서 $(760+760)$ mmHg이므로 A(g)의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

✕. A(g)의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 $x=30$ 이다.

㉡. 밀도는 질량을 부피로 나눈 값이며, 기체의 질량이 일정하므로 A(g)의 밀도는 $d_2=2d_1$ 이다.

05 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 전체 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다.

$n=\frac{PV}{RT}=\frac{4 \text{ atm} \times 6 \text{ L}}{32 \text{ atm} \cdot \text{L}/\text{mol} \times 4}=\frac{3}{4}$ mol이다.

✕. 전체 기체의 양이 $\frac{3}{4}$ mol이고, A(g)의 양이 $\frac{1}{4}$ mol이므로

B(g)의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다. 따라서 몰비는 A(g) : B(g) = 1 : 2이다.

㉡. B(g) $\frac{1}{2}$ mol의 질량이 8 g이므로 B의 분자량은 16이다.

✕. 전체 기체의 압력이 4 atm이므로 A(g)의 부분 압력(atm)은 전체 기체의 압력 \times A(g)의 몰 분율 $=4 \times \frac{1}{3}=\frac{4}{3}$ 이다.

06 분자 사이의 상호 작용

YH_3 과 ZH_2 는 극성 분자이므로 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하지만, XH_4 는 무극성 분자이므로 분자 사이에 분산력만 존재한다.

다. 같은 족 원소의 수소 화합물은 대체로 분자 구조가 비슷하고, 분자 사이의 힘의 종류도 비슷하므로 분자량이 증가할수록 기준 끓는점도 증가한다. 다만 (가)와 (나)에서 각각 분자량이 가장 작은 2주기 수소 화합물의 기준 끓는점이 높은 이유는 쌍극자·쌍극자 힘보다 더 큰 수소 결합이 존재하기 때문이다.

- ㉠ (가)는 ZH_2 , (나)는 YH_3 , (다)는 XH_4 이다.
- ㉡ A~C 중 액체 상태에서 수소 결합이 존재하는 물질은 A와 B 2가지이다.
- ㉢ (다)는 XH_4 이므로 D가 C보다 기준 끓는점이 높은 이유는 D가 C보다 분산력이 크기 때문이다.

07 분자 사이의 상호 작용

HF는 극성 분자이면서도 분자 사이에 수소 결합이 존재하는 분자이다.

- ㉠ 분자 사이의 결합은 수소 결합이므로 X는 H이다.
- ㉡ 결합의 세기는 분자 내 공유 결합인 (가)가 분자 사이의 수소 결합인 (나)보다 크다.
- ㉢ HF(l)가 기화될 때 끊어지는 결합은 분자 사이의 결합, 즉 수소 결합 (나)이다.

08 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수(0.082 atm·L/(mol·K)), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다. $n = \frac{PV}{RT}$

A(g)와 B(g)의 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ 5B(g)$	\longrightarrow	$3C(g)$	$+ 4D(g)$
반응 전(mol)	$\frac{2 \times 2}{32}$	$\frac{5 \times 2}{32}$		0	0
반응(mol)	$-\frac{2}{32}$	$-\frac{10}{32}$		$+\frac{6}{32}$	$+\frac{8}{32}$
반응 후(mol)	$\frac{1}{16}$	0		$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$

- ㉠ 남은 반응물은 A(g)이다.
- ㉡ 생성된 C(g)의 양(mol)은 $\frac{6}{32} = \frac{3}{16}$ 이다.
- ㉢ 반응이 완결된 후 기체의 양(mol)은 A(g) $\frac{1}{16}$, C(g) $\frac{3}{16}$, D(g) $\frac{1}{4}$, He(g) $\frac{1}{16}$ 이므로 D(g)의 몰 분율은 $\frac{4}{9}$ 이다.

09 기체의 성질

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수(0.082 atm·L/(mol·K)), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다. $n = \frac{PV}{RT}$

- ㉠ (가)에서 기체의 몰비는 $A(g) : B(g) = \frac{4 \times 1}{RT} : \frac{2 \times 3}{RT} = 2 : 3$ 이다.

- ㉡ (나)에서 서로 반응하지 않는 두 기체가 섞여도 몰비는 변하지 않으므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{5}$ 이다.

- ㉢ A(g)의 부분 압력을 P_A atm, B(g)의 부분 압력을 P_B atm 이라고 할 때, (나)에서 꼭지를 열고 온도를 $2T$ K로 올리고 충분한 시간이 흐르면 $P_A=2, P_B=3$ 이고, 꼭지를 닫아도 I과 II에서 각각 $P_A=2, P_B=3$ 이다. (다)에서 P_A 는 $2 \text{ atm} \times 3 \text{ L} = P_A \text{ atm} \times 4 \text{ L}$ 이므로 $P_A = \frac{3}{2}$ 이고, P_B 는 $3 \text{ atm} \times 3 \text{ L} = P_B \text{ atm} \times 4 \text{ L}$ 이므로 $P_B = \frac{9}{4}$ 이다. 그러므로 $P = P_A + P_B = \frac{3}{2} + \frac{9}{4} = \frac{15}{4}$ 이다.

10 분자 사이의 상호 작용

주어진 4가지 17족 원소의 수소 화합물은 극성 분자이므로 액체나 고체 상태에서 분자 사이에 공통적으로 쌍극자·쌍극자 힘과 분산력이 존재한다.

- ㉠ 액체 상태에서 4가지 수소 화합물은 모두 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.
- ㉡ 분자량이 가장 작은 HF의 기준 끓는점이 가장 높은 이유는 액체 상태에서 HF 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.
- ㉢ 비슷한 분자 구조를 갖는 극성 분자에서 분자량이 클수록 분자 사이의 상호 작용이 크므로 대체로 기준 끓는점이 높다.

11 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수(a atm·L/(mol·K)), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 밀도 d 를 구하면 다음과 같다.

$$d = \frac{w}{V} = \frac{w}{\frac{nRT}{P}} \quad (w \text{는 기체의 질량})$$

- ㉠ (가)에서 혼합 기체의 밀도 $d = \frac{w}{V} = \frac{w}{\frac{nRT}{P}} =$

$$\frac{3x}{\left(\frac{x}{4} + \frac{x}{20} + \frac{x}{40}\right) \times a \times 400} = \frac{3}{65a} \text{ g/L이다.}$$

- ㉡ (가)에서 He(g)의 부분 압력(atm)은 $2 \times \frac{\frac{x}{4}}{\frac{x}{4} + \frac{x}{20} + \frac{x}{40}} = \frac{20}{13}$, Ne(g)의 부분 압력(atm)은 $2 \times \frac{\frac{x}{20}}{\frac{x}{4} + \frac{x}{20} + \frac{x}{40}} = \frac{4}{13}$,

Ar(g)의 부분 압력(atm)은 $2 \times \frac{\frac{x}{40}}{\frac{x}{4} + \frac{x}{20} + \frac{x}{40}} = \frac{2}{13}$ 이다. (가)와

(나)에 들어 있는 He(g)과 Ne(g)의 양(mol)은 같고, 온도비는 (가) : (나) = 2 : 3이므로, (나)에서 He(g)의 부분 압력(atm)은 $\frac{20}{13} \times \frac{3}{2} = \frac{30}{13}$ 이고, Ne(g)의 부분 압력(atm)은 $\frac{4}{13} \times \frac{3}{2} = \frac{6}{13}$ 이다. 그러므로 X(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{13}$ atm이다. 따라서 (나)에서

$\frac{\text{He}(g)\text{의 부분 압력}}{\text{X}(g)\text{의 부분 압력}} = \frac{30}{3} = 10$ 이다.

✕. (나)에서 $\text{He}(g)$ 과 $\text{X}(g)$ 의 몰비는 $\frac{x}{4} : \frac{y}{M_x} = \frac{30}{13} : \frac{3}{13}$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{40}{M_x}$ 이다.

12 이상 기체 방정식과 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol)을 구하면 다음과 같다. $n = \frac{PV}{RT}$

(가)에서 화학 반응식은 $\text{Cu}(s) + 4\text{HNO}_3(aq) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g) + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다. 구리($\text{Cu}(s)$) 3.2 g은 0.05 mol이므로 생성된 이산화 질소($\text{NO}_2(g)$)의 양은 0.1 mol이다.

320 K, 1 atm에서 생성된 $\text{NO}_2(g)$ 의 부피(V_1) = $\frac{nRT}{P} = \frac{0.1 \text{ mol} \times 0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \times 320 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 2.56 \text{ L}$ 이다. (다)에서 화학 반응에서의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2\text{NO}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(g)$	
반응 전(mol)	0.1	
반응(mol)	$-2n$	$+n$
반응 후(mol)	$0.1 - 2n$	n

(다)에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $0.1 - n$ 이다.

$(0.1 - n) \text{ mol} = \frac{PV}{RT} = \frac{0.3 \text{ atm} \times 6 \text{ L}}{0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \times 300 \text{ K}} = \frac{3}{40} = 0.075$ 이다. (라)에서 반응 후 $\text{NO}_2(g)$ 는 0.05 mol, $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 는 0.025 mol 존재하므로 $\text{NO}_2(g)$ 의 몰 분율 x 는 $\frac{2}{3}$ 이다. 따라서 $\frac{V_1}{x} = \frac{3}{2} \times 2.56 = 3.84$ 이다.

13 부분 압력과 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다. $n = \frac{PV}{RT}$

이때 온도가 일정하므로 $n \propto PV$ 이다.

기체 A와 B가 같은 질량이 들어 있으므로 분자량비 = $\frac{1}{\text{몰비}}$ 이다. 몰

비는 $A : B = x \times 1 : 2 \times y = 3 : 2$ 이므로 $\frac{x}{y} = 3$ 이다.

일정한 온도에서 PV 는 일정하므로 혼합 기체에서 기체 A의 부분 압력을 P_A , 기체 B의 부분 압력을 P_B 라고 하면

$P_A \times (1+y) = x \times 1$, $P_B \times (1+y) = 2 \times y$ 이다. $\frac{x}{y} = 3$ 이므로

$\frac{P_A}{P_B} = \frac{3}{2}$ 이다. 그러므로 $\frac{x}{y} \times \frac{P_A}{P_B} = 3 \times \frac{3}{2} = \frac{9}{2}$ 이다.

14 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 V 와 T 가 일정할 때 n 은 P 에 비례함을 알 수 있다.

i) A가 모두 반응한 경우

	$A(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g)$		
반응 전(mol)	2	3	0
반응(mol)	-2	$-2b$	$+2c$
반응 후(mol)	0	$3 - 2b$	$2c$

혼합 기체의 압력(atm)은 반응 전은 1이고, 반응 후는 0.6이므로 반응 후 혼합 기체의 양(mol)은 3이다. 따라서 $2b = 2c$ 이므로 $b = c$ 인데, $b \neq c$ 이므로 성립하지 않는다.

ii) B가 모두 반응한 경우

	$A(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g)$		
반응 전(mol)	2	3	0
반응(mol)	$-\frac{3}{b}$	-3	$+\frac{3c}{b}$
반응 후(mol)	$2 - \frac{3}{b}$	0	$\frac{3c}{b}$

혼합 기체의 압력(atm)은 반응 전은 1이고, 반응 후는 0.6이므로 반응 후 혼합 기체의 양(mol)은 3이다. 따라서 $\frac{3c}{b} - \frac{3}{b} = 1$ 이므로 $b = 3c - 3$ 이다. 온도를 $3T$ K로 높이면 혼합 기체의 압력은 3배 증가하여 $\frac{9}{5} \text{ atm}$ 이 된다. 이때 $C(g)$ 의 부분 압력이 $\frac{6}{5} \text{ atm}$ 이므로 $A(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{3}{5} \text{ atm}$ 이다. 따라서 반응 후 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 각각 1과 2이다. $2 - \frac{3}{b} = 1$ 이고 $\frac{3c}{b} = 2$ 이므로 $b = 3$, $c = 2$ 이다.

㉠. B가 모두 반응한 경우 조건을 만족하므로 반응이 완결된 후 $A(g)$ 가 남는다.

✕. 반응이 완결된 후 T K에서 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이다.

㉡. $b = 3$, $c = 2$ 이므로 $b + c = 5$ 이다.

15 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 분자량을 구한다.

$PV = nRT = \frac{wRT}{M}$ (M 은 기체의 분자량)

$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{dRT}{P}$ (d 는 기체의 밀도)

(가)에서 A의 분자량 $M_A = \frac{3dRT}{P}$, (나)에서 B의 분자량 $M_B =$

$\frac{12dR \times 2T}{P} = \frac{24dRT}{P}$ 이다. (다)에서 기체의 부피 $V_{(g)} =$

$\left(\frac{w}{M_A} + \frac{aw}{M_B}\right)R \times \frac{3}{2}T = \left(\frac{wP}{3dRT} + \frac{awP}{24dRT}\right)R \times \frac{3}{2}T =$

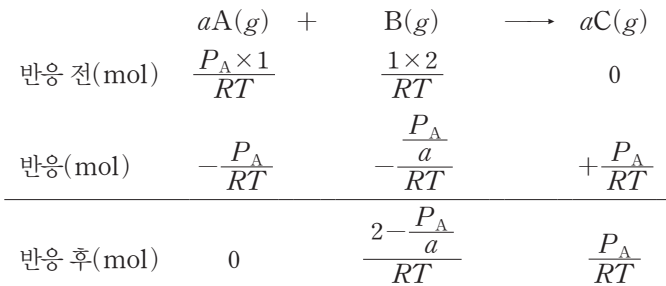
$$\frac{8w+aw}{16d} \text{이다.}$$

(다)의 밀도는 $8d = \frac{w+aw}{V_{(d)}}$ 이므로 $V_{(d)} = \frac{w+aw}{8d} = \frac{8w+aw}{16d}$ 이다. 따라서 $a=6$ 이다.

16 이상 기체 방정식

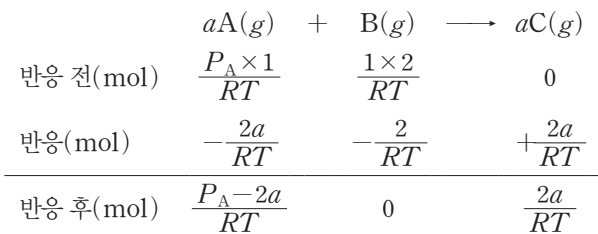
이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구하며, 기체의 양(mol) n 은 다음과 같은 관계식으로 구한다. $n = \frac{PV}{RT}$

i) A(g)가 모두 반응한 경우



(나)에서 반응 후 혼합 기체의 압력(atm)이 2이므로 혼합 기체의 양(mol) = $\frac{2 - \frac{P_A}{a} + P_A}{RT} = \frac{2 \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{RT} = \frac{6}{RT}$ 이다. $P_A - \frac{P_A}{a} = 4$ 이고 $2 - \frac{P_A}{a} : P_A = 1 : 2$ 를 만족하는 a 와 P_A 가 성립하지 않는다.

ii) B(g)가 모두 반응한 경우



㉠. 주어진 양적 관계를 통해 (나)에서 B(g)가 모두 반응한 경우 $a=2$, $P_A=6$ 이다.

㉡. (가)에서 $P_A=6$ 이다.

㉢. (나)에서 반응 후 혼합 기체의 압력(atm)이 2이므로 혼합 기체의 양(mol) = $\frac{P_A}{RT} = \frac{2 \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{RT} = \frac{6}{RT}$ 이다. 따라서 P_A 는 6이고, $6 - 2a : 2a = 1 : 2$ 를 만족하는 $a=2$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 12~16쪽

01 ④

02 ①

03 ④

04 ③

05 ⑤

06 ①

07 ④

08 ②

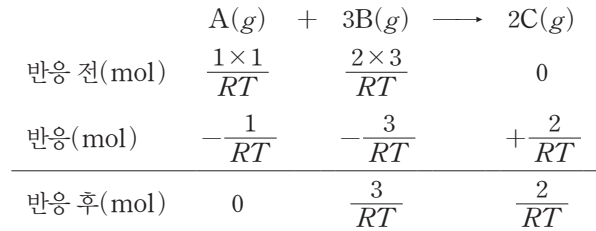
09 ①

10 ⑤

01 이상 기체 방정식

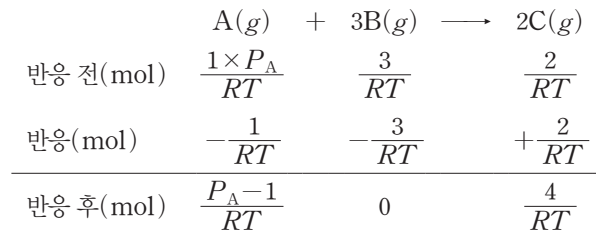
이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구하며, 기체의 양(mol) n 은 다음과 같은 관계식으로 구한다. $n = \frac{PV}{RT}$

i) 꼭지 a를 열어 반응을 완결시켰을 때



(나) 과정 후 전체 기체의 양(mol) = $\frac{5}{RT} = \frac{1 \times V}{RT}$ 이고, $V = V_1 + 3 = 5$ 이므로 $V_1 = 2$ 이다.

ii) 강철 용기에 들어 있는 A(g)의 압력(atm)을 P_A 라고 하고, 꼭지 b를 열어 반응을 완결시켰을 때



(다) 과정 후 A(g)와 C(g)가 1 : 2의 몰비로 존재하므로 $P_A = 3$ 이다. 그러므로 $\frac{6}{RT} = \frac{1 \times V}{RT}$ 이고, $V = V_2 + 4 = 6$ 이므로 $V_2 = 2$ 이다. 따라서 $V_1 + V_2 = 4$ 이다.

02 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구한다.

(가) 300 K에서 강철 용기 속 He(g)의 양(mol)은 $\frac{3x}{4}$ 이고, 실린더 속 H₂(g)의 양(mol)은 x 이고, 실린더 속 Ne(g)의 양(mol)은 $\frac{x}{4}$ 이다. 강철 용기 속 He(g)의 압력(atm)은 1이고, 실린더 속 H₂(g)의 압력(atm)을 P_{H_2} 라고 하면, (나) 600 K에서 혼합 전 강철 용기 속 He(g)의 압력(atm)은 2이고, 실린더 속 H₂(g)의 압력(atm)은 $2P_{H_2}$ 이다. 혼합 후 He(g)의 부분 압력(atm)은 1이고, H₂(g)의 부분 압력(atm)은 P_{H_2} 이다. 혼합 후 He(g)의 양

(mol) $\frac{3x}{4} = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 2}{R \times 600}$ 에서 $x = \frac{4}{900R}$ 이고, 혼합 후 $H_2(g)$ 의 양(mol) $x = \frac{PV}{RT} = \frac{P_{H_2} \times 2}{R \times 600}$ 에서 $x = \frac{P_{H_2}}{300R}$ 이므로 $\frac{4}{900R} = \frac{P_{H_2}}{300R}$ 에서 $P_{H_2} = \frac{4}{3}$ 이다.

✕. (가)에서 실린더 속 $H_2(g)$ 의 양(mol)은 x 이고, 실린더 속 $He(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{x}{4}$ 이므로 실린더 속 기체의 압력(atm)은 $H_2(g)$ 가 $He(g)$ 의 4배이다.

㉠. (나)에서 $He(g)$ 의 부분 압력(atm)은 1이고, $H_2(g)$ 의 부분 압력(atm)은 $\frac{4}{3}$ 이므로 전체 기체의 압력 P 는 $\frac{7}{3}$ atm이다.

✕. (다)에서 꼭지를 닫고 고정 장치를 풀기 전 실린더에는 $He(g)$ $\frac{3x}{8}$ mol, $H_2(g)$ $\frac{x}{2}$ mol, $Ne(g)$ $\frac{x}{4}$ mol이 들어 있다. 그러므로 실린더에 들어 있는 $H_2(g)$ 와 $He(g)$ 의 혼합 기체의 부피는 $\frac{14}{9}$ L, $Ne(g)$ 의 부피는 $\frac{4}{9}$ L이다. 따라서 (다)에서 $V = \frac{14}{9}$ L이다.

03 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 를 구한다. $P = \frac{nRT}{V}$

$C_7H_{16}(g)$ 과 $O_2(g)$ 의 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$C_7H_{16}(g) + 11O_2(g) \longrightarrow 7CO_2(g) + 8H_2O(g)$$

반응 전 (mol)	$\frac{5w}{100}$	$\frac{20w}{32}$	0	0
반응 (mol)	$-\frac{w}{20}$	$-\frac{11w}{20}$	$+\frac{7w}{20}$	$+\frac{8w}{20}$
반응 후 (mol)	0	$\frac{3w}{40}$	$\frac{7w}{20}$	$\frac{2w}{5}$

$He(g)$ 이 $\frac{w}{2}$ mol 존재하므로 $H_2O(g)$ 의 몰 분율

$$x = \frac{\frac{2w}{5}}{\frac{3w}{40} + \frac{7w}{20} + \frac{2w}{5} + \frac{w}{2}} = \frac{16}{53}$$

이다. 반응 전 강철 용기 I에 들어 있는 전체 기체의 압력 $P_1 = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{27w}{40}RT}{4} = \frac{27wRT}{160}$ 이

고, 반응 후 꼭지를 열었을 때 전체 기체의 압력 $P_2 = \frac{nRT}{V} = \frac{\left(\frac{33w}{40} + \frac{w}{2}\right)R \times 2T}{6} = \frac{53wRT}{120}$ 이다. 그러므로 $x \times \frac{27P_2}{16P_1} =$

$$\frac{16}{53} \times \frac{27 \times \frac{53wRT}{120}}{16 \times \frac{27wRT}{160}} = \frac{4}{3}$$

이다.

04 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체

의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 를 구한다. $P = \frac{nRT}{V}$

$A(g)$ 와 $B(g)$ 의 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$A(g) + 6B(g) \longrightarrow 4C(g) + 4D(g)$$

반응 전(mol)	0.2	0.4	0	0
반응(mol)	$-\frac{1}{15}$	-0.4	$+\frac{4}{15}$	$+\frac{4}{15}$
반응 후(mol)	$\frac{2}{15}$	0	$\frac{4}{15}$	$\frac{4}{15}$

① 고정 장치를 풀기 전+실린더에서 반응 전

I: $He(g)$ 1.6 atm, 1 L

II: $A(g)$ 0.2 mol, $B(g)$ 0.4 mol \Rightarrow 전체 기체 0.6 mol, 5 L, P atm

② 고정 장치를 풀기 전+실린더에서 반응 후

I: $He(g)$ 1.6 atm, 1 L

II: $A(g)$ $\frac{2}{15}$ mol, $C(g)$ $\frac{4}{15}$ mol, $D(g)$ $\frac{4}{15}$ mol \Rightarrow 전체 기체 $\frac{2}{3}$ mol, 5 L

③ 고정 장치를 푼 후

I: $He(g)$ 0.8 atm, 2 L

II: 전체 기체 $\frac{2}{3}$ mol, 4 L, 0.8 atm

$$0.8 \text{ atm} = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{2}{3} \text{ mol} \times RT}{4 \text{ L}}$$

이므로 $RT = \frac{24}{5} \text{ atm} \cdot \text{L}/\text{mol}$

이다. ①에서 $P \text{ atm} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.6 \text{ mol} \times RT}{5 \text{ L}} = \frac{3}{25} \times \frac{24}{5} \text{ atm}$

이다. 그러므로 $P = \frac{72}{125}$ 이다.

05 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구하며, 기체의 양(mol) n 은 다음과 같은 관계식으로 구한다. $n = \frac{PV}{RT}$

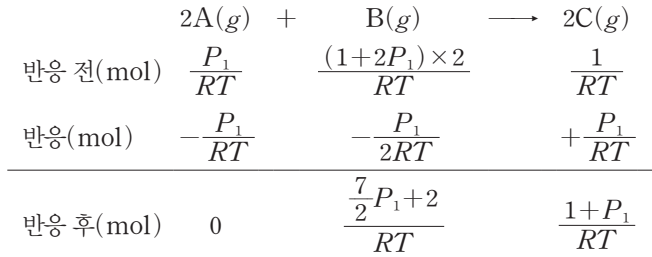
실린더 I에서 추가 가하는 압력(atm)을 P_1 이라고 하면 실린더 I에서 기체의 압력(atm)은 대기압+ $P_1=1+P_1$ 이고, 실린더 II에서 기체의 압력(atm)은 대기압+ $2P_1=1+2P_1$ 이다.

(나) 과정에서 꼭지 a를 열어 반응을 완결시켰을 때 B(g)가 모두 반응한다.

$$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(mol)	$\frac{(1+P_1) \times 2}{RT}$	$\frac{1 \times 1}{RT}$	0
반응(mol)	$-\frac{2}{RT}$	$-\frac{1}{RT}$	$+\frac{2}{RT}$
반응 후(mol)	$\frac{2P_1}{RT}$	0	$\frac{2}{RT}$

(다) 과정에서 꼭지 a를 닫고 꼭지 b를 열어 반응을 완결시켰으므로 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 (나) 과정 반응 후의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 이며, A(g)가 모두 반응한다.



(다) 과정 후 강철 용기와 실린더 II의 전체 기체의 부피(L)는 $\frac{5}{2}$ 이고, 기체의 압력(atm)은 $1+2P_1$ 이다. 그러므로 (다) 과정 후 존재하는 B(g)와 C(g)의 양(mol)은 $\frac{7}{2}P_1+2$ + $\frac{1+P_1}{RT} = \frac{(1+2P_1) \times \frac{5}{2}}{RT}$ 이다. 따라서 $P_1=1$ 이고, (나) 과정 후 C(g)의 몰 분율 $x=\frac{1}{2}$ 이다.

06 부분 압력

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구하며, 기체의 양(mol) n 은 다음과 같은 관계식으로 구한다. $n=\frac{PV}{RT}$

A(g)의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같으므로 $\frac{1}{3} \text{ atm} \times 3 \text{ L} = \frac{y \text{ atm} \times 6 \text{ L}}{R \times 3T}$ 에서 $y=\frac{1}{2}$ 이다.

B(g)의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같으므로 $\frac{x \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{RT} = \frac{(1-y-\frac{1}{5}) \text{ atm} \times 6 \text{ L}}{R \times 3T}$ 에서 $x=\frac{1}{5}$ 이다. 그러므로 $x \times y = \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$ 이다.

07 부분 압력과 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 부피 V 를 구하며, 기체의 양(mol) n 은 다음과 같은 관계식으로 구한다. $n=\frac{PV}{RT}$

X(g)의 부분 압력(atm)을 P_X , Y(g)의 부분 압력(atm)을 P_Y 라고 할 때, (나)에서 꼭지를 열었을 때 기체의 양(mol)과 기체의 온도는 일정하므로 $P_X=\frac{2}{3}$ 이고, $P_Y=\frac{P}{3}$ 이고, 전체 기체의 압력(atm)

$x=\frac{P+2}{3}$ 이다. (다)에서 T K일 때 $x \text{ atm} \times 3 \text{ L} = 1 \text{ atm} \times \frac{5}{2} \text{ L}$ 이므로 $x=\frac{5}{6}$ 이다. 그러므로 $P=\frac{1}{2}$ 이다. (라)에서 yT K일 때

$\frac{3x}{RT} = \frac{3}{RyT}$ 이므로 $y=\frac{6}{5}$ 이다. 따라서 $\frac{x \times y}{P} = \frac{\frac{5}{6} \times \frac{6}{5}}{\frac{1}{2}} = 2$ 이다.

08 이상 기체 방정식과 부분 압력

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.08 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol)을 구하면 다음과 같다. $n=\frac{PV}{RT}$

✕ (가)에서 강철 용기 속 기체의 압력비는 I : III = 1 : 3이므로 몰비도 I : III = 1 : 3이다. 강철 용기에 X(g)와 Y(g)가 각각 같은 질량이 들어 있으므로 분자량의 비는 X : Y = 3 : 1이다.

㉠ (가)에서 강철 용기 속 기체의 압력비는 I : II = 1 : 2이므로 몰비도 I : II = 1 : 2이다. 강철 용기 II에 He(g) 1 mol이 들어 있으므로 강철 용기 I에 들어 있는 X(g)의 양(mol)은 0.5이다. (나)에서 강철 용기 II에 He(g) 0.5 mol과 X(g) 0.25 mol이 들어 있고 $P_1=1 \text{ atm}$ 이므로 He(g)의 부분 압력은 $\frac{2}{3} \text{ atm}$ 이고, X(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{3} \text{ atm}$ 이다. (다)에서 강철 용기 III에 들어 있는 X(g), He(g), Y(g)의 양(mol)은 각각 0.125, 0.25, 0.75이므로, X(g), He(g), Y(g)의 부분 압력(atm)은 각각 $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, 1이다. 따라서 $P_2=1.5 \text{ atm}$ 이므로 $x=1.5$ 이다.

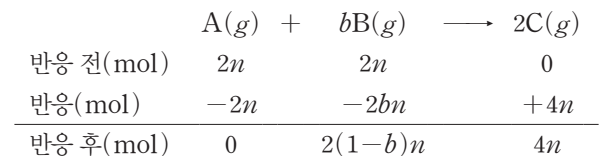
✕ (다)에서 강철 용기 III 속에 들어 있는 X(g)의 양(mol) = $\frac{PV}{RT} = \frac{\frac{1}{6} \text{ atm} \times V \text{ L}}{0.08 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = \frac{V}{144} = \frac{1}{8}$ 이므로 $V=18$ 이다.

09 부분 압력과 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용한다.

(가)에서 실린더 속 A(g)의 부분 압력(atm)이 $\frac{1}{3}$ 이고 A(g)의 양(mol)이 n 이므로 B(g)의 양(mol)은 $2n$ 이다.

i) (나)에서 A(g)가 모두 반응한 경우



b 는 2 이상의 자연수이므로 i)은 성립하지 않는다.

ii) (나)에서 B(g)가 모두 반응한 경우

	$A(g)$	$+ bB(g)$	\longrightarrow	$2C(g)$
반응 전(mol)	$2n$	$2n$		0
반응(mol)	$-\frac{2n}{b}$	$-2n$		$+\frac{4n}{b}$
반응 후(mol)	$2\left(1-\frac{1}{b}\right)n$	0		$\frac{4n}{b}$

반응 전 강철 용기 속 A(g)의 압력(atm)은 $\frac{1}{3}$ 이고, 강철 용기의 부피가 2 L이므로 이상 기체 방정식($PV=nRT$)을 이용하면 $\frac{1}{3} \times 2 = n \times R \times T$ 이므로 $RT = \frac{2}{3n}$ 이다. 3T K에서 반응 후 혼합 기체의 압력(atm)은 $\frac{3}{2}$ 이고, 강철 용기의 부피가 2L이며, A가 $2\left(1-\frac{1}{b}\right)n$ mol, C가 $\frac{4n}{b}$ mol이므로 이상 기체 방정식($PV=nRT$)을 이용하면 $\frac{3}{2} \times 2 = \left(1-\frac{1}{b} + \frac{2}{b}\right)n \times R \times 3T$ 이다. $RT = \frac{2}{3n}$ 를 대입하면 $b=2$ 이므로 ii)는 성립한다.

(나) 과정 후 강철 용기에서 $[A] = \frac{\frac{n}{2} \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{n}{4} \text{ M}$ 이다. 따라서

$$2b \times \frac{(\text{나}) \text{ 과정 후 강철 용기 속 } [A]}{(\text{가}) \text{ 에서 실린더 속 } [B]} = 4 \times \frac{\frac{n}{4} \text{ M}}{n \text{ M}} = 1 \text{ 이다.}$$

10 부분 압력과 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 를 구한다. $P = \frac{nRT}{V}$

반응 전 강철 용기 I에 들어 있는 $C_2H_4(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{w}{4}$ 이고, $O_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{7w}{4}$ 이므로 $O_2(g)$ 의 몰 분율 $x = \frac{7}{8}$ 이다. $C_2H_4(g)$ 이 모두 반응하는 데 필요한 $O_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{3w}{4}$ 이고, $C_3H_4(g)$ 이 모두 반응하는 데 필요한 $O_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{w}{2}$ 이다.

$C_2H_4(g)$ 과 $O_2(g)$ 의 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$C_2H_4(g)$	$+ 3O_2(g)$	\longrightarrow	$2CO_2(g)$	$+ 2H_2O(g)$
반응 전 (mol)	$\frac{7w}{28}$	$\frac{24w}{32}$		0	0
반응 (mol)	$-\frac{w}{4}$	$-\frac{3w}{4}$		$+\frac{w}{2}$	$+\frac{w}{2}$
반응 후 (mol)	0	0		$\frac{w}{2}$	$\frac{w}{2}$

$C_3H_4(g)$ 과 $O_2(g)$ 의 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$C_3H_4(g)$	$+ 4O_2(g)$	\longrightarrow	$3CO_2(g)$	$+ 2H_2O(g)$
반응 전 (mol)	$\frac{5w}{40}$	$\frac{16w}{32}$		0	0
반응 (mol)	$-\frac{w}{8}$	$-\frac{w}{2}$		$+\frac{3w}{8}$	$+\frac{w}{4}$
반응 후 (mol)	0	0		$\frac{3w}{8}$	$\frac{w}{4}$

$C_2H_4(g)$ 과 $C_3H_4(g)$ 이 모두 반응하고 남은 $O_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{w}{2}$ 이고, 생성된 $CO_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{7w}{8}$ 이며, 생성된 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{3w}{4}$ 이다. 그러므로 반응 후 $H_2O(g)$ 의 몰 분율 $y = \frac{6}{17}$ 이다.

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ 를 이용하면 꼭지를 열기 전에 반응 전 강철 용기 I에 들어 있는 전체 기체의 압력 $P_1 = \frac{2wRT}{4 \text{ L}}$ 이고, 꼭지

를 열고 반응 후 전체 기체의 압력 $P_2 = \frac{\frac{17w}{8} \times RT}{6 \text{ L}}$ 이므로

$$\frac{y}{x} \times \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{6}{17}}{\frac{7}{8}} \times \frac{\frac{17wRT}{48 \text{ L}}}{\frac{wRT}{2 \text{ L}}} = \frac{2}{7} \text{ 이다.}$$

02

액체와 고체

많은 풀 문제로 유형 익히기


본문 19쪽

정답 ⑤

단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조에서 단위 세포당 원자 수는 각각 $1(= \text{꼭짓점 } 8 \times \frac{1}{8})$, $2(= \text{꼭짓점 } 8 \times \frac{1}{8} + \text{중심 } 1 \text{ 개})$, $4(= \text{꼭짓점 } 8 \times \frac{1}{8} + \text{면 } 6 \times \frac{1}{2})$ 이다.

㉠ X(s)의 결정 구조 중심에 원자가 1개 존재하므로 X(s)의 결정 구조는 체심 입방 구조이다.

㉡ 단위 세포당 원자 수의 비는 X : Y = 2 : 1이므로 Y(s)의 결정 구조는 단순 입방 구조이고, Z(s)의 결정 구조는 면심 입방 구조이다. 그러므로 단위 세포당 원자 수의 비는 Y : Z = 1 : 4이다.

㉢ Z(s)의 결정 구조는 면심 입방 구조이므로 는 A로 적절하다.

수능 2점 테스트

본문 20~22쪽

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

01 결정 분류

(가)는 C_2H_4 , (나)는 NaCl, (다)는 Cu이다.

㉠ 분자 결정에서 분자 사이에는 수소 결합이나 쌍극자·쌍극자 힘 및 분산력과 같은 분자 사이의 힘이 작용한다. 그러나 분자를 구성하는 각 원자 사이의 결합은 공유 결합이다.

㉡ (나)는 이온 결정이므로 외부에서 충격을 가하면 양이온과 음이온의 배열이 어긋나 깨지는 성질을 가진다.

㉢ (다)는 금속 결정이다.

02 액체의 증기 압력

증기 압력 곡선에서 같은 온도에서 증기 압력이 클수록 분자 사이의 인력이 작고, 같은 압력에서 끓는점이 높을수록 분자 사이의 인력이 크다.

㉠ $25^\circ C$ 에서 분자 사이의 인력은 $C > B > A$ 이다.

㉡ 기준 끓는점은 외부 압력이 1 atm일 때의 끓는점이므로 기준 끓는점은 $C > B > A$ 이다.

㉢ B의 기준 끓는점이 $t^\circ C$ 보다 높기 때문에, $t^\circ C$, 760 mmHg에서 B의 가장 안정한 상은 액체이다.

03 물의 밀도

물의 밀도가 얼음의 밀도보다 큰 이유는 분자 사이의 수소 결합 때문이다. 물은 분자 사이의 수소 결합으로 인해 얼음으로 될 때 육각형 고리 형태의 독특한 배열을 한다. 이때 육각형 고리 안쪽에 빈 공간이 생기기 때문에 얼음의 부피가 증가하여 얼음의 밀도가 물의 밀도보다 작다.

㉠ 물의 밀도는 $4^\circ C$ 부근에서 가장 크다.

㉡ 1g의 부피는 밀도와 반비례하므로 $0^\circ C$ 에서 1g의 부피는 얼음이 물보다 크다.

㉢ 추운 겨울 호수의 물이 표면부터 어는 이유는 물의 밀도가 얼음의 밀도보다 크기 때문이다. 얼음이 형성된 표면 아래에는 밀도가 큰 물이 존재하여 겨울철에도 수중 생물이 살아갈 수 있다.

04 액체의 표면 장력

액체가 표면적을 최소화하려는 힘을 표면 장력이라고 한다. 분자 사이의 인력이 클수록 표면 장력이 크며, 표면 장력이 큰 액체일수록 액체 방울의 모양이 구형에 더 가깝다.

㉠ 표면 장력은 액체가 표면적을 최소화하려는 힘이다.

㉡ 표면 장력이 큰 액체일수록 액체 방울의 모양이 구형에 더 가깝다.

㉢ 물은 다른 물질에 비해 표면 장력이 커서 물에 철로 만든 클립을 띄울 수 있다.

05 결정 구조

(가)는 체심 입방 구조이고, (나)는 단순 입방 구조이고, (다)는 면심 입방 구조이다.

㉠ (가)는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 1개의 입자가 배열된 체심 입방 구조이다.

㉡ (나)의 단위 세포에 포함된 원자 수는 1이다.

㉢ (다)는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 6개 면의 중심에 입자가 배열된 면심 입방 구조이다.

06 액체의 표면 장력과 비열

분자 사이의 인력이 클수록 표면 장력이 크며, 표면 장력이 큰 액체일수록 액체 방울의 모양이 구형에 더 가깝다. 표면 장력은 $H_2O(l)$ 이 $C_2H_5OH(l)$ 보다 크다. 물질 1g을 $1^\circ C$ 높이는 데 필요한 열량을 비열이라고 한다.

㉠ 같은 질량의 물질 A와 B를 동일한 열원으로 각각 가열할 때 가열 시간에 따른 온도 변화는 A가 B보다 크므로, A는 C_2H_5OH 이다.

㉡ 분자 사이의 인력이 클수록 표면 장력이 크며, 표면 장력이 큰 액체일수록 액체 방울의 모양이 구형에 더 가깝다.

㉢ 같은 질량의 액체를 동일한 열원으로 각각 가열할 때 비열이 큰 액체일수록 온도 변화가 작으므로 비열은 $B(l)$ 가 $A(l)$ 보다 크다.

07 물의 수소 결합

$H_2O(s)$ 은 H_2O 분자 사이에 수소 결합이 모두 존재하지만, $H_2O(l)$ 은 H_2O 분자 사이에 수소 결합이 일부 끊어져 있다.

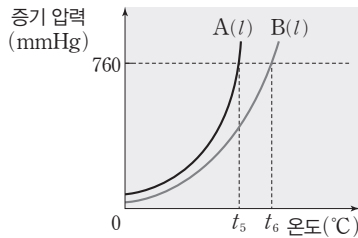
㉠. (가)는 H₂O 분자 사이에 수소 결합이 모두 존재하기 때문에 (가)는 -10°C, 1 atm에서 H₂O(s)의 모형이다.

㉡. ㉠은 물 분자 사이에 작용하는 인력이므로 수소 결합이다.

✗. 밀도(g/mL)는 (나)가 (가)보다 크므로 단위 질량당 부피는 H₂O(s)이 H₂O(l)보다 크다.

08 액체의 증기 압력

같은 온도에서 증기 압력이 클수록 분자 사이의 인력이 작고, 기준 끓는점이 낮다.



㉠. t₁°C에서 증기 압력은 A(l)가 B(l)보다 크므로 같은 온도에서 증기 압력은 A(l)가 B(l)보다 크다.

✗. 같은 온도에서 증기 압력이 클수록 분자 사이의 인력이 작으므로 분자 사이의 인력은 B(l)가 A(l)보다 크다.

㉡. A(l)와 B(l)의 기준 끓는점(°C)은 각각 t₅, t₆이므로 기준 끓는점은 B(l)가 A(l)보다 높다.

09 결정 구조

Na(s)은 체심 입방 구조를 갖는 금속 결정이고, CsCl(s)은 양이온과 음이온의 이온 결합으로 이루어진 이온 결정이다.

㉠. CsCl(s)은 Cs⁺과 Cl⁻의 이온 결합으로 이루어진 이온 결정이다.

✗. Na(s)은 체심 입방 구조를 갖는다.

㉡. Na(s)의 단위 세포에 포함된 입자 수는 중심에 1, 8개의 꼭짓점에 $\frac{1}{8} \times 8$ 이 존재하므로 2이다.

10 액체의 증기 압력과 비열

증기 압력 곡선 상의 온도와 압력에서는 액체와 기체 2가지의 안정한 상이 존재한다.

✗. (나)에서 A(l)는 기준 끓는점이 t₂°C보다 높으므로 ㉠은 A(l)의 증기 압력 곡선, ㉡은 B(l)의 증기 압력 곡선이다.

㉠. A(l)의 기준 어는점은 t₁°C보다 높고, t₂°C보다 낮다.

✗. t₁°C, 760 mmHg에서 A의 안정한 상은 고체이다.

11 물의 밀도

모든 온도에서 물의 밀도가 얼음의 밀도보다 큰 이유는 분자 사이의 수소 결합 때문이다. 물은 분자 사이의 수소 결합으로 인해 얼음으로 될 때 육각형 고리 형태의 독특한 배열을 한다. 이때 육각형 고리 안쪽에 빈 공간이 생기기 때문에 얼음의 밀도가 물의 밀도보다 작다. 따라서 모든 온도의 얼음의 밀도는 물보다 항상 작다.

㉠. 4°C에서 같은 질량의 물의 부피가 최솟값을 가질 때 물의 밀도는

최댓값을 갖는다.

✗. -4°C의 얼음의 밀도는 4°C의 물보다 작으므로 -4°C의 얼음을 4°C의 물에 넣으면 얼음은 물에 뜬다.

✗. 0~4°C에서 물의 온도가 증가할수록 부피가 감소하는 이유는 수소 결합의 일부가 끊어지며 빈 공간을 채워 부피가 줄어들기 때문이다.

12 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.

✗. 같은 온도에서 액체의 증기 압력이 높을수록 액체의 기준 끓는점은 낮다. 그러므로 t₄ < 78.2이다.

㉠. 액체의 온도가 높을수록 증기 압력이 높고, 증기 압력이 높을수록 대기압과의 압력 차 h가 작다. 그러므로 t₁ < t₂ < t₃이다.

✗. t₂°C에서 Z(l)의 증기 압력은 (760 - h₁) mmHg이다.

수능 3점 테스트

본문 23~25쪽

01 ②

02 ③

03 ③

04 ①

05 ④

06 ⑤

01 결정 구조

단순 입방 구조는 정육면체의 8개의 꼭짓점에만 입자가 배열된 구조이고, 체심 입방 구조는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 1개의 입자가 배열된 구조이고, 면심 입방 구조는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 6개 면의 중심에 입자가 배열된 구조이다.

✗. (가)는 체심 입방 구조이다.

㉠. (나)는 면심 입방 구조로 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 각각 원자가 배열된다.

✗. (가)에서 단위 세포에 포함된 원자 수 = $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.
(나)에서 단위 세포에 포함된 원자 수 = $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

02 증기 압력

기준 끓는점은 외부 기압이 1 atm일 때의 끓는점이다.

㉠. X(l)의 기준 끓는점은 (가)에서 x°C, (나)에서 t₂°C이다.

㉡. X(l)는 1 atm, t₂°C에서 끓으므로 ㉠은 X(l)이다.

✗. t₁°C, 1 atm에서 10 g의 X(l)에 Q kJ의 열량을 가할 때 X의 온도는 t₂°C이므로, t₁°C, 1 atm에서 20 g의 X(l)에 열량을 가해서 X의 온도를 t₂°C로 높이기 위해 필요한 최소한의 열량은 2Q kJ이다. 따라서 t₁°C, 1 atm에서 20 g의 X(l)에 Q kJ의 열량을 가했을 때, X의 온도는 t₂°C보다 낮다.

03 결정 분류

(가)는 석영, (나)는 유리, (다)는 드라이아이스, (라)는 구리이다.

㉠. 드라이아이스는 분자 내 탄소 원자와 산소 원자 사이에 공유 결합이 존재하고, 1 atm에서 승화성이 있다.

- ㉠ (라)는 구리이므로 금속 결정이다.
- ✗ (가)와 (나)는 모두 원자 사이에 공유 결합이 존재하지만, (가)는 결정성 고체이고, (나)는 비결정성 고체이다.

04 상변화와 가열 곡선

물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량을 비열이라고 하며, 비열은 물질의 특성이다.

- ㉠ 기준 녹는점은 변하지 않지만 얼음의 질량이 2배이므로 상태 변화에 필요한 열량이 2배 공급되어야 하므로 구간 BC의 시간이 길어진다.
- ✗ 얼음의 질량이 2배이면 얼음의 열용량은 2배이므로 단위 시간 동안 온도 변화는 작아진다. 따라서 구간 CD의 단위 시간 동안 온도 변화가 작아진다.
- ✗ 물질이 변하지 않았으므로 구간 DE가 나타나는 온도(액체에서 기체로 상태 변화가 일어나는 온도)는 100°C이다.

05 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. 같은 온도에서 같은 종류의 액체의 증기 압력은 같다.

- ㉠ 동적 평형 상태에서도 (가)와 (나)에서 모두 C₂H₅OH(l)의 증발이 일어난다.
- ✗ 온도가 일정하므로 C₂H₅OH(l)의 증기 압력은 (가)와 (나)에서 같다.
- ㉡ 온도가 일정한 상태에서 C₂H₅OH(l)의 증기 압력은 (가)와 (나)에서 같으므로 h₁=760-h₂이다. 따라서 h₁+h₂=760이다.

06 액체의 비열

표에서 Y(l)는 10분 동안 가열하였을 때 기준 끓는점에 도달한 상태이고, X(l)와 Z(l)는 30분 동안 가열하였을 때 각각 기준 끓는점에 도달한 상태이다.

- ㉠ 기준 끓는점은 1 atm에서의 끓는점이므로 기준 끓는점은 Z(l)가 가장 높다.
- ㉡ 19°C에서 Y(l)는 기준 끓는점에 도달했지만 X(l)와 Z(l)는 아직 기준 끓는점에 도달하지 않았으므로 증기 압력이 가장 큰 것은 Y(l)이다.
- ㉢ 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량인 비열은 온도 변화가 작을수록 크다. 따라서 비열은 Y(l) > X(l)이다.

03 용액의 농도

같은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 28쪽

정답 ⑤

몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용매의 질량}}$ 에 비례하므로 (가)에서 물의 질량을 W g이라고 하면 물 W g에 A a g이 녹은 A(aq)의 몰랄 농도는 x m이다. (나)는 A의 질량이 (가)의 2배이지만 몰랄 농도는 (가)와 같으므로 물의 질량은 $2W$ g이다. (다)는 A의 질량이 (나)와 같지만, 몰랄 농도는 (나)의 2배이므로 물의 질량은 W g이다.

- ㉠ 수용액에 포함된 물의 질량은 (가)가 W g이고, (나)가 $2W$ g이다.
- ㉡ 용액의 질량은 (가)가 $(W+a)$ g이고, (다)가 $(W+2a)$ g이다. 퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}}$ 에 비례하고, $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}}$ 은 (가)가 $\frac{a}{W+a}$ 이고, (다)가 $\frac{2a}{W+2a}$ 이므로 퍼센트 농도는 (다)가 (가)의 2배보다 작다.
- ㉢ (가)~(다)를 모두 혼합한 용액에 포함된 물의 질량은 $4W$ g이고, A의 질량은 $5a$ g이므로 혼합 용액의 몰랄 농도는 $\frac{5}{4}x$ m이다.

수능 2점 테스트

본문 29~30쪽

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

01 용액의 농도

퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이고,

용질의 몰 분율 = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 양(mol)} + \text{용질의 양(mol)}}$ 이며,

몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다.

- ㉠ 포도당의 퍼센트 농도는 10%이므로 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 $\frac{10}{100} \times 200$ g = 20 g이다.

✗ 포도당 수용액 200 g에는 포도당 20 g과 물 180 g이 있다. 포도당의 몰 분율은 $\frac{20 \text{ g}}{180 \text{ g/mol} + \frac{20 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}} = \frac{1}{10 + \frac{1}{9}} = \frac{1}{91} > 0.01$ 이다.

✗ 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{20 \text{ g}}{\frac{180 \text{ g/mol}}{180} + \frac{20 \text{ g}}{1000}} = \frac{50}{81} \text{ m} < \frac{5}{8} \text{ m}$ 이다.

02 용액의 농도

A(aq)의 질량을 x g이라고 하면 A(aq)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{30}{x} \times$

$$100 = \frac{3000}{x} = 24a \text{이고, 몰랄 농도}(m) \text{는 } \frac{30 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{\frac{x-30}{1000} \text{ kg}}} = \frac{3000}{4(x-30)}$$

$= 7a$ 이다. 퍼센트 농도와 몰랄 농도의 비는 $\frac{3000}{x} : \frac{3000}{4(x-30)}$
 $= 24 : 7$, $x = 210$ 이다.

03 용액의 농도

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

몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양}(mol)}{\text{용액의 부피}(L)}$ 이다.

✕. (가)에서 용액의 질량을 10^6 g이라고 하면 (가)의 ppm 농도가 500 ppm이므로 용질의 질량은 500 g이다. (가)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{500}{10^6} \times 100 = 0.05$ 이다.

㉠. (가)에서 용액의 질량을 10^6 g이라고 하면 (가)의 밀도가 1 g/mL이므로 용액의 부피는 1000 L이다. (가)의 몰 농도가 0.005 M이므로 용질의 양은 $0.005 \text{ M} \times 1000 \text{ L} = 5 \text{ mol}$ 이다. 용질의 질량이 500 g이므로 A의 화학식량은 100이다.

㉡. (나)에서 용액의 질량을 10^6 g이라고 하면 용질의 질량은 1000 g이다. 용액의 밀도는 1.01 g/mL이므로 용액의 부피는 $\frac{10^6 \text{ g}}{1.01 \text{ g/mL}} = \frac{1000}{1.01} \text{ L}$ 이다. A의 화학식량이 100이므로

$$\text{㉢. } M = \frac{\frac{1000 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}}}{\frac{1000}{1.01} \text{ L}} > 0.01 \text{ M이다.}$$

04 용액의 농도

3% A(aq) 120 g에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{3}{100} \times 120 \text{ g} = 3.6 \text{ g}$ 이다. 0.2 M A(aq) 150 mL에 녹아 있는 A의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.15 \text{ L} = 0.03 \text{ mol}$ 이고, A의 화학식량은 60이므로 A의 질량은 $0.03 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 1.8 \text{ g}$ 이다.

㉠. 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (가)가 3.6 g이고, (나)가 1.8 g이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (가)가 (나)의 2배이다.

㉡. (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 질량이 150 g이다. (나)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{1.8 \text{ g}}{150 \text{ g}} \times 100 = 1.2$ 이다.

㉢. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 $3.6 \text{ g} + 1.8 \text{ g} = 5.4 \text{ g}$ 이고, A의 양은 $\frac{5.4 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.09 \text{ mol}$ 이다. 혼합 수용액에서 물의 질량을 $120 \text{ g} + 150 \text{ g} = 270 \text{ g}$ 이라고 가정하면 혼합 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{0.09 \text{ mol}}{0.27 \text{ kg}} = \frac{1}{3} \text{ m}$ 이다. 혼합 수용액에서 실제 물의 질량은 270 g보다 작으므로 혼합 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{1}{3} \text{ m}$ 보다 크다.

05 용액의 농도

(가)에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{a}{100} \times 100 \text{ g} = a \text{ g}$ 이다. (나)에 녹아 있는 A의 양은 $a \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1a \text{ mol}$ 이고, A의 화학식량은 100이므로 A의 질량은 $0.1a \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 10a \text{ g}$ 이다.

(다)에 녹아 있는 A의 질량을 x g이라고 하면 (다)의 몰랄 농도는 $\frac{x \text{ g}}{\frac{100 \text{ g/mol}}{100-x} \text{ kg}} = a \text{ m}$, $x = \frac{100a}{10+a}$ 이다. $a < 90$ 이므로 $a < x < 10a$ 이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (나) > (다) > (가)이다.

06 용액의 농도

(가)에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{4}{100} \times 100 \text{ g} = 4 \text{ g}$ 이고, (나)에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{8}{100} \times 150 \text{ g} = 12 \text{ g}$ 이다. (다)에 녹아 있는 A의 양은 $1 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ 이다.

㉠. (가)에서 물의 질량은 $100 \text{ g} - 4 \text{ g} = 96 \text{ g}$ 이고, (나)에서 물의 질량은 $150 \text{ g} - 12 \text{ g} = 138 \text{ g}$ 이다. A(aq)의 몰랄 농도는 용질의 질량에 비례하고, 용매의 질량에 반비례하므로 (가)와 (나)의 몰랄 농도 비는 (가) : (나) = $\frac{4 \text{ g}}{96 \text{ g}} : \frac{12 \text{ g}}{138 \text{ g}} = 23 : 48$ 이다. 따라서 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배보다 크다.

✕. (가)와 (나)를 혼합한 용액에 녹아 있는 A의 질량은 $4 \text{ g} + 12 \text{ g} = 16 \text{ g}$ 이다. (다)에서 A의 양은 0.4 mol이므로 A의 화학식량은 40이다.

㉡. (다)에서 용액의 질량은 $400 \text{ mL} \times 1.1 \text{ g/mL} = 440 \text{ g}$ 이다. (다)에 녹아 있는 A의 질량은 16 g이므로 (다)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{16 \text{ g}}{440 \text{ g}} \times 100 = \frac{40}{11}$ 이다.

07 용액의 농도

A(aq)의 질량을 700 g이라고 하면 A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{100}{7} \%$ 이므로 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{100}{7} \times 700 \text{ g} = 100 \text{ g}$ 이다.

A의 화학식량을 a 라고 하면 A(aq)에서 물의 질량은 600 g이므로 A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{100 \text{ g}}{0.6 \text{ kg}} = \frac{25}{9} \text{ m}$, $a = 60$ 이다. A의 몰

분율 $x = \frac{100 \text{ g}}{600 \text{ g} + 100 \text{ g}} = \frac{1}{7}$ 이다. 따라서 $x \times$ (A의 화학식량) = $\frac{1}{7} \times 60 = \frac{20}{7}$ 이다.

08 용액의 농도

$x\%$ A(aq)에서 A의 질량은 $\frac{x}{100} \times 40 \text{ g} = \frac{2}{5}x \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $(40 - \frac{2}{5}x) \text{ g}$ 이다. (나)에서 A의 질량은 $(\frac{2}{5}x + y) \text{ g}$ 이고 물의

질량은 $(40 - \frac{2}{5}x)$ g이다. (다)에서 A의 질량은 $\frac{2}{5}x$ g이고, 물의 질량은 $(40 - \frac{2}{5}x + 3y)$ g이다. A(aq)의 몰랄 농도는 용질의 질량에 비례하고, 용매의 질량에 반비례하므로 몰랄 농도비는 (가) : (나) : (다) =

$$\frac{\frac{2}{5}x \text{ g}}{(40 - \frac{2}{5}x) \text{ g}} : \frac{(\frac{2}{5}x + y) \text{ g}}{(40 - \frac{2}{5}x) \text{ g}} : \frac{\frac{2}{5}x \text{ g}}{(40 - \frac{2}{5}x + 3y) \text{ g}} = 4 : 8 : 3$$

이다. 이 식을 풀면 $y = \frac{2}{5}x$ 이고, $x = 10, y = 4$ 이다. 따라서 $x + y = 14$ 이다.

수능 3점 테스트 본문 31~32쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

01 용액의 농도

$a \text{ m A(aq)}$ 50 g에 5% A(aq) 40 g과 물 12 g을 혼합한 수용액의 몰랄 농도가 $a \text{ m}$ 로 변하지 않았으므로 5% A(aq) 40 g과 물 12 g을 혼합한 용액의 몰랄 농도도 $a \text{ m}$ 이다. 5% A(aq) 40 g에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{5}{100} \times 40 \text{ g} = 2 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 38 g이다. 5% A(aq) 40 g에 물 12 g을 혼합한 용액의 몰랄 농도는

$$\frac{2 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{38 + 12} \text{ kg}} = a \text{ m}, a = 1 \text{이다.}$$

02 용액의 농도

㉠. 2 m A(aq) 60 g에 녹아 있는 A의 질량을 $x \text{ g}$ 이라고 하면

$$\frac{x}{\frac{100 \text{ g/mol}}{60 - x} \text{ kg}} = 2 \text{ m}, x = 10 \text{이다. } 2 \text{ m A(aq)} 60 \text{ g에는 A } 10 \text{ g}$$

이 녹아 있고, 물 50 g이 있다.

㉡. $a\%$ A(aq) 20 g을 넣었을 때 A의 질량은 $(10 + \frac{1}{5}a)$ g이고, 물의 질량은 $(50 + 20 - \frac{1}{5}a)$ g이다. 이 용액의 몰랄 농도는

$$\frac{(10 + \frac{1}{5}a) \text{ g}}{\frac{100 \text{ g/mol}}{70 - \frac{1}{5}a} \text{ kg}} = \frac{5}{2} \text{ m}, a = 30 \text{이다.}$$

㉢. 30% A(aq) 100 g에는 A 30 g과 물 70 g이 있다. 30% A(aq) 100 g을 넣었을 때, 혼합 용액의 몰랄 농도는

$$\frac{(10 + 30) \text{ g}}{\frac{100 \text{ g/mol}}{50 + 70} \text{ kg}} = \frac{10}{3} \text{ m이다. 따라서 } b = \frac{10}{3} \text{이다.}$$

03 용액의 농도

(가)의 질량은 $50 \text{ g} + 108 \text{ g} + 42 \text{ g} = 200 \text{ g}$ 이고, 밀도는 1 g/mL 이므로 부피는 200 mL 이다. (나)의 질량은 $100 \text{ g} + 48 \text{ g} + 32 \text{ g} = 180 \text{ g}$ 이고, 밀도는 1 g/mL 이므로 부피는 180 mL 이다.

㉠. (가)의 몰 농도는 1 M 이고, 부피는 200 mL 이므로 (가)에 녹아 있는 A의 양은 $1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. A의 화학식량이 100이므로 녹아 있는 A의 질량은 20 g 이다.

㉡. (나)의 몰 농도는 $\frac{2}{3} \text{ M}$ 이고, 부피는 180 mL 이므로 (나)에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{2}{3} \text{ M} \times 0.18 \text{ L} = 0.12 \text{ mol}$ 이다. A의 화학식량이 100이므로 녹아 있는 A의 질량은 12 g 이다. (나)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{12 \text{ g}}{180 \text{ g}} \times 100 = \frac{20}{3} < 7$ 이다.

㉢. $a\%$ A(aq) 50 g에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{a}{100} \times 50 \text{ g} = \frac{1}{2}a \text{ g}$ 이다. $b \text{ m A(aq)}$ 108 g에 녹아 있는 A의 질량을 $x \text{ g}$ 이라고

하면 $\frac{x \text{ g}}{\frac{100 \text{ g/mol}}{108 - x} \text{ kg}} = b \text{ m}, x = \frac{108b}{10 + b}$ 이다. (가)에 녹아 있는 A의

질량은 20 g 이므로 $\frac{1}{2}a + \frac{108b}{10 + b} = 20$ (㉣식)이다. $a\%$ A(aq)

100 g에 녹아 있는 A의 질량은 $a \text{ g}$ 이다. $b \text{ m A(aq)}$ 48 g에 녹아

있는 A의 질량을 $y \text{ g}$ 이라고 하면 $\frac{y \text{ g}}{\frac{100 \text{ g/mol}}{48 - y} \text{ kg}} = b \text{ m}, y = \frac{48b}{10 + b}$

이다. (나)에 녹아 있는 A의 질량은 12 g 이므로 $a + \frac{48b}{10 + b} = 12$ 이다. 이 식을 ㉣식과 풀면 $a = 4, b = 2$ 이다. 따라서 $a + b = 6$ 이다.

04 용액의 농도

(가)에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{6}{100} \times 100 \text{ g} = 6 \text{ g}$ 이고, (다)에 녹아

있는 A의 질량은 $\frac{5}{100} \times 200 \text{ g} = 10 \text{ g}$ 이다. (나) → (다)일 때 A 4 g

이 녹았으므로 2.5 m A(aq) $y \text{ g}$ 에 녹아 있는 A의 질량은 4 g이

다. 2.5 m A(aq) 에서 물의 질량은 $(y - 4) \text{ g}$ 이므로 $\frac{4 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{y - 4} \text{ kg}}$

$= 2.5 \text{ m}, y = 44$ 이다. (가) → (다)일 때 A(aq)의 질량은 100 g 에서 200 g 으로 증가하고, 2.5 m A(aq) 의 질량은 44 g 이므로 추가한 물의 질량은 $100 \text{ g} - 44 \text{ g} = 56 \text{ g}$ 이고, $x = 56$ 이다. 6% A(aq) 100 g 에서 물의 질량은 94 g 이므로 (나)의 몰랄 농도는

$\frac{6 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{94 + 56} \text{ kg}} = 1 \text{ m}$ 이고, $a = 1$ 이다. 따라서 $a \times \frac{y}{x} = 1 \times \frac{44}{56} = \frac{11}{14}$

이다.

정답 ③

용액의 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하고, (가)와 (나)의 물의 질량이 같으므로 끓는점 오름은 용질의 양(mol)의 비례한다. (가)에 녹아 있는 A와 B의 양을 각각 $3n$ mol, n mol이라고 하면 끓는점 오름은 (나)가 (가)의 $\frac{9}{4}$ 배이므로 (나)에 녹아 있는 A와 B의 양의 합은 $9n$ mol이다. (나)에서 $\frac{\text{B의 양(mol)}}{\text{A의 양(mol)}} = 2$ 이므로 A와 B의 양은 각각 $3n$ mol, $6n$ mol이다. B의 분자량을 M 이라고 하면 A의 분자량은 $3M$ 이다. (가)에서 $A(s)$ 와 $B(s)$ 의 질량의 합(g)은 $3n \times 3M + n \times M = 10$, $nM = 1$ 이다. (나)에서 $A(s)$ 와 $B(s)$ 의 질량의 합(g)은 $3n \times 3M + 6n \times M = 15nM = 15$ 이다. 따라서 ㉠=15이다.

수능 2점 테스트

본문 36~37쪽

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

01 증기 압력 내림

A의 화학식량을 M_A 라고 하면 용액의 증기 압력 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 이므로 $150 \text{ mmHg} = 151.5 \text{ mmHg} \times \frac{\frac{100}{18}}{\frac{100}{18} + \frac{10}{M_A}}$, $M_A = 180$ 이다.

02 끓는점 오름

(가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{\frac{100}{1000} \text{ kg}} = 2 \text{ m}$ 이고, (나)의 몰랄 농도는

$$\frac{0.2 \text{ mol}}{\frac{200}{1000} \text{ kg}} = 1 \text{ m}$$

㉠. $A(l)$ 의 기준 끓는점을 $t^\circ\text{C}$ 라고 하면 (가)의 끓는점 오름 $\Delta T_b = K_b \times m = 2K_b$ 이므로 (가)의 끓는점($^\circ\text{C}$)은 $a + 2K_b$ 이고, (나)의 끓는점 오름 $\Delta T_b = K_b \times m = K_b$ 이므로 (나)의 끓는점($^\circ\text{C}$)은 $b + K_b$ 이다. 1 atm에서 A의 몰랄 오름 상수 K_b 는 $(a - b)^\circ\text{C}/\text{m}$ 이다.

✗. 끓는점 오름이 큰 용액일수록 어는점 내림이 크다. 끓는점 오름은 (가) > (나)이므로 어는점 내림은 (가) > (나)이고, 어는점은 (나) > (가)이다.

㉡. (가)의 끓는점은 $a^\circ\text{C}$ 이고, A의 몰랄 오름 상수는 $(a - b)^\circ\text{C}/\text{m}$ 이므로 $A(l)$ 의 기준 끓는점($^\circ\text{C}$) $t = a - 2(a - b) = 2b - a$ 이다. 따라서 $A(l)$ 100 g에 X 0.3 mol이 녹아 있는 용액의 끓는점($^\circ\text{C}$)은 $t + 3(a - b) = 2a - b$ 이다.

03 어는점 내림

✗. 어는점 내림 $\Delta T_f = K_f \times m$ 이므로 어는점 내림은 몰랄 농도에 비례한다. 어는점 내림은 (나) > (가)이므로 몰랄 농도는 (나) > (가)이다.

㉠. A와 B의 화학식량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 (가)와 (나)의 몰랄 농도비는 어는점 내림비와 같으므로 (가) : (나) = $\frac{\frac{w \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}}}{\frac{100}{1000} \text{ kg}}$

: $\frac{\frac{w \text{ g}}{M_B \text{ g/mol}}}{\frac{200}{1000} \text{ kg}} = 2a : 3a$, $M_A = 3M_B$ 이다. 따라서 화학식량은 A

가 B의 3배이다.

✗. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에서 전체 용질의 몰랄 농도는 $\frac{\frac{w \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}} + \frac{w \text{ g}}{M_B \text{ g/mol}}}{\frac{300}{1000} \text{ kg}} = \frac{40w}{9M_B} \text{ m}$ 이다. (가)의 몰랄 농도는

$\frac{10w}{3M_B} \text{ m}$ 이고, 어는점 내림은 $2a^\circ\text{C}$ 이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한

용액의 어는점 내림($^\circ\text{C}$)은 $2a \times \frac{4}{3} = \frac{8}{3}a$ 이다.

04 증기 압력 내림

용액의 증기 압력 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 이다.

㉠. 대기압은 1 atm이므로 용액의 증기 압력이 1 atm일 때 끓기 시작한다. 따라서 $A(aq)$ 의 증기 압력이 1 atm일 때 온도가 $t_2^\circ\text{C}$ 이므로 1 atm에서 $A(aq)$ 의 끓는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 이다.

㉡. $t_1^\circ\text{C}$ 일 때 물의 증기 압력은 1 atm이므로 $A(aq)$ 의 증기 압력은 $\frac{80}{81} \text{ atm} = 1 \text{ atm} \times X_{\text{용매}}$, $X_{\text{용매}} = \frac{80}{81}$ 이다. t_2 일 때 $A(aq)$ 의 증기 압력은 $1 \text{ atm} = x \text{ atm} \times \frac{80}{81}$, $x = \frac{81}{80}$ 이다.

㉢. $A(aq)$ 에서 $X_{\text{용매}} = \frac{80}{81}$ 이므로 물의 양을 80 mol, A의 양을 1 mol이라고 하면 물과 A의 질량은 각각 1440 g, 60 g이다. $A(aq)$ 의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{60 \text{ g}}{1440 \text{ g} + 60 \text{ g}} \times 100 = 4$ 이다.

05 삼투압

삼투압 $\pi = CRT$ 이므로 삼투압은 수용액의 몰 농도 C 에 비례한다.

㉠. (가)와 (나)의 밀도는 1 g/mL이므로 (가)와 (나)의 부피는 각각 100 mL, 200 mL이다. A와 B의 화학식량을 각각 M_A , M_B 라고

하면 (가)의 몰 농도는 $\frac{2 \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}} \div \frac{0.1 \text{ L}}{1 \text{ L}} = \frac{20}{M_A} \text{ M}$ 이고, (나)의 몰 농도

는 $\frac{4 \text{ g}}{M_B \text{ g/mol}} \div \frac{0.2 \text{ L}}{1 \text{ L}} = \frac{20}{M_B} \text{ M}$ 이다. (가)와 (나)의 온도가 같고 삼투압

은 몰 농도에 비례하므로 삼투압의 비는 (가) : (나) = $2P \text{ atm} : P \text{ atm}$
 $= \frac{20}{M_A} M : \frac{20}{M_B} M, 2M_A = M_B$ 이다. 화학식량은 $B > A$ 이다.

✕. 용액의 증기 압력 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 이므로 같은 온도에서 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율에 비례한다. (가)에서 물의 질량은 $100 \text{ g} - 2 \text{ g} = 98 \text{ g}$ 이고 (나)에서 물의 질량은 $200 \text{ g} - 4 \text{ g} = 196 \text{ g}$ 이다. (가)에서 물의 양을 $m \text{ mol}$ 이라고 하면 (나)에서 물의 양은 $2m \text{ mol}$ 이다. 화학식량은 B가 A의 2배이므로 (가)에서 A의 양을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 (나)에서 B의 양은 $n \text{ mol}$ 이다. (가)에서 $X_{\text{용매}} = \frac{m}{m+n}$ 이고, (나)에서 $X_{\text{용매}} = \frac{2m}{2m+n}$ 이므로 $X_{\text{용매}}$ 는 (나) > (가)이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 (나) > (가)이다.

✕. 끓는점 오름은 $\Delta T_b = K_b \times m$ 이므로 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례한다. 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(g)}}$ 에 비례하므로 (가)와

(나)의 몰랄 농도비는 (가) : (나) = $\frac{n \text{ mol}}{98 \text{ g}} : \frac{n \text{ mol}}{196 \text{ g}} = 2 : 1$ 이다.

따라서 $\frac{1 \text{ atm에서 (나)의 끓는점 오름}}{1 \text{ atm에서 (가)의 끓는점 오름}} = \frac{1}{2}$ 이다.

06 증기 압력 내림

물 90 g 의 양은 $\frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$ 이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력은 $P \text{ atm}$ 이고, A 4 g 을 녹인 수용액의 증기 압력은 $\frac{75}{76}P \text{ atm}$ 이므로

$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 에서 $X_{\text{용매}} = \frac{75}{76}$ 이다. A의 화학식량을 M_A 라고 하면 $X_{\text{용매}} = \frac{5 \text{ mol}}{5 \text{ mol} + \frac{4 \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}}} = \frac{75}{76}$, $M_A = 60$ 이다. A $x \text{ g}$ 을

녹인 수용액의 증기 압력 $\frac{30}{31}P \text{ atm} = P \text{ atm} \times \frac{5 \text{ mol}}{5 \text{ mol} + \frac{x \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}$,

$x = 10$ 이다.

07 삼투압

✕. 반투막은 용매인 물 분자는 통과하지만, 용질인 A와 B는 통과할 수 없다. 반투막으로 분리된 U자관에 농도가 다른 두 수용액을 넣으면 반투막을 통과하는 물 분자 수는 농도가 낮은 수용액이 농도가 높은 수용액보다 크다. (가) → (나)에서 A(aq)의 부피는 감소하고, B(aq)의 부피는 증가하므로 (가)에서 수용액의 농도는 B(aq) > A(aq)이다. 따라서 $b > a$ 이다.

㉠. (가) → (나)에서 A(aq)의 부피는 감소했으므로 수용액 속 물의 양(mol)은 감소한다. 따라서 A(aq)의 농도는 증가하므로 $c > a$ 이다.

㉡. (가) → (나)에서 B(aq)의 부피는 증가했으므로 수용액 속 물의 양(mol)은 증가한다. 따라서 B(aq)의 농도는 감소하므로 $b > d$ 이다.

08 어는점 내림

C $w \text{ g}$ 의 양을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 $\frac{\text{C의 화학식량}}{\text{B의 화학식량}} = 3$ 이므로 B $w \text{ g}$

의 양은 $3n \text{ mol}$ 이다. 어는점 내림 $\Delta T_f = K_f \times m$ 이므로 어는점 내림은 몰랄 농도에 비례하고, 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(g)}}$ 에 비례

한다. 물의 기준 어는점은 0°C 이므로 (가)와 (나)에서 어는점 내림은 각각 $5a^\circ\text{C}$, $4a^\circ\text{C}$ 이다. A $w \text{ g}$ 의 양을 $m \text{ mol}$ 이라고 하면 (가)와

(나)에서 어는점 내림의 비는 (가) : (나) = $\frac{(m+3n) \text{ mol}}{100 \text{ g}} :$

$\frac{(2m+4n) \text{ mol}}{200 \text{ g}} = 5a^\circ\text{C} : 4a^\circ\text{C}$, $m = 2n$ 이다. (다)에서 어는점

내림은 $-6a^\circ\text{C}$ 이므로 (가)와 (다)에서 어는점 내림의 비는 (가) : (다)

= $\frac{(2n+3n) \text{ mol}}{100 \text{ g}} : \frac{(4n+6n+2n) \text{ mol}}{200 \text{ g}} = 5a^\circ\text{C} : -6a^\circ\text{C}$, ㉠

= $-6a$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 38~39쪽

01 ⑤

02 ③

03 ④

04 ②

01 끓는점 오름

㉠. 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하고, 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(g)}}$

에 비례한다. A $w \text{ g}$ 과 B $w \text{ g}$ 의 양을 각각 $m \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이라고 하면

(나)와 (다)의 끓는점이 같으므로 $\frac{(3m+n) \text{ mol}}{200 \text{ g}} = \frac{(3m+2n) \text{ mol}}{300 \text{ g}}$,

$3m = n$ 이다. A와 B의 질량이 $w \text{ g}$ 으로 같을 때 용질의 양(mol)은 B가 A의 3배이므로 화학식량은 A가 B의 3배이다.

㉡. (가)와 (나)의 몰랄 농도비는 (가) : (나) = $\frac{(m+3m) \text{ mol}}{100 \text{ g}} :$

$\frac{(3m+3m) \text{ mol}}{200 \text{ g}} = 4 : 3$ 이므로 끓는점 오름의 비는 $4 : 3$ 이다. 물

의 기준 끓는점을 $x^\circ\text{C}$ 라고 하고, (가)의 끓는점을 $(x+4k)^\circ\text{C}$ 라고 하면 (나)의 끓는점은 $(x+3k)^\circ\text{C}$ 이다. (가)에서 $x+4k = t+a$ 이고, (나)에서 $x+3k = t$ 이므로 $a = k$, $x = t - 3a$ 이다. 따라서 물의 기준 끓는점은 $(t-3a)^\circ\text{C}$ 이다.

㉢. (가)와 (다)의 끓는점 오름의 비는 (가) : (다) = $4 : 3$ 이므로 (가)와 (다)의 어는점 내림의 비도 (가) : (다) = $4 : 3$ 이다.

02 어는점 내림과 증기 압력 내림

어는점 내림 $\Delta T_f = K_f \times m$ 이고, 용액의 증기 압력 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 이다.

㉠. (가)와 (나)에서 용매의 질량은 $W \text{ g}$ 으로 같고, (나)는 (가)보다 A의 질량이 3 g 만큼 크므로 (가)와 (나)의 어는점 내림 차는 A 3 g 에 의한 어는점 내림이다. (가)와 (나)의 어는점 내림 차는 $\frac{5}{6}a - \frac{5}{9}a = \frac{5}{18}a$ 이다.

$$A \text{ 3 g의 어는점 내림 } \Delta T_f = a \text{ } ^\circ\text{C}/m \times \frac{\frac{3 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}{\frac{W}{1000} \text{ kg}} = \frac{5}{18}a,$$

$W=180$ 이다.

$$\times \text{ (가)에서 어는점 내림 } \Delta T_f = a \text{ } ^\circ\text{C}/m \times \frac{\frac{x \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}{\frac{180}{1000} \text{ kg}} = \frac{5}{9}a \text{ } ^\circ\text{C},$$

$x=6$ 이다.

$$\omin� \text{ (가)의 증기 압력 } P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times \frac{\frac{180}{180 + \frac{6}{60}}}{\frac{180}{180 + \frac{6}{60}}} = P, P_{\text{용매}} = \frac{101}{100}P$$

$$\text{이다. (나)의 증기 압력 } P_{\text{용액}} = \omin� = \frac{101}{100}P \times \frac{\frac{180}{180 + \frac{9}{60}}}{\frac{180}{180 + \frac{9}{60}}} = \frac{202}{203}P$$

이다.

03 증기 압력 내림

용액의 증기 압력은 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ 이므로 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율 $X_{\text{용매}}$ 에 비례한다.

\times 물 100 g에 A w g을 녹인 수용액의 증기 압력과 물 100 g에 B $3w$ g을 녹인 수용액의 증기 압력이 같으므로 A w g과 B $3w$ g의 용질의 양(mol)이 같다. 따라서 화학식량은 B가 A의 3배이다.

$\omin�$ 물 100 g의 양을 m mol이라고 하고, B w g의 양을 n mol이라고 하면 B $2w$ g을 녹인 수용액과 B $3w$ g을 녹인 수용액의 증기 압력비는 $\frac{m \text{ mol}}{(m+2n) \text{ mol}} : \frac{m \text{ mol}}{(m+3n) \text{ mol}} = 51P : 50P, m=48n$

이다. 화학식량은 B가 A의 3배이므로 A w g의 양은 $3n$ mol이다.

A w g을 녹인 수용액과 A $2w$ g을 녹인 수용액의 증기 압력비는 $\frac{m \text{ mol}}{(m+3n) \text{ mol}} : \frac{m \text{ mol}}{(m+6n) \text{ mol}} = 50P : \omin�, \omin� = \frac{425}{9}P$ 이다.

따라서 $\omin� > 47P$ 이다.

$\omin�$ 물 100 g의 양은 $\frac{100 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{50}{9} \text{ mol} (=m \text{ mol})$ 이고,

$m=48n$ 이므로 A w g의 양은 $3n \text{ mol} = 3 \times \frac{1}{48} \times \frac{50}{9} = \frac{25}{72} \text{ mol}$

이다. A의 화학식량은 $\frac{w \text{ g}}{\frac{25}{72} \text{ mol}} = \frac{72}{25}w$ 이다.

04 끓는점 오름과 증기 압력 내림

끓는점 오름 $\Delta T_b = K_b \times m$ 이므로 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하고, 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(g)}}$ 에 비례한다. A와 B의 화학식

량을 각각 M_A, M_B 라고 하면 A(aq)과 B(aq)의 끓는점 오름비는

$$A(aq) : B(aq) = \frac{\frac{12w \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}}}{100 \text{ g}} : \frac{\frac{10w \text{ g}}{M_B \text{ g/mol}}}{200 \text{ g}} = 4 : 5, \frac{M_A}{M_B}$$

$=3$ 이다. 증기 압력 내림 $\Delta P = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$ 이므로 증기 압력 내림

은 용질의 몰 분율 $X_{\text{용질}}$ 에 비례한다. 물 100 g의 양을 m mol이라고 하고, A $12w$ g을 $4n$ mol이라고 하면 A(aq)과 B(aq)의 증기 압력 내림비는 A(aq) : B(aq) =

$$\frac{4n \text{ mol}}{(m+4n) \text{ mol}} : \frac{10n \text{ mol}}{(2m+10n) \text{ mol}} = 21P : 26P, m=100n \text{이다.}$$

따라서 $\frac{A(aq) \text{에서 용질의 양(mol)}}{A(aq) \text{에서 물의 양(mol)}} \times \frac{A \text{의 화학식량}}{B \text{의 화학식량}} = \frac{4n}{100n} \times 3 = \frac{3}{25}$ 이다.

05

엔탈피와 열화학 반응식

같은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 41쪽

정답 ⑤

㉠. C(s, 흑연)의 생성 엔탈피가 0이므로 탄소의 동소체 중 흑연이 가장 안정한 물질이다. 따라서 C(s, 흑연) → C(s, 다이아몬드) 반응의 반응 엔탈피는 0보다 크고, $x > 0$ 이다.

㉡. CO₂(g)의 생성 엔탈피는 C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) 반응이 일어날 때 반응 엔탈피이므로 (가)의 역반응에 해당한다. 따라서 CO₂(g)의 생성 엔탈피는 -394 kJ/mol이다.

㉢. C(s, 다이아몬드) 1 mol이 분해되어 C(g) 1 mol이 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



이 반응은 (나) - (가) - (다) 반응과 같으므로 C(s, 다이아몬드) 1 mol이 분해되어 C(g) 1 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피 (ΔH)는 $(717 - x)$ kJ이다.

수능 2점 테스트

본문 42~43쪽

01 ④

02 ③

03 ①

04 ②

05 ③

06 ③

07 ⑤

08 ①

01 생성 엔탈피

생성 엔탈피는 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피이다.

✕. H₂O(l)의 생성 엔탈피는 H₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) → H₂O(l) 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 H₂O(l)의 생성 엔탈피는 -285.8 kJ/mol이다.

㉠. 2H₂(g) + O₂(g) → 2H₂O(g) 반응의 반응 엔탈피는 -483.6 kJ이므로 H₂O(g)의 생성 엔탈피는 -241.8 kJ/mol이다.

㉢. 2H₂O(l) → 2H₂O(g) 반응의 반응 엔탈피는 88 kJ이므로 H₂O(l) → H₂O(g) 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 44 kJ이다.

02 열화학 반응식

화학 반응식과 반응 엔탈피를 함께 나타낸 식을 열화학 반응식이라고 한다.

㉠. C 6 g(0.5 mol)이 완전 연소될 때 197 kJ의 열이 방출되므로 C 1 mol이 완전 연소될 때는 394 kJ의 열이 방출된다. 따라서 $x = -394$ 이다.

㉡. 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이므로 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피보다 크다. 따라서 C(s, 흑연) 1 mol과 O₂(g) 1 mol의 엔탈피 합은 CO₂(g) 1 mol의 엔탈피보다 크다.

✕. 생성 엔탈피는 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피이므로 CO₂(g)의 생성 엔탈피는 x kJ/mol이다.

03 반응 엔탈피

반응 엔탈피는 화학 반응이 일어날 때 엔탈피 변화 값으로, 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이다.

㉠. 2NO(g) → N₂(g) + O₂(g) 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이므로 이 반응은 발열 반응이다. 따라서 반응물의 엔탈피는 생성물의 엔탈피 합보다 크다.

✕. 발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 주위로 열을 방출하므로 주위의 온도는 올라간다.

✕. NO(g)의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}$ N₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) → NO(g) 반응의 반응 엔탈피이므로 NO(g)의 생성 엔탈피는 90 kJ/mol이다.

04 열화학 반응식

열화학 반응식은 같은 화학 반응이라도 반응 계수에 따라 반응 엔탈피가 달라지고, 역반응의 엔탈피 변화는 정반응의 엔탈피 변화와 크기는 같고 부호는 반대이다.

✕. 생성 엔탈피는 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피이므로 CH₄(g)의 생성 엔탈피를 나타내는 반응의 열화학 반응식은 C(s, 흑연) + 2H₂(g) → CH₄(g) ΔH 이다.

✕. CH₄(g)과 CH₃OH(g) 각각 1 mol을 완전 연소시킬 때 방출하는 열량의 비는 CH₄(g) : CH₃OH(g) = 891 : $\frac{1453}{2}$ = 1782 : 1453이므로 방출하는 열량은 CH₄(g)이 CH₃OH(g)보다 크다.

㉢. CH₄(g)과 CH₃OH(g) 각각 1 g을 완전 연소시킬 때 방출하는 열량의 비는 CH₄(g) : CH₃OH(g) = $\frac{891}{16}$: $\frac{1453}{2 \times 32}$ = 3564 : 1453이므로 방출하는 열량은 CH₄(g)이 CH₃OH(g)보다 크다.

05 엔탈피 변화

화학 반응이 일어날 때 엔탈피가 증가하면 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크고, 엔탈피가 감소하면 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다.

㉠. H₂O(g)의 생성 엔탈피는 H₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) → H₂O(g) 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 H₂O(g)의 생성 엔탈피는 $-\frac{483.6}{2}$ kJ/mol = -241.8 kJ/mol이다.

✕. H₂O₂(l)의 생성 엔탈피는 H₂(g) + O₂(g) → H₂O₂(l) 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 H₂O₂(l)의 생성 엔탈피는 -(136 + 52) kJ/mol = -188 kJ/mol이다.

㉢. 2H₂O(g) → H₂O₂(l) + H₂(g) 반응의 반응 엔탈피는 (483.6 - 136 - 52) kJ = 295.6 kJ이다.

06 엔탈피와 열화학 반응식

화학 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이면 발열 반응이고, 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이면 흡열 반응이다.

㉠. (가)와 (나)는 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이므로 모두 흡열 반응이다.

㉡. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{571.6}{2} \text{ kJ/mol} = -285.8 \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢. $\text{H}_2(g)$ 1 mol이 생성될 때 출입하는 열에너지의 비는 (가) : (나) $= \frac{571.6}{2} : \frac{206}{4} = 285.8 : 51.5$ 이므로 (가)가 (나)보다 크다.

07 엔탈피와 열화학 반응식

일정한 온도와 압력에서 물질이 가지는 고유한 에너지를 엔탈피라고 한다.

㉠. (가)와 (나) 모두 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이므로 흡열 반응이고, 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피보다 작다.

㉡. $\text{NO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{180}{2} \text{ kJ/mol} = 90 \text{ kJ/mol}$ 이고,

$\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{68}{2} \text{ kJ/mol} = 34 \text{ kJ/mol}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{NO}(g)$ 가 $\text{NO}_2(g)$ 보다 크다.

㉢. 반응 엔탈피는 반응에 참여한 반응물과 생성물의 양에 비례하므로 $\text{NO}_2(g) \longrightarrow \frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\frac{1}{2} \times (-58 \text{ kJ}) = -29 \text{ kJ}$ 이다.

08 간이 열량계를 이용한 반응 엔탈피(ΔH) 측정

$\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 중화 반응할 때 반응열(Q)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$Q = c \times m \times \Delta t$ (c : 용액의 비열, m : 용액의 질량, Δt : 용액의 온도 변화)

1 M $\text{HCl}(aq)$ 과 1 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 각각 100 mL이고, 밀도는 각각 1 g/mL이므로 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 질량은 각각 100 g이다. 따라서 혼합 용액의 질량(m)은 200 g이고, 용액의 온도 변화(Δt)는 $(t_2 - t_1)^\circ\text{C} = (28 - 25)^\circ\text{C} = 3^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 1 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL와 1 M $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL가 중화 반응할 때 방출하는 열량 $Q = c \text{ J/(g} \cdot ^\circ\text{C)} \times 200 \text{ g} \times (t_2 - t_1)^\circ\text{C} = 200c \times 3 \text{ J} = 0.6c \text{ kJ}$ 이다.

HCl 과 NaOH 각각 1 M \times 0.1 L = 0.1 mol이 중화 반응할 때 방출하는 열량이 0.6c kJ이므로 HCl 과 NaOH 각각 1 mol이 중화 반응할 때 방출하는 열량은 6c kJ이다. 또한 중화 반응은 발열 반응이므로 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다. 따라서 $\Delta H = -6c \text{ kJ}$ 이고, $x = -6c$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 44~45쪽

01 ③

02 ④

03 ①

04 ⑤

01 생성 엔탈피

물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 생성될 때의 반응 엔탈피를 생성 엔탈피(kJ/mol)라고 한다.

㉠. $\text{SO}_2(g)$ 2 mol과 $\text{O}_2(g)$ 1 mol의 엔탈피 합은 $\text{SO}_3(g)$ 2 mol의 엔탈피보다 $b \text{ kJ}$ 만큼 크다.

㉡. $\text{SO}_3(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{S}(s, \text{사방황}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_3(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{SO}_3(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{a}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢. $2\text{SO}_2(g) \longrightarrow 2\text{S}(s, \text{사방황}) + 2\text{O}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $(a - b) \text{ kJ}$ 이므로 $\text{SO}_2(g) \longrightarrow \text{S}(s, \text{사방황}) + \text{O}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\frac{a - b}{2} \text{ kJ}$ 이다.

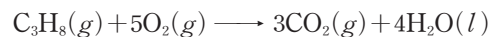
02 반응 엔탈피

반응 엔탈피는 화학 반응이 일어날 때 엔탈피 변화 값으로, 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이다.

㉠. $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피는 $3\text{C}(s, \text{흑연}) + 4\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-a \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉡. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{b}{3} \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢. $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 1 mol이 완전 연소하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 이 반응의 반응 엔탈피는 $(a - b - c) \text{ kJ}$ 이다.

03 생성 엔탈피

생성 엔탈피는 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 생성될 때의 반응 엔탈피이다.

㉠. 발열 반응은 $\Delta H < 0$ 이므로 발열 반응은 (가)와 (나) 2가지이다.

㉡. $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{c}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢. $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{b}{2} \text{ kJ/mol}$ 이고, $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $a \text{ kJ/mol}$ 이다. $a < b < 0$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{CO}(g)$ 가 $\text{CO}_2(g)$ 보다 크다.

04 반응 엔탈피

반응 엔탈피(ΔH)는 반응이 일어날 때 엔탈피 변화로 $\Delta H < 0$ 이면 발열 반응이고, $\Delta H > 0$ 이면 흡열 반응이다.

㉠. A(s)가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이므로 $t_1 > 20$ 이고, B(s)가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이므로 $t_2 < 20$ 이다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

㉡. 고체 1 mol이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 반응 엔탈피 (ΔH)에 비례하므로 물에 용해될 때 출입하는 열량의 비는 A(s) : B(s) = 45 : 25 = 9 : 5이다.

㉢. 고체의 용해 반응에서 출입하는 열량(Q)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q = c \times m \times \Delta t$$

(c : 용액의 비열, m : 용액의 질량, Δt : 용액의 온도 변화)

(가)와 (나)에서 A(aq)과 B(aq)의 비열(c)과 질량(m)은 같으므로 수용액의 온도 변화는 고체 1g당 출입하는 열량(Q), 즉 고체 1g당 반응 엔탈피(ΔH)에 비례한다. 화학식량은 B가 A의 2배이므로 (가)와 (나)에서 수용액의 온도 변화의 비는 A(aq) : B(aq) = 45 : $\frac{25}{2}$ = 18 : 5이다.

테마
06

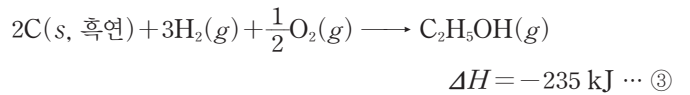
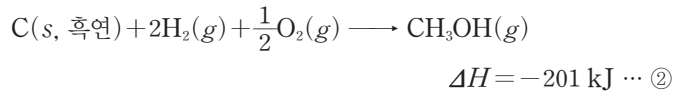
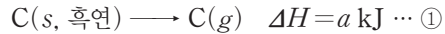
결합 에너지와 헤스 법칙

얕은 풀 문제로 유형 익히기

본문 48쪽

정답 ①

생성 엔탈피를 이용하여 C(g), CH₃OH(g), C₂H₅OH(g) 각각 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 생성될 때의 열화학 반응식을 나타내면 다음과 같다.



식 ③ - ② - ①을 하면 C(g) + H₂(g) + CH₃OH(g) → C₂H₅OH(g) 이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피(kJ)는 -235 - (-201) - a = -34 - a이다. 또한 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같으므로 -34 - a = d + 3c - (b + 5c)이고, -b - 2c + d = -a - 34이다.

수능 2점 테스트

본문 49~50쪽

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

01 결합 에너지와 반응 엔탈피

기체 반응에서 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 합에서 생성물의 결합 에너지 합을 뺀 값과 같다.

㉠. NH₃(g)의 생성 엔탈피는 -46 kJ/mol이므로 NH₃(g) 2 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피 $\Delta H = -92$ kJ이고, a = -92이다.

✕. H₂(g)의 결합 에너지가 436 kJ/mol이므로 H₂(g) → 2H(g) 반응의 반응 엔탈피는 436 kJ/mol이고, $\frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow H(g)$ 반응의 반응 엔탈피, 즉 H(g)의 생성 엔탈피는 $\frac{436}{2}$ kJ/mol = 218 kJ/mol이다.

㉢. N₂(g) + 3H₂(g) → 2NH₃(g) 반응의 반응 엔탈피는 (N≡N의 결합 에너지) + 3 × (H-H의 결합 에너지) - 6 × (N-H의 결합 에너지)와 같으므로 x + 3 × 436 - 6 × 391 = -92이다. 따라서 x = 946이다.

02 헤스 법칙

화학 반응이 일어날 때 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피의 총합은 일정하다.

㉠. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g)$ 반응이 일어날 때 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $a \text{ kJ/mol}$ 이다.

✕. $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}(g)$ 반응이 일어날 때 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{b}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

✕. 주어진 열화학 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.
 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ} \dots \text{①}$
 $2\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ} \dots \text{②}$
 $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ} \dots \text{③}$
 식 ③ = 2 × ① + ②이므로 헤스 법칙에 의해 $c = 2a + b$ 이다.

03 생성 엔탈피와 헤스 법칙

생성 엔탈피는 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피이다. $\text{NH}_3(g)$ 와 $\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피 자료를 이용하여 다음과 같이 열화학 반응식을 나타낼 수 있다.

$\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = 2a \text{ kJ} \dots \text{①}$
 $\text{N}_2(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ} \dots \text{②}$
 식 ② - ①을 하면, $2\text{NH}_3(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H = (b - 2a) \text{ kJ}$ 이므로 $x = b - 2a$ 이다.

04 결합 에너지와 반응 엔탈피

$\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 1 mol이 생성될 때의 엔탈피 변화이다.

$\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = 44 \text{ kJ} \dots \text{①}$
 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = x \text{ kJ} \dots \text{②}$
 식 ①과 ②를 더하면 다음과 같다.
 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = (44 + x) \text{ kJ}$

또한 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지의 합에서 생성물의 결합 에너지의 합을 빼서 구할 수 있으므로 $a + \frac{b}{2} - 2c = 44 + x$ 이고, $x = a + \frac{b}{2} - 2c - 44$ 이다.

05 결합 에너지와 반응 엔탈피

엔탈피 변화 그림에서 생성물의 엔탈피 합이 반응물의 엔탈피 합보다 크면 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크고, 생성물의 엔탈피 합이 반응물의 엔탈피 합보다 작으면 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다.

㉠. $2\text{HBr}(g) \longrightarrow 2\text{H}(g) + 2\text{Br}(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\text{H}-\text{Br}$ 의 결합 에너지의 2배와 같다. 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = x \text{ kJ}$ 이고, $\text{H}-\text{Br}$ 의 결합 에너지가 366 kJ/mol 이므로 $x = 2 \times 366 = 732$ 이다.

㉡. $\text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}(g) + 2\text{Br}(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지와 $\text{Br}-\text{Br}$ 의 결합 에너지의 합과 같다. 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = 630 \text{ kJ}$ 이고, $\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지가

436 kJ/mol 이므로 $\text{Br}-\text{Br}$ 의 결합 에너지(kJ/mol) $y = 630 - 436 = 194$ 이다.

✕. 25°C , 1 atm 에서 Br_2 의 가장 안정한 상태는 $\text{Br}_2(l)$ 이므로 $\text{HBr}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{Br}_2(l) \longrightarrow \text{HBr}(g)$ 반응이 일어날 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다. 따라서 $\Delta H = \frac{1}{2}(31 \text{ kJ} + 630 \text{ kJ} - 732 \text{ kJ}) = -35.5 \text{ kJ}$ 이고, $\text{HBr}(g)$ 의 생성 엔탈피는 -35.5 kJ/mol 이다.

06 헤스 법칙

주어진 열화학 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$\text{N}_2\text{H}_4(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = a \text{ kJ} \dots \text{①}$
 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = b \text{ kJ} \dots \text{②}$
 $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ} \dots \text{③}$

$\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{N}_2(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4(g)$ 반응의 반응 엔탈피와 같으므로 $\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 를 생성하는 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

$\text{N}_2(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4(g) \quad \Delta H = x \text{ kJ}$
 이 열화학 반응식은 식 ② - ① + 2 × ③과 같으므로 헤스 법칙에 의해 $x = -a + b + 2c$ 이다.

07 생성 엔탈피와 반응 엔탈피

물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서부터 생성될 때의 반응 엔탈피를 생성 엔탈피(kJ/mol)라고 한다.

㉠. $\text{C}(s)$ 의 가장 안정한 상태는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이므로 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -394 kJ/mol 이다.

㉡. $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 보다 엔탈피가 크므로 $\text{C}(s, \text{흑연}) \longrightarrow \text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 반응은 흡열 반응이고 반응 엔탈피는 2 kJ 이다.

㉢. $\text{C}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) \longrightarrow \text{C}(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이므로 $\text{C}(s, \text{흑연}) \longrightarrow \text{C}(g)$ 의 반응 엔탈피는 $715 \text{ kJ} + 2 \text{ kJ} = 717 \text{ kJ}$ 이고, 생성 엔탈피는 717 kJ/mol 이다.

08 결합 에너지와 생성 엔탈피

주어진 열화학 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$\text{F}_2(g) + 2\text{HCl}(g) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2\text{HF}(g) \quad \Delta H = -362 \text{ kJ} \dots \text{①}$
 $\text{HF}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{F}_2(g) \longrightarrow \text{HF}(g)$ 반응의 반응 엔탈피와 같다. 위 반응을 2배로 하여 열화학 반응식을 나타내면 다음과 같다.

$\text{H}_2(g) + \text{F}_2(g) \longrightarrow 2\text{HF}(g) \quad \Delta H = 2x \text{ kJ} \dots \text{②}$
 식 ② - ①을 하면,

$\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow 2\text{HCl}(g) \quad \Delta H = (2x + 362) \text{ kJ}$ 이 된다.
 또한 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지의 합에서 생성물의 결합 에너지의 합을 빼서 구할 수 있으므로 $436 + 242 - 2 \times 432 = 2x + 362$ 이고, $x = -274$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 51~52쪽

01 ⑤

02 ①

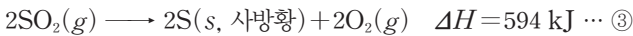
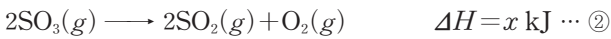
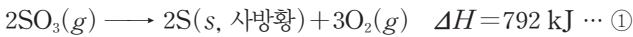
03 ②

04 ②

01 생성 엔탈피와 헤스 법칙

물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 생성될 때의 반응 엔탈피를 생성 엔탈피(kJ/mol)라고 한다.

㉠ 주어진 자료를 열화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



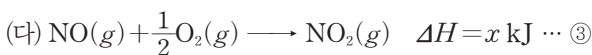
식 ①=②+③이므로 헤스 법칙에 의해 $792 \text{ kJ} = x \text{ kJ} + 594 \text{ kJ}$ 이고, $x = 198$ 이다.

㉡ S(s, 사방황)의 생성 엔탈피는 0이므로 S(s)의 가장 안정한 상태는 S(s, 사방황)이다. 따라서 $\text{SO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 S(s, 사방황) + $\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피와 같으므로 $\text{SO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{594}{2} \text{ kJ/mol} = -297 \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢ S(s, 단사황)은 S(s, 사방황)보다 엔탈피가 크므로 $\text{SO}_3(g)$ 1 mol이 생성될 때 방출하는 열량은 S(s, 단사황)이 S(s, 사방황)보다 크다.

02 반응 엔탈피와 헤스 법칙

(가)~(다)를 열화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



㉠ (가)와 (나)의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크므로 (가)와 (나)는 모두 흡열 반응이다.

✕ $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{68}{2} \text{ kJ/mol} = 34 \text{ kJ/mol}$ 이고,

$\text{NO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{180}{2} \text{ kJ/mol} = 90 \text{ kJ/mol}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{NO}(g)$ 가 $\text{NO}_2(g)$ 보다 크다.

✕ 식 ①=②+2×③이 성립하므로 헤스 법칙에 의해 $68 \text{ kJ} = 180 \text{ kJ} + 2x \text{ kJ}$ 이고, $x = -56$ 이다.

03 결합 에너지와 반응 엔탈피

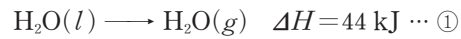
주어진 열화학 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



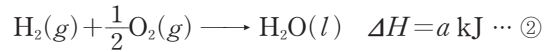
식 ①-②를 하면 $\text{N}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (x - y) \text{ kJ}$ 이다. 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지에서 생성물의 결합 에너지를 빼서 구할 수 있으므로 $a + 4c + b - 6c = x - y$ 이고, $y = x - a - b + 2c$ 이다.

04 생성 엔탈피와 결합 에너지

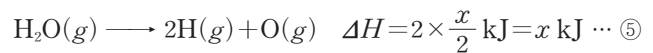
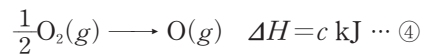
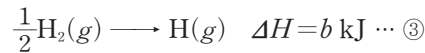
주어진 열화학 반응식은 다음과 같다.



$\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $a \text{ kJ/mol}$ 이므로 이를 열화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



식 ①+②를 하면, $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (a + 44) \text{ kJ}$ 이다. 또한 H(g)와 O(g)의 생성 엔탈피는 각각 $b \text{ kJ/mol}$, $c \text{ kJ/mol}$ 이고, O-H의 결합 에너지는 $\frac{x}{2} \text{ kJ/mol}$ 이므로 이를 이용하여 열화학 반응식을 나타내면 다음과 같다.



식 ③×2+④-⑤를 하면 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 이 되고, 헤스 법칙에 의해 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (2b + c - x) \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $2b + c - x = a + 44$ 이고, $x = -a + 2b + c - 44$ 이다.

테마
07

화학 평형과 평형 상수

답은 풀 문제로 유형 익히기 본문 54쪽

정답 ②

✕. 온도가 같을 때 평형 상수(K)는 같으므로 평형 상태 I과 II에서 K는 같다.

㉠. 초기 상태에서 질량비는 (가)에서 $N_2O_4(g) : NO_2(g) = 1 : 2$, (나)에서 $N_2O_4(g) : NO_2(g) = 3 : 1$ 이고, 분자량비는 $N_2O_4 : NO_2 = 2 : 1$ 이므로 (가)에서 몰비는 $N_2O_4(g) : NO_2(g) = 1 : 4$, (나)에서 몰비는 $N_2O_4(g) : NO_2(g) = 3 : 2$ 이다. (가)에서 $N_2O_4(g)$ 와 $NO_2(g)$ 의 양(mol)을 각각 $n, 4n$ 이라 하고, (나)에서 $N_2O_4(g)$ 와 $NO_2(g)$ 의 양(mol)을 각각 $3m, 2m$ 이라 하면

$$\frac{\text{(나)에서의 반응 지수}(Q)}{\text{(가)에서의 반응 지수}(Q)} = \frac{\frac{\frac{3m}{2V}}{\left(\frac{2m}{2V}\right)^2}}{\frac{n}{V} \left(\frac{4n}{V}\right)^2} = 12 \text{이므로 } m = 2n \text{이다.}$$

라서 (가)와 (나)에서 $NO_2(g)$ 의 양(mol)은 같다.

✕. (가)에서 정반응이, (나)에서 역반응이 우세하게 진행되어 도달한 평형 상태 I과 II는 (가)와 (나)에서 $N_2O_4(g)$ 가 모두 $NO_2(g)$ 로 존재한다고 가정한 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 도달한 평형 상태와 같고, (가)와 (나)에서 $NO_2(g)$ 만 존재하는 초기 상태는 다음과 같다.

(가)	$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$	
반응 전(mol)	$4n$	n
반응(mol)	$+2n$	$-n$
반응 후(mol)	$6n$	0

(나)	$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$	
반응 전(mol)	$4n$	$6n$
반응(mol)	$+12n$	$-6n$
반응 후(mol)	$16n$	0

$NO_2(g)$ 로만 존재하는 (가)와 (나)에서 몰 농도(M)비는 $\frac{6n}{V} : \frac{16n}{2V} = 3 : 4$ 이므로, 평형 상태 I과 II에 도달하였을 때 $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$ 는 같으나 I과 II에서 전체 기체의 양(mol)과 $N_2O_4(g)$ 의 양(mol)이 다르므로 $N_2O_4(g)$ 의 몰 분율은 서로 다르다.

수능 2점 테스트 본문 55~56쪽

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

01 반응의 진행 방향

초기 상태에서 A(g)의 양을 n mol이라 할 때, A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 B(g)의 양은 $2n$ mol이다. 온도와 부피가 일정할 때 전체 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. $\frac{P_2}{P_1} = \frac{5}{6}$ 이므로 시간 t 에서 평형 상태에 도달하였을 때 전체 기체의 양은 $\frac{5}{2}n$ mol이다. 전체 기체의 양(mol)이 감소하였으므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하였다. 이때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
초기 상태(mol)	n	$2n$
반응(mol)	$+m$	$-2m$
평형 상태(mol)	$n+m$	$2n-2m$

평형 상태에서 전체 기체의 양(mol)은 $3n - m = \frac{5}{2}n$ 이므로 $m = \frac{n}{2}$ 이고, A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{3}{2}n, n$ 이다.

따라서 시간에 따른 몰 농도(M) 상댓값 변화로 가장 적절한 것은 초기 상태에서 B(g)의 양(mol)이 A(g)의 양(mol)보다 2배 많고, 시간 t 까지 B(g)의 몰 농도(M) 감소량이 A(g)의 몰 농도(M) 증가량의 2배인 ③이다.

02 평형 상수와 반응 지수

반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크면 역반응이 우세하게 일어나고, 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으면 평형 상태이다.

✕. (가)에서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크므로 역반응이 우세하게 진행되어 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같은 평형 상태에 도달한다.

㉠. (나)는 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으므로 평형 상태이고, 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

㉡. (다)의 화학 반응식은 (가)의 화학 반응식에서 (나)의 화학 반응식을 뺀 화학 반응식이므로 평형 상수(㉡)는 (가)의 평형 상수(K)를 (나)의 평형 상수(K)로 나눈 $\frac{a}{b}$ 이다.

03 반응의 진행 방향과 평형 상수

부피와 온도가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. (가)에서 A(g)의 부분 압력이 2 atm만큼 감소할 때 B(g)와 C(g)의 부분 압력은 1 atm만큼 증가하였으므로 $a=2, b=1$ 이다.

㉡. 강철 용기의 부피를 V L라 할 때, $PV = nRT$ 에서 $\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$

이므로 $K = \frac{\frac{P_B}{RT} \times \frac{P_C}{RT}}{\left(\frac{P_A}{RT}\right)^2} = \frac{P_B \times P_C}{(P_A)^2}$ 이다. 온도가 일정할 때 (가)

와 (나)의 평형 상수(K)는 같으므로 (나)의 평형 상수(K)는 $\frac{2 \times 2}{1^2} = 4$ 이다. 따라서 $\frac{y \times y}{x^2} = 4$ 이므로 $\frac{y}{x} = 2$ 이다.

✕. (가)에서 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{1 \times 1}{3^2} = \frac{1}{9}$ 이고, (나)에서 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{1 \times 1}{4^2} = \frac{1}{16}$ 이다. (가)와 (나)에서 평형 상수(K)는 4로 같으므로 $\frac{K}{Q}$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

04 반응의 진행 방향과 평형 상수

외부 압력과 온도가 일정할 때 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다.

✕. 초기 상태인 (가)에서 전체 기체의 양이 $5n$ mol일 때 부피가 V L이므로 (나)에서 전체 기체의 양은 $6n$ mol이다. 평형 상태인 (나)에서 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $3n$ mol, $3n$ mol이다. 따라서 (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때, A(g)는 $2n$ mol이 증가하고, B(g)는 n mol이 감소하였으므로 $a=2$ 이다.

㉠. (가)에서 반응이 진행되어 (나)에 도달할 때까지 A(g)의 양(mol)은 증가하고, B(g)의 양(mol)은 감소하였으므로 역반응이 우세하게 진행된다.

㉡. (가)의 반응 지수(Q)는 $\frac{4n}{\left(\frac{n}{V}\right)^2} = \frac{4V}{n}$ 이고, 평형 상수(K)는

$$\frac{\frac{3n}{\frac{6}{5}V}}{\left(\frac{3n}{\frac{6}{5}V}\right)^2} = \frac{2V}{5n} \text{이므로 } \frac{K}{Q} = \frac{1}{10} \text{이다.}$$

05 반응 지수와 평형 상수

㉠. 초기 상태의 반응 지수(Q)가 $\frac{\left(\frac{2}{1}\right)^b \times \frac{1}{1}}{\left(\frac{2}{1}\right)^2} = 2$ 이므로 $b=3$ 이다.

✕. 초기 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이고, 꼭지를 열어 반응시킨 후 평형 상태에 도달하였을 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{13}$ 이므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하였다.

초기 상태에서 평형 상태에 도달하였을 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons 3B(g) + C(g)$		
초기 상태(mol)	2	2	1
반응(mol)	+2n	-3n	-n
평형 상태(mol)	2+2n	2-3n	1-n

B(g)의 몰 분율은 $\frac{2-3n}{5-2n} = \frac{3}{13}$ 이므로 $n = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 평형 상태에 도달한 후 A(g)의 양은 $\frac{8}{3}$ mol이다.

✕. 강철 용기 속 전체 기체의 부피는 2 L이므로 평형 상수(K)는

$$\frac{\left(\frac{1}{2}\right)^3 \times \frac{2}{2}}{\left(\frac{8}{3}\right)^2} = \frac{3}{128} \text{이다.}$$

06 평형 상태 모형

부피와 온도가 일정할 때 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. 초기 상태의 전체 기체의 양이 6 mol일 때, 전체 기체의 압력(상대압)이 3이므로 평형 상태에서 전체 기체의 양은 8 mol이다. 따라서 초기 상태에서 평형 상태에 도달하기 전까지 A(g)의 양(mol)은 줄어들고, B(g)의 양(mol)은 늘었으므로 정반응이 우세하게 진행된다.

㉡. 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
초기 상태(mol)	4	2
반응(mol)	-n	+2n
평형 상태(mol)	4-n	2+2n

전체 기체의 양(mol)은 $6+n=8$ 이므로 $n=2$ 이다. 따라서 평형 상태에서 ㉠의 A(g)와 B(g)의 양은 각각 2 mol, 6 mol이다. 따라서 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 1 : 3이다.

㉢. 강철 용기의 부피를 V L라 할 때, 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\frac{4}{V}} = \frac{1}{V}$ 이고, 평형 상수(K)는 $\frac{\left(\frac{6}{V}\right)^2}{\frac{2}{V}} = \frac{18}{V}$ 이다. 따라서 $\frac{K}{Q} = 18$ 이다.

07 반응 지수와 평형 상수

반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 A(g)가 1 mol 감소할 때, B(g)는 $\frac{1}{2}$ mol 증가하여 반응 계수비는 A : B = 2 : 1이고, $a=2$ 이다. 외부 압력과 온도가 일정할 때 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 (나)에서 평형 상태일 때 실린더 속 전체 기체의 부피는

$\frac{5}{6}V$ L이다. 따라서 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2} = \frac{V}{4}$ 이

고, 평형 상수(K)는 $\frac{\frac{3}{2}}{\left(\frac{5}{6}V\right)^2} = \frac{5V}{4}$ 이다. 따라서 $\frac{K}{Q} = 5$ 이다.

08 반응 지수와 평형 상수

반응 계수비는 반응한 기체의 몰비와 같다. (가)와 (나)에서 기체의 양(mol) 변화는 반응 계수비와 같으므로 $a : 1 : c = 1 : 1 : 2$ 이다. 따라서 $a=1, c=2$ 이다.

㉠. 평형 상수(K) > 반응 지수(Q)이므로 초기 상태에서 정반응이

우세하게 진행되어 평형 상태에 도달한다. A(g)의 양(mol)과 B(g)의 양(mol)은 (나)>(가)이므로 (가)는 평형 상태이고, (나)는 초기 상태이다.

㉠ A(g)와 B(g)가 각각 0.1 mol 감소할 때, C(g)는 0.2 mol 증가하므로 $\frac{c}{a}=2$ 이다.

㉡ 반응물의 반응 계수 합은 생성물의 반응 계수와 같다. 초기 상태에서 실린더 속 전체 기체의 부피를 V L라고 하면, 전체 기체의 양(mol)의 변화가 없으므로 평형 상태에서 실린더 속 전체 기체의 부피도 V L이다. 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{(0.1)^2}{\frac{0.3}{V} \times \frac{0.3}{V}} = \frac{1}{9}$ 이

고, 평형 상수(K)는 $\frac{(0.3)^2}{\frac{0.2}{V} \times \frac{0.2}{V}} = \frac{9}{4}$ 이므로 $\frac{K}{Q} = \frac{81}{4}$ 이다.

수능 3점 테스트 본문 57~58쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ④

01 반응 지수와 평형 상수

압력과 온도가 일정할 때 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다.

㉠ 초기 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{6+1+2} = \frac{1}{9}$ 이고, 평형 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이므로 평형 상태에 도달하기 전까지 정반응이 우세하게 진행된다.

㉡ 초기 상태에서 A(g)~C(g)의 전체 기체의 양은 9 mol이고, 꼭지를 열어 반응이 진행되어 평형 상태에 도달하였을 때, 실린더 속 기체의 부피가 V L이므로 강철 용기를 포함한 전체 부피는 2V L로 반응 전 실린더 속 기체의 부피와 같다. 따라서 평형 상태에서 전체 기체의 양도 9 mol이다. 따라서 화학 반응 전후 반응 계수 합은 같고 $a=2$ 이다.

㉢ 초기 상태에서 반응 지수(Q)는 $\frac{\frac{1}{2V} \times \frac{2}{2V}}{(\frac{6}{2V})^2} = \frac{1}{18}$ 이고, 평형

상태에 도달하였을 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 로 초기 상태인 $\frac{1}{9}$ 보다 크므로 정반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있다. 이를 토대로 초기 상태에서 꼭지를 열고 반응이 진행되어 평형 상태에 도달하였을 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
초기 상태(mol)	6	1	2
반응(mol)	$-2n$	$+n$	$+n$
평형 상태(mol)	$6-2n$	$1+n$	$2+n$

평형 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1+n}{9} = \frac{1}{3}$ 이므로 $n=2$ 이고, A(g)~C(g)의 양은 각각 2 mol, 3 mol, 4 mol이다. 평형 상수

(K)는 $\frac{\frac{3}{2V} \times \frac{4}{2V}}{(\frac{2}{2V})^2} = 3$ 이므로 $\frac{K}{Q} = 54$ 이다.

02 화학 평형

(가)의 평형 상태에서 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 A(g)의 양(mol)을 $\frac{2}{3}n$, B(g)의 양(mol)을 $\frac{n}{3}$ 이라 할 때, (가)에서 용기의 부피가

15 L이므로 평형 상수(K)는 $\frac{\frac{n}{3}}{(\frac{\frac{2}{3}n}{15})^2} = \frac{5}{4}$ 이고, $n=9$ 이다. 부피

와 온도가 일정할 때 기체의 부분 압력은 기체의 양(mol)에 비례하므로 평형 상태에서 $\frac{B(g)의\ 부분\ 압력}{A(g)의\ 부분\ 압력} = \frac{1}{2}$ 이다. (가)의 초기 상태

에서 $\frac{B(g)의\ 부분\ 압력}{A(g)의\ 부분\ 압력} = \frac{1}{4}$ 이므로 (가)의 초기 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하였음을 알 수 있다. 초기 상태에서 A(g)의 양(mol)을 $6+2m$, B(g)의 양(mol)을 $3-m$ 이라

할 때, $\frac{B(g)의\ 부분\ 압력}{A(g)의\ 부분\ 압력} = \frac{3-m}{6+2m} = \frac{1}{4}$ 이고, $m=1$ 이다. 따라서 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 8 mol, 2 mol이고, 강철 용기 (가)의 부피는 15 L이므로 (가)에서 초기 상태의 반응 지수(Q)

는 $\frac{\frac{2}{15}}{(\frac{8}{15})^2} = \frac{15}{32}$ 이다. (나)의 초기 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$

이고, 평형 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이므로 (나)의 초기 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하였음을 알 수 있다. (나)의 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
초기 상태(mol)	8	2
반응(mol)	$-2k$	$+k$
평형 상태(mol)	$8-2k$	$2+k$

평형 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2+k}{10-k} = \frac{1}{2}$ 이고, $k=2$ 이다. 따라서 A(g)와 B(g)의 양은 4 mol로 같고, 온도가 같을 때 평형 상

수(K)는 $\frac{\frac{4}{V}}{(\frac{4}{V})^2} = \frac{V}{4} = \frac{5}{4}$ 로 같으므로 $V=5$ 이고, (가)에서 반응

지수 $Q = \frac{15}{32}$ 이므로 $\frac{Q}{V} = \frac{3}{32}$ 이다.

03 반응 지수와 평형 상수

초기 상태 II는 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으므로 평형 상태이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{(\frac{x}{V})^2 \times \frac{y}{V}}{(\frac{x}{V})^2} = \frac{y}{V}$ 이다. 초기 상

태 I에서 반응 지수(Q)는 $\frac{(\frac{x}{V})^2 \times \frac{x}{V}}{(\frac{x}{V})^2} = \frac{x}{V}$ 이고, 온도가 같을 때

평형 상수(K)는 같으므로 $\frac{Q}{K} = \frac{x}{y} = \frac{1}{4}$ 이므로 $y=4x$ 이다. 초기

상태 III에서 $\frac{B(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{z}{x} = 2$ 이므로 $z=2x$ (식 ①)이

성립하고, 평형 상수(K)는 $\frac{y}{V}$ 로 같으므로 반응 지수(Q)는

$$\frac{\left(\frac{z}{V}\right)^2 \times \frac{\text{①}}{V}}{\left(\frac{x}{V}\right)^2} = \frac{3y}{2V} \text{ (식 ②)이 된다. 식 ①과 ②를 통해 ①} = \frac{3}{8}y \text{이}$$

다. 따라서 $\frac{K}{\text{①}} = \frac{y}{\frac{3}{8}y} = \frac{8}{3V}$ 이다.

04 화학 평형

압력과 온도가 일정할 때 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다. (가)에서 초기 상태 A(g)의 양이 10 mol이고, 부피가 V L이므로 (나)에서도 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양의 합은 10 mol이다. 따라서 (나)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양은 각각 6 mol, 4 mol이다. (가)에서 반응이 일어나 평형 상태에 도달하였을 때, B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

(가)	A(g) \rightleftharpoons 2B(g)	
초기 상태(mol)	10	0
반응(mol)	-n	+2n
평형 상태(mol)	10-n	2n

B(g)의 몰 분율은 $\frac{2n}{10+n} = \frac{1}{3}$ 로 $n=2$ 이다. 따라서 (가)의 평형 상태에서 전체 기체의 양은 12 mol이고, 전체 기체의 부피인 $V_1 = \frac{6}{5}V$ 이다.

(가)와 (나)의 온도는 T K로 일정하므로 평형 상수(K)는 $\frac{\left(\frac{4}{\frac{6}{5}V}\right)^2}{\frac{8}{\frac{6}{5}V}}$
 $= \frac{5}{3V}$ 로 같다.

(나)에서 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{\left(\frac{4}{V}\right)^2}{\frac{8}{3V}} = \frac{8}{3V}$ 이므로 역반응

이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하였고 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

(나)	A(g) \rightleftharpoons 2B(g)	
초기 상태(mol)	6	4
반응(mol)	+m	-2m
평형 상태(mol)	6+m	4-2m

B(g)의 몰 분율은 $\frac{4-2m}{10-m} = \frac{1}{3}$ 이고, $m = \frac{2}{5}$ 이다. 따라서 (나)의 평형 상태에서 전체 기체의 양은 $\frac{48}{5}$ mol이고, 전체 기체의 부피인 $V_2 = \frac{24}{25}V$ 이다. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} \times K = \frac{5}{6} \times \frac{24}{25} \times \frac{5}{3V} = \frac{4}{3V}$ 이다.

08

화학 평형 이동

같은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 61쪽

정답 ②

평형 상수(K)는 온도에 따라 달라진다. 부분 압력은 몰 분율과 전체 압력의 곱에 비례하므로 (나)에서 HI(g)의 몰 분율은 0.1이고, 초기 상태에서 HI(g) 3 mol과 H₂(g) 3 mol을 각각 넣고 정반응이 우세하게 진행되어 도달한 평형 상태 (가)와 (나)에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

(가)	2HI(g) \rightleftharpoons H ₂ (g) + I ₂ (g)		
초기 상태(mol)	3	3	0
반응(mol)	-2n	+n	+n
평형 상태(mol)	3-2n	3+n	n

(나)	2HI(g) \rightleftharpoons H ₂ (g) + I ₂ (g)		
초기 상태(mol)	3	3	0
반응(mol)	-2m	+m	+m
평형 상태(mol)	3-2m	3+m	m

(가)와 (나)의 HI(g)의 몰 분율은 각각 $\frac{3-2n}{6} = \frac{1}{6}$, $\frac{3-2m}{6} = \frac{1}{10}$
 이므로 $n=1$, $m=\frac{6}{5}$ 이다. 따라서 (가)의 평형 상수(K_1)는 $\frac{1}{\left(\frac{1}{1}\right)^2}$

$= 4$ 이고, (나)의 평형 상수(K_2)는 $\frac{\frac{21}{5} \times \frac{6}{5}}{\left(\frac{3}{5}\right)^2} = 14$ 이므로 $3K_1 < K_2$

이다.

(나)에서 추를 올려 압력이 증가하더라도 화학 반응 전후 반응 계수 합이 같아 평형 이동이 일어나지 않는다. 이때 온도가 높아짐에 따라 HI(g)의 몰 분율은 증가하였으므로 역반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있고, 정반응의 $\Delta H < 0$ 이다. 따라서 K_1 과 K_2 의 크기 비교와 ΔH 의 부호로 옳은 것은 ②이다.

수능 2점 테스트

본문 62~63쪽

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

01 평형 이동 법칙

㉠ 온도가 일정할 때 평형 상수(K)는 변하지 않으므로 평형 상태 I에서 평형 상수(K)는 $\frac{3^3 \times 1}{1^2} = 27$ 이다.

㉔. 평형 상수(K)는 평형 상태 II에서 I에서보다 크므로 온도를 높였을 때 정반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있다. 따라서 정반응은 흡열 반응이고, $\Delta H > 0$ 이다.

✕. II에서 He(g) 1 mol을 첨가하여도 A(g)~C(g)의 몰 농도는 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않는다.

02 온도에 따른 평형 상수

(가)와 (나)에서 온도가 T_1 K로 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

㉑. (가)와 (나)에서 평형 상수(K)는 같으므로 $\frac{4}{x^2} = \frac{1}{y^2}$ 이고, $x = 2y$ 이다.

㉒. (다)에서 평형 상수(K)는 $\frac{2}{y^2}$ 로 (나)의 2배이므로 $K_2 = 2 \times K_1$ 이다.

㉓. $\Delta H < 0$ 이므로 정반응은 발열 반응이고, 온도가 낮을수록 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하게 되므로 평형 상수(K)는 증가한다. 따라서 $T_1 > T_2$ 이다.

03 평형 이동 법칙

부피가 일정할 때 전체 기체의 압력은 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다.

초기 상태에서 A(g)의 양을 $6n$ mol이라 할 때, 평형 상태 I에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$		
초기 상태(mol)	$6n$	0	0
반응(mol)	$-2m$	$+2m$	$+m$
평형 상태 I(mol)	$6n-2m$	$2m$	m

초기 상태에서 6 atm의 A(g)의 양이 $6n$ mol이므로 I에서 전체 기체의 양(mol)은 $6n+m=8n$ 이고, $m=2n$ 이다. 따라서 I에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $4n$ mol, $2n$ mol이므로 평형 상수(K_1)는 $\frac{\left(\frac{4n}{V}\right)^2 \times \frac{2n}{V}}{\left(\frac{2n}{V}\right)^2} = \frac{8n}{V}$ 이다.

온도가 T K일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이고, 온도를 $\frac{7}{8}T$ K로 낮추면 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{7}$ 로 감소하므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형 상태 II에 도달하였고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$		
평형 상태 I(mol)	$2n$	$4n$	$2n$
반응(mol)	$+2k$	$-2k$	$-k$
평형 상태 II(mol)	$2n+2k$	$4n-2k$	$2n-k$

B(g)의 몰 분율은 $\frac{4n-2k}{8n-k} = \frac{2}{7}$ 이므로 $k=n$ 이다. 따라서 II에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n$ mol, $2n$ mol, n mol이고, II에서

평형 상수(K_2)는 $\frac{\left(\frac{2n}{V}\right)^2 \times \frac{n}{V}}{\left(\frac{4n}{V}\right)^2} = \frac{n}{4V}$ 이다. 따라서 $\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{n}{4V}}{\frac{8n}{V}} = \frac{1}{32}$ 이다.

04 온도와 압력에 따른 평형 이동

㉑. (나)에서 외부 압력을 P atm으로 증가시켰으므로 르샤틀리에 원리에 따라 기체의 양(mol)이 감소하는 역반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형 상태에 도달한다. 이때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	
평형 상태 I(mol)	$2n$	$4n$
반응(mol)	$+m$	$-2m$
평형 상태 II(mol)	$2n+m$	$4n-2m$

평형 상태 II에서 $NO_2(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{4n-2m}{6n-m} = \frac{2}{5}$ 이므로 $n=m$ 이다. 따라서 II에서 $N_2O_4(g)$ 와 $NO_2(g)$ 의 양은 각각 $3n$ mol, $2n$ mol이다.

온도가 일정할 때 외부 압력은 실린더 속 기체의 양(mol)을 부피로 나눈 값에 비례한다. 이를 토대로 $1 \text{ atm} : \frac{6n \text{ mol}}{V L} = P \text{ atm} :$

$\frac{5n \text{ mol}}{V L}$ 이고, (나)의 외부 압력(atm) $P=5$ 이다.

✕. (다)에서 외부 압력을 유지한 채 온도를 360 K로 높였을 때 평형 상태 III에서 $NO_2(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6}{7}$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있다. 따라서 정반응은 흡열 반응으로 $\Delta H > 0$ 이다.

✕. II에서 III이 될 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	
평형 상태 II(mol)	$3n$	$2n$
반응(mol)	$-k$	$+2k$
평형 상태 III(mol)	$3n-k$	$2n+2k$

$NO_2(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2n+2k}{5n+k} = \frac{6}{7}$ 이므로 $k=2n$ 이고, III에서 $N_2O_4(g)$ 와 $NO_2(g)$ 의 양은 각각 n mol, $6n$ mol이다.

압력이 일정할 때 기체의 부피는 실린더 속 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례하므로 $\frac{V}{6} : 5n \text{ mol} \times 300 \text{ K} = V_1 : 7n \text{ mol} \times 360 \text{ K}$ 로 $V_1 = \frac{7}{25}V$ 이다.

05 온도에 따른 평형 이동

반응 계수비는 반응 몰비와 같다.

㉑. (가)에서 (나)로 될 때 A(g)와 B(g)가 각각 2 mol, 1 mol 감소하고, C(g)는 2 mol 증가하였으므로 반응 계수비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이다. 따라서 $c=2$ 이다.

✕. $\Delta H < 0$ 이므로 정반응은 발열 반응이고, 온도가 낮을수록 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달한다. 평형 상태 I에서 온도를 T_2 K로 변화시켜 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태 II에 도달하였으므로 $T_1 > T_2$ 이다.

✕. 강철 용기는 부피가 변하지 않으므로 (나)에서 온도를 T_2 K로 유지하면서 He(g) 1 mol을 첨가하여도 A(g)~C(g)의 몰 농도는 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않는다.

06 평형 이동 법칙

✕. 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 평형 상태 I에 도달하는 과정을 토대로 반응 계수비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이고, $a=2$, $c=2$ 이다. 따라서 $\frac{c}{a}=1$ 이다.

㉠. 정반응이 흡열 반응일 때 온도를 높이면 정반응이 우세하게 진행되어 반응물의 농도는 감소하고, 생성물의 농도는 증가한다. 따라서 반응 시간이 t 일 때 온도를 높였다.

㉡. 평형 상태 I에서 평형 상수(K_1)는 $\frac{1 \times 2^2}{6^2} = \frac{1}{9}$ 이고, 평형 상태 II에서 평형 상수(K_2)는 $\frac{3 \times 6^2}{2^2} = 27$ 이므로 $K_1 \times K_2 = 3$ 이다.

07 온도에 따른 평형 이동과 평형 상수

부피가 일정할 때 압력은 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다. 강철 용기 속 전체 기체의 압력은 (다)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$ 배이고, (다)의 온도는 (나)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 (나)와 (다)에서 기체의 양(mol)은 같다. 따라서 (나)에서 전체 기체의 양과 C(g)의 양은 각각 21 mol, 4 mol이다.

✕. (나) → (다)에서 온도를 높였을 때 C(g)의 양(mol)은 감소하였으므로 $\Delta H < 0$ 이다.

㉠. (나)와 (다)에서 전체 기체의 양(mol)이 같으므로 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같다. 따라서 $c=2$ 이다. (나)에서 전체 기체의 양이 21 mol이고, 반응 전과 후 전체 기체의 양(mol) 변화가 없으므로 넣어 준 A(g)의 양은 15 mol이고, $n=15$ 이다.

㉡. (가)와 (나)는 온도가 같으므로 평형 상태 I과 평형 상태 II에서

평형 상수(K)는 $\frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\frac{2}{V} \times \frac{2}{V}} = 1$ 로 같다. 평형 상태 III에서 평형 상수

(K)는 $\frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\frac{17}{V} \times \frac{2}{V}} = \frac{2}{17}$ 이므로 III에서 $K = \frac{17}{1}$ = $\frac{2}{17}$ 이다.

08 온도와 압력에 따른 평형 이동

평형 상태 I에서 평형 상태 II로 반응이 진행될 때 B(g)의 몰 분율이 증가하였으므로 정반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있다.

㉠. I에서 II로 될 때 B(g)의 몰 분율이 증가했으므로 전체 기체의 양(mol)이 증가한 것이고, 이는 전체 기체의 압력이 낮아졌기 때문이다. 따라서 $P > 1$ 이다.

㉡. 평형 상수(K)는 온도에 의해서만 변하므로 온도가 동일한 I과 II에서 평형 상수는 같다. 따라서 $K_1 = K_2$ 이다.

㉢. 압력이 일정할 때 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다. II에서 A(g)와 B(g)의 양을 각각 $4n$ mol, $3n$ mol이라 할 때, III에서 B(g)의 몰 분율이 $\frac{5}{8}$ 로 증가하였으므로 정반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
평형 상태 II (mol)	$4n$	$3n$
반응(mol)	$-m$	$+2m$
평형 상태 III (mol)	$4n-m$	$3n+2m$

B(g)의 몰 분율은 $\frac{3n+2m}{7n+m} = \frac{5}{8}$ 이므로 $n=m$ 이고, III에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $3n$ mol, $5n$ mol이다.

$V_1 : V_2 = 7n \text{ mol} \times T \text{ K} : 8n \text{ mol} \times \frac{7}{6} T \text{ K}$ 이므로 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{3}$ 이다.

수능 3점 테스트					본문 64~66쪽
01 ⑤	02 ①	03 ④	04 ②	05 ③	
06 ⑤					

01 압력과 온도에 따른 평형 이동

㉠. 반응 $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 에서 분자량비는 계수비에 반비례하므로 분자량비는 A : B = 1 : 2이다. 초기 상태에서 질량비는 A : B = 4 : 1이므로 질량비를 분자량비로 나누면 기체의 몰비가 된다. 따라서 초기 상태에서 기체의 몰비는 A : B = 8 : 1이고, 초기 A(g)와 B(g)의 양을 각각 $8n$ mol, n mol이라 할 때, A(g)의 몰 분율은 $\frac{8}{9}$ 이다. (나)에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{6}P$ atm이므로 A(g)의 몰 분율도 $\frac{5}{6}$ 이고, 정반응이 우세하게 진행될 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
초기 상태(mol)	$8n$	n
반응(mol)	$-2m$	$+m$
평형 상태(mol)	$8n-2m$	$n+m$

평형 상태에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{8n-2m}{9n-m} = \frac{5}{6}$ 이므로 $m = \frac{3}{7}n$ 이다.

온도가 일정할 때 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하고 전체 기체의 부피에 반비례하므로 $1 \text{ atm} : \frac{9n \text{ mol}}{6VL} = P \text{ atm}$

$:\frac{60}{7}n \text{ mol} : \frac{40}{7}n \text{ mol}$ 이고, $P = \frac{40}{7}$ 이다.

㉡. (나)에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{6}$ 이고, 온도를 T_2 K로 변화시켜 새로운 평형 상태인 (다)에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되었다. 정반응이 발열 반응이므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉢. (나)에서 온도를 T_2 K로 변화시켰을 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$$

(나)의 평형 상태(mol)	$\frac{50}{7}n$	$\frac{10}{7}n$
반응(mol)	$-2k$	$+k$

(다)의 평형 상태(mol)	$\frac{50}{7}n-2k$	$\frac{10}{7}n+k$
-----------------	--------------------	-------------------

(다)의 평형 상태에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{10}{7}n+k}{\frac{60}{7}n-k} = \frac{2}{5}$ 이므로 $k = \frac{10}{7}n$ 이다.

따라서 T_1 K에서의 K 는 $\frac{\frac{10}{7}n}{\left(\frac{50}{7}n\right)^2} = \frac{7V}{250n}$ 이고,

T_2 K에서의 K 는 $\frac{\frac{20}{7}n}{\left(\frac{30}{7}n\right)^2} = \frac{7V}{45n}$ 이므로 $\frac{T_2 \text{ K에서의 } K}{T_1 \text{ K에서의 } K} = \frac{50}{9}$ 이다.

02 온도에 따른 평형 이동

초기 상태에서 B(g)와 C(g)의 질량비는 B : C = 2 : 15이고, 분자량비는 B : C = 2 : 5이므로 기체의 몰비는 B : C = 1 : 3이다. 초기 상태에서 B(g)의 양을 n mol, C(g)의 양을 $3n$ mol이라 할 때, 평형 상태 I에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이므로 역반응이 우세하게 진행되었음을 알 수 있고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$$

초기 상태(mol)	0	n	$3n$
반응(mol)	$+2m$	$+m$	$-2m$

평형 상태 I (mol)	$2m$	$n+m$	$3n-2m$
---------------	------	-------	---------

C(g)의 몰 분율은 $\frac{3n-2m}{4n+m} = \frac{1}{5}$ 이므로 $n=m$ 이다. 따라서 I에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $2n$ mol, n mol이고, B(g)와 C(g)의 질량은 각각 $4w$ g, $5w$ g이고, A(g)의 질량은 질량 보존 법칙에 따라 $8w$ g이다. 따라서 I에서 $\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}} = \frac{4w}{8w} = \frac{1}{2}$ 이다.

질량이 일정할 때 밀도는 부피에 반비례하므로 전체 기체의 부피는 평형 상태 II에서가 I에서의 $\frac{23}{30}$ 배이다.

전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례하고, 온도에 반비례하므로 II에서 전체 기체의 양은 $5n \text{ mol} \times \frac{23}{30} \times \frac{27}{23} = \frac{9}{2}n$ mol이다. I에서 전체 기체의 양은 $5n$ mol이고, II에서 전체 기체의 양은 $\frac{9}{2}n$ mol이므로 전체 분자 수가 줄어드는 정반응이 우세하게 진행되었음을 알

수 있다. 이를 토대로 I에서 II의 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$$

평형 상태 I (mol)	$2n$	$2n$	n
반응(mol)	$-2k$	$-k$	$+2k$

평형 상태 II (mol)	$2n-2k$	$2n-k$	$n+2k$
----------------	---------	--------	--------

전체 기체의 양(mol)은 $5n-k = \frac{9}{2}n$ 이므로 $k = \frac{n}{2}$ 이고, A(g)~C(g)의 질량은 각각 $4w$ g, $3w$ g, $10w$ g이다. 따라서 I과 II에서 $\frac{B(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}$ 은 각각 $\frac{1}{2}(=x)$, $\frac{3}{4}(=y)$ 이므로 $\frac{y}{x} = \frac{3}{2}$ 이다.

03 몰 분율과 온도에 따른 평형 이동

부피가 일정한 강철 용기에서 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다.

X. 온도가 증가할수록 평형 상태에서 A(g)의 몰 분율은 감소하므로 정반응이 우세하게 진행되었다. 따라서 정반응은 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이다.

㉠. ㉠에서 A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$$

초기 상태(mol)	n	0	0
반응(mol)	$-2m$	$+2m$	$+m$

㉠의 평형 상태(mol)	$n-2m$	$2m$	m
---------------	--------	------	-----

A(g)의 몰 분율은 $\frac{n-2m}{n+m} = \frac{1}{2}$ 이므로 $m = \frac{1}{5}n$ 이다.

A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{3}{5}n$ mol, $\frac{2}{5}n$ mol, $\frac{n}{5}$ mol이므로 평

형 상수(K)는 $\frac{\left(\frac{2}{5}n\right)^2 \times \frac{n}{5}}{\left(\frac{3}{5}n\right)^2} = \frac{4n}{45V}$ 이다.

㉡. 기체 상수를 R이라고 하면 ㉡에서 전체 기체의 압력(atm)은 $\frac{6}{5}n \text{ mol} \times R \times 400 \text{ K} = \frac{480nR}{VL}$ 이고,

㉠에서 용기 속 전체 기체의 압력(atm) = $\frac{16}{11}$ 을 만족하는 ㉠에서

㉠에서 용기 속 전체 기체의 압력(atm)은 $\frac{330nR}{V}$ 이다. ㉠에서 온도는 300 K이므로 전체 기체의 양은 $\frac{11}{10}n$ mol이다. 이를 토대로 ㉠에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$$

초기 상태(mol)	n	0	0
반응(mol)	$-2k$	$+2k$	$+k$

㉠의 평형 상태(mol)	$n-2k$	$2k$	k
---------------	--------	------	-----

전체 기체의 양은 $n+k=\frac{11}{10}n$ 이므로 $k=\frac{n}{10}$ 이고, A(g)의 몰 분율 $x=\frac{\frac{8}{10}n}{\frac{11}{10}n}=\frac{8}{11}$ 이다.

04 온도에 따른 평형 이동

부피가 일정한 강철 용기에서 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다.

✕. 평형 상태 I에서 온도를 높여 평형 상태 II가 되었을 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 에서 $\frac{1}{7}$ 로 감소하였으므로 정반응이 우세하게 진행되었다. 정반응은 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이다.

㉠. 평형 상태 I과 III에서 A(g)의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{5}, \frac{1}{2}$ 이므로 I에서 III이 될 때 역반응이 우세하게 진행되었고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
평형 상태 I (mol)	n	2n	2n
반응(mol)	+m	-m	-m
평형 상태 III (mol)	n+m	2n-m	2n-m

A(g)의 몰 분율은 $\frac{n+m}{5n-m}=\frac{1}{2}$ 이므로 $n=m$ 이다.

III에서 전체 기체의 압력(atm) = $\frac{4n \text{ mol} \times xT}{5n \text{ mol} \times T} = \frac{2}{3}$ 이므로 $x=\frac{5}{6}$ 이다.

✕. I에서 II가 될 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
평형 상태 I (mol)	n	2n	2n
반응(mol)	-k	+k	+k
평형 상태 II (mol)	n-k	2n+k	2n+k

A(g)의 몰 분율은 $\frac{n-k}{5n+k}=\frac{1}{7}$ 이므로 $k=\frac{n}{4}$ 이다.

II에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{3}{4}n \text{ mol}, \frac{9}{4}n \text{ mol}, \frac{9}{4}n \text{ mol}$ 이

고, 평형 상수(K)는 $\frac{\frac{9}{4}n \times \frac{9}{4}n}{\frac{3}{4}n} = \frac{27n}{4V}$ 이다.

III에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n \text{ mol}, n \text{ mol}, n \text{ mol}$ 이고, 평형

상수(K)는 $\frac{\frac{n}{V} \times \frac{n}{V}}{\frac{2n}{V}} = \frac{n}{2V}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{III에서 } K}{\text{II에서 } K} = \frac{2}{27}$ 이다.

05 비활성 기체와 온도에 따른 평형 이동

반응 $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에서 분자량비는 계수비에 반비례하므로 분자량비는 A : B = 2 : 1이다. 실린더와 강철 용기 속 A(g)와 B(g)의 질량은 각각 $2w \text{ g}, w \text{ g}$ 이므로 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 몰비는 A : B = $\frac{2w}{2} : \frac{w}{1} = 1 : 1$ 이다. 초기 상태에서 실린더 속

He(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이므로 A(g)의 양은 4 mol이고, B(g)의 양도 4 mol이다. 평형 상태 I에서 He(g) 1 mol을 포함한 A(g)의 몰 분율이 $\frac{3}{10}$ 이므로 초기 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 I에 도달하였음을 알 수 있다. 초기 상태에서 I로의 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
초기 상태(mol)	4	4
반응(mol)	-n	+2n
평형 상태 I (mol)	4-n	4+2n

I에서 He(g) 1 mol을 포함한 A(g)의 몰 분율은 $\frac{4-n}{9+2n}=\frac{3}{10}$ 이

므로 $n=1$ 이다. 따라서 I에서 평형 상수(K)는 $\frac{(\frac{6}{3V})^2}{\frac{3}{3V}} = \frac{4}{V}$ 이고,

$\frac{\text{II에서 } K}{\text{I에서 } K} = 2$ 이므로 II에서 K는 $\frac{8}{V}$ 이다.

㉠. K는 $T_2 \text{ K}$ 일 때가 $T_1 \text{ K}$ 일 때보다 크므로 온도를 높이면 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 정반응이 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이다.

✕. I에서 II로 정반응이 우세하게 진행되었을 때 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
평형 상태 I (mol)	3	6
반응(mol)	-m	+2m
평형 상태 II (mol)	3-m	6+2m

II에서 He(g) 1 mol을 포함한 A(g)의 몰 분율은 $\frac{3-m}{10+m}=\frac{2}{11}$ 이므로 $m=1$ 이다.

실린더 속 부피와 강철 용기의 부피를 합한 전체 부피를 y L라 할 때,

II에서 평형 상수(K)는 $\frac{(\frac{8}{y})^2}{\frac{2}{y}} = \frac{8}{V}$ 이므로 $y=4V$ 이다. 따라서 실

린더 속 기체의 부피인 x L는 강철 용기의 부피 V L를 제외한 3V L이다. 강철 용기의 부피는 V L로 일정하므로 실린더 속 기체의 부피인 $x=3V$ 이다.

㉠. II에서 실린더에 Ne(g)을 1 mol 첨가하면 실린더 속 기체의 부피가 증가하여 A(g)와 B(g)의 부분 압력은 감소하므로 전체 분자 수가 증가하는 방향인 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형 상태에 도달한다.

06 온도에 따른 평형 이동

압력과 온도가 일정할 때 실린더 속 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다.

㉠. 초기 상태와 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I에서 반응 전과 후 기체의 부피가 같으므로 전체 기체의 양(mol)은 동일하다. 감소한 A(g)의 양과 증가한 B(g), C(g)의 양이 같으므로 $a=2$ 이다.

㉔. 압력과 전체 기체의 양(mol)이 일정할 때 실린더 속 기체의 부

피는 온도에 비례하므로 $\frac{8V}{V} = \frac{T_2}{T_1}$ 이고, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{9}$ 이다.

㉕. I에서 A(g)의 몰 분율이 $\frac{3}{5}$ 이므로 전체 분자 수를 $5n$ mol이라 할 때, A(g)~C(g)의 양은 각각 $3n$ mol, n mol, n mol이고, II에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $\frac{3}{2}n$ mol, $\frac{3}{2}n$ mol이다.

I에서 평형 상수(K_1)는 $\frac{\frac{n}{V} \times \frac{n}{V}}{\left(\frac{3n}{V}\right)^2} = \frac{1}{9}$ 이고, II에서 평형 상수(K_2)

$$\text{는 } \frac{\frac{\frac{3}{2}n}{\frac{8V}}{9} \times \frac{\frac{3}{2}n}{\frac{8V}}{9}}{\left(\frac{2n}{\frac{8V}}{9}\right)^2} = \frac{9}{16} \text{이다. 따라서 } K_1 \times K_2 = \frac{1}{16} \text{이다.}$$

09 상평형

답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 68쪽

정답 ③

㉑. 평형 상태 I과 II에서 온도는 $t_1^\circ\text{C}$ 로 동일하므로 II에서 실린더 속 기체의 압력은 1 atm이다. 따라서 II는 B이다.

✕. 압력과 온도가 동일할 때 전체 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 단위 부피당 $\text{CO}_2(\text{g})$ 의 양(mol)은 I에서와 II에서가 같다.

㉒. III에서 온도를 일정하게 유지하면서 추를 제거하여 충분한 시간이 흐른 후 실린더 속 내부 압력이 1 atm으로 낮아지므로 액체가 기화한다. 따라서 CO_2 의 안정한 상은 기체이다.

수능 2점 테스트

본문 69~70쪽

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

01 상평형

- ㉑. ①은 고체, 액체, 기체가 안정한 상으로 존재하는 삼중점이다.
 ㉒. 0°C , 1 atm은 삼중점보다 온도가 높고 압력은 낮으므로 0°C , 1 atm에서 X의 안정한 상은 기체이다.
 ㉓. 어는점은 고체와 액체가 공존하는 온도로 X의 상평형 그림에서 압력이 커질수록 어는점은 높아진다.

02 H₂O의 상평형

- ㉑. $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 액체와 기체가 안정한 상이므로 $t_1^\circ\text{C}$ 는 삼중점의 온도인 0.0098°C 보다 높다.
 ㉒. $t_1^\circ\text{C}$ 에서 $t_2^\circ\text{C}$ 로 온도를 높여 새로운 평형에 도달하였을 때 H_2O 의 안정한 상의 수는 2이므로 $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 H_2O 의 안정한 상은 액체와 기체이다. $t_2 > t_1$ 이므로 $P_2 > P_1$ 이다.
 ✕. (나)의 평형 상태에서 온도를 유지한 채 압력을 낮추었을 때 안정한 상은 기체이다.

03 H₂O의 상평형

- ㉑. (가)는 고체 상태와 기체 상태가 평형을 이루고 있는 상태이므로 P atm은 삼중점의 압력보다 낮다. 따라서 $P < 1$ 이다.
 ㉒. P atm에서 고체 상태와 기체 상태가 평형을 이루고 있는 온도는 삼중점의 온도보다 낮으므로 $T_2 > T_1$ 이다.
 ㉓. P atm은 삼중점의 압력보다 낮고, $T_2 > T_1$ 이므로 T_2 K, P atm에서 H_2O 의 안정한 상은 기체이다.

04 상평형

$(T-a)^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 X의 안정한 상은 3가지이므로 $(T-a)^{\circ}\text{C}$, P_1 atm은 삼중점의 온도와 압력이다.

㉠. $a>0, b>0$ 이므로 X의 안정한 상은 $T^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 기체이고, $(T-b)^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 고체이다. 따라서 ㉠은 기체, ㉡은 고체, ㉢은 액체이다.

㉣. $T^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 X의 안정한 상은 액체와 기체이므로 P_2 atm은 삼중점의 압력보다 높다. 따라서 $P_2>P_1$ 이다.

㉤. $(T-a)^{\circ}\text{C}$, P_1 atm은 삼중점의 온도와 압력이고, $P_2>P_1$ 이며, $(T-a)^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 X의 안정한 상은 고체이다.

05 증기 압력과 상평형

동일한 온도에서 증기 압력은 A가 B보다 크다.

㉠. P atm에서 $t_1^{\circ}\text{C}$ 일 때, B의 안정한 상은 액체와 기체이다. 증기 압력은 A가 B보다 크므로 P atm, $t_1^{\circ}\text{C}$ 에서 A의 안정한 상은 기체이다. 따라서 ㉠은 기체, ㉡은 액체이다.

㉢. P atm에서 $t_2^{\circ}\text{C}$ 일 때, B의 안정한 상은 액체이므로 $t_1>t_2$ 이다.

㉣. P atm에서 $t_1^{\circ}\text{C}$ 일 때, C의 안정한 상은 액체이고 $t_1>t_2$ 이므로 P atm에서 $t_2^{\circ}\text{C}$ 일 때, C의 안정한 상은 액체이다.

06 CO₂의 상평형

꼭지를 열어 충분한 시간이 흐른 후 평형 상태에 도달하였을 때 He(g)과 CO₂(g)의 부분 압력의 합은 외부 압력과 같다.

㉠. 외부 압력이 3 atm이고 꼭지를 열어 평형 상태 I에 도달하였을 때 CO₂(g)와 He(g)의 부분 압력의 합이 3 atm이므로 CO₂(g)의 부분 압력은 3 atm보다 작다. 따라서 I에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

㉡. 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. He(g)의 양을 $6n$ mol이라 할 때, CO₂(g)의 양도 $6n$ mol이므로 평형 상태 I에서 He(g)의 몰 분율은 $\frac{6n}{6n+6n}=\frac{1}{2}$ 이다.

㉢. 평형 상태 II에서 CO₂(g)와 He(g)의 부분 압력의 합이 5.1 atm이므로 CO₂(g)의 부분 압력은 5.1 atm보다 작다. 따라서 T_2 K일 때 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

07 상평형

안정한 상의 수는 $c>b>a$ 이므로 $c=3, b=2, a=1$ 이다. 따라서 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_2 atm은 삼중점의 온도와 압력이다.

㉠. $P_2>P_1$ 이므로 $t_2^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 X는 고체와 기체가 안정한 상으로 존재하고, $t_1>t_2$ 이다.

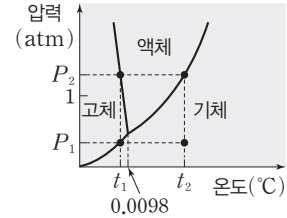
㉡. $t_2^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 X의 안정한 상은 고체이므로 안정한 상의 수는 1이다.

㉢. $P_3>P_2$ 이므로 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_3 atm에서 X의 안정한 상은 고체이다.

08 H₂O와 CO₂의 상평형

㉠. $t_2^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 안정한 상의 수인 x 와 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 안

정한 상의 수인 y 의 합이 3이므로 $x=2, y=1$ 또는 $x=1, y=2$ 이다. $x=2, y=1$ 이라면 $P_2>1$ 이므로 (가)에서 $t_2^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 안정한 상의 수가 2가 될 수 없다. 또한 (나)는 $P_1<1$ 이므로 x 는 2가 될 수 없다. 따라서 $x=1, y=2$ 이고, A는 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 고체와 기체, $t_1^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 고체와 액체, $t_2^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 액체와 기체가 안정한 상으로 존재한다. 제시된 조건에 따라 A의 상평형 그림을 (가)에 나타내면 다음과 같다.



(나)는 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 고체와 기체가 안정한 상으로 존재할 수 있으나, $y=2$ 가 되는 P_2 가 존재하지 않으므로 A는 H₂O이다.

㉠. A는 $t_1^{\circ}\text{C}$ 에서는 P_1 atm일 때 고체와 기체, P_2 atm일 때 고체와 액체가 안정한 상으로 존재하고, $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서는 P_1 atm일 때 기체, P_2 atm일 때 액체와 기체가 안정한 상으로 존재하므로 $t_2>t_1$ 이다.

㉡. t_2 는 0보다 크고, P_1 은 1보다 작으므로 $t_2^{\circ}\text{C}$, P_1 atm에서 A의 안정한 상은 기체이다.

수능 3점 테스트 본문 71~72쪽

01 ① 02 ② 03 ⑤ 04 ⑤

01 상평형

실린더 속 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례하고 압력에 반비례한다.

㉠. (가)와 (나)에서 X는 모두 기체 상태이다. 따라서 X(g)가 차지하는 부피비는 $\frac{0.1 \text{ mol} \times 500 \text{ K}}{1 \text{ atm}} : \frac{0.1 \text{ mol} \times 400 \text{ K}}{P \text{ atm}} = 2 : 1$ 이므로 $P=\frac{8}{5}$ 이다.

㉢. (나)에서 기체로 존재하는 X의 온도를 T K로 변화시켰을 때, X의 안정한 상은 액체와 기체이므로 $T<400$ 이다.

㉣. 외부 압력이 높을수록 X의 상평형 그림에서 어는점은 낮아지므로 어는점은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

02 상평형

$P_1>5.1$ 이고 $t_1^{\circ}\text{C}$ 와 $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 X의 안정한 상의 수는 2로 같으므로 P_1 atm, $t_1^{\circ}\text{C}$ 와 P_1 atm, $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 X는 각각 고체와 액체, 액체와 기체가 안정한 상으로 존재한다. P_2 atm에서 안정한 상의 수는 $t_1^{\circ}\text{C}$ 일 때가 $t_2^{\circ}\text{C}$ 일 때보다 크므로 $t_2>t_1$ 이고, X의 안정한 상은 $t_1^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 액체와 기체, $t_2^{\circ}\text{C}$, P_2 atm에서 기체이며, $t_2^{\circ}\text{C}$, 5.1 atm에서도 안정한 상은 기체이므로 X의 상평형 그림으로 가장 적절한 것은 ②이다.

03 H₂O의 상평형

단위 부피당 분자 수는 밀도에 비례하고, 액체 > 고체 > 기체이다.

- ㉠. (나)에서 단위 부피당 분자 수 크기 관계가 가능한 조합은 고체와 액체 또는 고체와 기체이다. $t_1^\circ\text{C}$ 에서 단위 부피당 분자 수가 감소하였으므로 고체와 기체의 변화이고, ㉠은 고체이다.
- ㉡. $t_1^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 H₂O의 안정한 상은 고체와 기체이므로 P_2 atm은 삼중점의 압력인 P_1 atm보다 작다.
- ㉢. $t_2 > t_1$ 이고, $P_1 > P_2$ 이므로 $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 H₂O의 안정한 상은 기체이다.

04 CO₂와 H₂O의 상평형 그림

- ㉠. CO₂에서 삼중점의 압력은 5.1 atm으로 $t_1^\circ\text{C}$, 1 atm에서 CO₂의 안정한 상은 고체와 기체이다. CO₂의 상평형 그림을 통해 $t_1 < -56.6$ 이고, $t_1^\circ\text{C}$, 1 atm에서 H₂O의 안정한 상은 고체이다. 따라서 ㉠은 고체, ㉡은 기체, ㉢은 액체이다.
- ㉣. $t_2^\circ\text{C}$, P atm에서 H₂O의 안정한 상은 액체와 기체이고, $P < 1$ 이므로 $t_2^\circ\text{C}$ 는 기준 끓는점(100°C)보다 낮다. 따라서 $t_2 < 100$ 이다.
- ㉤. $P < 1$ 이고, $t_2 > -56.6$ 이므로 $t_2^\circ\text{C}$, P atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

테마
10

산 염기 평형

얕은 풀 문제로 유형 익히기

본문 75쪽

정답 ⑤

HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이고, HA와 OH⁻이 반응하면 OH⁻의 양(mol)만큼 HA의 양(mol)이 감소하고, A⁻의 양(mol)이 증가한다.

㉠. (가)에서 0.1 M HCl(aq) 20 mL와 0.2 M NaOH(aq) 20 mL가 반응하면 반응 후 OH⁻의 양은 2 mmol이다. x M HA(aq) 30 mL에 들어 있는 HA의 양은 $30x$ mmol이므로 (가)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{2 \text{ mmol}}{(30x-2) \text{ mmol}} = \frac{1}{2}$, $x=0.2$ 이다. $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 HA와 반응한 OH⁻의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다. (나)에서 0.1 M HCl(aq) 20 mL와 0.2 M NaOH(aq) V mL가 반응하면 반응 후 OH⁻의 양은 $(0.2V-2)$ mmol이다. 0.2 M HA(aq) 40 mL에 들어 있는 HA의 양은 8 mmol이므로 (나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{(0.2V-2) \text{ mmol}}{(8-(0.2V-2)) \text{ mmol}} = 1$, $V=30$ 이다. 따라서 $x \times V = 0.2 \times 30 = 6$ 이다.

㉡. (가)의 pH=4.0이므로 (가)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이다. (가)에서 $K_a = \frac{[A^-]}{[HA]} \times [H_3O^+] = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-5}$ 이다.

㉢. (나)에서 $K_a = \frac{[A^-]}{[HA]} \times [H_3O^+] = 1 \times [H_3O^+] = 5 \times 10^{-5}$, $[H_3O^+] = 5 \times 10^{-5}$ M이다. (나)의 pH ㉠ = $-\log(5 \times 10^{-5}) = 5.0 - \log 5 < 5.0$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 76~78쪽

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

01 산과 염기의 이온화 상수

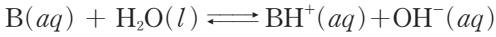
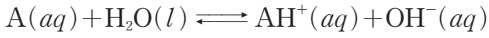
㉠. HA의 이온화 상수(K_a)는 1보다 작으므로 HA의 이온화 반응식의 역반응에서 산으로 작용하는 H₃O⁺이 HA보다 산의 세기가 강하다.

㉡. HB의 이온화 상수(K_a)와 HB의 짝염기인 B⁻의 이온화 상수(K_b)의 곱은 물의 이온화 상수(K_w)와 같으므로 $2 \times 10^{-4} \times K_b = 1 \times 10^{-14}$, $K_b = 5 \times 10^{-11}$ 이다.

✕. A⁻의 이온화 상수 $K_b = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 염기의 이온화 상수(K_b)가 클수록 염기의 세기가 강하므로 염기의 세기는 $A^- > B^-$ 이다.

02 산과 염기의 이온화 상수

A(aq)과 B(aq)의 이온화 반응식은 다음과 같다.



A(aq)의 pH=11.0이므로 pOH=14.0-pH=3.0이고,

$$[OH^-]=1 \times 10^{-3} \text{ M이다. A의 이온화 상수 } K_b = \frac{[AH^+][OH^-]}{[A]} =$$

$$\frac{[OH^-]^2}{[A]} \doteq \frac{1 \times 10^{-6}}{x} = 1 \times 10^{-5}, x=0.1 \text{이다. B(aq)의 pH}=10.0$$

이므로 pOH=4.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-4} \text{ M이다. B의 이온화 상수 } K_b =$

$$\frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{[OH^-]^2}{[B]} \doteq \frac{1 \times 10^{-8}}{0.2} = 5 \times 10^{-8} = \text{㉠이}$$

다. 따라서 $\frac{\text{㉠}}{x} = \frac{5 \times 10^{-8}}{0.1} = 5 \times 10^{-7} \text{이다.}$

03 산과 염기의 이온화 상수

$$\text{HA의 이온화 상수 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} \doteq \frac{4 \times 10^{-6}}{x}$$

$= 2 \times 10^{-5}, x=0.2 \text{이다. (나)의 pOH}=3.0 \text{이므로 } [OH^-]=$

$$1 \times 10^{-3} \text{ M이다. B의 이온화 상수 } K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{[OH^-]^2}{[B]}$$

$$\doteq \frac{1 \times 10^{-6}}{y} = 1 \times 10^{-5}, y=0.1 \text{이다.}$$

✕. $x=0.2, y=0.1 \text{이므로 } x > y \text{이다.}$

$$\text{㉠. (가)에서 } \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[H_3O^+]} = \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-2} \text{이고, (나)에}$$

$$\text{서 } \frac{[BH^+]}{[B]} = \frac{K_b}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-2} \text{이다.}$$

㉡. 0.2 M HA(aq) 100 mL에 들어 있는 HA의 양은 0.2 M \times 0.1 L = 0.02 mol이고, 0.1 M NaOH(aq) 200 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.1 M \times 0.2 L = 0.02 mol이다. (가)에 0.1 M NaOH(aq) 200 mL를 혼합하면 A⁻이 존재하므로 A⁻이 가수 분해 반응을 한다.



가수 분해로 인해 $[OH^-] > [H_3O^+] \text{이므로 수용액은 염기성이고, pH}$ 는 7.0보다 크다.

04 산과 염기의 이온화 상수

HCl(aq)은 강산이므로 산의 몰 농도와 $[H_3O^+]$ 가 같고, $[H_3O^+] = 0.01 \text{ M이다. (나)에서 HA는 약산이므로 HA의 이온화 상수}$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} \doteq \frac{[H_3O^+]^2}{0.1} = 1 \times 10^{-6}, [H_3O^+] =$$

$$\sqrt{10} \times 10^{-4} \text{ M이다. (다)에서 B는 약염기이므로 이온화 상수}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{[OH^-]^2}{[B]} \doteq \frac{[OH^-]^2}{0.01} = 2 \times 10^{-5}, [OH^-] =$$

$$\sqrt{20} \times 10^{-4} \text{ M이다. (가)에서 } [H_3O^+] > \text{(다)에서 } [OH^-] > \text{(나)에서}$$

$[H_3O^+] \text{이다. pH} = -\log [H_3O^+] \text{이고, pOH} = -\log [OH^-] \text{이므로 } [H_3O^+] \text{와 } [OH^-] \text{이 클수록 pH와 pOH는 작아진다. 따라서}$

$y > z > x \text{이다.}$

05 산의 이온화 상수

HA(aq)의 pH=3.0이므로 $[H_3O^+] = [A^-] = b = 1 \times 10^{-3} \text{ (M)이다. HB(aq)의 } [B^-] = 2b = 2 \times 10^{-3} \text{ (M)이다. HB의 이온화 상수}$

$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} \doteq \frac{4 \times 10^{-6}}{a} = 4 \times 10^{-5}, a=0.1 \text{이다.}$$

$$\text{㉠. HA의 이온화 상수 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \doteq \frac{1 \times 10^{-6}}{2a} = \frac{1 \times 10^{-6}}{0.2}$$

$= 5 \times 10^{-6} \text{이다. 이온화 상수}(K_a) \text{는 } HB > HA \text{이므로 산의 세기는 } HB > HA \text{이다.}$

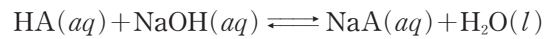
✕. HA의 이온화 상수(K_a)는 $5 \times 10^{-6} \text{이다.}$

$$\text{✕. HA의 이온화 상수 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \doteq \frac{[H_3O^+]^2}{1} = 5 \times 10^{-6},$$

$[H_3O^+] = \sqrt{5} \times 10^{-3} \text{ M이다. } 3b = 3 \times 10^{-3} \text{이므로 } 10a \text{ M HA(aq)의 } [H_3O^+] < 3b \text{이다.}$

06 산의 이온화 상수

HA(aq)과 NaOH(aq)의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



NaA(aq)은 $Na^+(aq)$ 과 $A^-(aq)$ 으로 존재하므로 반응한 NaOH(aq)의 양(mol)과 생성된 A⁻(aq)의 양(mol)이 같다.

㉠. (가)에서 HA의 양은 0.2 M \times 0.1 L = 0.02 mol이다. 반응한

$$\text{NaOH의 양을 } n \text{ mol이라고 하면 (나)에서 } \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{n}{0.02 - n}$$

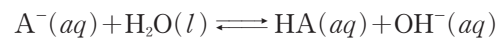
$= 1, n=0.01 \text{이다. NaOH의 화학식량은 } 40 \text{이므로 } x=0.01 \times 40 = 0.4 \text{이다.}$

$$\text{✕. HA의 이온화 상수 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \text{이므로 } [H_3O^+] =$$

$$\frac{[HA]}{[A^-]} \times K_a = 5 \times 10^{-6} \text{ (M)이다. 따라서 } \text{pH} = -\log(5 \times 10^{-6})$$

$= 6.0 - \log 5 < 6.0 \text{이다.}$

㉡. (나)에 NaOH(s) x g을 추가하면 중화점에 도달한다. 중화점까지 A⁻(aq) 0.02 mol이 생성되지만, A⁻은 다음과 같은 가수 분해 반응을 한다.



따라서 A⁻의 양은 0.02 mol보다 작다.

07 산의 이온화 상수

온도가 일정하면 HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 로 일정

하므로 ㉠과 ㉡에서 $(a+3) \times 0.4 \times 10^{-5} = a \times 1 \times 10^{-5}, a=2$ 이다.

$$\text{㉠. } a=2 \text{이므로 ㉡에서 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 2 \times 1 \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

$$\text{㉢. } \frac{[A^-]}{[HA]} = 1.25 \text{일 때 } K_a = 1.25 \times x \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-5} \text{이므로}$$

$x=1.6 \text{이다.}$

㉣. 약산 HA(aq) 100 mL에서 HA의 양을 n mol이라고 하고,

$$\text{㉠에서 첨가한 NaOH(s)의 양을 } p \text{ mol이라고 하면 } \frac{p}{n-p} = 5,$$

$p = \frac{5}{6}n$ 이다. ㉠에서 첨가한 NaOH(s)의 양을 q mol이라고 하면

$$\frac{q}{n-q} = 2, q = \frac{2}{3}n \text{이다. 따라서}$$

$$\frac{\text{㉠에서 첨가한 NaOH(s)의 양(mol)}}{\text{㉡에서 첨가한 NaOH(s)의 양(mol)}} = \frac{\frac{2}{3}n}{\frac{5}{6}n} = \frac{4}{5} \text{이다.}$$

08 염의 가수 분해

㉠. (나)는 중성이므로 염인 NaX는 강염기인 NaOH과 강산인 HX가 반응하여 생성된 염이다. (가)에서 염인 NH₄X는 약염기인 NH₄OH과 강산인 HX가 반응하여 생성된 염이므로 (가)는 산성이다. 따라서 ㉠은 산성이다.

㉡. (다)는 염기성이므로 염인 NaY는 강염기인 NaOH과 약산인 HY가 반응하여 생성된 염이다. Y⁻은 가수 분해 반응을 하므로 (다)에서 $\frac{[Y^-]}{[Na^+]} < 1$ 이다.

✕. HX는 강산이고, HY는 약산이므로 산의 세기는 HX > HY이다.

09 완충 용액

㉠. H₂CO₃의 짝염기는 HCO₃⁻이고, H₂O의 짝산은 H₃O⁺이다.

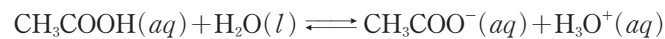
㉡. 혈액은 약산 H₂CO₃과 그 약산의 짝염기인 HCO₃⁻이 함께 있으므로 완충 용액이다. 완충 용액에 소량의 염기가 들어가면 물에 소량의 염기가 들어갈 때보다 pH 변화가 작다.

㉢. 혈액 속 H₃O⁺의 몰 농도가 증가하면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 HCO₃⁻의 몰 농도가 감소한다.

10 완충 용액

㉠. (가)는 강산 HCl이 있으므로 완충 용액이 아니다. (나)와 (다)는 약산 CH₃COOH과 약산의 짝염기 CH₃COO⁻이 있으므로 완충 용액이다.

㉡. (나)에서 CH₃COOH의 이온화 반응식은 다음과 같다.



(나)에 NaOH(s) 0.001 mol을 넣으면 OH⁻과 CH₃COOH이 반응하여 CH₃COO⁻과 H₂O를 생성한다. 따라서 CH₃COO⁻의 양(mol)이 증가한다.

✕. (나)에서 [Na⁺] = 0.05 M이므로 $a = 0.1$ 이고, (다)에서 [Na⁺] = 0.025 M이므로 $b = 0.05$ 이다. (나)에서 CH₃COOH의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, CH₃COO⁻의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1$ 이다. (다)에서 CH₃COOH

과 NaOH이 반응하면 CH₃COO⁻이 생성된다. 혼합 전 NaOH의 양은 $0.05 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이므로 CH₃COOH 0.01 mol 중 0.005 mol이 반응하여 CH₃COO⁻ 0.005 mol이 생성된다. (다)

에서 $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1$ 이다.

11 완충 용액

HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HA}]}{[A^-]} \times K_a$ 이다.

✕. (가)에서 $\frac{[\text{HA}]}{[A^-]} = 10$ 이고, (나)에서 $\frac{[\text{HA}]}{[A^-]} = 1$ 이다. K_a 는 일정하므로 $\frac{[\text{HA}]}{[A^-]}$ 가 감소하면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 감소하므로 pH는 증가한다.

$\frac{[\text{HA}]}{[A^-]}$ 는 (나)가 (가)보다 작으므로 ㉠이 pH이면 증가해야 하지만 그렇지 않으므로 ㉠은 pOH이다.

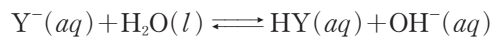
㉡. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HA}]}{[A^-]} \times K_a = 1 \times 10^{-6}$, pH = 6.0이므로, pOH = 14.0 - pH = 8.0이다. 따라서 $a = 8.0$ 이다.

✕. (나)에서 0.1 M NaA(aq) 10 mL를 넣으면 (나)에 A⁻(aq)이 추가되므로 $\frac{[\text{HA}]}{[A^-]} < 1$ 이다. $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HA}]}{[A^-]} \times K_a < 1 \times 10^{-6}$ 이므로 (나)의 pH > 6.0이다.

12 염의 가수 분해

✕. (가)에서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1$ 이므로 (가)는 중성이다. 염인 XCl은 강염기인 XOH와 강산인 HCl이 반응하여 생성된 염이다. X⁺과 Cl⁻은 가수 분해 반응을 하지 않으므로 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{X}^+]} = 1$ 이다.

㉡. (나)에서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^4$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. Y⁻은 가수 분해 반응을 한다.



Y⁻(aq)의 몰 농도는 0.1 M이므로 Y⁻의 이온화 상수 $K_b = \frac{[\text{HY}][\text{OH}^-]}{[\text{Y}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{Y}^-]} = \frac{1 \times 10^{-10}}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. HY의 이온

화 상수 $K_a = \frac{1 \times 10^{-14}}{K_b} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

㉢. HY의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{Y}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HY}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고, 수용액의 부피는 100 mL이므로 OH⁻의 양은 $1 \times 10^{-11} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 79~81쪽

01 ⑤

02 ③

03 ②

04 ④

05 ④

06 ①

01 산과 염기의 이온화 상수

㉠. (가)에서 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{HA}]}$

$$\frac{1 \times 10^{-6}}{0.1} = 1 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

$$\textcircled{C}. A^- \text{의 이온화 상수 } K_b = \frac{K_w}{K_a} = 1 \times 10^{-9} \text{이다. } K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{[OH^-]^2}{[A^-]} \therefore \frac{4 \times 10^{-10}}{a} = 1 \times 10^{-9}, a = 0.4 \text{이다.}$$

$$\textcircled{D}. B(aq) \text{의 몰 농도는 } 0.4 \text{ M이므로 } B \text{의 이온화 상수 } K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} \therefore \frac{[OH^-]^2}{0.4} = 2 \times 10^{-7}, [OH^-] = \sqrt{8} \times 10^{-4} \text{ M이다.}$$

(다)의 $pOH = 4.0 - \log \sqrt{8} < 4.0$ 이다.

02 산의 이온화 상수

(가)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} \therefore \frac{1 \times 10^{-6}}{a} = 5 \times 10^{-6}, a = 0.2$ 이다. (가)에서 HA의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.15 \text{ L} = 0.03 \text{ mol}$ 이다. 추가한 NaOH의 양을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 (나)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{n}{0.03 - n} \times 1 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-6}, n = 0.01$ 이다. NaOH의 화학식량은 40이므로 $x = 0.01 \times 40 = 0.4$ 이다. 따라서 $\frac{x}{a} = \frac{0.4}{0.2} = 2$ 이다.

03 산의 이온화 상수

×. (가)에서 HA의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{x}{0.02 - x} = \frac{1}{2}, x = \frac{1}{150}$ 이다.

×. (다)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{\frac{2}{150}}{0.02 - \frac{2}{150}} = 2$ 이다.

⊙. (다)에서 $pH = 6.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이다. (다)에서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 2 \times 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6}$ 이다.

04 산의 이온화 상수

×. $0.1 \text{ M HA}(aq) 100 \text{ mL}$ 에 있는 HA의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. $0.1 \text{ M NaOH}(aq) V \text{ mL}$ 에 있는 NaOH의 양을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 HA(aq)에 NaOH(aq) $V \text{ mL}$ 를 첨가했을 때, $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{n}{0.01 - n} = \frac{1}{3}, n = \frac{1}{400}$ 이다. $n = \frac{1}{400}$ 이므로 $0.1 \text{ M} \times \frac{V}{1000} \text{ L} = \frac{1}{400} \text{ mol}, V = 25$ 이다.

⊙. $0.1 \text{ M NaOH}(aq) 75 \text{ mL}(=3V \text{ mL})$ 에 있는 NaOH의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.075 \text{ L} = 0.0075 \text{ mol}$ 이다. $\ominus = \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0.0075}{0.01 - 0.0075} = 3$ 이다.

⊙. $0.1 \text{ M NaOH}(aq) 50 \text{ mL}(=2V \text{ mL})$ 에 있는 NaOH의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다. $0.1 \text{ M NaOH}(aq) 50 \text{ mL}$ 를 첨가했을 때 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 HA의 이온화 상수

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.005}{0.01 - 0.005} \times 1 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

NaOH(aq)을 넣기 전 $0.1 \text{ M HA}(aq) 100 \text{ mL}$ 에서 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \therefore \frac{[H_3O^+]^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}, [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

따라서 $pH = a = 3.0$ 이다.

05 완충 용액

(가)는 HA(aq)과 NaOH(aq)이 중화 반응하여 중화점에 도달한 수용액이다. 생성된 A^- 의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, (가)의 부피가 200 mL 이므로 A^- 이 가수 분해 반응을 하기 전 A^- 의 몰 농도는 0.1 M 이다. (가)에서 $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이므로 $[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-9}} = 5 \times 10^{-6} \text{ (M)}$ 이다. A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{[OH^-]^2}{[A^-]} \therefore \frac{25 \times 10^{-12}}{0.1} = 2.5 \times 10^{-10}$ 이다. HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-10}} = 4 \times 10^{-5}$ 이다.

×. (나)에서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[A^-]}{[HA]} \times 1.2 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-5}, \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{3}$ 이다. (나)에서 혼합 전 HA의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, NaOH의 양은 $a \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1a \text{ mol}$ 이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0.1a}{0.02 - 0.1a} = \frac{1}{3}, a = 0.05$ 이다.

⊙. (다)에 있는 HA의 양은 $0.05 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, A^- 의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$ 이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{4}{1}$ 이다. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (다)가 (나)의 12배이다.

⊙. (다)에서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.04}{0.01} \times [H_3O^+] = 4 \times 10^{-5}, [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. 따라서 (다)의 $pH = 5.0$ 이다.

06 산과 염기의 이온화 상수

$0.2 \text{ M HA}(aq) 100 \text{ mL}$ 에 있는 HA의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 온도가 일정할 때 이온화 상수(K_a)는 일정하므로 NaOH(s) $w \text{ g}$ 에 있는 NaOH의 양을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 NaOH(s) $w \text{ g}$ 을 첨가했을 때와 NaOH(s) $2w \text{ g}$ 을 첨가했을 때 HA의 이온화 상수(K_a)가 일정해야 한다. HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{n}{0.02 - n} \times 6 \times 10^{-5} = \frac{2n}{0.02 - 2n} \times 2 \times 10^{-5}, n = 0.005$ 이고, $K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

HB의 이온화 상수(K_a) = $\frac{1}{2}$ 이므로 HB의 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이다. $x \text{ M HB}(aq) 100 \text{ mL}$ 에 NaOH(s) $w \text{ g}$ 을 첨가했을 때 HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{0.005}{0.1x - 0.005} \times 1 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-5}, x = 0.1$ 이다. NaOH(s) $2w \text{ g}$ 에 있는 NaOH의 양은 0.01 mol 이므로

0.1 M HB(aq) 100 mL에 NaOH(s) 2w g을 첨가하면 중화점에 도달한다. 중화점에서 B⁻이 가수 분해 반응을 하기 전 B⁻의 몰 농도는 0.1 M이므로 B⁻의 이온화 상수 $K_b = \frac{[HB][OH^-]}{[B^-]} \doteq \frac{[OH^-]^2}{0.1}$

$$= \frac{K_w}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}, [OH^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ M이다. } \ominus = [H_3O^+] =$$

$$\frac{K_w}{[OH^-]} = 1 \times 10^{-9} \text{이다.}$$

11 반응 속도

답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 85쪽

정답 ②

초기 상태에서 강철 용기에 A(g)와 C(g)만 들어 있고, A(g)의 양이 1 mol이므로 ㉠과 ㉡은 각각 $n_A + n_D$ 와 $n_B + n_C$ 이며, 초기 $n_C = 2$ 이다. 두 번째 반응은 반응물과 생성물의 계수가 같으므로 반응이 진행되더라도 $n_C + n_D = 2$ 로 일정하다. t min일 때 전체 기체의 양이 $\frac{7}{2}$ mol이므로 $n_A + n_B = \frac{3}{2}$ 이고, $n_A = \frac{1}{2}$, $n_B = 1$ 이며, $n_C = \frac{1}{2}$, $n_D = \frac{3}{2}$ 이다. 두 반응이 각각 A(g)와 C(g)에 대한 1차 반응이고, 0~ t min 동안 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하고, C(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였으므로 A(g)와 C(g)의 반감기는 각각 t min, $\frac{1}{2}t$ min이고, 반감기와 반응 속도 상수는 반비례하므로 $\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{2}$ 이다. 또한 $2t$ min일 때 A(g)와 C(g)는 각각 2번과 4번의 반감기가 지난 시간이므로 $n_B = \left(1 - 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2\right) \times 2 = \frac{3}{2}$ 이고, $n_D = 2 - 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{15}{8}$ 이다. 따라서 $\frac{n_B}{n_D} \times \frac{k_1}{k_2} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{15}{8}} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{5}$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 86~89쪽

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

01 반응 속도 측정

탄산 칼슘(CaCO₃(s))과 묽은 염산(HCl(aq))을 반응시키면 CO₂(g)가 생성되는데, 이때 CO₂(g)는 물에 녹지 않아 삼각 플라스크 밖으로 빠져나가면서 질량이 감소한다. 따라서 시간에 따라 감소한 질량(g)은 반응을 통해 생성된 CO₂(g)의 질량(g)과 같다.

㉠. 0~ t_3 s 동안 생성된 CO₂(g)의 질량은 감소한 전체 질량과 같으므로 $(a-b)$ g이다.

㉡. 시간이 지남에 따라 생성되는 CO₂(g)의 양이 감소하므로 반응의 빠르기는 t_1 s일 때가 t_2 s일 때보다 크다.

✕. t_3 s 이후 질량 변화가 없는 것은 탄산 칼슘이 모두 반응하였기 때문이다.

02 1차 반응의 반응 시간과 농도 관계

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

㉠ 시간에 따른 [A]의 변화에서 반감기가 t s로 일정하므로 반응 $A(g) \rightarrow 2B(g)$ 은 A(g)에 대한 1차 반응이다.

✕ 1번의 반감기가 진행되면 농도가 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하고, A(g)의 반감기가 t s이므로 $4t$ s는 4번의 반감기가 진행된다. 따라서 $4t$ s일 때 [A]는 초기 농도 $4a$ M의 $(\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}$ 배인 $0.25a$ M이다.

㉡ A(g)와 B(g)의 반응 계수가 각각 1과 2이므로 반응이 진행될 때 생성되어 증가한 B(g)의 양(mol)은 반응하여 감소한 A(g)의 양(mol)의 2배이므로 $0 \sim t$ s 동안 $\left| \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \right| : \left| \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \right| = 1 : 2$ 이다.

03 1차 반응과 반감기

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하고 자료에서 A(g)의 반감기는 a min이다.

㉠ 반응 속도가 $v = k[A]$ 인 1차 반응으로 반응 속도는 [A]에 비례한다. [A]는 $t = 0$ min일 때가 $t = 2a$ min일 때의 4배이므로 순간 반응 속도는 $t = 0$ min일 때가 $t = 2a$ min일 때의 4배이다.

✕ 입자 모형 1개를 1 mol이라 하면 $t = 2a$ min일 때 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 2, 6, 12이므로 C(g)의 몰 분율은 $\frac{12}{20} = \frac{3}{5}$ 이다.

㉡ $0 \sim a$ min 동안 감소한 A(g)의 양은 4 mol이고, $0 \sim 2a$ min 동안 감소한 A(g)의 양은 6 mol이므로

$$\frac{0 \sim a \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2a \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{4 \text{ mol}}{a \text{ min}}}{\frac{6 \text{ mol}}{2a \text{ min}}} = \frac{4}{3} \text{이다.}$$

04 유효 충돌과 활성화 에너지

㉠ 유효 충돌은 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 입자가 반응이 일어날 수 있는 적절한 방향으로 충돌하는 것을 말한다.

㉡ 활성화 에너지는 유효 충돌할 수 있는 입자가 가지는 최소 운동 에너지를 말한다.

✕ 정반응의 활성화 에너지는 활성화물과 반응물 사이의 엔탈피 차를 의미한다. 이때 활성화물은 반응물의 화학 결합의 일부가 약해지고, 생성물의 화학 결합의 일부가 형성된 물질이다. 결합 에너지는 기체 상태 화합물과 성분 물질의 기체 원자들 사이의 엔탈피 차에 해당하므로 정반응의 활성화 에너지는 반응물의 결합 에너지 합보다 크기가 작다.

05 농도와 반응 속도

화학 반응 속도는 반응물의 농도에 영향을 받는다. 반응물의 농도가 2배 증가할 때 반응 속도가 2배 증가하면 1차 반응이고, 반응 속도가 4배 증가하면 2차 반응이다.

㉠ 실험 I과 II에서 A(g)의 초기 농도(M)비가 I : II = 2 : 3

이고, 초기 반응 속도(M/s)비가 I : II = 2 : 3이므로 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이고, $v = k[A]$ 이므로 $m = 1$ 이다.

㉡ 실험 I과 III에서 초기 반응 속도(M/s)가 각각 $2v$, $5v$ 이고, A(g)의 초기 농도(M)가 각각 0.02, a 이므로 $a = 0.05$ 이다.

✕ 반응 속도식 $v = k[A]$ 이고, 반응 속도와 [A]의 단위는 각각 M/s, M이므로 반응 속도 상수 k 의 단위는 1/s 또는 s^{-1} 이다.

06 활성화 에너지

정반응의 활성화 에너지는 활성화물과 반응물의 엔탈피 차이이고, 역반응의 활성화 에너지는 활성화물과 생성물의 엔탈피 차이이다.

㉠ 정반응의 활성화 에너지는 $(a-b)$ kJ이고, 역반응의 활성화 에너지는 $(a-c)$ kJ이므로 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

✕ 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값과 같으므로 $x = c - b$ 이다.

✕ 역반응의 활성화 에너지는 활성화물과 생성물의 엔탈피 차이이고, 생성물의 결합 에너지 총합보다 작다. 따라서 C(g) 2 mol의 결합 에너지의 총합은 역반응의 활성화 에너지 $(a-c)$ kJ보다 크다.

07 화학 반응 속도식 구하기

반응 속도식 $v = k[A]^m[B]^n$ 에서 반응 차수 m 과 n 은 실험을 통해서 구한다.

㉠ 실험 I과 II에서 B(g)의 농도(M)는 같고, A(g)의 농도(M)가 2배 증가할 때 초기 반응 속도(M/s)도 2배 증가하였으므로 A(g)에 대한 반응 차수 $m = 1$ 이고, II와 III에서 A(g)의 농도(M)는 같고, B(g)의 농도(M)가 3배 증가할 때 초기 반응 속도(M/s)도 3배 증가하였으므로 B(g)에 대한 반응 차수 $n = 1$ 이다. 따라서 $m + n = 2$ 이다.

㉡ 반응 속도식 $v = k[A][B]$ 이므로 실험 I의 자료를 대입하면 반응 속도 상수 $k = \frac{1.2 \times 10^{-2} \text{ M/s}}{0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ M}} = 1.2 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

㉢ 실험 IV의 자료를 반응 속도식에 대입하면 $9.6 \times 10^{-2} \text{ M/s} = 1.2 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 0.4 \text{ M} \times x \text{ M}$ 이므로 $x = 0.2$ 이다.

08 반응 속도 측정

시간에 따라 생성된 기체의 부피 변화 그래프에서 순간 반응 속도는 해당 시간에서 접선의 기울기에 해당한다.

✕ $0 \sim 10$ s 동안 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 부피는 42 mL이므로 이 구간에서 평균 반응 속도는 4.2 mL/s이다. 이때 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 부피 변화율은 시간이 지남에 따라 감소하므로 시간이 지남에 따라 순간 반응 속도는 감소한다. 따라서 $0 \sim 10$ s 동안 평균 반응 속도는 0 s일 때의 순간 반응 속도보다 작고, 10 s일 때의 순간 반응 속도보다 크다. 따라서 10 s일 때 순간 반응 속도는 4.2 mL/s보다 작다.

㉠ 시간이 지남에 따라 순간 반응 속도는 감소하므로 20 s일 때가 40 s일 때보다 크다.

✕ $20 \sim 30$ s 동안 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 부피는 24 mL이고, $50 \sim 60$ s 동안 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 부피는 6 mL이므로

$$\frac{20\sim 30\text{ s 동안 평균 반응 속도}}{50\sim 60\text{ s 동안 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{24\text{ mL}}{10\text{ s}}}{\frac{6\text{ mL}}{10\text{ s}}} = 4\text{이다.}$$

09 질량과 반응 속도

반응 전과 후 전체 질량은 변하지 않고 일정하므로 $t\text{ min}$ 일 때 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)이 각각 1.8, 1.6이므로 $0\sim t\text{ min}$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 질량(g)은 3.4로 0 min 일 때 $A(g)$ 의 질량(g) 6.8의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 또한 $2t\text{ min}$ 일 때 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)이 각각 2.7, 2.4이므로 $t\sim 2t\text{ min}$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 질량(g)은 1.7로 $t\text{ min}$ 일 때 $A(g)$ 의 질량(g) 3.4의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 이 반응은 $A(g)$ 에 대한 1차 반응이고, 반감기는 $t\text{ min}$ 이다.

㉠ 반감기를 거듭할수록 반응물의 감소량이 $\frac{1}{2}$ 배로 줄어들고, 생성물의 증가량도 $\frac{1}{2}$ 배로 줄어든다. 따라서 $4t\text{ min}$ 일 때 4번의 반감기가 진행된 순간이므로 생성된 $C(g)$ 의 전체 질량(g) $x=1.6+0.8+0.4+0.2=3.0$ 이다.

㉡ 반감기가 $t\text{ min}$ 이므로 $3t\text{ min}$ 일 때 3번의 반감기가 진행된 순간이고, 반응하고 남은 $A(g)$ 의 질량(g)은 $6.8 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 0.85$ 이다.

✕ 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. $A(g)$ 6.8 g의 양을 $2n\text{ mol}$ 이라 하면 $2t\text{ min}$ 일 때 반응하고 남아 있는 $A(g)$ 의 양은 $0.5n\text{ mol}$ 이고, 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 $1.5n\text{ mol}$, $0.75n\text{ mol}$ 이므로 $2t\text{ min}$ 일 때 전체 기체의 양은 $2.75n\text{ mol}$ 이다. 따라서 $\frac{2t\text{ min일 때 전체 기체의 압력}}{0\text{ min일 때 전체 기체의 압력}} = \frac{2.75n}{2n} = \frac{11}{8}$ 이다.

10 1차 반응의 반감기

(가)와 (나)에서 모두 $A(g)$ 에 대한 1차 반응으로 반응 속도식 $v=k[A]$ 이다.

✕ 1차 반응에서 온도가 일정할 때, 반감기는 초기 농도에 관계없이 항상 일정하다. 따라서 $A(g)$ 의 반감기는 (가)와 (나)에서 같다.

✕ 반응 속도 상수(k)는 온도에 영향을 받으므로 온도가 같으면 동일한 반응에서 반응 속도 상수는 같다.

㉠ (가)와 (나)에서 $0\sim t\text{ min}$ 동안 평균 반응 속도는 각각 $\frac{2a}{t}\text{ M/min}$, $\frac{a}{t}\text{ M/min}$ 으로 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

11 순간 반응 속도

순간 반응 속도는 시간에 따른 농도 변화에서 접선의 기울기에 해당하고, 1차 반응에서 순간 반응 속도는 해당 시간의 반응물의 농도에 비례한다.

㉠ $t\text{ min}$ 일 때와 $2t\text{ min}$ 일 때의 순간 반응 속도(상댓값)가 각각 8과 1이므로 $A(g)$ 의 몰 농도(M)비가 8 : 1이다. $t\sim 2t\text{ min}$ 동안 $A(g)$ 의 몰 농도(M)가 $\frac{1}{8}$ 배로 감소하여 반감기가 3번 진행되었으

므로 이 반응에서 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{t}{3}\text{ min}$ 이다.

✕ 반응 속도 상수는 온도에 영향을 받으므로 온도가 일정하면 동일한 반응에서 반응 속도 상수는 같다.

✕ 반감기가 $\frac{t}{3}\text{ min}$ 이므로 $A(g)$ 의 초기 몰 농도를 $a\text{ M}$ 라 하면 $t\text{ min}$ 일 때 $A(g)$ 의 농도는 $\frac{1}{8}a\text{ M}$ 이다. 이때 A 와 B 의 반응 계수가 각각 1과 2이므로 $0\sim t\text{ min}$ 동안 생성된 $B(g)$ 의 몰 농도는 $\frac{14}{8}a\text{ M}$ 이다. 따라서 $t\text{ min}$ 일 때 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{a}{a+14a} = \frac{1}{15}$ 이다.

12 1차 반응의 반응 속도

$A(g)$ 의 초기 반응 속도가 초기 농도에 비례하므로 $A(g)$ 에 대한 1차 반응이고, 반응 속도식 $v=k[A]$ 이며, 그래프에서 직선의 기울기가 k 이다.

㉠ 그래프에서 직선의 기울기는 반응 속도 상수이므로 $k = \frac{2\text{ M}\cdot\text{s}^{-1}}{0.1\text{ M}} = 20\text{ s}^{-1}$ 이다.

㉡ $[A]=0.4\text{ M}$ 일 때 초기 반응 속도가 $8\text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ 이고, $t\text{ s}$ 일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도가 $2\text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 반응 속도가 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였으므로 $t\text{ s}$ 동안 $A(g)$ 의 몰 농도도 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였다. 따라서 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{t}{2}\text{ s}$ 이다.

㉢ $A(g)$ 의 반감기가 $\frac{t}{2}\text{ s}$ 이므로 $A(g)$ 의 초기 몰 농도를 $4a\text{ M}$ 라 하면 $t\text{ s}$ 일 때 $A(g)$ 의 몰 농도는 $a\text{ M}$ 이다. 이때 A 와 B 의 반응 계수가 각각 2와 1이므로 $t\text{ s}$ 일 때 $B(g)$ 의 몰 농도는 $\frac{3}{2}a\text{ M}$ 이다. 따라서 $t\text{ s}$ 일 때 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{a}{a+\frac{3}{2}a} = \frac{2}{5}$ 이다.

13 1차 반응과 몰 분율

1차 반응에서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도는 초기 농도의 $\left(\frac{1}{2}\right)^n$ 배로 감소한다. (가)에서 $A(g)$ 의 초기 몰 농도를 $n\text{ M}$ 라 하고, $0\sim 3t\text{ min}$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 몰 농도를 $x\text{ M}$ 라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \longrightarrow 2B(g)$	
반응 전(M)	n	0
반응(M)	$-x$	$+2x$
반응 후(M)	$n-x$	$2x$

$3t\text{ min}$ 일 때 생성물 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2x}{n+x} = \frac{6}{7}$ 이므로 $x = \frac{3}{4}n$ 이고, 남아 있는 $A(g)$ 의 몰 농도는 $\frac{1}{4}n\text{ M}$ 이다. 따라서 $0\sim 3t\text{ min}$ 동안 $A(g)$ 는 2번의 반감기가 진행되었으므로 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{3}{2}t\text{ min}$ 이다. 마찬가지로 (나)에서 $C(g)$ 의 초기 몰 농도를 $n\text{ M}$ 라

하고, 0~3t min 동안 반응한 C(g)의 몰 농도를 y M라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	C(g) → D(g)	
반응 전(M)	n	0
반응(M)	-y	+y
반응 후(M)	n-y	y

3t min일 때 생성물 D(g)의 몰 분율은 $\frac{y}{n} = \frac{7}{8}$ 이므로 $y = \frac{7}{8}n$ 이고, 남아 있는 C(g)의 몰 농도는 $\frac{1}{8}n$ M이다. 따라서 0~3t min 동안 C(g)는 3번의 반감기가 진행되었으므로 C(g)의 반감기는 t min이다.

✗ A(g)와 C(g)의 초기 농도가 n M로 같고, 반감기는 A(g) > C(g)이므로 초기 반응 속도는 C(g) > A(g)이다. 따라서 반응 속도 상수는 $k_2 > k_1$ 이다.

㉠ (가)에서 A(g)의 반감기는 $\frac{3}{2}t$ min이고, (나)에서 C(g)의 반감기는 t min이므로 반감기의 비는 (가) : (나) = $\frac{3}{2}t : t = 3 : 2$ 이다.

✗ 3t min일 때 A(g)와 C(g)의 농도는 각각 $\frac{1}{4}n$ M, $\frac{1}{8}n$ M이므로 순간 반응 속도(M·s⁻¹)는 각각 $v_1 = \frac{k_1 n}{4}$, $v_2 = \frac{k_2 n}{8}$ 이다. 이

때, $k_2 > k_1$ 이므로 $\frac{A(g)의\ 순간\ 반응\ 속도}{C(g)의\ 순간\ 반응\ 속도} = \frac{2k_1}{k_2} < 2$ 이다.

14 1차 반응과 질량

1차 반응에서 반감기가 n번 진행되면 반응물의 농도(M) 및 질량(g)은 초기 농도(M) 및 질량(g)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배로 감소한다.

✗ 반응 전과 후 전체 질량은 일정하게 유지되므로 a min일 때 A(g)의 질량(g)은 $\frac{1}{4}w$ 이다. 따라서 0~a min 동안 A(g)의 질량(g)이 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였으므로 반감기가 2번 진행되었고, A(g)의 반감기는 $\frac{a}{2}$ min이다.

✗ 반응 속도 상수(k)는 온도가 일정하면, 반응물의 농도(M)에 관계없이 항상 일정하다. 따라서 (가)와 (나)에서 반응 속도 상수는 같다.

㉠ 0~a min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)은 $\frac{3}{4}w$ 이고, 생성된 B(g)의 질량(g)은 $\frac{3}{4}w$ 이며, 반응 계수는 각각 2와 1이므로 분자량 비는 A : B = 1 : 2이다. 따라서 (가)에서 A(g) w g의 양을 2n mol이라 하면 B(g) 3w g의 양은 3n mol이다. 또한 (나)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $\frac{1}{2}n$ mol, $\frac{15}{4}n$ mol이다. 따라서 (가)

와 (나)에서 A(g)의 몰 분율은 각각 $\frac{2n}{2n+3n} = \frac{2}{5}$, $\frac{\frac{n}{2}}{\frac{n}{2} + \frac{15n}{4}} =$

$\frac{2}{17}$ 이므로 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{17}{5}$ 배이다.

15 1차 반응과 기체의 압력

온도와 부피가 일정할 때, 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠ 0 min일 때와 t₁ min일 때 전체 기체의 압력(atm)이 각각 P와 $\frac{7}{4}P$ 이므로 이때 기체의 양(mol)을 각각 n과 $\frac{7}{4}n$ 이라고 하고 0~t₁ min 동안 반응한 반응한 A(g)의 양(mol)을 x라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) → 2B(g)	
반응 전(mol)	n	0
반응(mol)	-x	+2x
반응 후(mol)	n-x	2x

이때 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $n+x = \frac{7}{4}n$ 이므로 $x = \frac{3}{4}n$

이고, t₁ min일 때 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{4}n$ 으로 0 min일 때의 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였다. 따라서 0~t₁ min 동안 2번의 반감기가 진행되었고, 반감기는 $\frac{t_1}{2}$ min이다.

㉡ 0~t₂ min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 y라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) → 2B(g)	
반응 전(mol)	n	0
반응(mol)	-y	+2y
반응 후(mol)	n-y	2y

이때 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $n+y = \frac{15}{8}n$ 이므로 $y = \frac{7}{8}n$

이고, t₂ min일 때 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{8}n$ 으로 0 min일 때의 $\frac{1}{8}$ 배로 감소하였다. 따라서 0~t₂ min 동안 3번의 반감기가 진행되었으므로 t₁ : t₂ = 2 : 3이다.

✗ 반응 전과 후 전체 질량은 일정하게 유지된다. 0~t₂ min 동안 3번의 반감기가 진행되었으므로 0 min일 때 A(g)의 질량(g)을 w라 하면 t₂ min일 때 A(g)의 질량(g)은 $\frac{1}{8}w$ 이고, B(g)의 질량(g)은 $\frac{7}{8}w$ 이다. 따라서 t₂ min일 때 $\frac{A(g)의\ 질량(g)}{B(g)의\ 질량(g)} = \frac{1}{7}$ 이다.

16 1차 반응과 기체의 압력

온도와 부피가 일정할 때, 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다.

✗ 0 min일 때와 t min일 때 전체 기체의 압력(atm)이 각각 P와 $\frac{11}{8}P$ 이므로 이때 기체의 양(mol)을 각각 n과 $\frac{11}{8}n$ 이라고 하고 0~t min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 2x라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	2A(g) → 2B(g) + C(g)		
반응 전(mol)	n	0	0
반응(mol)	-2x	+2x	+x
반응 후(mol)	n-2x	2x	x

이때 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $n+x=\frac{11}{8}n$ 이므로 $x=\frac{3}{8}n$ 이고, t min일 때 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{4}n$ 으로 0 min일 때의 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였다. 따라서 0~ t min 동안 2번의 반감기가 진행되었고, 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

✕ A(g)에 대한 1차 반응이므로 순간 반응 속도는 해당 시간에서의 A(g)의 몰 농도(M)에 비례한다. 0 min일 때와 t min일 때 A(g)의 양(mol)은 각각 n 과 $\frac{1}{4}n$ 이므로 A(g)의 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t min일 때의 4배이다.

㉔ t min일 때 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{4}n$ 과 $\frac{3}{8}n$ 이므로 몰비는 A : C = 2 : 3이다.

수능 3점 테스트					본문 90~94쪽
01 ③	02 ⑤	03 ②	04 ⑤	05 ③	
06 ②	07 ③	08 ②	09 ④	10 ④	

01 1차 반응과 기체의 압력

온도와 부피가 일정할 때, 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 또한 반응 용기에 들어 있는 각 기체의 몰 분율의 비는 몰비와 같다. 반감기가 t s이므로 (나)에서 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 1과 1.5이고, $\frac{X_C}{X_B}=1.5$ 이므로 B(g)의 양(mol)은 1이다. 따라서 0~ t s 동안 A(g) 1 mol이 반응하여 B(g) 1 mol이 생성되었으므로 반응 계수 $b=2$ 이다. (다)는 (가)에서 반감기가 2번 진행된 순간이므로 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ 이고, B(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{3}{2}$, $\frac{7}{4}$ 이다. 따라서 (다)에서 강철 용기 속 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{15}{4}$ 이고, 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $3 : \frac{15}{4}=1.2 : P$ 이고, $P=1.5$ 이다. 따라서 $\frac{b}{P}=\frac{2}{1.5}=\frac{4}{3}$ 이다.

02 1차 반응의 반감기

초기 농도에 관계없이 농도가 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하는 시간이 t min으로 일정하므로 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이고, 반감기는 t min이다.

㉑ (가)와 (나)에 넣어 준 A(g)의 양이 n mol로 같고, 초기 몰 농도(M)가 각각 $4a$, $2a$ 이므로 강철 용기의 부피는 (나)가 (가)의 2배이다.

㉒ 1차 반응에서 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다. ㉑과 ㉒에서 A(g)의 몰 농도(M)가 각각 $2a$, a 이므로 순간 반응 속도는 ㉑에서가 ㉒에서의 2배이다.

㉓ 온도가 일정할 때 전체 기체의 압력은 전체 기체의 몰 농도(M)

합에 비례한다. (나)에서 0~ t min 동안 반응한 A(g)의 몰 농도(M)가 a 이므로 생성된 B(g)의 몰 농도(M)는 $2a$ 이다. 따라서 ㉑에서 전체 기체의 몰 농도(M) 합은 $3a$ 이다. (가)에서 0~ $2t$ min 동안 반응한 A(g)의 몰 농도(M)가 $3a$ 이므로 생성된 B(g)의 몰 농도(M)는 $6a$ 이다. 따라서 ㉒에서 전체 기체의 몰 농도(M) 합은 $7a$ 이다. 따라서 전체 기체의 압력은 ㉒에서가 ㉑에서의 $\frac{7}{3}$ 배이다.

03 1차 반응에서의 질량 관계

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 부피가 일정할 때 반감기가 n 번 진행된 순간 반응물의 몰 농도(M) 및 질량(g)은 초기 몰 농도(M) 및 질량(g)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이고, 반응 전과 후 전체 질량(g)은 일정하다.

✕ $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}}=\frac{9}{16}$ 이고, B(g)와 C(g)의 반응 계수가 각각 2와 1이므로 반응이 진행되어 생성되는 B(g)와 C(g)의 질량비는 B : C = 9 : 8이다. 전체 질량(g)을 $34w$ 라 하면 t min일 때 $\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{\text{전체 질량}(g)}=\frac{6}{17}$ 이므로 B(g)와 C(g)의 질량(g)은 각각 $13.5w$, $12w$ 이고, 남아 있는 A(g)의 질량(g)은 $8.5w$ 이다. 따라서 0~ t min 동안 A(g)의 질량(g)은 $\frac{8.5w}{34w}=\frac{1}{4}$ 로 감소하였으므로

2번의 반감기가 진행되어 A(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

✕ 반감기가 $\frac{t}{2}$ min이므로 $2t$ min일 때 반감기가 4번 진행된 순간이다. 반감기가 반복될수록 생성물의 질량(g) 변화량은 $\frac{1}{2}$ 씩 감소하고, 첫 번째 반감기에서 생성되는 C(g)의 질량(g)은 $8w$ 이므로 $2t$ min일 때 C(g)의 질량(g)은 $8w+4w+2w+w=15w$ 이다. 따라서 $2t$ min일 때 $\frac{C(g) \text{의 질량}(g)}{\text{전체 질량}(g)}=\frac{15w}{34w}=\frac{15}{34}$ 이다.

㉔ 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 0 min일 때 A(g)의 양(mol)을 $4n$ 이라 하면 t min일 때 2번의 반감기가 진행된 순간이므로 A(g)의 양(mol)은 n 이고, 생성된 B(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $3n$ 과 $\frac{3}{2}n$ 이다. 따라서 0 min일 때와 t min일 때 전체 기체의 양(mol)은 각각 $4n$ 과

$\frac{11}{2}n$ 이므로 $\frac{0 \text{ min에서 전체 기체의 압력}}{t \text{ min에서 전체 기체의 압력}}=\frac{4n}{\frac{11}{2}n}=\frac{8}{11}$ 이다.

04 1차 반응에서의 질량 관계

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 부피가 일정할 때 반감기가 n 번 진행된 순간 반응물의 몰 농도(M) 및 질량(g)은 초기 몰 농도(M) 및 질량(g)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이고, 반응 전과 후 전체 질량(g)은 일정하다. A(g) \longrightarrow 2B(g) 반응에서 분자량비는 A : B = 2 : 1이고, 0 min일 때 $\frac{B(g) \text{의 질량}(g)}{A(g) \text{의 질량}(g)}=\frac{1}{2}$ 이므로 몰비는 A : B = 1 : 1이다.

㉠ 0 min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)을 각각 $2w$ 와 w 라 하고, $0 \sim a$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)을 x 라 하면 a min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $2w-x$, $w+x$ 이므로 $\frac{w+x}{2w-x} = 5$ 이고, $x = \frac{3}{2}w$ 이다. 따라서 a min일 때 A(g)의 질량(g)은 $\frac{w}{2}$ 로 0 min일 때 질량(g)의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $0 \sim a$ min 동안 2번의 반감기가 진행되었다. 또한 $0 \sim b$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)을 y 라 하면 b min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $2w-y$, $w+y$ 이므로 $\frac{w+y}{2w-y} = 11$ 이고, $y = \frac{7}{4}w$ 이다. 따라서 b min일 때 A(g)의 질량(g)은 $\frac{w}{4}$ 로 0 min일 때 질량(g)의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 $0 \sim b$ min 동안 3번의 반감기가 진행되었다. 따라서 A(g)의 반감기는 $(b-a)$ min이다.

㉡ a min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $\frac{w}{2}$ 와 $\frac{5}{2}w$ 이고, 분자량비가 A : B = 2 : 1이므로 몰비는 A : B = $\frac{w}{4} : \frac{5w}{2} = 1 : 10$ 이다.

㉢ $0 \sim a$ min 동안 2번의 반감기가 진행되고, $0 \sim b$ min 동안 3번의 반감기가 진행되므로 $a : b = 2 : 3$ 이고, $0 \sim a$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)은 $\frac{3}{2}w$ 이고, $0 \sim b$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)은 $\frac{7}{4}w$ 이므로 $a \sim b$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)은 $\frac{w}{4}$ 이다.

따라서 $\frac{a \sim b \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{0 \sim a \text{ min 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{w}{4}(\text{g})}{\frac{a}{2}(\text{min})} \times$

$\frac{a(\text{min})}{\frac{3w}{2}(\text{g})} = \frac{2w(\text{g})}{4a(\text{min})} \times \frac{2a(\text{min})}{3w(\text{g})} = \frac{1}{3}$ 이다.

05 1차 반응에서의 몰 분율

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 부피가 일정할 때 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다. t min일 때 $\frac{A(g) \text{의 양}(\text{mol})}{C(g) \text{의 양}(\text{mol})} = \frac{2}{3}$ 이므로 $0 \sim t$ min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 $2n$ 라 하면 t min일 때 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $4-2n$, n 이고, $\frac{4-2n}{n} = \frac{2}{3}$ 에서 $n = \frac{3}{2}$ 이다. 따라서 $0 \sim t$ min 동안 A(g)의 양(mol)이 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하였으므로 2번의 반감기가 진행되었고, 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이며 t min일 때 B(g)의 양(mol)은 6이다. 또한 $0 \sim xt$ min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 $2m$ 이라 하면 xt min일 때 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $4-2m$, $4m$, m 이고, $\frac{m}{4+3m} = \frac{7}{37}$ 에서 $m = \frac{7}{4}$ 이고, A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{2}$, 7 , $\frac{7}{4}$ 이다. 따라서 $0 \sim xt$ min 동안 A(g)의 양(mol)이 $\frac{1}{8}$ 배로 감소하였으므로 3번의 반감기가 진행되었으며 $x = \frac{3}{2}$ 이다. 또한 $2t$ min일 때 A(g)의 양

(mol)은 $\frac{1}{4}$ 이므로 $x \times \frac{2t \text{ min일 때 A(g)의 양}(\text{mol})}{t \text{ min일 때 B(g)의 양}(\text{mol})} = \frac{3}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

06 1차 반응에서의 질량 관계

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 부피가 일정할 때 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M) 및 질량(g)은 초기 농도(M) 및 질량(g)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다.

✕ $0 \sim t_1$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)을 x 라 하면 t_1 min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $w-x$, x 이므로 $\frac{x}{w-x} = 3$ 이고, $x = \frac{3}{4}w$ 이다. 따라서 $0 \sim t_1$ min 동안 A(g)의 질량(g)은 w 에서 $\frac{w}{4}$ 로 $\frac{1}{4}$ 배 감소하였으므로 2번의 반감기가 진행되었다. 마찬가지로 $0 \sim t_2$ min 동안 반응한 A(g)의 질량(g)을 y 라 하면 t_2 min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $w-y$, y 이므로 $\frac{y}{w-y} = 7$ 이고, $y = \frac{7}{8}w$ 이다. 따라서 $0 \sim t_2$ min 동안 A(g)의 질량(g)은 w 에서 $\frac{w}{8}$ 로 $\frac{1}{8}$ 배 감소하였으므로 3번의 반감기가 진행되었다. 따라서 $t_1 : t_2 = 2 : 3$ 이므로 $3t_1 = 2t_2$ 이다.

✕ 0 min일 때와 t_1 min일 때 A(g)의 질량(g)은 각각 w 와 $\frac{w}{4}$ 이다. 부피가 일정한 강철 용기이므로 A(g)의 몰 농도(M)는 질량(g)에 비례하고, A(g)의 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t_1 min일 때의 4배이다.

㉠ t_2 min일 때 A(g)와 B(g)의 질량(g)은 각각 $\frac{w}{8}$, $\frac{7}{8}w$ 이고, 분자량비는 A : B = 2 : 1이므로 몰비는 A : B = 1 : 14이다. 따라서 t_2 min일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{14}{15}$ 이다.

07 1차 반응과 기체의 압력

온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 t_1 min일 때 전체 기체의 양(mol)을 $5n$ 이라 하면 t_2 min일 때 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{23}{4}n$ 이다.

㉠ t_1 min일 때 B(g)의 몰 분율이 $\frac{2}{5}$ 이므로 B(g)의 양(mol)은 $2n$ 이고, 반감기가 t_1 min이므로 t_1 min일 때 몰비는 A : C = 2 : 1이고, A(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $2n$, n 이다. 따라서 $0 \sim t_1$ min 동안 A(g) $2n$ mol이 반응하여 생성된 B(g)와 C(g)의 양(mol)이 각각 $2n$, n 이므로 반응 계수 $b = 2$ 이다.

㉡ t_1 min일 때 A(g)의 양(mol)이 $2n$ 이므로 0 min일 때 A(g)의 양(mol)은 $4n$ 이다. 온도와 부피가 각각 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하고, t_1 min일 때 전체 기체 $5n$ mol의 압력(atm)이 5이므로 0 min일 때 A(g) $4n$ mol의 압력(atm) $P = 4$ 이다.

✕ $0 \sim t_2$ min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 $2x$ 라 하면 반응 전

과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	$4n$	0	0
반응(mol)	$-2x$	$+2x$	$+x$
반응 후(mol)	$4n-2x$	$2x$	x

이때 전체 기체의 양(mol)은 $4n+x=\frac{23}{4}n$ 이므로 $x=\frac{7}{4}n$ 이다.
따라서 t_2 min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{n}{2}$ 으로 0 min일 때 $A(g)$ 의 양(mol) $4n$ 의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 0~ t_2 min 동안 3번의 반감기가 진행되었고, $t_2=3t_1$ 이다.

08 1차 반응과 몰비

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다. 0 min일 때 $\frac{n_B+n_C}{n_A}=a$ 이므로 n_A 를 n 이라 하면 n_B 는 an 이고, 0~ t min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 y 라 하면 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 각각 y 로 같고, t min일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $n-y, an+y, y$ 이므로 $\frac{an+2y}{n-y}=6a$ 이다. 또한 t min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 부분 압력이 같으므로 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 같고, $n-y=y$ 이다. 따라서 $y=\frac{n}{2}$ 이고, $a=\frac{1}{2}$ 이다. 이때 t min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)이 $\frac{n}{2}$ 으로 0 min일 때 $A(g)$ 의 양(mol) n 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $A(g)$ 의 반감기는 t min이다. 따라서 $2t$ min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{n}{4}$ 이므로 $B(g)$ 와

$C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{5}{4}n$ 과 $\frac{3}{4}n$ 이고, $x=\frac{\frac{5}{4}n+\frac{3}{4}n}{\frac{n}{4}}=8$ 이다.

부피가 일정한 강철 용기에서 각 기체의 부분 압력은 각 기체의 양(mol)에 비례한다. t min일 때 $B(g)$ 의 양(mol)은 n 이고, $2t$ min일 때 $C(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{3}{4}n$ 이므로

$$x \times \frac{2t \text{ min일 때 } C(g) \text{의 부분 압력(atm)}}{t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 부분 압력(atm)}} = 8 \times \frac{\frac{3}{4}n}{n} = 6 \text{이다.}$$

09 1차 반응과 몰 분율

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다.

✗ 0 min일 때 $A(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{8}{9}$ 이므로 0 min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)을 각각 $8n, n$ 이라 하면

0 min일 때 전체 기체의 압력(atm) = $\frac{9}{4}$ 이므로 t min일 때 $C(g)$ 의 양(mol)은 $4n$ 이다. 따라서 0~ t min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양

(mol)은 $6n$ 이고, t min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 $2n$ 이므로 0~ t min 동안 2번의 반감기가 진행되었고, 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

㉠ t min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $2n, 4n$ 이고, $A(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{1}{6}$ 이므로 $B(g)$ 의 양(mol)을 x 라 하면 $\frac{2n}{6n+x}=\frac{1}{6}$ 이고, $x=6n$ 이다. 따라서 0~ t min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)과 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)이 $6n$ 으로 같으므로 반응 계수 $b=2$ 이다.

㉡ 1차 반응의 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다. 0 min일 때와 t min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 각각 $8n, 2n$ 이므로 순간 반응 속도는 0 min일 때가 t min일 때의 4배이다.

10 1차 반응과 질량비

1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다. (가)에서 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g) 합이 $12w$ 이고, $\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}=\frac{1}{9}$ 이므로 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)은 각각 $10.8w, 1.2w$ 이다. 또한 $\frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}}=\frac{8}{27}$ 이고, 반응 계수가 각각 2와 1이므로 반응 질량비는 $A : C = 27 : 4$ 이다.

㉠ 0~ t min 동안 반응한 $A(g)$ 의 질량(g)을 $27x$ 라 하면 생성된 $C(g)$ 의 질량(g)은 $4x$ 이므로 (나)에서 $\frac{C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}}=\frac{1.2w+4x}{10.8w-27x}=\frac{8}{9}$ 이고, 정리하면 $\frac{1.2w+4x}{1.2w-3x}=8$ 이므로 $x=0.3w$ 이다. 따라서 (나)에서 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)은 각각 $10.8w-(0.3w \times 27)=2.7w, 1.2w+(0.3w \times 4)=2.4w$ 이다. 이때 0~ t min 동안 $A(g)$ 의 질량(g)은 $10.8w$ 에서 $2.7w$ 로 $\frac{1}{4}$ 배가 되었으므로 2번의 반감기가 진행되었으며 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

✗ 0 min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)은 각각 $10.8w, 1.2w$ 이고, 분자량비가 $A : C = 27 : 8$ 이므로 몰비는 $A : C = \frac{10.8w}{27} : \frac{1.2w}{8} = 8 : 3$ 이다. 따라서 0 min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)을 각각 $8n$ 과 $3n$ 이라 하면 t min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $2n$ 과 $6n$ 이고, $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{B(g) \text{의 양(mol)}}=\frac{1}{2}$ 이므로 $B(g)$ 의 양(mol)은 $12n$ 이다. 따라서 반응 계수 $b=4$ 이다.

㉡ (나)에서 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)은 각각 $2.7w$ 와 $2.4w$ 이고, 전체 기체의 질량(g)은 $12w$ 이므로 $B(g)$ 의 질량(g)은 $12w-2.7w-2.4w=6.9w$ 이다.

12 **반응 속도에 영향을 미치는 요인**

얇은 풀 문제로 유형 익히기

본문 97쪽

정답 ①

A(g)에 대한 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. 화학 반응에서 반응 전과 후 질량이 변하지 않고, A와 B의 반응 계수가 각각 1, 2이므로 분자량비는 A : B = 2 : 1이다.

㉠. II에서 t min일 때 몰비가 A : B = 1 : 4이므로 질량비는 A : B = 1 : 2이다. 이때 B(g)의 질량이 2x g이므로 A(g)의 질량은 x g이고, 반응 전과 후 전체 질량이 같으므로 2x + 3w = 3x이며, x = 3w이다.

✕. x = 3w이므로 A(g) 2w g과 B(g) w g의 양(mol)을 각각 n이라 하면 I의 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 n, 3n이고, II의 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 3n이다. I과 II에서 0~t min 동안 반응한 A(g)의 양(mol)을 각각 y, z라 하면 $\frac{3n+2y}{n-y} = 18$ 이고, $\frac{3n+2z}{3n-z} = 4$ 이므로 $y = \frac{3}{4}n$, $z = \frac{3}{2}n$

이다. 따라서 t min일 때 I에서는 반감기가 2번 지난 시간이고, II에서는 반감기가 1번 지난 시간이므로 A(g)의 반감기는 T₂에서 T₁에서의 2배이다.

✕. t min일 때 I에서 B(g)의 양은 $\frac{9}{2}n$ mol이고, II에서 A(g)의 양은 $\frac{3}{2}n$ mol이며, 분자량은 A가 B의 2배이므로

$$\frac{\text{I에서 B(g)의 질량(g)}}{\text{II에서 A(g)의 질량(g)}} = \frac{\frac{9}{2}n}{\frac{3}{2}n \times 2} = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

수능 2점 테스트

본문 98~99쪽

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

01 온도와 분자 운동 에너지

기체의 평균 분자 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다. 따라서 온도가 높아지면 분자 운동 에너지가 증가하고, 분자 운동 속도가 증가한다.

㉠. 운동 에너지에 따른 A(g)의 분자 수 분포에서 평균 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 온도는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

㉡. 반응 속도식에서 반응 속도 상수는 온도에 영향을 받으며 온도가 높을수록 증가한다. 따라서 반응 속도 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

✕. 1차 반응에서 반응 속도가 클수록 반감기는 작다. 반응 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 반감기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

02 온도와 반응 속도

I차 반응에서 반응 속도는 반응물의 초기 농도에 비례하고, 반응 속도 상수는 온도가 높을수록 크므로 반감기가 짧다.

㉠. 반감기는 II에서가 I에서보다 크므로 반응 속도 상수는 I에서가 II에서보다 크다. 따라서 온도는 T₁ > T₂이다.

✕. A(g)의 초기 농도(M)는 I에서가 II에서의 2배이지만 반응 속도 상수는 I에서가 II에서보다 크므로 0 min일 때 초기 반응 속도는 I에서가 II에서의 2배보다 크다.

✕. I과 II에서 반감기가 각각 2t min, 3t min이므로 0~6t min 동안 I과 II에서 각각 3번과 2번의 반감기가 진행된다. I과 II에서 A(g)의 초기 농도(M)가 각각 4.0과 2.0이므로 0 min일 때 A(g)의 양(mol)을 각각 4n과 2n이라 하면 I에서 6t min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{2}n$ 과 $\frac{7}{4}n$ 이고, II에서 6t min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{2}n$ 과 $\frac{3}{4}n$ 이다. 따라서 6t min

$$\text{일 때 } \frac{\text{I에서 용기 속 전체 기체의 양(mol)}}{\text{II에서 용기 속 전체 기체의 양(mol)}} = \frac{\frac{9}{4}n}{\frac{5}{4}n} = \frac{9}{5} \text{이다.}$$

03 촉매와 반응 속도

I~III에서 모두 A(g)에 대한 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. 반응 A(g) → 2B(g)에서 A(g)의 초기 양(mol)을 4n이라 하고, 반감기가 t₁ min이라 하면 t₁ min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 2n과 4n으로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이고, 2t₁ min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 n과 6n으로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{6}{7}$ 이다. 따라서 I과 II에서 각각 2a min과 3a min일 때 B(g)의 몰 분율이 $\frac{6}{7}$ 이므로 I과 II에서 반감기는 각각 a min과 1.5a min이다.

✕. X(s)를 첨가한 II에서의 반감기가 촉매가 없는 I에서보다 크므로 반응 속도 상수는 I에서가 II에서보다 크고, 반응 속도는 I에서가 II에서보다 빠르다. 따라서 X(s)는 부촉매이다.

㉡. Y(s)는 정촉매이므로 반감기는 I에서보다 작다. 따라서 III에서 두 번째 반감기는 2a min 이전에 진행되었으므로 B(g)의 몰 분율 $x > \frac{6}{7}$ 이다.

✕. X(s)는 부촉매이므로 정반응의 활성화 에너지가 커지고, Y(s)는 정촉매이므로 정반응의 활성화 에너지가 작아진다. 따라서 정반응의 활성화 에너지는 II에서가 III에서보다 크다.

04 반응 속도에 영향을 미치는 요인

㉠. 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이므로 A(g)의 농도를 증가시키면 반응 속도는 빨라진다.

㉡. 반응 속도 상수(k)는 온도가 높아지면 커진다. 따라서 A(g)의 농도가 일정할 때 온도가 높아지면 반응 속도는 빨라지고, 반감기가 짧아진다.

✗ 정촉매는 활성화 에너지를 작게 하여 반응 속도가 빨라진다. 촉매를 첨가해도 A(g)에 대한 반응 차수가 일정한 1차 반응이므로 정촉매를 넣어 주면 반응 속도 상수(k)는 커진다.

05 촉매와 활성화 에너지

촉매는 반응 경로를 변화시켜 활성화 에너지를 변화시키는 물질을 말한다. 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 빠르게 하는 물질을 정촉매라 하고, 활성화 에너지를 증가시켜 반응 속도를 느리게 하는 물질을 부촉매라 한다.

㉠ X(s)를 넣은 (나)의 반응 경로에서 활성화 에너지는 촉매가 없는 (가)보다 작으므로 X(s)는 정촉매이다.

✗ 화학 반응에서 반응 엔탈피 $\Delta H = \text{생성물의 엔탈피 합} - \text{반응물의 엔탈피 합} = E_a - E_a'$ 이다. 촉매는 활성화 에너지만 변화시켜 줄 뿐 반응물과 생성물의 엔탈피는 변하지 않으므로 $|E_a - E_a'|$ 는 (가)와 (나)에서 같다.

㉡ 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 입자의 운동 에너지 분포는 변하지 않고, 활성화 에너지가 낮아지면서 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 입자 수가 증가한다. 따라서 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 입자 수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06 온도와 반응 속도

1차 반응에서 반감기가 n번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다.

㉠ t min일 때 B(g)의 농도(M)는 T_1 K와 T_2 K에서 각각 1과 $\frac{3}{2}$ 이므로 0 min일 때 A(g)의 농도(M)를 a라 하면 T_1 K와 T_2 K에서 t min일 때 B(g)의 농도(M)는 각각 a와 $\frac{3}{2}a$ 이다. 따라서 0~t min 동안 A(g)의 반응 속도는 T_2 K에서가 T_1 K에서보다 크므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

㉡ T_1 K와 T_2 K에서 t min일 때 B(g)의 농도(M)는 각각 a와 $\frac{3}{2}a$ 이므로 0~t min 동안 반응한 A(g)의 농도(M)는 각각 $\frac{1}{2}a$ 와 $\frac{3}{4}a$ 이고, t min일 때 A(g)의 농도(M)는 각각 $\frac{1}{2}a$ 와 $\frac{1}{4}a$ 이다. 따라서 0~t min 동안 T_1 K에서 1번의 반감기가 진행되었고, T_2 K에서 2번의 반감기가 진행되었으므로 반감기는 T_1 K에서가 T_2 K에서의 2배이다.

✗ t min일 때 B(g)의 몰 분율은 T_1 K에서 $\frac{a}{\frac{a}{2} + a} = \frac{2}{3}$ 이고,

T_2 K에서 $\frac{\frac{3}{2}a}{\frac{a}{4} + \frac{3}{2}a} = \frac{6}{7}$ 이므로 T_2 K에서가 T_1 K에서의 $\frac{9}{7}$ 배이다.

07 온도와 반응 속도

온도가 높아지면 평균 운동 에너지가 높아져 반응 속도가 빨라진다. 따라서 1차 반응에서 온도가 높아지면 반감기가 짧아진다.

㉠ T_1 K와 T_2 K에서 반감기는 각각 2t min과 t min이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

✗ T_1 K와 T_2 K에서 0~2t min 동안 반응한 A(g)의 농도(M)는 각각 2와 3이므로 평균 반응 속도는 T_2 K에서가 T_1 K에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

✗ T_2 K에서 t min일 때와 T_1 K에서 4t min일 때 A(g)의 농도(M)는 각각 2와 1이다. T_1 K와 T_2 K에서 반응 속도 상수를 각각 k_1, k_2 라 하면 A(g)의 순간 반응 속도(M/min)는 각각 $v_1 = k_1, v_2 = 2k_2$ 이다. 이때 온도가 높으면 반응 속도 상수는 증가하므로 $k_2 > k_1$ 이고, A(g)의 순간 반응 속도(M/min)는 T_2 K에서 t min일 때가 T_1 K에서 4t min일 때의 2배보다 크다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

시간에 따른 A(g)의 농도(M) 변화에서 반감기가 t s로 일정하므로 A(g)에 대한 1차 반응이다. 반응 $A(g) \rightarrow 2B(g)$ 에서 0 s일 때 A(g)의 양(mol)을 n이라 하면 t s일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{n}{2}$ 과 n이므로 B(g)의 몰 분율은 $b = \frac{2}{3}$ 이다.

✗ 1차 반응에서 반응 속도는 반응물의 농도(M)에 비례하고, 온도가 일정하면 초기 농도에 관계없이 반감기는 일정하므로 t s에서 B(g)의 몰 분율은 변하지 않는다.

㉠ 온도를 높여 주면 반응 속도 상수(k)가 증가하여 반응 속도가 빨라지고, 반감기는 t s보다 짧아지므로 t s에서 B(g)의 몰 분율은 b보다 크다.

㉡ 정촉매를 넣어 주면 활성화 에너지가 낮아져 반응 속도가 빨라지고, 반감기는 t s보다 짧아지므로 t s에서 B(g)의 몰 분율은 b보다 크다.

수능 3점 테스트

본문 100~101쪽

01 ①

02 ⑤

03 ③

04 ⑤

01 온도, 촉매와 반응 속도

실험 I~III에서 강철 용기의 부피(L)는 각각 V, 2V, 3V이고, 넣어 준 A(g)의 양(mol)이 n으로 같으므로 I~III에서 A(g)의 몰 농도(M)는 각각 $\frac{n}{V}, \frac{n}{2V}, \frac{n}{3V}$ 이다. 또한 I~III에서 초기 반응 속도(M/s)가 각각 2v, 3v, v이므로 I~III에서 반응 속도 상수(s^{-1})는 각각 $k_1 = \frac{2vV}{n}, k_2 = \frac{6vV}{n}, k_3 = \frac{3vV}{n}$ 이다. 따라서 $k_1 \sim k_3$ 을 각각 2a, 6a, 3a라 하면 $\frac{k_1 + k_3}{k_2} = \frac{2a + 3a}{6a} = \frac{5}{6}$ 이다.

02 온도, 촉매와 반응 속도

(가)에서 X(s)를 첨가하기 전과 후의 반감기는 각각 2t min과 t min이고, (나)에서 반감기는 3t min이다.

테마 **13** 전기 화학과 이용

많은 풀 문제로 유형 익히기 본문 105쪽

- ㉠ 반감기는 (가)에서 촉매를 첨가하기 전이 (나)에서보다 짧으므로 반응 속도 상수는 $k_1 > k_3$ 이다.
- ㉡ X(s)를 첨가한 후 반감기가 감소하고 반응 속도가 빨라졌으므로 X(s)는 정촉매이다.
- ㉢ (가)에서 3t min일 때 A(g)의 몰 농도(M)는 1이고, 반응 속도 상수는 k_2 이다. (나)에서 6t min일 때 A(g)의 몰 농도(M)는 0.5이고, 반응 속도 상수는 k_3 이다. 따라서

$$\frac{\text{(가)에서 3t min일 때 순간 반응 속도}}{\text{(나)에서 6t min일 때 순간 반응 속도}} = \frac{k_2}{0.5k_3} = \frac{2k_2}{k_3}$$
이다.

03 온도, 촉매와 반응 속도

반응 속도 상수(k)는 온도가 높을수록 증가한다. 또한 촉매를 첨가한 후에도 A(g)에 대한 반응 차수가 같으므로 정촉매를 첨가하면 반응 속도가 빨라져 반응 속도 상수(k)는 증가하고, 부촉매를 첨가하면 반응 속도가 느려져 반응 속도 상수(k)는 감소한다. 반감기가 (다)>(나)이므로 반응 속도 상수(k)는 (나)>(다)이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 각각 (나)와 (가)이고, 반응 속도 상수의 비는 $k_1 : k_2 : k_3 = 1 : 4 : 2$ 이다.

- ㉠ (가)와 (나)는 각각 ㉠과 ㉡이고 반응 속도 상수는 (나)>(가)이므로 (나)에서 첨가한 촉매는 정촉매이다.
- ㉡ 촉매가 없는 (가)와 (다)의 반응 속도 상수는 (다)>(가)이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.
- ㉢ 반응 속도 상수의 비는 $k_1 : k_2 : k_3 = 1 : 4 : 2$ 이므로 $k_1 \sim k_3$ 을 각각 m, 4m, 2m이라 하면 $\frac{k_1+k_3}{k_2} = \frac{m+2m}{4m} = \frac{3}{4}$ 이다.

04 온도, 촉매와 반응 속도

1차 반응에서 반감기가 n번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $(\frac{1}{2})^n$ 배이다. A(g)의 초기 몰 농도(M)를 8n이라 할 때, 반감기가 1회 진행되면 A(g)~C(g)의 몰 농도(M)는 각각 4n, 8n, 2n으로 $\frac{[A]+[C]}{[B]} = \frac{3}{4}$ 이고, 반감기가 2번 진행되면 A(g)~C(g)의 몰 농도(M)는 각각 2n, 12n, 3n으로 $\frac{[A]+[C]}{[B]} = \frac{5}{12}$ 이다. 또한 반감기가 3번 진행되면 A(g)~C(g)의 몰 농도(M)는 각각 n, 14n, 3.5n으로 $\frac{[A]+[C]}{[B]} = \frac{4.5n}{14n} = \frac{9}{28}$ 이다. 따라서 실험 I~III에서 반감기는 각각 2t min, t min, 1.5t min이다.

- ㉠ 촉매가 없는 I과 III에서 반감기는 각각 2t min과 1.5t min으로 초기 반응 속도는 III에서가 I에서보다 크므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.
- ㉡ I과 II에서 반감기는 각각 2t min과 t min으로 초기 반응 속도는 II에서가 I에서보다 크므로 II에서 첨가한 X(s)는 정촉매이다.
- ㉢ II에서 반감기는 t min이므로 2t min일 때 2번의 반감기가 진행되어 $x = \frac{5}{12}$ 이다.

정답 ③
수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 환원되기 쉬운 물질이 환원되고, (+)극에서는 산화되기 쉬운 물질이 산화된다.

㉠ 수용액을 전기 분해할 때 (+)극에서는 산화 반응이 일어난다. (나)의 (+)극에서 기체가 발생하였으므로 (나)의 (+)극에서는 H₂O(l)이 산화되어 기체가 발생하였다. 따라서 Y는 Cu가 될 수 없으므로 Pt이다.

또한 (가)에서 X는 Cu이고, (가)의 (+)극에서는 Cu(s) → Cu²⁺(aq) + 2e⁻ 반응이 일어난다.

㉡ 전기 분해가 진행될 때 (나)의 (+)극에서는 2H₂O(l) → O₂(g) + 4H⁺(aq) + 4e⁻ 반응이 일어나고, (-)극에서는 Cu²⁺(aq) + 2e⁻ → Cu(s) 반응이 일어난다. 전자 4 mol이 (+)극에서 (-)극으로 이동할 때 H⁺ 4 mol이 증가하고, Cu²⁺ 2 mol이 감소하므로 (나)에서 양이온 수는 증가한다.

㉢ 전기 분해가 진행될 때 (나)의 (+)극에서는 H⁺이 생성되어 수용액이 산성을 나타내므로 (+)극 주위에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 수용액은 무색을 나타낸다.

수능 2점 테스트

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

본문 106~108쪽

01 화학 전지

화학 전지는 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

- ㉠ 화학 전지는 금속의 이온화 경향 차이에 의한 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.
- ㉡ 화학 전지의 (-)극에서는 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.
- ㉢ 화학 전지에서 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

02 볼타 전지

화학 전지의 (-)극에서 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.

- ㉠ A는 전자를 잃고 이온이 되므로 A의 질량은 감소한다.
- ㉡ B 전극에서는 전자를 얻는 환원 반응이 일어나므로 B 전극은 (+)극이다.

㉔. A 전극에서는 산화 반응이 일어나고, B 전극에서는 환원 반응이 일어나므로 금속의 이온화 경향은 A가 B보다 크다.

03 다니엘 전지

금속의 이온화 경향은 A가 B보다 크므로 A 전극에서는 산화 반응이 일어나고, B 전극에서는 환원 반응이 일어난다.

- ㉑. A 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 A 전극은 (-)극이다.
- ✗. B 전극에서는 B²⁺이 전자를 얻어 B 금속으로 환원되므로 B 전극의 질량은 증가한다.
- ✗. 화학 전지에서 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다. 따라서 전지 반응이 진행될 때 전자는 도선을 따라 A 전극에서 B 전극으로 이동한다.

04 금속의 이온화 경향

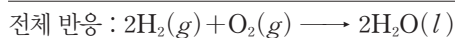
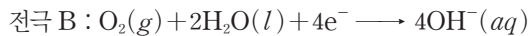
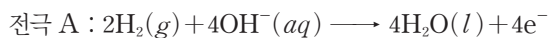
이온화 경향이 큰 금속과 이온화 경향이 작은 금속을 연결하면 이온화 경향이 큰 금속은 산화되고, 이온화 경향이 작은 금속의 이온은 환원된다.

- ㉑. (가)에서 A 전극에서는 A가 전자를 잃고 A²⁺이 되므로 A의 질량은 감소한다.
- ㉒. (나)에서 B는 산화되어 전자를 내놓고, C 전극에서는 C²⁺이 전자를 얻어 C로 환원되므로 전자는 도선을 따라 B 전극에서 C 전극으로 이동한다.
- ㉓. (가)에서 금속의 이온화 경향은 A>B이고, (나)에서 금속의 이온화 경향은 B>C이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 A>C이다.

05 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 수소가 공기 중의 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

- ✗. 전극 A에서는 산화 반응이 일어나므로 A는 (-)극이다.
- ㉒. 전극 B에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수, 이온의 전하는 같아야 하므로 ㉑은 OH⁻(aq)이다.
- ㉓. 전극 A에서 내놓는 전자의 양(mol)과 B에서 얻는 전자의 양(mol)을 일치시킨 후 두 전극에서 일어나는 반응을 더하면 전체 반응이 된다.



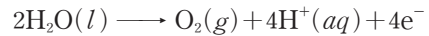
따라서 수소 연료 전지에서는 반응 후 물(H₂O)이 생성된다.

06 물의 광분해

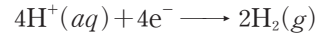
물의 광분해는 태양 에너지(햇빛)를 이용하여 물을 분해함으로써 환경 오염을 유발하지 않는 수소를 얻는 방법이다.

- ㉑. 광분해 장치는 태양 에너지(햇빛) 또는 광원을 이용하여 물을 분해하는 장치이다.
- ✗. 수소 연료 전지의 연료는 수소가 사용된다. 광촉매 전극에서 백금 전극으로 도선을 따라 전자가 이동하므로 광촉매 전극에서 산화 반응이 일어난다. 따라서 광촉매 전극에서는 물이 산화되면서 산소

기체가 발생한다. 산소는 수소 연료 전지의 산화제로 사용된다.



- ✗. 백금 전극에서는 H⁺이 환원되면서 수소 기체가 발생한다.



07 NaCl(aq)의 전기 분해

NaCl(aq)을 전기 분해하면 (+)극에서는 Cl⁻이 산화되어 Cl₂(g)가 생성되고, (-)극에서는 H₂O이 환원되어 H₂(g)가 생성된다. 따라서 전극 A는 (+)극이고, 전극 B는 (-)극이다.

- ㉑. 전기 분해가 진행될 때 전극 A에서 Cl⁻(aq)이 전자를 잃고 Cl₂(g)가 되므로 전극 A에서 산화 반응이 일어난다.
- ✗. H₂O이 전자를 얻어 환원되면 H₂(g)가 생성된다. 따라서 ㉑은 H₂이다.
- ✗. 전기 분해가 진행될 때 (-)극에서 OH⁻이 생성되므로 (-)극 주위에서 수용액의 pH는 증가한다.

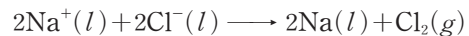
08 NaCl(aq)과 NaCl(l)의 전기 분해

전해질의 수용액이나 용융액에 직류 전류를 흘려주면 양이온은 (-)극으로 이동하고, 음이온은 (+)극으로 이동한다. (-)극에서는 전자를 얻는 환원 반응이 일어나고, (+)극에서는 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.

- ✗. NaCl(aq)을 전기 분해하면 (+)극에서는 Cl⁻이 산화되어 Cl₂(g)가 생성되고, (-)극에서는 H₂O이 환원되어 H₂(g)가 생성된다. 따라서 (가)는 (-)극이고, (나)는 (+)극이다.

㉒. NaCl(aq)을 전기 분해할 때 (가)로 Na⁺이 이동하는데, H₂O이 Na⁺보다 먼저 환원되어 H₂(g)가 생성되었으므로 환원되기 쉬운 경향은 H₂O(l)>Na⁺(aq)이다.

- ✗. NaCl(l)은 다음과 같이 전기 분해된다.



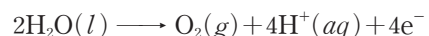
NaCl(l)을 전기 분해하면 (가)에서는 Na(l)이 생성되고, 생성된 물질의 양(mol)은 (가)에서 (나)에서의 2배이다.

09 전기 분해

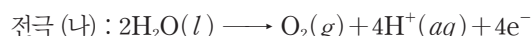
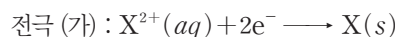
XSO₄(aq)에 직류 전류를 흘려주면 X²⁺은 (-)극으로 이동하고, SO₄²⁻은 (+)극으로 이동한다.

- ✗. 전극 (가)에서는 X²⁺이 환원되어 X(s)가 생성되므로 (가)는 (-)극이다.

㉒. 전극 (나)에서는 H₂O이 산화되어 O₂(g)가 생성된다. 따라서 ㉑은 O₂이다.



㉓. XSO₄(aq)을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



즉, 전자 4 mol이 이동할 때 X(s)는 2 mol 생성되고, O₂(g) 1 mol이 생성된다. 따라서 XSO₄(aq)을 전기 분해할 때 생성된 물질의 양(mol)은 X(s)가 ㉑의 2배이다.

10 은도금

전원 장치의 (+)극에는 Ag(s)을, (-)극에는 철 숟가락을 연결한 후 Ag⁺이 들어 있는 수용액에 담가 직류 전류를 흘려주면 철 숟가락에 은이 도금된다.

- ㉠ Ag(s)은 전원 장치의 (+)극에 연결해야 Ag(s)이 Ag⁺으로 산화된다.
- ㉡ (+)극에서 Ag(s) → Ag⁺(aq) + e⁻ 반응이 일어나므로 Ag(s)이 H₂O(l)보다 산화되기 쉽다.
- ㉢ (-)극에서 Ag⁺(aq) + e⁻ → Ag(s) 반응이 일어나므로 Ag⁺(aq)이 H₂O(l)보다 환원되기 쉽다.

11 물의 전기 분해

물을 전기 분해하면 (+)극에서는 H₂O이 산화되어 O₂(g)가 발생하고, (-)극에서는 H₂O이 환원되어 H₂(g)가 발생한다.

- ㉠ (가)에서는 H₂O이 전자를 내놓고 산화된다.
- ㉡ (나)에서 H₂O이 환원되면 H₂(g)가 발생하므로 ㉡은 H₂(g)이다.
- ㉢ (-)극에서 H₂O이 X⁺(aq)보다 환원되기 쉬워야 (나)의 반응이 일어나므로 환원되기 쉬운 경향은 H₂O(l) > X⁺(aq)이다.

12 구리 제련

전원 장치의 (+)극에는 불순물이 포함된 구리를, (-)극에는 순수한 구리를 연결한 후 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 담가 직류 전류를 흘려주면 순수한 구리를 얻을 수 있다.

- ㉠ 전극 (가)에서는 산화 반응이 일어나므로 (가)는 (+)극이다.
- ㉡ 전극 (가)에서 Cu는 산화되었고, B는 산화되지 않았으므로 산화되기 쉬운 경향은 Cu(s) > B(s)보다 크다.
- ㉢ 전극 (나)에서 Cu²⁺은 환원되었고, A²⁺은 환원되지 않았으므로 환원되기 쉬운 경향은 Cu²⁺(aq) > A²⁺(aq)보다 크다.

수능 3점 테스트					본문 109~111쪽
01 ③	02 ⑤	03 ⑤	04 ③	05 ④	
06 ③					

01 화학 전지

화학 전지의 (-)극에서 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.

- ㉠ (가)에서 A는 산화되고, B²⁺은 환원되었으므로 금속의 이온화 경향은 A가 B보다 크다.
- ㉡ (가)에서 A는 산화되어 A²⁺이 되므로 수용액에서 [A²⁺]는 증가한다.
- ㉢ A는 B보다 이온화 경향이 크므로 (나)에서 A는 산화되어 A²⁺이 되므로 수용액에서 [A²⁺]는 증가하고, B²⁺은 환원되어 B로 석출

되므로 수용액에서 [B²⁺]는 감소한다. 따라서 (나)의 전체 수용액에서 $\frac{[B^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 는 감소한다.

02 전기 분해

전해질의 수용액에 직류 전류를 흘려주면 양이온은 (-)극으로 이동하고, 음이온은 (+)극으로 이동한 후 (-)극에서는 환원 반응이 일어나고, (+)극에서는 산화 반응이 일어난다.

- ㉠ XNO₃(aq)을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.
 - (+)극 : 2H₂O(l) → O₂(g) + 4H⁺(aq) + 4e⁻ (산화 반응)
 - (-)극 : X⁺(aq) + e⁻ → X(s) (환원 반응)
- Y₂SO₄(aq)을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.
 - (+)극 : 2H₂O(l) → O₂(g) + 4H⁺(aq) + 4e⁻ (산화 반응)
 - (-)극 : 2H₂O(l) + 2e⁻ → H₂(g) + 2OH⁻(aq) (환원 반응)
- 따라서 ㉡과 ㉢에서 모두 H₂O이 산화되어 O₂(g)가 생성된다.
- ㉣ ㉠에서는 X⁺(aq)이 환원되는 반응이, ㉢에서는 H₂O이 환원되는 반응이 일어난다. 따라서 ㉠과 ㉢에서는 모두 환원 반응이 일어난다.
- ㉤ XNO₃(aq)을 전기 분해하면 전자 4 mol이 이동할 때 ㉠에서는 X(s) 4 mol이 생성되고, ㉡에서는 O₂(g) 1 mol이 생성된다. 따라서 XNO₃(aq)을 전기 분해할 때 생성된 금속 또는 기체의 양(mol)의 비는 ㉠ : ㉡ = 4 : 1이다.

03 수용액의 전기 분해

KCl(aq)을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.

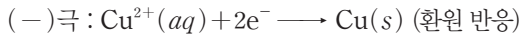
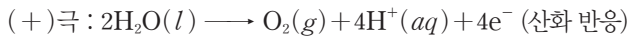
- (+)극 : 2Cl⁻(aq) → Cl₂(g) + 2e⁻ (산화 반응)
 - (-)극 : 2H₂O(l) + 2e⁻ → H₂(g) + 2OH⁻(aq) (환원 반응)
- K₂SO₄(aq)을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.
- (+)극 : 2H₂O(l) → O₂(g) + 4H⁺(aq) + 4e⁻ (산화 반응)
 - (-)극 : 2H₂O(l) + 2e⁻ → H₂(g) + 2OH⁻(aq) (환원 반응)
- CuCl₂(aq)을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.
- (+)극 : 2Cl⁻(aq) → Cl₂(g) + 2e⁻ (산화 반응)
 - (-)극 : Cu²⁺(aq) + 2e⁻ → Cu(s) (환원 반응)
- ㉠ (가)와 (나)를 전기 분해할 때 (+)극에 공통적으로 생성되는 물질 ㉠은 Cl₂(g)이고, (가)와 (나)를 전기 분해할 때 (-)극에서 공통적으로 생성되는 물질 ㉡은 H₂(g)이다.
 - ㉢ (가)를 전기 분해하면 (+)극에서 (나)와 동일한 물질이, (-)극에서 (다)와 동일한 물질이 생성되므로 (가)는 KCl(aq)이고, (나)는 CuCl₂(aq), (다)는 K₂SO₄(aq)이다.
 - ㉤ (가)를 전기 분해하면 전자 2 mol이 이동할 때 Cl₂(g) 1 mol이 생성되고, H₂(g) 1 mol이 생성되므로 x=1이다.
 - (나)를 전기 분해하면 전자 2 mol이 이동할 때 Cl₂(g) 1 mol이 생성되고, Cu(s) 1 mol이 생성되므로 y=1이다.
 - (다)를 전기 분해하면 전자 2 mol이 이동할 때 O₂(g) 0.5 mol이 생

생되고, $\text{H}_2(g)$ 1 mol이 생성되므로 $z=0.5$ 이다. 따라서 $x+y+z=2.5$ 이다.

04 수용액의 전기 분해

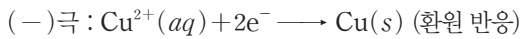
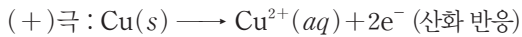
수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.

㉠. (가)에서 백금(Pt)을 전극으로 이용하여 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{SO}_4^{2-}(aq)$ 보다 산화되기 쉬우므로 (+)극에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되고, (-)극에서는 $\text{Cu}^{2+}(aq)$ 이 환원된다.



따라서 (가)의 (+)극에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

㉡. (나)에서 구리(Cu)를 전극으로 이용하여 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 $\text{Cu}(s)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 산화되기 쉬우므로 (+)극에서 $\text{Cu}(s)$ 가 산화되고, (-)극에서는 $\text{Cu}^{2+}(aq)$ 이 환원된다.



따라서 (나)의 (+)극에서는 Cu 전극의 질량이 감소한다.

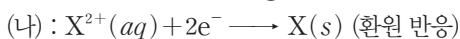
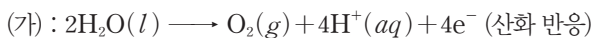
✕. (가)의 (+)극에서 H^+ 이 생성되므로 수용액의 pH는 (가) < (나)이다.

05 전기 분해

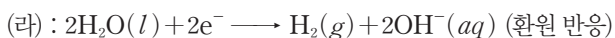
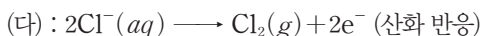
수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.

✕. (가)에서는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 가 발생하므로 (가)는 (+)극이다.

㉠. $\text{XSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



$\text{YCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



(나)에서 $\text{X}^{2+}(aq)$ 은 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 환원되기 쉽고, (라)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 $\text{Y}^+(aq)$ 보다 환원되기 쉬우므로 환원되기 쉬운 경향은 $\text{X}^{2+}(aq)$ 이 $\text{Y}^+(aq)$ 보다 크다.

㉡. (가)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 전자 4 mol을 내놓고 $\text{O}_2(g)$ 1 mol이 생성될 때 (라)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 전자 4 mol을 얻어 $\text{H}_2(g)$ 2 mol이 생성된다. 따라서 전극에서 생성된 물질의 양(mol)은 (라)에서가 (가)에서의 2배이다.

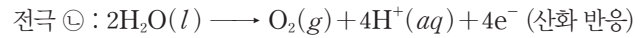
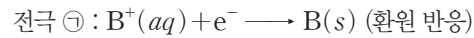
06 화학 전지와 전기 분해

화학 전지의 (-)극에서는 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다. 반대로 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.

㉠. I의 전극 B에서 H^+ 이 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하므로 산화되기 쉬운 경향은 A가 B보다 크다.

✕. II에서 B^+ 이 A^{2+} 보다 환원되기 쉬우므로 전극 ㉠에서 B^+ 이 환원되어 금속 B가 석출되고, ㉡에서는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다. 따라서 I과 II에서 발생한 기체의 종류는 서로 다르다.

㉡. II에서 수용액을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



수용액을 전기 분해하면 전극 ㉠에서 $\text{O}_2(g)$ 0.1 mol이 생성될 때 전자 0.4 mol이 전극 ㉡으로 이동하면서 $\text{B}(s)$ 0.4 mol이 생성된다.

실전 모의고사

1회

본문 112~116쪽

01 ②	02 ③	03 ④	04 ③	05 ②
06 ③	07 ③	08 ①	09 ③	10 ②
11 ④	12 ⑤	13 ①	14 ③	15 ⑤
16 ③	17 ③	18 ⑤	19 ④	20 ⑤

01 고체

얼음은 분자 결정, 염화 나트륨은 이온 결정, 다이아몬드는 원자(공유) 결정, 구리는 금속 결정이다.

- × 원자 결정은 다이아몬드 1가지이다.
 ○ 구리는 금속이므로 금속 결정 구조를 갖는다.
 × 원자 사이에 공유 결합이 존재하는 결정은 얼음과 다이아몬드 2가지이다.

02 분자 간 상호 작용

물질 A₂, B₂, C₂는 분자 사이에 분산력이 존재한다. A₂, B₂, C₂는 분자량이 클수록 분산력이 크게 작용하기 때문에 분자량이 클수록 액체 상태에서 끓는점이 높다.

- 0°C는 A₂의 기준 끓는점보다 높으므로 0°C, 1 atm에서 A₂는 기체 상태로 존재한다.
 ○ 분자량이 클수록 분산력이 크게 작용하기 때문에 분자량은 C₂ > B₂이다.
 × 분자 사이에 분산력이 존재하는 물질은 3가지이다.

03 액체

온도가 높을수록 액체의 증기 압력은 커지고, 분자 사이의 인력이 클수록 같은 온도에서 증기 압력은 작아진다.

- 온도가 높을수록 액체의 증기 압력은 커지므로 P₂ > P₁ > P₃이다.
 × 같은 증기 압력을 나타내는 온도를 비교하면 Y(l)가 Z(l)보다 높으므로 분자 사이의 인력은 Y(l) > Z(l)이다.
 ○ 같은 온도에서 액체의 증기 압력이 작을수록 기준 끓는점은 높아지므로 기준 끓는점은 X(l)가 Y(l)보다 높다.

04 반응 속도와 활성화 에너지

반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지라고 한다.

- 정반응은 발열 반응이므로 ΔH < 0이고, 역반응의 활성화 에너지는 생성물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이므로 역반응의 활성화 에너지는 E_a - ΔH이다.
 ○ E_a가 커지면 정반응과 역반응 속도가 모두 느려진다.
 × ΔH는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값으로 활성화 에너지의 크기와 관련이 없다.

05 용액의 농도

몰랄 농도(m)는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

(가)에서 0.2 m NaOH(aq) = $\frac{\text{NaOH } 0.2 \text{ mol}}{\text{물 } 1 \text{ kg}}$ 이므로 0.2 m

NaOH(aq) 252 g에는 물 250 g에 NaOH 2 g이 녹아 있다. 그러므로 1 m NaOH(aq) x g에 들어 있는 NaOH의 질량은 2 g이다. 1 m

NaOH(aq) = $\frac{\text{NaOH } 1 \text{ mol}}{\text{물 } 1 \text{ kg}}$ 이고, NaOH 2 g은 0.05 mol이므로

1 m NaOH(aq) x g에 들어 있는 물의 질량은 50 g이고 x = 52이다. 따라서 y = 200이다.

(나) 2 m NaOH(aq) = $\frac{\text{NaOH } 2 \text{ mol}}{\text{물 } 1 \text{ kg}}$ 이므로 2 m NaOH(aq)

540 g은 물 500 g에 NaOH 40 g이 녹아 있는 수용액이다. 0.5 m NaOH(aq)의 밀도가 1 g/mL이므로 0.5 m NaOH(aq) 510 mL의 질량은 510 g이고, 물 500 g에 NaOH 10 g이 녹아 있는 수용액이다. 이때 NaOH(s) 3z g만 추가했으므로 3z = 30, z = 10이다.

따라서 $\frac{x \times z}{y} = \frac{52 \times 10}{200} = \frac{13}{5}$ 이다.

06 반응 속도에 영향을 미치는 요인과 촉매

실험 (가)와 (나)를 이용하여 촉매 사용 유무에 따른 초기 반응 속도의 차이를 이용하면 사용한 촉매가 정촉매인지 부촉매인지를 알 수 있다. 실험 (가)와 (다)를 이용하여 촉매가 없는 반응에서 A(g)의 몰 농도에 대한 반응 차수를 알 수 있으며, 실험 (가)와 (라)를 이용하여 촉매가 없는 반응에서 B(g)의 몰 농도에 대한 반응 차수를 알 수 있다.

○ 실험 (가)와 (다)에서 모두 촉매를 첨가하지 않은 상태에서 A(g)의 몰 농도에 대한 반응 차수가 1이라는 것을 알 수 있고, 실험 (가)와 (라)에서 모두 촉매를 첨가하지 않은 상태에서 B(g)의 몰 농도에 대한 반응 차수가 0이라는 것을 알 수 있으므로 반응 A(g) + B(g) → C(g)의 전체 반응의 차수는 1이다.

○ 실험 (가)와 (나)에서 반응물의 초기 농도가 같을 때 촉매를 첨가한 상태에서 정반응의 활성화 에너지를 높여 초기 반응 속도가 느려졌으므로 X(s)는 부촉매이다.

× ○과 ⊖은 E_a이고, ⊕은 부촉매 사용으로 E_a보다 값이 크므로 ⊕~⊖ 중에서 ⊕이 가장 크다.

07 엔탈피와 열화학 반응식

25°C, 1 atm에서 CH₄(g)의 생성 엔탈피(kJ/mol)를 x라고 할 때 C(s, 흑연) + 2H₂(g) → CH₄(g) ΔH = x kJ이다.

(가) : C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g) ΔH = a kJ
 2 × (나) : 2H₂(g) + 2O₂(g) → 2H₂O₂(l) ΔH = 2b kJ
 - 2 × (다) : CO₂(g) + 2H₂O(l) → CH₄(g) + 2O₂(g) ΔH = -2c kJ
 - 1 × (라) : 2H₂O₂(l) → 2H₂O(l) + O₂(g) ΔH = -d kJ

(가) + 2 × (나) - 2 × (다) - 1 × (라) : C(s, 흑연) + 2H₂(g) → CH₄(g) ΔH = x kJ = a kJ + 2b kJ - 2c kJ - d kJ이므로 x = a + 2b - 2c - d이다.

08 수소 연료 전지

수소 연료 전지에서 전체 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

㉠. 화학 전지에서 (-)극에서 전자를 잃는 산화 반응이, (+)극에서 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다. 그러므로 전극 (가)에서 산화 반응이 일어난다.

✗. 전자는 도선을 따라 전극 (가)에서 전극 (나)로 이동한다.

✗. 전체 반응의 화학 반응식에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 이동하는 전자의 양은 2 mol이다.

09 기체

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수($0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 양(mol) n 을 구하면 다음과 같다.

$$n = \frac{PV}{RT}$$

㉠. 300 K, 1 atm에서 기체 A의 부피가 기체 B의 부피보다 크고, 질량이 같으므로 분자량은 B가 A보다 크다.

㉡. A의 기준 끓는점은 T_1 K이고 B의 기준 끓는점은 T_2 K이다.

✗. 기체 A와 B는 압력이 1 atm으로 같으므로 기체의 몰비는

$$A : B = \frac{V_1}{T_1} : \frac{V_2}{T_2} \text{이다. } T_1 \text{ K, } V_1 \text{ L일 때 A(g)의 양(mol) = } \frac{3V_2}{T_1} \text{이다.}$$

$$\frac{3V_2}{T_1} = \frac{3V_2}{V_2} \times \frac{T_2}{T_1} \text{이다. 이때 } 3T_1 > 2T_2 \text{이고 } \frac{T_2}{T_1} < \frac{3}{2} \text{이므로}$$

$$\frac{T_1 \text{ K, } V_1 \text{ L일 때 A(g)의 양(mol)}{T_2 \text{ K, } V_2 \text{ L일 때 B(g)의 양(mol)} < \frac{9}{2} \text{이다.}$$

10 묽은 용액의 성질

비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)에 비례하고, 묽은 용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용질의 종류에 관계없이 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)에 비례한다.

$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}} = P_{\text{용매}}(1 - X_{\text{용질}}) = P_{\text{용매}} - P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$ 이므로 $P_{\text{용매}} - P_{\text{용액}} = \Delta P = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$ 이다.

✗. (가)에서 $P_A - x_1 = P_A \times 0.08$, $P_A - y_1 = P_A \times 0.20$ 이므로 $x_1 = 0.92P_A$, $y_1 = 0.80P_A$ 이다.

㉠. (나)에서 $\frac{P_C - y_2}{P_C - x_2} = \frac{0.25}{0.10} = \frac{5}{2}$ 이고, $P_C - x_2 = P_C \times 0.1$, $P_C - y_2 = P_C \times 0.25$ 이므로 $\frac{x_2}{y_2} = \frac{6}{5}$ 이다. 그러므로 $\frac{P_C - y_2}{P_C - x_2} \times \frac{x_2}{y_2} = \frac{5}{2} \times \frac{6}{5} = 3$ 이다.

✗. $P_A - x_1 = P_A \times 0.08$, $P_C - x_2 = P_C \times 0.1$ 이므로 $\frac{x_1}{x_2} =$

$$\frac{0.92P_A}{0.90P_C} = \frac{46}{45} \times \frac{P_A}{P_C} = \frac{46}{45} \times \frac{3}{2} = \frac{23}{15} \text{이다.}$$

$P_A - y_1 = P_A \times 0.20$, $P_C - y_2 = P_C \times 0.25$ 이므로 $\frac{y_1}{y_2} = \frac{0.80P_A}{0.75P_C}$

$= \frac{16}{15} \times \frac{P_A}{P_C} = \frac{16}{15} \times \frac{3}{2} = \frac{8}{5}$ 이다. 따라서 $\frac{x_1}{x_2} \times \frac{y_2}{y_1} = \frac{23}{15} \times \frac{5}{8} = \frac{23}{24}$ 이다.

11 화학 평형

반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으면 정반응이 우세하게 일어나고, 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)와 같으면 평형 상태이다.

㉠. (가)에서 반응 지수(Q) = $\frac{0.01^2}{0.5 \times 0.1^3} = \frac{1}{5} <$ 평형 상수(K)이므로 정반응이 우세하게 일어난다.

✗. (나)에서 반응 지수(Q) = $\frac{3^2}{2 \times 1^3} = \frac{9}{2}$ 이다.

㉡. (다)에서 평형 상태이므로 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)와 같다. (다)에서 반응 지수(Q) = $\frac{0.5^2}{x \times 0.5^3} = \frac{4}{5}$ 이므로 $x = 2.5$ 이다.

12 상평형

P에서 H_2O 은 고체와 기체가 상평형을 이루고 있다.

✗. 밀도는 기체가 고체보다 작으므로 ㉠은 고체 상태이다.

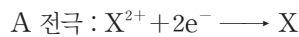
㉡. Q에서 압력을 1 atm으로 유지하고 온도를 높이거나 온도를 낮추면 각각 1번의 상변화가 일어난다. 그러므로 Q에서 H_2O 의 안정한 상은 액체이다.

㉢. 승화 곡선 위에 있는 P에서 고체와 기체 상태가 상평형을 이루고 있다. 이 상태에서 온도를 100°C 까지 높이면 H_2O 의 안정한 상은 기체 상태 1가지만 존재한다.

13 전기 분해

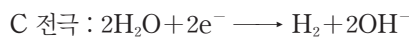
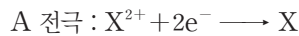
전기 분해 반응에서 전극 A에서는 금속 양이온이 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

㉠. 전극 A에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



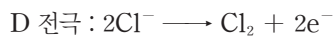
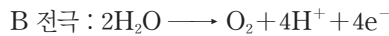
그러므로 전극 A에서 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

✗. 전극 A와 C에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



그러므로 환원되기 쉬운 경향은 $X^{2+} > \text{H}_2\text{O} > Y^+$ 이다.

✗. 전극 B와 D에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



그러므로 같은 시간 동안 전극 B와 전극 D에서 발생하는 기체의 몰비는 1 : 2이다.

14 산 염기 평형

(가)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이고, (나)에서 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}$ 이다.

㉠. 산의 이온화 상수(K_a)가 클수록 상대적으로 강한 산이다. 그러므로 산의 세기는 $\text{HA} > \text{HB}$ 이다.

㉡. $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{10} = 1 \times 10^{-4}$

이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이다. 따라서 $HA(aq)$ 100 mL에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-4} mol$ 이다.

$$\times. K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = 1 \times 10^{-8} \text{에서 } HB(aq) \text{의 몰 농도가}$$

0.01 M일 때 $\frac{[B^-][H_3O^+]}{0.01} = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $[B^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 이다. 따라서 $H_3O^+(aq)$ 의 몰 농도는 $1 \times 10^{-5} M$ 이다.

15 결합 에너지와 헤스 법칙

반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다.

$$\times. A(g) \text{의 생성 엔탈피를 나타내는 열화학 반응식은 } \frac{1}{2}A_2(g) \longrightarrow$$

$A(g)$ 이다. 그러므로 $A(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}a \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉠. $x > 0$ 이므로 $AB(g)$ 가 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 로 분해되는 반응은 흡열 반응이다. 따라서 AB 1 mol이 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 로 분해될 때 $\frac{1}{2}x \text{ kJ}$ 의 에너지가 흡수된다.

㉡. 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같으므로 $A-B$ 의 결합 에너지는 $\frac{a+b+x}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

16 반응 속도

반응 속도는 $\frac{\text{반응물의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}}$ 이다.

$$\text{㉠. } v_1 = \frac{0.05 M}{35 s}, v_2 = \frac{0.025 M}{t s} \text{이고 } \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{4} \text{이므로 } t = 70 \text{이다.}$$

$$\text{㉡. } v_3 = \frac{0.0125 M}{140 s} \text{이므로 } \frac{v_2}{v_3} = \frac{\frac{0.025 M}{70 s}}{\frac{0.0125 M}{140 s}} = 4 \text{이다.}$$

\times . $KIO_3(aq)$ 의 몰 농도가 2배 증가할 때 평균 반응 속도(상댓값)는 4배 증가하므로 이 반응은 2차 반응이다.

17 완충 용액

약산과 그 약산의 짝염기가 1 : 1의 몰비로 섞여 있는 수용액 A는 소량의 산 또는 염기를 가했을 때 pH 변화가 거의 없는 완충 용액이다.

㉠. CH_3COOH 은 약산이고, CH_3COO^- 은 CH_3COOH 의 짝염기이다. 그러므로 A는 CH_3COOH 과 CH_3COO^- 이 1 : 1의 몰비로 섞여 있는 완충 용액이다.

㉡. $CH_3COOH(aq)$ 의 이온화 상수(K_a)는 $1.8 \times 10^{-5} = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$ 이고, A에서 $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 1$ 이므로 $[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-5} M$ 이다. 따라서 A에서 $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-5} M$ 이다.

\times . A에 0.1 M $HCl(aq)$ 1 mL를 첨가하면 $[CH_3COO^-]$ 는 감소하고, $[CH_3COOH]$ 는 증가하므로 B에서 $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} < 1$ 이다.

18 화학 평형

I에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 몰비가 1 : 4이므로 I \rightarrow II에서 정반응이 우세하게 진행된다.

㉠. I에서 전체 기체의 양은 $(6+x) mol$ 이다. I에서의 전체 기체의 압력을 $P_1 atm$ 이라고 할 때 $Ar(g)$ 의 부분 압력이 $\frac{4x}{15} atm$ 이므로

$$P_1 : \frac{4x}{15} = (6+x) : x \text{에서 } P_1 = \frac{4(6+x)}{15} atm \text{이다. 이때 } Ar(g)$$

의 부분 압력이 $\frac{4x}{15} atm$ 이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 부분 압력(atm)

은 각각 $\frac{12}{15} = \frac{4}{5}$ 이다. 따라서 I에서 $A(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{4}{5} atm$ 이다.

㉡. I에서 평형 상수 $K = \frac{3}{\left(\frac{3}{3V}\right)^2} = V$ 이다. I \rightarrow II에서 $A(g)$ 로

부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$
반응 전(mol)	3 3
반응(mol)	-2a +a
반응 후(mol)	3-2a 3+a

$(3-2a) : (3+a) = 1 : 4$ 이므로 $a=1$ 이고, II에서 $A(g)$ 와 $B(g)$

의 양(mol)은 각각 1, 4이다. II에서의 평형 상수 $K = \frac{\left(\frac{4}{4V}\right)}{\left(\frac{1}{4V}\right)^2}$

$= 16V$ 이다. 따라서 $\frac{\text{II에서 } K}{\text{I에서 } K} = 16$ 이다.

㉢. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수 ($0.082 atm \cdot L / (mol \cdot K)$), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 I과 II에서 R 가 같으므로 다음의 관계식이 성립한다.

$$\text{I에서의 } \frac{PV}{nT} = \frac{\frac{4}{15}(6+x) \times 3V}{(6+x) \times 600} \dots \text{①}$$

$$\text{II에서의 } \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 4V}{(5+x) \times 300} \dots \text{②}$$

식 ①=②이므로 $x=5$ 이다.

19 반응 속도

반응 속도 상수 k 의 단위는 전체 반응 차수에 따라 달라진다. 전체 반응 차수가 n 인 반응에서 반응 속도 상수 k 의 단위는 $M^{-(n-1)} \cdot s^{-1}$ 이다.

㉠. I과 II에서 $A(g)$ 의 초기 농도(M)가 2배 증가할 때 초기 반응 속도(M/s)는 4배 증가했으므로 이 반응은 $A(g)$ 에 대한 2차 반응이다.

\times . 이 반응은 $A(g)$ 에 대한 2차 반응이고, I과 III에서 $B(g)$ 의 초기 농도(M)가 2배 증가할 때 초기 반응 속도(M/s)는 8배 증가했으므로 이 반응은 $B(g)$ 에 대한 3차 반응이므로 전체 반응은 5차 반응이다. 그러므로 반응 속도 상수 k 의 단위는 $M^{-4} \cdot s^{-1}$ 이다.

㉔. 실험 I에서 $v=ka^2b^3$ 이고, 실험 IV에서 $5v=kx^2(3b)^3$ 이므로 $x^2=\frac{5a^2}{27}$ 이다. 따라서 $\frac{n}{m} \times x^2 = \frac{3}{2} \times \frac{5a^2}{27} = \frac{5a^2}{18}$ 이다.

20 기체

이상 기체 방정식 $PV=nRT$ (P 는 기체의 압력(atm), V 는 기체의 부피(L), n 은 기체의 양(mol), R 는 기체 상수(0.082 atm·L/(mol·K)), T 는 절대 온도(K))를 이용하여 기체의 압력 P 와 기체의 양(mol) n 을 다음과 같은 관계식으로 구한다.

$$P = \frac{nRT}{V}, n = \frac{PV}{RT}$$

㉕. (다)에서 실린더에 들어 있는 He(g)의 양(mol)은 $n = \frac{PV}{RT} =$

$$\frac{1.6 \times 2}{R \times 240} = \frac{1}{75R}$$
이다.

㉖. (가)에서 300 K에서 He(g)의 압력(atm)은 $P = \frac{nRT}{V}$

$$= \frac{\frac{1}{75R} \times R \times 300}{5} = \frac{4}{5}$$
이다. (가)에서 전체 기체의 압력은 1 atm

으로 일정하므로 300 K에서 X의 증기 압력(atm)은 $1 - 0.8 = 0.2$ 이다.

㉗. (나)에서 He(g)의 압력(atm)은 $1.6 - 0.2 = 1.4$ 이다. He(g)

의 부피(L)는 $V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{1}{75R} \times R \times 300}{1.4} = \frac{20}{7}$ 이다.

실린더 속 전체 기체의 부피는 He(g)의 부피와 같으므로 $V = \frac{20}{7}$ 이다.

실전 모의고사

2회

본문 117~121쪽

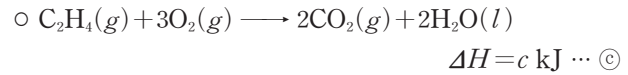
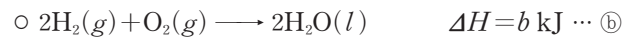
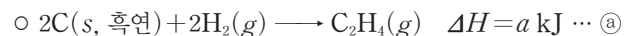
01 ③	02 ④	03 ⑤	04 ④	05 ①
06 ②	07 ④	08 ③	09 ①	10 ④
11 ①	12 ⑤	13 ①	14 ③	15 ⑤
16 ③	17 ⑤	18 ④	19 ②	20 ③

01 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 연료인 수소와 공기 중의 산소를 반응시켜 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

02 헤스 법칙

제시된 반응식을 ㉑~㉓라고 하면 다음과 같다.



반응 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ 은 $\frac{1}{2} \times (\text{㉑} - \text{㉒} + \text{㉓})$ 와 같

으므로 반응 엔탈피는 $\frac{1}{2}(a - b + c)$ kJ이다.

03 고체 결정

㉑. (가)~(다)는 각각 $I_2(s)$, $Cu(s)$, $NaCl(s)$ 이다.

㉒. (나)에서 입자는 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 위치하므로 (나)의 결정 구조는 면심 입방 구조이다.

㉓. (가)~(다)는 각각 분자 결정, 금속 결정, 이온 결정이다.

04 분자 사이의 힘

(나)(H_2O)는 H와 O로 이루어지므로 분자 사이에 수소 결합을 한다.

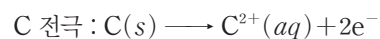
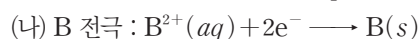
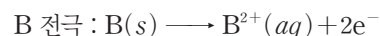
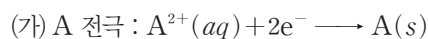
㉑. 분자량이 클수록 분산력이 크므로 분산력은 (다)(SiH_4) > (가)(CH_4)이다. 분산력이 클수록 분자 사이의 힘이 크므로 기준 끓는점이 높아진다. 따라서 ㉑ < -112이다.

✕. 극성 분자 사이에는 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지만 무극성 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지 않는다. 무극성 분자인 (다)(SiH_4)는 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지 않는다.

㉒. 분자 사이의 인력이 클수록 기준 끓는점이 높아진다. (가)~(다) 중 기준 끓는점은 (나)가 가장 높으므로 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 (나)가 가장 크다.

05 화학 전지

(가)의 A 전극에서 $A(s)$ 가 석출되고, (나)의 B 전극에서 $B(s)$ 가 석출되므로 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



㉠. (가)에서 A^{2+} 은 환원되고 B는 산화된다.

✕. (나)에서 C는 산화되어 전자를 내놓고, 내놓은 전자는 도선을 따라 B 전극으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

✕. 금속의 이온화 경향이 클수록 산화되기 쉽다. (가)에서 B가 산화되므로 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이고, (나)에서 C가 산화되므로 금속의 이온화 경향은 $C > B$ 이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $C > B > A$ 이다.

06 반응 속도

1차 반응에서 반응 속도는 A의 몰 농도에 비례한다.

✕. 온도가 높을수록 반응 속도는 빨라진다. A의 초기 몰 농도는 II에서가 I에서의 2배이므로 초기 반응 속도는 II에서가 I에서의 2배이어야 하는데, 2배보다 작으므로 온도는 II에서가 I에서보다 낮다. 따라서 $T_1 > T_2$ 이다.

㉠. A의 초기 몰 농도와 온도는 II에서와 III에서가 같지만, 반응 속도는 촉매를 첨가한 III에서가 II에서보다 빠르므로 X(s)는 정촉매이다. 정촉매는 반응의 활성화 에너지를 낮추므로 반응의 활성화 에너지는 II에서가 III에서보다 크다.

✕. 화학 반응식은 $A(g) \rightarrow B(g)$ 이므로 반응이 완결된 후 생성된 B(g)의 양(mol)은 반응 전 A(g)의 양(mol)과 같다. I~III에서 용기의 부피는 같고 A의 초기 몰 농도는 $II = III > I$ 이므로 반응 전 A(g)의 양(mol)은 $II = III > I$ 이다. 따라서 반응이 완결된 후 생성된 B(g)의 양(mol)은 $II = III > I$ 이다.

07 증기 압력 내림

용액의 증기 압력은 $P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$ ($P_{\text{용매}}$: 용매의 증기 압력, $X_{\text{용매}}$: 용매의 몰 분율)이다. $t_1^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)의 증기 압력은 $P = \frac{51}{50}P \times X_{\text{물}}$ 이므로 $X_{\text{물}} = \frac{50}{51}$ 이다.

✕. $t_2^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)의 증기 압력은 ㉠ = $P \times X_{\text{물}} = \frac{50}{51}P$ 이다.

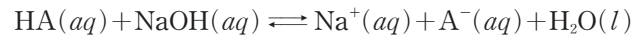
㉠. A(aq)에 포함된 물의 양을 $50n$ mol이라고 하면 A의 양은 n mol이다. A(aq)의 질량은 $50n \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} + n \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 960n \text{ g}$ 이고, A의 질량은 $60n \text{ g}$ 이므로 A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{60n \text{ g}}{960n \text{ g}} \times 100 = \frac{25}{4}\%$ 이다.

㉠. A(aq)에 포함된 물의 질량은 $900n \text{ g}$ 이므로 A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{n \text{ mol}}{900n \text{ g}} = \frac{10}{9} \text{ m}$ 이므로 A(aq)의 어는점 내림은 $\frac{1000 \text{ g/kg}}{1000 \text{ g/kg}}$

$\Delta T_f = K_f \times m = k^\circ\text{C/m} \times \frac{10}{9} \text{ m} = \frac{10}{9} k^\circ\text{C}$ 이다. 물의 기준 어는점은 0°C 이므로 1 atm에서 A(aq)의 어는점은 $-\frac{10}{9} k^\circ\text{C}$ 이다.

08 완충 용액

(가)에서 HA의 양은 $0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL} = 5 \text{ mmol}$ 이고, A^- 의 양은 $a \text{ M} \times 50 \text{ mL} = 50a \text{ mmol}$ 이다. $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ 이므로 $a = 0.1$ 이다. (나)에서 HA(aq)과 NaOH(aq)은 다음과 같은 반응을 한다.



HA의 양은 $0.1 \text{ M} \times 100 \text{ mL} - b \text{ M} \times 100 \text{ mL} = (10 - 100b) \text{ mmol}$ 이고, A^- 의 양은 $b \text{ M} \times 100 \text{ mL} = 100b \text{ mmol}$ 이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{100b}{10 - 100b} = \frac{1}{2}$, $b = \frac{1}{30}$ 이다.

✕. $a = 0.1$ 이고, $b = \frac{1}{30}$ 이므로 $a = 3b$ 이다.

✕. 온도가 일정할 때 $K_a = \frac{[A^-]}{[HA]} \times [H_3O^+]$ 는 일정한 값을 가지므로 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 가 클수록 $[H_3O^+]$ 가 작아지고, pH는 커진다. $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는

(가) > (나)이므로 pH는 (가) > (나)이다.

㉠. (가)에 $b \text{ M NaOH(aq)}$ 10 mL를 혼합하면 혼합 용액 속 HA(aq)과 NaOH(aq)이 반응하여 $A^-(aq)$ 이 생성되므로 [HA]는 감소하고, $[A^-]$ 는 증가한다. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]} > 1$ 이다.

09 기체의 성질

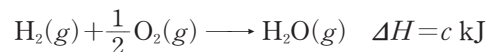
B의 분자량 = $\frac{3}{2}$ 이므로 (가)에서 A(g) 2w g의 양을 a mol이라고 하면 B(g) 6w g은 2a mol이다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $V = \frac{nRT}{P}$ 이므로 (가)에서 기체의 부피(L) $V = \frac{(a+2a) \times R \times 4T}{3P}$

$= \frac{4aRT}{P}$ 이다. (나)에서 A(g) 6w g과 B(g) 3w g의 양은 각각 3a mol, a mol이다. (나)에서 기체의 부피(L) $V = \frac{(3a+a) \times R \times 3T}{2P}$
 $= \frac{6aRT}{P}$ 이다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로

(나)에 들어 있는 기체의 밀도(g/L) = $\frac{(6w+3w)P}{6aRT} = \frac{3}{4}$ 이다.
(가)에 들어 있는 기체의 밀도(g/L) = $\frac{(2w+6w)P}{4aRT}$

10 결합 에너지

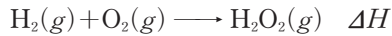
25°C , 1 atm에 H(g), O(g), $H_2O(g)$ 의 생성 엔탈피는 각각 a kJ/mol, b kJ/mol, c kJ/mol이므로 관련된 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



✕. $H_2(g) \rightarrow 2H(g)$ 의 반응 엔탈피는 2a kJ이다.

㉠. H-H의 결합 에너지는 $H_2(g) \rightarrow 2H(g)$ 의 반응 엔탈피와 같고, O=O의 결합 에너지는 $O_2(g) \rightarrow 2O(g)$ 의 반응 엔탈피와 같다. $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ 에서 반응 엔탈피 $\Delta H =$
(H-H의 결합 에너지) + $\frac{1}{2} \times$ (O=O의 결합 에너지) - $2 \times$ (H-O의 결합 에너지) = $2a + \frac{1}{2} \times 2b - 2(\text{H-O의 결합 에너지}) = c$, H-O의 결합 에너지 = $\frac{2a+b-c}{2}$ 이다.

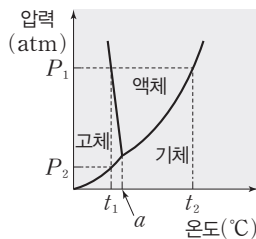
㉔. $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피와 관련된 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지) + $(\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지) - $2 \times (\text{H}-\text{O}$ 의 결합 에너지) - $(\text{O}-\text{O}$ 의 결합 에너지) = $2a + 2b - 2 \times \frac{2a+b-c}{2} - x = b + c - x$ 이다. 따라서 25°C , 1 atm에서 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $(b+c-x)$ kJ/mol이다.

11 상평형

$t_1^\circ\text{C}$ 에서 안정한 상이 2가지인 지점이 2개이고, P_1 atm에서 안정한 상이 2가지인 지점이 2개이므로 상평형 그림에 표시하면 다음과 같다.



㉕. 온도는 $t_1 < a < t_2$ 이다.

✗. 압력은 $P_1 > P_2$ 이다.

✗. $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 안정한 상은 고체, 액체이고, $t_1^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 안정한 상은 고체, 기체이므로 ㉕은 액체, ㉖은 고체, ㉗은 기체이다.

12 평형 상수와 반응 지수

(가)에서 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{a^2}{a \times 0.2} = 5a$ 이고, (나)에서 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{0.2^2}{0.4 \times a} = \frac{1}{10a}$ 이다.

㉕. (가)에서 $K = \frac{1}{2}Q = \frac{5}{2}a$ 이고, (나)에서 $K = \frac{1}{4}Q = \frac{1}{40a}$ 이므로 $\frac{5}{2}a = \frac{1}{40a}$, $a = 0.1$ 이다.

㉖. (가)에서 $Q = 5a = \frac{1}{2}$ 이므로 $K = \frac{1}{2}Q = \frac{1}{4}$ 이다. (다)에서 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{0.1^2}{0.1 \times 0.1} = 1$ 이므로 $\frac{K}{Q} = \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉗. (다)에서 $K < Q$ 이므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다. 증가한 A(g)와 B(g)의 몰 농도를 x M라고 하면

$K = \frac{(0.1-2x)^2}{(0.1+x) \times (0.1+x)} = \frac{1}{4}$, $x = \frac{1}{50}$ 이다. 따라서 평형에서 B(g)의 몰 농도(M)는 $0.1 + \frac{1}{50} = \frac{3}{25}$ 이다.

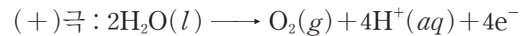
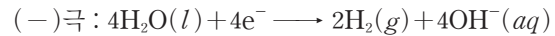
13 용액의 농도

몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이므로 용질의 종류가 같은 수용액에서 몰랄 농도는 용질의 질량에 비례하고 용매의 질량에 반비례한다. (가)에서 A의 질량은 a g이고, 물의 질량은 $(100-a)$ g이다. (나)에

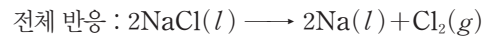
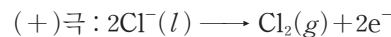
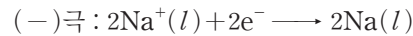
서 A(aq)의 질량은 $200 \text{ mL} \times 1.16 \text{ g/mL} = 232 \text{ g}$ 이고, A의 양은 $1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. (나)에서 A의 질량은 $0.2 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 8 \text{ g}$ 이므로 물의 질량은 $232 \text{ g} - 8 \text{ g} = 224 \text{ g}$ 이다. (가)와 (나)의 몰랄 농도비는 $7 : 6$ 이므로 (가) : (나) = $\frac{a}{100-a} : \frac{8}{224} = 7 : 6$, $a = 4$ 이다.

14 전기 분해

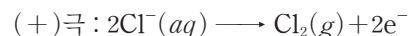
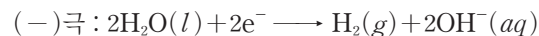
$\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해하면 (-)극과 (+)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



$\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하면 (-)극과 (+)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



$\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극과 (+)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



$\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해하면 각 극에서 생성되는 기체의 몰비는 (-)극 : (+)극 = $2 : 1$ 이다. $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하면 각 극에서 생성되는 금속 또는 기체의 몰비는 (-)극 : (+)극 = $2 : 1$ 이다.

$\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 각 극에서 생성되는 금속 또는 기체의 몰비는 (-)극 : (+)극 = $1 : 1$ 이므로 (나)는 $\text{NaCl}(aq)$ 이다. (나)의 (-)극에서 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되므로 (가)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

㉕. (가)~(다)는 각각 $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{NaCl}(aq)$, $\text{NaCl}(l)$ 이다.

㉖. (나)($\text{NaCl}(aq)$)를 전기 분해하면 (-)극에서 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하고, (+)극에서 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생한다.

✗. (다)($\text{NaCl}(l)$)를 전기 분해하면 (-)극에서 생성된 $\text{Na}(l)$ 의 양(mol)이 (+)극에서 생성된 $\text{Cl}_2(g)$ 의 2배이므로 ㉕은 $4m$ 이다.

15 평형 이동

(가)의 초기 상태에서 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 양을 x mol이라고 하면 평형에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(0.2-x)$ mol, $(0.3-2x)$ mol, $2x$ mol이다. 평형 상태에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{2x \text{ mol}}{(0.2-x) \text{ mol} + (0.3-2x) \text{ mol} + 2x \text{ mol}} = \frac{1}{2}$, $x = 0.1$ 이다.

(가)의 평형 상태에서 A(g)~C(g)의 양은 각각 0.1 mol, 0.1 mol, 0.2 mol이므로 $K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]^2} = \frac{0.2^2}{0.1 \times 0.1^2} = 40$ 이다.

㉕. (나)의 초기 상태에서 $[\text{A}] = 0.1 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0.2 \text{ M}$, $[\text{C}] = 0.3 \text{ M}$ 이므로 반응 지수 $Q = \frac{0.3^2}{0.1 \times 0.2^2} = \frac{90}{4} < K$ 이다. 따라서 (나)의 초기 상태에서 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다.

㉖. (다)의 초기 상태에서 평형에 도달할 때까지 반응한 C(g)의 양

을 $2y$ mol이라고 하면 평형에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 y mol, $2y$ mol, $(a-2y)$ mol이다. 평형 상태에서 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{(a-2y) \text{ mol}}{y \text{ mol} + 2y \text{ mol} + (a-2y) \text{ mol}} = \frac{4}{7}$, $y = \frac{1}{6}a$ 이다. 평형 상태에서 $[A] = \frac{y}{2} \text{ M}$, $[B] = y \text{ M}$, $[C] = \frac{a-2y}{2} \text{ M}$ 이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{\left(\frac{a-2y}{2}\right)^2}{\frac{y}{2} \times y^2} = 40$, $a = 1.2$, $y = 0.2$ 이다.

㉔. (가)의 평형 상태에서 $[A] = 0.1 \text{ M}$, $[B] = 0.1 \text{ M}$, $[C] = 0.2 \text{ M}$ 이다. 반응의 $\Delta H < 0$ 이므로 온도가 높아지면 역반응이 우세해진다. 평형 상태에서 (가)의 온도를 높여 새로운 평형에 도달하면 $[B] > 0.1 \text{ M}$ 이고, $[C] < 0.2 \text{ M}$ 이므로 $\frac{[C]}{[B]} < 2$ 이다.

16 반응 속도

반응은 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. I에서 $t \text{ min} \rightarrow 3t \text{ min}$ 에서 전체 기체의 압력은 $6x \text{ atm}$ 만큼 증가하고, $3t \text{ min} \rightarrow 4t \text{ min}$ 에서 전체 기체의 압력은 $x \text{ atm}$ 만큼 증가하므로 시간에 따라 증가하는 전체 기체의 압력을 정리하면 다음과 같다.

반응 시간(min)	t	$2t$	$3t$	$4t$
전체 기체의 압력(atm)	$24x$		$30x$	$31x$
증가하는 전체 기체의 압력(atm)		$4x$	$2x$	x

I에서 반응 초기에 전체 기체의 압력은 $16x \text{ atm}$ 이므로 $A(g)$ 의 양을 $16n \text{ mol}$ 이라고 하면 $t \text{ min}$ 일 때 전체 기체의 양은 $24n \text{ mol}$ 이고, $A(g)$ 의 양은 $8n \text{ mol}$ 이므로 $B(g)$ 의 양은 $16n \text{ mol}$ 이다. $A(g)$ $8n \text{ mol}$ 이 반응하면 $B(g)$ $16n \text{ mol}$ 이 생성되므로 $b = 2$ 이다. II에서 반응 초기에 들어 있는 $A(g)$ 의 양을 $yn \text{ mol}$ 이라고 하면 $2t \text{ min}$ 일 때 반감기가 2번 지나므로 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{4}yn \text{ mol}$ 이고, $B(g)$ 의 양은 $2 \times \frac{3}{4}yn \text{ mol}$ 이다.

II에서 $2t \text{ min}$ 일 때 전체 기체의 양은 $\frac{7}{4}yn \text{ mol}$ 이고, 전체 기체의 압력은 $21x \text{ atm}$ 이므로 $y = 12$ 이다. ㉔은 $12x$ 이므로 $\frac{㉔}{b} = \frac{12x}{2} = 6x$ 이다.

17 끓는점 오름과 어는점 내림

(가)~(다)에서 물의 양은 일정하므로 어는점 내림과 끓는점 오름은 용질의 양(mol)에 비례한다. A $w \text{ g}$ 의 양을 $x \text{ mol}$, B $w \text{ g}$ 의 양을 $y \text{ mol}$, C $w \text{ g}$ 의 양을 $z \text{ mol}$ 이라고 하면, (가)와 (나)에서 어는점 내림이 $a^\circ\text{C}$ 로 같으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 용질의 양은 같다. 따라서 $x + z = 2y + z$, $x = 2y$ 이다.

㉔. $x = 2y$ 이므로 A와 B의 질량이 $w \text{ g}$ 으로 같을 때 용질의 양은 A가 B의 2배이다. 따라서 화학식량은 B가 A의 2배이다.

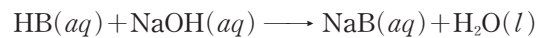
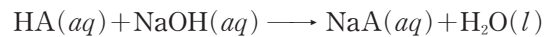
㉕. (나)에 들어 있는 용질의 양은 $(2y+z) \text{ mol}$ 이고, (다)에 들어 있는 용질의 양은 $(x+2y+2z) \text{ mol} = (4y+2z) \text{ mol}$ 이다. (다)에 들어 있는 용질의 양(mol)은 (나)에 들어 있는 용질의 양(mol)보

다 $(2y+z) \text{ mol}$ 만큼 많고, 끓는점은 (다)가 (나)보다 $k^\circ\text{C}$ 만큼 높으므로 용질 $(2y+z) \text{ mol}$ 에 해당하는 끓는점 오름은 $k^\circ\text{C}$ 이다. (나)에 들어 있는 용질의 양은 $(2y+z) \text{ mol}$ 이고, (나)의 끓는점은 $t^\circ\text{C}$ 이므로 물의 기준 끓는점은 $(t-k)^\circ\text{C}$ 이다.

㉖. (라)에 들어 있는 용질의 양은 $(3x+2y) \text{ mol} = 8y \text{ mol}$ 이고, (다)에 들어 있는 용질의 양(mol)보다 $(4y-2z) \text{ mol}$ 만큼 많다. 끓는점은 (라)가 (다)보다 $k^\circ\text{C}$ 만큼 높으므로 용질 $(4y-2z) \text{ mol}$ 에 해당하는 끓는점 오름도 $k^\circ\text{C}$ 이다. 끓는점 오름 $k^\circ\text{C}$ 에 해당하는 용질의 양은 $(2y+z) \text{ mol}$ 과 $(4y-2z) \text{ mol}$ 이므로 $2y+z = 4y-2z$, $2y = 3z$ 이다. 물 100 g 에 C $12w \text{ g}$ 을 녹인 수용액에 들어 있는 용질의 양은 $12z \text{ mol} = 8y \text{ mol}$ 이므로 (라)에 들어 있는 용질의 양(mol)과 같다. 따라서 어는점 내림은 물 100 g 에 C $12w \text{ g}$ 을 녹인 수용액과 (라)가 같으므로 어는점은 물 100 g 에 C $12w \text{ g}$ 을 녹인 수용액과 (라)가 같다.

18 중화 반응

$HA(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 반응, $HB(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 반응은 다음과 같다.



반응 후 Na^+ 의 양(mol)은 A^- 의 양(mol) 또는 B^- 의 양(mol)과 같다. 반응 후 HA 또는 HB의 양(mol)은 반응 전 산의 양(mol)에서 Na^+ 의 양(mol)을 뺀 값과 같다.

㉔. $a \text{ M HA}(aq)$ 100 mL 에 들어 있는 HA의 양은 $a \text{ M} \times 100 \text{ mL} = 100a \text{ mmol}$ 이고, $0.2 \text{ M HB}(aq)$ $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 HB의 양은 $0.2 \text{ M} \times V \text{ mL} = 0.2V \text{ mmol}$ 이다. $0.1 \text{ M NaOH}(aq)$ 40 mL 에 들어 있는 Na^+ 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 40 \text{ mL} = 4 \text{ mmol}$ 이고, $0.1 \text{ M NaOH}(aq)$ 80 mL 에 들어 있는 Na^+ 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 80 \text{ mL} = 8 \text{ mmol}$ 이다. ㉔에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{100a-4}{4} = \frac{3}{2}$, $a = 0.1$ 이고, ㉕에서 $\frac{[HB]}{[B^-]} = \frac{0.2V-8}{8} = 4$, $V = 200$ 이다. 따라서 $a \times V = 0.1 \times 200 = 20$ 이다.

㉕. ㉔에서 $\frac{[HB]}{[B^-]} = x = \frac{40-4}{4} = 9$ 이다.

㉖. 25°C 에서 $HA(aq)$ 의 $K_a = \frac{[A^-]}{[HA]} \times [H_3O^+] = k_1$ 이므로 ㉔에서 $k_1 = \frac{2}{3} \times y$ 이다. 25°C 에서 $HB(aq)$ 의 $K_a = \frac{[B^-]}{[HB]} \times [H_3O^+] = k_2$ 이므로 ㉕에서 $k_2 = \frac{1}{9} \times 3y$ 이다. 따라서 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{\frac{1}{3}y}{\frac{2}{3}y} = \frac{1}{2}$ 이다.

19 화학 평형

화학 반응식은 $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 이므로 분자량은 A가 B의 2배이다. 평형 (가)에서 A와 B의 질량비가 4 : 1이므로 A의 양을 $2n \text{ mol}$ 이라고 하면 B의 양은 $n \text{ mol}$ 이다. 초기 상태에서 A의 양은 $2.5n \text{ mol}$ 이다. 초기 상태에서 평형 (나)에 도달할 때까지 반응한

A(g)의 양을 x mol이라고 하면 평형 (나)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(2.5n-x)$ mol, $2x$ mol이다. 평형 (나)에서 $\frac{\text{B의 질량(g)}}{\text{A의 질량(g)}}$

$$= \frac{2x \text{ mol}}{2 \times (2.5n-x) \text{ mol}} = \frac{3}{2}, \quad x = 1.5n \text{이다.}$$

평형 (나)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 n mol, $3n$ mol이다. 초기 상태와 평형 (가)에서 온도가 T_1 K로 같고, 초기 상태에서 A(g) $2.5n$ mol의 부피가 1 L이므로 평형 (가)에서 A(g) $2n$ mol과 B(g) n mol의 부피

$$\text{는 } 1.2 \text{ L이다. 평형 (가)에서 평형 상수 } K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{\left(\frac{n}{1.2}\right)^2}{\frac{2n}{1.2}}$$

$$\frac{n}{2.4} = K_1 \text{이다. 평형 (나)에서 평형 상수 } K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{\left(\frac{3n}{V_1}\right)^2}{\frac{n}{V_1}}$$

$$\frac{9n}{V_1} = 9K_1 \text{이다. 평형 (가)와 (나)의 평형 상수를 이용하면 } \frac{9n}{V_1} =$$

$$9 \times \frac{n}{2.4}, \quad V_1 = 2.4 \text{이다. 이상 기체 방정식에서 } PV = nRT, \quad T = \frac{PV}{nR}$$

이다. 평형 (가)에서 $T_1 = \frac{1.2P}{3nR}$ 이고, 평형 (나)에서 $T_2 = \frac{2.4P}{4nR}$ 이

$$\text{므로 } V_1 \times \frac{T_1}{T_2} = 2.4 \times \frac{\frac{1.2P}{3nR}}{\frac{2.4P}{4nR}} = \frac{8}{5} \text{이다.}$$

20 기체의 성질

용기에 들어 있는 A(g)의 양을 xn mol이라고 하면 B(g)의 양은 yn mol이다. (나)에서 일어나는 반응의 양적 관계를 구하면 다음과 같다.

	3A(g)	$+$	B(g)	\longrightarrow	2C(g)
반응 전(mol)	xn		yn		0
반응(mol)	$-xn$		$-\frac{xn}{3}$		$+\frac{2xn}{3}$
반응 후(mol)	0		$\left(y - \frac{x}{3}\right)n$		$\frac{2xn}{3}$

(나) 과정 후 B(g)의 부분 압력은 1 atm이고, 부피는 2 L이므로 B(g)의 양은 $2n$ mol이다. $\left(y - \frac{x}{3}\right)n = 2n, \quad 3y - x = 6$ (식 ㉑)이다.

꼭지 ㉑을 닫으면 실린더와 연결된 용기에 들어 있는 B(g)와 C(g)의 양은 각각 n mol, $\frac{xn}{3}$ mol이다. (다)에서 일어나는 반응의 양적 관계를 구하면 다음과 같다.

	3A(g)	$+$	B(g)	\longrightarrow	2C(g)
반응 전(mol)	Vn		n		$\frac{xn}{3}$
반응(mol)	$-3n$		$-n$		$+2n$
반응 후(mol)	$(V-3)n$		0		$\left(\frac{x}{3} + 2\right)n$

(다) 과정 후 용기에 들어 있는 기체의 부피는 1 L이고, 실린더에 들어 있는 기체의 부피는 3 L이므로 전체 기체의 양은 $4n$ mol이다.

$(V-3)n + \left(\frac{x}{3} + 2\right)n = 4n, \quad \frac{x}{3} + V = 5$ (식 ㉒)이다. (다) 과정 후 용기와 실린더 속 기체의 전체 압력은 외부 압력인 1 atm과 같고, A(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{4}$ atm이므로 $\frac{(V-3)n}{4n} = \frac{1}{4}, \quad V = 4$ 이다.

식 ㉑와 ㉒를 풀면 $x = 3, \quad y = 3$ 이다. 따라서 $V \times \frac{y}{x} = 4 \times \frac{3}{3} = 4$ 이다.

실전 모의고사

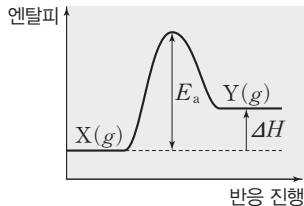
3회

본문 122~126쪽

01 ②	02 ③	03 ③	04 ①	05 ④
06 ②	07 ③	08 ⑤	09 ④	10 ⑤
11 ③	12 ⑤	13 ①	14 ②	15 ①
16 ②	17 ⑤	18 ④	19 ②	20 ④

01 촉매와 반응 속도

✗. X(g)로부터 Y(g)가 생성될 때 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이므로 반응 진행에 따른 엔탈피 변화는 다음과 같다.



따라서 역반응의 활성화 에너지는 $E_a - \Delta H$ 이다.

㉞ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 낮아지므로 정반응과 역반응의 속도가 모두 빨라진다.

✗. 활성화 에너지는 촉매에 의해 크기가 달라진다. 온도가 높아져도 화학 반응의 활성화 에너지는 달라지지 않는다.

02 고체의 결정 구조

㉠ (가)는 정육면체의 꼭짓점에만 원자가 배열된 구조이므로 단순 입방 구조이고, (나)는 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 원자가 배열된 구조이므로 면심 입방 구조이며, (다)는 정육면체의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 원자가 배열된 구조이므로 체심 입방 구조이다.

✗. (다)는 단위 세포의 면의 중심이 아닌 정육면체의 중심에 입자가 존재한다.

㉡ 단위 세포에 존재하는 원자의 수가 (나)는 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 이고, (다)는 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 이다. 따라서 단위 세포에 포함된 원자의 수는 (나)가 (다)의 2배이다.

03 분자 사이의 힘

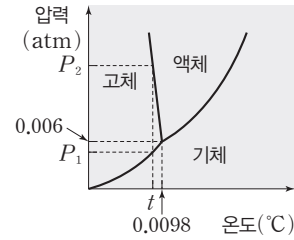
㉠ 액체 분자 사이의 인력이 클수록 기준 끓는점이 높으므로 분자 사이의 인력은 (라)가 가장 크다.

㉡ (가)와 (다)는 모두 무극성 분자이므로 분자 사이에 작용하는 힘은 분산력이다. 분자량은 (다)가 (가)보다 크므로 분산력은 (다)가 (가)보다 커서 기준 끓는점이 더 높다.

✗. 수소 결합은 전기 음성도가 큰 F, O, N에 결합한 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 인력이다. 따라서 분자 사이에 수소 결합이 존재하는 물질은 (나)와 (라) 2가지이다.

04 상평형

H₂O의 상평형 그림에 t°C에서 H₂O의 상태와 안정한 상의 수가 2가 되는 압력을 표시하면 다음과 같다.



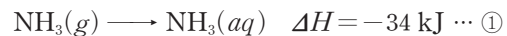
✗. H₂O의 안정한 상의 수가 2가 되는 온도 t°C는 삼중점의 온도인 0.0098°C보다 낮다.

㉠ H₂O의 안정한 상의 수가 2가 되는 압력 P₁ atm은 삼중점의 압력인 0.006 atm보다 작다.

✗. P₂ atm, t°C에서 H₂O의 안정한 상은 고체와 액체이다.

05 생성 엔탈피와 결합 에너지

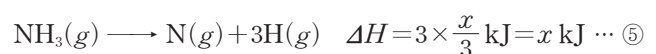
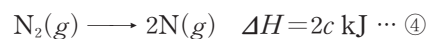
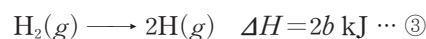
주어진 열화학 반응식은 다음과 같다.



NH₃(aq)의 생성 엔탈피는 a kJ/mol이므로 이를 열화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



식 ㉡ - ㉠ × 2를 하면 N₂(g) + 3H₂(g) → 2NH₃(g)이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (2a + 68) \text{ kJ}$ 이다. 또한 H(g)와 N(g)의 생성 엔탈피는 각각 b kJ/mol, c kJ/mol이고, N-H의 결합 에너지는 $\frac{x}{3} \text{ kJ/mol}$ 이므로 이를 이용하여 열화학 반응식을 나타내면 다음과 같다.



식 ㉢ × 3 + ㉣ - ㉤ × 2를 하면 N₂(g) + 3H₂(g) → 2NH₃(g)가 되고, 헤스 법칙에 의해 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (6b + 2c - 2x) \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $6b + 2c - 2x = 2a + 68$ 이고, $x = -a + 3b + c - 34$ 이다.

06 액체의 증기 압력

수는 기둥의 높이 차 h가 684 mm일 때 액체의 증기 압력은 760 mmHg - 684 mmHg = 76 mmHg, 즉 0.1 atm이다. h가 0일 때 액체의 증기 압력은 대기압과 같은 760 mmHg, 즉 1 atm이다.

✗. 기준 끓는점은 액체의 증기 압력이 1 atm과 같아지는 온도이므로 기준 끓는점은 Z(l)가 가장 높다.

㉠ 34°C에서 X(l)의 증기 압력이 760 mmHg이므로 50°C에서 증기 압력은 760 mmHg보다 크다. Y(l)와 Z(l)의 기준 끓는점은 각각 50°C보다 높으므로 50°C에서 Y(l)와 Z(l)의 증기 압력은 각각 760 mmHg보다 작다. 따라서 50°C에서 증기 압력은 X(l)가 가장 크다.

✗. 0.1 atm에서 Z(l)의 끓는점은 51°C이므로 60°C에서 Z의 가장 안정한 상은 기체이다.

07 생성 엔탈피와 헤스 법칙

생성 엔탈피는 어떤 물질 1 mol이 구성 원소의 가장 안정한 상태에서 부터 생성될 때의 반응 엔탈피이다.

㉠. $\text{SO}_2(g)$ 과 $\text{SO}_3(g)$ 의 생성 엔탈피가 모두 0보다 작으므로 $a < 0$, $b < 0$ 이고 (가)와 (나)는 모두 발열 반응이다.

✗. $\text{SO}_3(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{S}(s, \text{사방황}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_3(g)$ 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화이다. 따라서 $\text{SO}_3(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{b}{2}$ kJ/mol이다.

㉡. $\text{SO}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_3(g)$ 반응은 $\frac{1}{2} \times (\text{나}) - (\text{가})$ 와 같으므로 $\text{SO}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_3(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 헤스 법칙에 의해 $\left(\frac{b}{2} - a\right)$ kJ이다.

08 화학 전지

화학 전지의 (-)극에서는 산화 반응이, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.

㉠. (가)의 전극 B에서 H^+ 이 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하므로 금속의 이온화 경향은 A가 B보다 크다. (나)의 전극 B에서는 B(s)가 산화되어 B^{2+} 이 생성되고, 전극 C에서는 C^+ 이 환원되어 C(s)가 석출되므로 금속의 이온화 경향은 B가 C보다 크다. 따라서 금속의 이온화 경향은 A가 C보다 크다.

㉡. (나)에서 B가 산화되고, C^+ 이 환원되므로 전자는 도선을 따라 B(s)에서 C(s)로 이동한다.

㉢. (나)에서 전극 C가 있는 수용액 중 C^+ 의 양(mol)이 감소하므로 $[\text{C}^+]$ 는 감소한다.

09 기체의 양(mol)과 부분 압력

기체의 양(mol) = $\frac{\text{질량}(g)}{1 \text{ mol의 질량}(g/\text{mol})}$ 이고, 분자량은 B가 A의 2배이므로 반응 전 기체의 몰비는 $\text{A} : \text{B} = \frac{w}{1} : \frac{6w}{2} = 1 : 3$ 이다. 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 기체의 몰비는 $\text{A} : \text{B} = x \times 2 : y \times 3 = 1 : 3$ 이고, $y = 2x$ 이다.

T , 1 atm, 1 L에 들어 있는 기체의 양(mol)을 n 이라고 하면, 반응 전 A와 B의 양(mol)은 각각 $2xn$, $6xn$ 이고, He(g)의 양(mol)은 $2n$ 이다.

반응 전 A(g)와 B(g)의 양(mol)을 각각 $2xn$, $6xn$ 이라고 하면, 꼭지 a를 열었을 때 반응 전과 후 반응물과 생성물의 양적 관계는 다음과 같다.

	$\text{A}(g) + 2\text{B}(g) \longrightarrow \text{C}(g) + 2\text{D}(g)$			
반응 전(mol)	$2xn$	$6xn$	0	0
반응(mol)	$-2xn$	$-4xn$	$+2xn$	$+4xn$
반응 후(mol)	0	$2xn$	$2xn$	$4xn$

이후 꼭지 b를 열면 반응 후 남아 있는 기체와 He(g) $2n$ mol이 혼합된다. 혼합 후 전체 기체의 압력(P_T)은 1 atm이고, B(g)의 부분 압력(P_B)이 $\frac{1}{5}$ atm이므로 B(g)의 몰 분율(X_B)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_B = X_B \times P_T = X_B \times 1 \text{ atm} = \frac{1}{5} \text{ atm}, X_B = \frac{1}{5}$$

따라서 $X_B = \frac{n_B}{n_B + n_C + n_D + n_{\text{He}}} = \frac{2xn}{2xn + 2xn + 4xn + 2n} = \frac{1}{5}$ 이고, $x=1$ 이며, 남아 있는 전체 기체의 양(mol)은 $10n$ 이다. 외부 압력이 1 atm일 때 He(g) $2n$ mol의 부피가 2 L이므로 $10n$ mol의 부피는 10 L이고, $V=5$ 이며, $\frac{x}{y} \times V = \frac{x}{2x} \times 5 = 2.5$ 이다.

10 평형 상수와 반응 지수

반응 지수(Q)는 평형 상수식에 반응물과 생성물의 현재 농도(M)를 대입하여 구한 값으로 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)를 비교하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.

㉠. (가)의 부피를 V_1 L라고 하면 (가)에서 $\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$ 반응의 반응 지수 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{\left(\frac{x}{V_1}\right)^2}{\frac{1}{V_1} \times \frac{1}{V_1}} = x^2 = 4$ 이고,

$x=2$ 이다.

(나)의 부피를 V_2 L라고 하면 (나)에서 $\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$ 반응의 반응 지수 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{\left(\frac{y}{V_2}\right)^2}{\frac{1}{V_2} \times \frac{1}{V_2}} = y^2 = 16$ 이고, $y=4$

이다. 따라서 $x+y=6$ 이다.

㉡. (나)에서 반응 지수는 평형 상수보다 크므로 역반응이 우세하게 진행된 후 평형에 도달한다.

㉢. (가)에서 반응 지수는 평형 상수보다 작으므로 정반응이 우세하게 진행된 후 평형에 도달한다.

(가)에서 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 양(mol)을 m 이라고 하면 반응 전과 후 A(g)~C(g)의 양적 관계는 다음과 같다.

	$\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$		
반응 전(mol)	1	1	2
반응(mol)	$-m$	$-m$	$+2m$
평형(mol)	$1-m$	$1-m$	$2+2m$

(가)에서 평형 상수 $K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{\left(\frac{2+2m}{V_1}\right)^2}{\frac{1-m}{V_1} \times \frac{1-m}{V_1}} = \frac{(2+2m)^2}{(1-m)^2}$

$=9$ 이고, $m = \frac{1}{5}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A(g), B(g), C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{4}{5}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{12}{5}$ 이고, C(g)의 몰 분율은

$$\frac{\frac{12}{5}}{\frac{4}{5} + \frac{4}{5} + \frac{12}{5}} = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

(나)에서 평형에 도달할 때까지 반응한 C(g)의 양(mol)을 $2n$ 이라고 하면 반응 전과 후 A(g)~C(g)의 양적 관계는 다음과 같다.

	$\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$		
반응 전(mol)	1	1	4
반응(mol)	$+n$	$+n$	$-2n$
평형(mol)	$1+n$	$1+n$	$4-2n$

(나)에서 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{\left(\frac{4-2n}{V_2}\right)^2}{\frac{1+n}{V_2} \times \frac{1+n}{V_2}} = \frac{(4-2n)^2}{(1+n)^2}$
 $= 9$ 이고, $n = \frac{1}{5}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A(g), B(g), C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{6}{5}$, $\frac{6}{5}$, $\frac{18}{5}$ 이고, C(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{18}{5}}{\frac{6}{5} + \frac{6}{5} + \frac{18}{5}} = \frac{3}{5}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 C(g)의 몰 분율은 (가)에서와 (나)에서 같다.

11 용액의 농도

㉠ (가)에서 용액의 질량은 $100d_1$ g이고, 용질의 양은 $0.1M \times 0.1L = 0.01$ mol이고, A의 화학식량이 100이므로 용액에 녹아 있는 A의 질량은 1 g이다. 용액의 몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이므로 (가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{\frac{100d_1 - 1}{1000} \text{ kg}}$ 이고, $\frac{10}{100d_1 - 1} m$ 이다.

㉡ (나)에서 용액의 질량은 $100d_2$ g이고, 용액에 녹아 있는 A의 질량은 (가)와 같은 1 g이므로 용매의 질량은 $(100d_2 - 1)$ g이다. 따라서 (나)의 몰랄 농도 $0.1 m = \frac{\frac{1}{100} \text{ mol}}{\frac{100d_2 - 1}{1000} \text{ kg}}$ 이고, $d_2 = 1.01$ 이다.

㉢ 용액의 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합하여 만든 A(aq)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{2 \text{ g}}{(100d_1 + 101) \text{ g}} \times 100 = \frac{200}{100d_1 + 101}$ 이다.

12 용액의 어는점 내림

용액의 어는점 내림(ΔT_f)은 용매의 종류에 따라 달라지며 용액의 몰랄 농도(m)에 비례한다.

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

K_f 는 용매의 종류에 따라 달라지는 몰랄 내림 상수이고, 용액의 농도가 1 m일 때 어는점 내림이다.

㉠ (가)와 (나)는 용매의 종류와 질량이 같고, 용질의 종류와 양(mol)이 다르다. 어는점 내림은 (나)가 (가)의 3배이므로 몰랄 농도도 (나)가 (가)의 3배이고, 화학식량은 X가 Y의 3배이다.

㉡ (가)와 (다)는 용질의 종류와 질량이 같고, 용매의 종류가 다르다. 어는점 내림은 (다)가 (가)의 2배이고, 몰랄 농도는 같으므로 몰랄 내림 상수는 B(l)가 A(l)의 2배이다.

㉢ (라)는 (다)와 용매의 종류가 같으므로 몰랄 내림 상수는 같고, 용매의 질량은 2배, 용질의 양(mol)은 3배이므로 몰랄 농도 $\left(\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}\right)$ 는 (라)가 (다)의 1.5배이다. 따라서 (라)의 어는점 내림(㉢)은 $2k \times 1.5 = 3k$ 이다.

13 혼합 기체의 몰 분율

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 부피가 같을 때 기체의 양(mol)은 $n \propto \frac{P}{T}$ 이다. 따라서 기체의 몰비는 (가) : (나) = $\frac{P}{T} : \frac{2.5P}{2T} = 4 : 5$ 이고, A~C의 분자량을 각각 $M_A \sim M_C$ 라고 하면 $\frac{w}{M_A} + \frac{2w}{M_B} : \frac{w}{M_B} + \frac{w}{M_C} = 4 : 5$ (식 ①)이다.

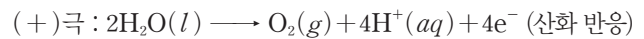
(가)에서 B의 몰 분율 $X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} = 0.5$ 이므로 $n_A = n_B$ 이다. 따라서 $\frac{w}{M_A} = \frac{2w}{M_B}$ 이고, $M_B = 2M_A$ (식 ②)이다.

식 ②를 식 ①에 대입하면 $M_A = 2M_C$ 이고, $M_A : M_B : M_C = 2 : 4 : 1$ 이다. 따라서 (나)에서 $n_B : n_C = \frac{w}{M_B} : \frac{w}{M_C} = \frac{w}{4} : \frac{w}{1} = 1 : 4$ 이고, B의 몰 분율은 $X_B = \frac{n_B}{n_B + n_C} = \frac{1}{1+4} = \frac{1}{5}$ 이므로 ㉠은 $\frac{1}{5}$ 이다.

14 물의 전기 분해와 수소 연료 전지

I에서는 물의 전기 분해가 일어나고, II에서는 수소가 산화되면서 전자가 이동한다.

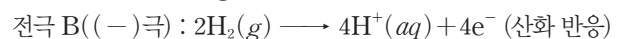
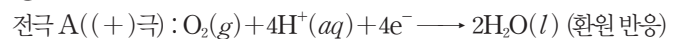
㉡ I에서 물을 전기 분해하면 각 전극에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



(-)극에서 수산화 이온(OH⁻)이 생성되므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 수용액이 붉게 변한다. 따라서 전극 B는 (-)극이다.

㉢ 전극 A는 (+)극이고, B는 (-)극이므로 전자 4 mol이 이동할 때 A에서는 O₂(g)가 1 mol, B에서는 H₂(g)가 2 mol 발생한다. 따라서 물을 전기 분해할 때 발생한 기체의 양(mol)은 B에서가 A에서의 2배이다.

㉣ 수소 연료 전지의 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



따라서 (다)에서 전자는 도선을 따라 (-)극인 전극 B에서 (+)극인 전극 A로 이동한다.

15 산과 염기의 이온화 상수

㉠ (가)의 pH=3.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이며, $[\text{HA}] = 0.1 \text{ M} - 1 \times 10^{-3} \text{ M} \approx 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 약산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

㉡ 약산 HA의 짝염기 A⁻은 수용액에서 염기로 작용하므로 다음과 같이 물과 반응하여 이온화 평형을 이룬다.



이때 염기 A⁻의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 이때 (나)에서 $[\text{HA}] = [\text{OH}^-] = y \text{ M}$ 라고 하면, $[\text{A}^-] = (0.1 - y) \text{ M}$ 이다.

$y \ll 0.1$ 이라고 가정하면, $[A^-] = (0.1 - y) M \approx 0.1 M$ 이고, $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{y^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이므로 $y = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 이는 가정에 부합하므로 (나)의 pOH는 5.0이고, $pH = x = 14.0 - 5.0 = 9.0$ 이다.

✕ (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에는 HA와 A^- 이 각각 $0.1 M \times 0.1 L = 0.01 \text{ mol}$ 씩 들어 있으므로 $[HA] = [A^-]$ 이다. 따라서 산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ 이고, 혼합 용액의 $pH = 5.0$ 이다.

16 완충 용액

✕ $[Na^+]$ 는 $\frac{Na^+ \text{의 양(mol)}}{\text{혼합 용액의 부피(L)}}$ 이므로

$$\frac{0.1 \times \frac{V}{1000} \text{ mol}}{\frac{100+V}{1000} \text{ L}} = \frac{1}{30} \text{ M이고, } V = 50 \text{이다.}$$

㉠ 약산 HA는 수용액에서 대부분 HA로 존재하고, NaA는 수용액에서 이온화되어 Na^+ 와 A^- 으로 존재한다. $\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{2}$ 이므로 $[HA] = [A^-]$ 이고, HA의 양(mol)과 A^- 의 양(mol)은 같으므로 $x M \times 100 \text{ mL} = 0.1 M \times V \text{ mL}$ 이고, $V = 50$ 이므로 $x = 0.05$ 이다.

✕ 혼합 수용액에 산 $HCl(aq)$ 을 넣으면 산의 H^+ 과 혼합 수용액의 염기 A^- 이 반응하여 HA가 생성되므로 A^- 의 양(mol)은 감소하고, HA의 양(mol)은 증가한다.

17 1차 반응과 반응 속도

1차 반응에서 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다.

㉠ $A(g) \longrightarrow B(g)$ 반응은 1차 반응이고, 실험 II는 I과 비교할 때 $A(g)$ 의 농도가 2배이므로 초기 반응 속도는 2배가 된다. 따라서 ㉠은 $2v_1$ 이다.

㉡ 실험 I과 III을 비교하면 III에서 촉매 X(s)를 첨가했을 때 반응 속도가 빨라지므로 X(s)는 정촉매이다.

㉢ 실험 I과 IV를 비교하면 IV에서 온도를 T_1 에서 T_2 로 변화시켰을 때 반응 속도가 빨라지므로 $T_2 > T_1$ 이다.

18 반응 속도와 반감기

1차 반응의 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

✕ 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $P = \frac{nRT}{V}$ 이므로 온도 (T)와 부피(V)가 일정할 때 기체의 압력(P)은 기체의 양(n)에 비례한다.

$A(g) \longrightarrow 2B(g)$ 반응의 반감기를 $t_{1/2}$ 라고 하면, 반응 시간에 따른 $A(g)$ 의 부분 압력(P_A), $B(g)$ 의 부분 압력(P_B), 전체 기체의 압력(P)은 다음과 같다.

반응 시간	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$	$4t_{1/2}$
P_A (atm)	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1
P_B (atm)	0	1.6	2.4	2.8	3.0
P (atm)	1.6	2.4	2.8	3.0	3.1

반감기가 2번 지난 시점에서 전체 기체의 압력이 2.8 atm이므로 $t = 2t_{1/2}$ 이고, $A(g)$ 의 반감기($t_{1/2}$)는 $\frac{t}{2}$ 이다.

㉠ 시간 $2t$ 는 반감기가 4번 지난 시점이므로 전체 기체의 압력 $x \text{ atm} = 3.1 \text{ atm}$ 이다.

㉡ 시간 t 는 반감기가 2번 지난 시점이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 부분 압력은 각각 0.4 atm, 2.4 atm이다. 또한 기체의 부분 압력은 몰 분율에 비례하므로 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{0.4}{0.4+2.4} = \frac{1}{7}$ 이다.

19 온도와 반응 속도

온도가 높을수록 반응 속도는 빨라지고, 1차 반응의 반감기는 짧아진다.

✕ (가)에서 반응 전 $A(g)$ 의 양(mol)을 n 이라고 가정하고, $0 \sim 2t$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 $2x$ 라고 하면, 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)은 x 이다. 시간이 $2t$ 일 때 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{x}{n-2x} = 1.5$ 이고, $x = \frac{3}{8}n$ 이다. $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{4}n$, $\frac{3}{8}n$ 이다. 따라서 $A(g)$ 의 양은 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이고, $2t$ 일 때 반감기가 2번 지난 시점이므로 (가)에서 반감기는 t 이다.

㉠ (나)에서 반응 전 $A(g)$ 의 양(mol)을 m 이라고 가정하고, $0 \sim 2t$ 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 $2y$ 라고 하면, 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)은 y 이다. 시간이 $2t$ 일 때 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{y}{m-2y} = 7.5$ 이고, $y = \frac{15}{32}m$ 이다. $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{16}m$, $\frac{15}{32}m$ 이다. 따라서 $A(g)$ 의 양은 반응 전의 $\frac{1}{16}$ 배이고, $2t$ 일 때 반감기가 4번 지난 시점이므로 (나)에서 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

반응 온도가 높을수록 반응 속도가 크므로 반응 속도가 빨라서 반감기는 작다. 따라서 반응 속도는 (나) > (가)이고, $T_2 > T_1$ 이다.

✕ (가)에서 $3t$ 는 반감기가 3번 지난 시점이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{8}n$, $\frac{1}{2} \times (n - \frac{1}{8}n) = \frac{7}{16}n$ 이므로 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{\frac{7}{16}n}{\frac{1}{8}n} = 3.5$ 이다. (나)에서 t 는 반감기가 2번 지난 시점이므로

$A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{4}m$, $\frac{1}{2} \times (m - \frac{1}{4}m) = \frac{3}{8}m$ 이므로 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{\frac{3}{8}m}{\frac{1}{4}m} = 1.5$ 이다. 따라서 ㉠ = $\frac{7}{3}$ 이다.

20 평형 이동

실린더에서 초기 상태 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이고, 평형 상태 I에서 B(g)의 몰 분율이 감소하였으므로 정반응 쪽으로 반응이 진행되었다. 초기 상태에서 평형 상태 I에 도달할 때까지 반응한 B(g)의 양(mol)을 x 라고 하면 반응 전과 후 A(g)~C(g)의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ B(g)$	\rightleftharpoons	$C(g)$
반응 전(mol)	3	3		3
반응(mol)	$-x$	$-x$		$+x$
평형 상태 I (mol)	$3-x$	$3-x$		$3+x$

평형 상태 I에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이므로

$\frac{(3-x)}{(3-x)+(3-x)+(3+x)} = \frac{1}{4}$ 이고, $x=1$ 이다. 따라서 평형 상태 I에서 A(g), B(g), C(g)의 양(mol)은 각각 2, 2, 4이고, 평

형 상태 I에서 평형 상수 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{4}{V_1}}{\frac{2}{V_1} \times \frac{2}{V_1}} = V_1$ 이다. 또

한 평형 상태 I에서 이상 기체 방정식 $PV=nRT$ 가 성립하므로 $V_1=8RT$ 이고, $K=8RT$ 이다.

평형 상태 I에서 압력을 P atm으로 변화시켰을 때 B(g)의 몰 분율은 평형 상태 II에서 I에서보다 작으므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다.

평형 상태 I에서 II에 도달할 때까지 반응한 B(g)의 양(mol)을 y 라고 하면 반응 전과 후 A(g)~C(g)의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ B(g)$	\rightleftharpoons	$C(g)$
평형 상태 I (mol)	2	2		4
반응(mol)	$-y$	$-y$		$+y$
평형 상태 II (mol)	$2-y$	$2-y$		$4+y$

평형 상태 II에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{7}$ 이므로

$\frac{(2-y)}{(2-y)+(2-y)+(4+y)} = \frac{1}{7}$ 이고, $y=1$ 이다. 따라서 평형 상태 II에서 A(g), B(g), C(g)의 양(mol)은 각각 1, 1, 5이고, 평

형 상태 II에서 평형 상수 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{5}{V_2}}{\frac{1}{V_2} \times \frac{1}{V_2}} = 5V_2$ 이다.

또한 평형 상태 II에서 이상 기체 방정식 $PV=nRT$ 가 성립하므로 $V_2 = \frac{7RT}{P}$ 이고, $K = \frac{35RT}{P}$ 이다.

평형 상태 I과 II에서 온도가 T 로 같으므로 평형 상수 K 는 같다. 따라서 $8RT = \frac{35RT}{P}$ 이고, $P = \frac{35}{8}$ 이다.

실전 모의고사

4회

본문 127~131쪽

01 ⑤	02 ④	03 ①	04 ⑤	05 ①
06 ②	07 ④	08 ③	09 ③	10 ③
11 ④	12 ④	13 ⑤	14 ①	15 ②
16 ⑤	17 ③	18 ②	19 ③	20 ②

01 온도에 따른 H₂O의 변화

-4°C 에서 H₂O의 안정한 상은 고체이므로 A는 H₂O(s)이고, B는 H₂O(l)이다.

- ㉠ ①은 H₂O의 분자 간 인력이므로 수소 결합이다.
 ㉡ ② 부피는 밀도에 반비례하므로 H₂O(s) 1g의 부피는 어는점인 0°C 에서 가장 크다.
 ㉢ ③ (가)는 고체 상태이므로 A에서는 (가)의 구조를 가진다.

02 화학 전지

(가)에서 A(s) 전극의 질량이 감소하였으므로 A(s)가 전자를 잃고 산화되었고, 이온화 경향은 $A > B$ 이다. (나)에서 C(s) 전극의 질량이 감소하였으므로 이온화 경향은 $C > A$ 이다. 따라서 A~C의 이온화 경향은 $C > A > B$ 이다.

03 활성화 에너지

정반응의 활성화 에너지(E_a) > 역반응의 활성화 에너지(E_a')이므로 반응 $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 은 흡열 반응이며, $E_a = E_a' + \Delta H$ 이다. 이를 적절하게 나타낸 것은 ①이다.


04 증기 압력의 측정

밀폐 용기에 액체를 넣고 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달해 증기의 양(mol)이 일정하게 유지될 때 증기가 갖는 압력을 증기 압력이라 한다. 온도가 높아질수록 증기 압력은 커지므로 증기 압력 크기는 $c > a > b$ 이다.

- ㉠ ① 동일한 온도에서 증기 압력은 (가) > (나)이므로 분자 간 인력은 (나) > (가)이다.
 ㉡ ② 25°C 에서 동적 평형 상태에 도달하였을 때 액체의 양(mol)은 $B > A$ 이고, 증기 압력은 $A > B$ 이므로 (가)는 A(l)이다.
 ㉢ ③ t_1 일 때 A는 동적 평형 상태에 도달하였고, B는 동적 평형 상태에 도달하기 전이다. 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같고, 동적 평형 상태 전에는 증발 속도는 응축 속도보다 크므로 t_1 일 때 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$ 는 (가) (=A) > (나) (=B)이다.

05 입방 결정 구조의 단위 세포

면심 입방 구조는 단순 입방 구조에서 정육면체의 각 면의 중심에 금속 원자가 존재하는 구조이고, 체심 입방 구조는 단순 입방 구조에서 정육면체의 중심에 금속 원자가 존재하는 구조이다. 따라서 abcd면을 따라 자른 단면에서 꼭짓점과 각 면의 중심에 원자가 위치하는

(가)는 면심 입방 구조이고, 꼭짓점과 정육면체의 중심에 원자가 위치하는 (나)는 체심 입방 구조이다. 따라서 (나)에서 abef면의 단면을 원자의 중심으로 표시한 구조는 이고, ㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은 ㉠이다.

06 전기 분해

환원되기 쉬운 경향은 $\text{Ag}^+(aq) > \text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$ 이다. (나)의 (-)극에서 생성된 물질이 고체이므로 X는 Cu이고, (나)는 $\text{CuCl}_2(aq)$ 이다. (가)의 (+)극에서 생성된 물질은 $\text{Cl}_2(g)$ 이다. (다)의 (+)극에서 생성된 기체는 $\text{O}_2(g)$ 이므로 ㉢은 Ag(s)이다. X. (가)는 (+)극에서 $\text{Cl}_2(g)$ 가 생성되고, (-)극에서 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되는 $\text{NaCl}(aq)$ 이다. X. (가)는 $\text{NaCl}(aq)$ 으로 ㉠은 $\text{H}_2(g)$ 이다. ㉡. (나)는 $\text{CuCl}_2(aq)$ 이고, (다)는 $\text{AgNO}_3(aq)$ 이므로 (-)극에서 금속 1 mol이 석출될 때 금속 이온이 얻은 전자의 양은 (나)에서 2 mol, (다)에서 1 mol로 (나)에서가 (다)에서의 2배이다.

07 헤스 법칙

$\frac{1}{2} \text{N}_2(g)$ 와 $\frac{1}{2} \text{O}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{NO}(g)$ 가 생성될 때의 열화학 반응식은 (나)의 역반응이고, (나)의 역반응과 (가)의 정반응을 더한 반응 엔탈피(ΔH)는 $\text{N}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 가 반응하여 1 mol의 $\text{NO}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

X. $\text{N}_2(g)$ $\frac{1}{4}$ mol과 $\text{O}_2(g)$ $\frac{1}{2}$ mol이 반응하여 $\text{NO}_2(g)$ $\frac{1}{2}$ mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{a-b}{2}$ kJ이다.

㉡. 생성 엔탈피는 $\text{NO}(g) > \text{NO}_2(g) > 0$ 이므로 $-b > a-b > 0$ 이다. 따라서 $a < 0$, $b < 0$ 이고, $|b| > |a|$ 이다.

㉢. 반응 $\text{NO}(g) + \text{O}(g) \rightarrow \text{NO}_2(g)$ 은 (가)-(다) $\times \frac{1}{2}$ 이므로 반응 엔탈피(ΔH)는 $(a - \frac{c}{2})$ kJ이다.

08 촉매와 반응 속도

1차 반응은 반감기가 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

㉠. 0~2t 동안 감소한 A(g)의 몰 농도(M)는 (나) > (가)이므로 X(s)는 정촉매이다.

㉡. (가)의 반감기는 t이므로 2t일 때 A(g)의 몰 농도는 2a M이다. 따라서 $b = 2a$ 이다.

X. 반응 시간 동안 생성된 B(g)의 양(mol)은 감소한 A(g)의 양(mol)

의 2배이므로 $\frac{\text{(나)에서 } 0 \sim 2t \text{ 동안 B(g)의 평균 반응 속도}}{\text{(가)에서 } 0 \sim t \text{ 동안 B(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{14a}{2t}}{\frac{8a}{t}} = \frac{7}{8}$ 이다.

09 약산의 이온화 평형과 완충 용액

㉠. 약산 $\text{HA}(aq)$ 의 이온화 평형에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이므로

$\text{HA}(aq)$ 에 물을 넣으면 반응 지수(Q)는 K_a 보다 작아져 정반응이 우세하게 일어나 HA가 이온화된다. 따라서 (가)에 물을 넣어 (나)가 될 때 HA의 양(mol)은 감소하고 A^- 의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ 는 (가)가 (나)보다 크다.

㉡. HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 2 \times 10^{-5}$ 이고,

$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \times K_a = 5 \times 2 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-4}$ 이므로 $\text{pH} = 4.0$ 이다.

X. (다)에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 는 $\frac{\text{A}^- \text{의 양(mol)}}{\text{HA의 양(mol)}}$ 에 비례한다. 약산에 강염기를 넣어 줄 때 중화점 이전의 A^- 의 양(mol)은 첨가한 NaOH의

양(mol)과 같으므로 $\frac{\text{A}^- \text{의 양(mol)}}{\text{HA의 양(mol)}} = \frac{0.1 \times \frac{x}{1000}}{0.01 - 0.1 \times \frac{x}{1000}} = \frac{1}{5}$

이고, $x = \frac{50}{3}$ 이다.

10 반응 엔탈피와 결합 에너지

$\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피가 -242 kJ/mol이므로 $2\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ $\Delta H = 484$ kJ이다. 주어진 열화학 반응식은 $2\text{C}_2\text{H}_6(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$ $\Delta H = a$ kJ이고, 두 열화학 반응식을 더하면 $2\text{C}_2\text{H}_6(g) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4(g) + 2\text{H}_2(g)$ $\Delta H = (a + 484)$ kJ이다. 따라서 $\text{C}_2\text{H}_6(g) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g)$ $\Delta H = \frac{a+484}{2}$ kJ이다. ΔH (반응 엔탈피)=반응물의 결합 에너지 합-생성물의 결합 에너지 합이므로 주어진 결합 에너지 자료로부터 반응 엔탈피를 결합 에너지로 나타내면 $\Delta H = \frac{a+484}{2} = (6b+368) - (x+4b+436)$ 이고, $x = -\frac{a}{2} + 2b - 310$ 이다.

11 용액의 농도

몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고,

몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다.

n M의 몰랄 농도(m) = $\frac{1000n}{1000d - n \times \text{분자량}}$ 이고,

a%의 몰랄 농도(m) = $\frac{a}{\frac{\text{분자량}}{100} - a} = \frac{1000a}{(100-a) \times \text{분자량}}$ 이다.

A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B , A와 B의 밀도를 각각 d_A , d_B 라 할 때, A(aq)과 B(aq)의 몰랄 농도(m)는 각각

$\frac{1000 \times 7}{1000d_A - 7M_A}$, $\frac{1000 \times 10}{1000d_B - 10M_B}$ 이다. $M_B = 2 \times M_A$ 이고, 몰

랄 농도(m)는 $B(aq)$ 이 $A(aq)$ 의 2배이므로 $\frac{1000 \times 7}{1000d_A - 7M_A}$
 $:\frac{1000 \times 10}{1000d_B - 10M_B} = 1 : 2$ 를 구하면 $7000d_B - 5000d_A =$
 $105M_A$ (식 ①)이다.
 $A(aq)$ 의 퍼센트 농도가 20%이므로 이때 몰랄 농도(m)=
 $\frac{1000 \times 20}{(100-20) \times M_A} = \frac{1000 \times 7}{1000d_A - 7M_A} = x$ 이고, $35M_A = 1000d_A$
 (식 ②)이다.
 식 ①과 ②를 토대로 $7000 \times d_B = 8000 \times d_A$ 이므로 $\frac{B(aq) \text{의 밀도}}{A(aq) \text{의 밀도}}$
 $= \frac{8}{7}$ 이다.

12 H₂O의 상평형

✕. (가)의 평형 상태에서 H₂O의 안정한 상은 액체와 기체이다. 강
 철 용기의 꼭지를 열고 온도를 일정하게 하였고, 평형 상태에서 H₂O
 의 안정한 상의 수가 2이므로 다시 액체와 기체가 상평형을 이룬 것
 임을 알 수 있다. 따라서 $P_1 = P_2$ 이다.
 ㉠. (가)의 평형 상태에서 꼭지를 여는 순간 H₂O(g)의 압력이 감소
 하여 기화가 우세하게 진행되어 평형에 도달하므로 H₂O(g)의 질량
 은 w 보다 크다.
 ㉡. $P_2 < 1$ 이고, 고체와 액체가 안정한 상인 용해 곡선에서 녹는점은
 압력이 낮을수록 높으므로 H₂O의 녹는점은 P_2 atm에서가 1 atm
 에서보다 높다.

13 평형 이동

$2A \rightleftharpoons B$ 에서 분자량비는 계수비에 반비례하므로 분자량비는
 $A : B = 1 : 2$ 이다.
 ㉠. 평형 상태 (가)에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 질량비는 1 : 2이므로
 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 서로 같다.
 초기 상태의 $A(g)$ 의 양 6 mol을 토대로 초기 상태에서 평형 상태
 (가)로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
초기 상태(mol)	6	0
반응(mol)	$-2n$	$+n$
평형 상태 (가)(mol)	$6-2n$	n

$6-2n=n$ 이므로 $n=2$ 이고, 평형 상태 (가)에서 평형 상수(K)는
 $\frac{2}{(\frac{2}{2})^2} = 1$ 이다.

㉡. 온도가 일정할 때 평형 상수(K)는 같으므로 (나)에서도 평형 상
 수(K)는 1이고, 평형 상태 (가)에서 평형 상태 (나)로 화학 반응의
 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
평형 상태 (가)(mol)	2	2
반응(mol)	$-2m$	$+m$
평형 상태 (나)(mol)	$2-2m$	$2+m$

(나)에서 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2+m}{4-m} = \frac{5}{7}$ 이고, $m = \frac{1}{2}$ 이므로 $A(g)$
 와 $B(g)$ 의 양은 각각 1 mol, $\frac{5}{2}$ mol이다.

평형 상수(K)는 $\frac{\frac{5}{2}}{(\frac{1}{x})^2} = 1$ 이므로 $x = \frac{2}{5}$ 이다.

㉢. 온도가 일정할 때 전체 기체의 압력은 $\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 부피(L)}}$
 비례하므로 $P_1 : P_2 = 2 : \frac{35}{4}$ 이므로 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{35}{8}$ 이다.

14 산 염기 평형

약산(HA)과 강염기(NaOH)의 반응에서 혼합 용액의 $[Na^+] =$
 $[A^-]$ 이다. $\frac{[A^-]}{[HA]+[Na^+]} = \frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]}$ 이고, 분자와 분모를
 $[A^-]$ 로 나누면 $\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{1}{\frac{[H_3O^+]}{K_a} + 1}$ 이다. (가)에서
 $\frac{[A^-]}{[HA]+[Na^+]} = \frac{1}{\frac{[H_3O^+]}{K_a} + 1} = \frac{1}{\frac{9 \times 10^{-5}}{a} + 1} = \frac{1}{6}$ 이므로
 $a = \frac{9}{5} \times 10^{-5}$ 이다.

(나)에서 혼합 용액의 부피는 400 mL이므로 가한 NaOH(aq)의
 부피는 200 mL이다. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]+[Na^+]} =$

$$\frac{\frac{0.2 \text{ mol}}{0.4 \text{ L}}}{\frac{(0.2x-0.2) \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} + \frac{0.2 \text{ mol}}{0.4 \text{ L}}} = \frac{2}{3}$$
이므로 $x = \frac{3}{2}$ 이다.

(가)에서 가한 NaOH(aq)의 부피를 z L라 할 때, $\frac{[A^-]}{[HA]+[Na^+]} =$

$$= \frac{\frac{z \text{ mol}}{(z+0.2) \text{ L}}}{\frac{(0.3-z) \text{ mol}}{(z+0.2) \text{ L}} + \frac{z \text{ mol}}{(z+0.2) \text{ L}}} = \frac{1}{6}$$
이므로 $z = \frac{1}{20}$ 이다. 가한

NaOH(aq)의 부피가 50 mL이므로 (가)에서 혼합 용액의 부피(mL)
 인 $y = 250$ 이고, $\frac{y}{x} \times a = \frac{3}{1000}$ 이다.

15 1차 반응의 반응 속도

1차 반응에서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도는 초기 농도의
 $(\frac{1}{2})^n$ 배로 감소한다. (가)에서 반응 시간이 3 min일 때 $[B]$ 는 1 min
 일 때의 $\frac{7}{4}$ 배이다. 반감기가 1 min일 때 반응 시간 1 min과 3 min
 의 $[B]$ 는 각각 $\frac{n}{V}$ M, $\frac{7n}{4V}$ M이므로 반감기는 1 min이고 $a = \frac{n}{8V}$
 이다.

온도는 T K로 일정하므로 (나)에서 $t = 2$ min일 때 반감기가 2회
 지났고, $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양의 합이 $4n$ mol이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$
 의 양(mol)을 각각 m , $4n - m$ 이라 할 때, (나)에서 반감기에 따른

A와 B의 양(mol)은 다음과 같다.

반응 시간	A(g)의 양(mol)	B(g)의 양(mol)
초기	m	$4n-m$
$t=1 \text{ min}$	$\frac{m}{2}$	$4n-\frac{3}{4}m$
$t=2 \text{ min}$	$\frac{m}{4}$	$4n-\frac{5}{8}m$

(나)에서 $t=2 \text{ min}$ 일 때, $[B]=\frac{32n-5m}{8V}=\frac{17n}{8V}(=17a) \text{ M}$ 이고, $m=3n$ 이다.

✕. (나)에서 $t=1 \text{ min}$ 일 때 B(g)의 양(mol)은 $\frac{7}{4}n$ 이고, 부피는 $V \text{ L}$ 이므로 $[B]=\frac{7n}{4V} \text{ M}$ 이다. $a=\frac{n}{8V}$ 이므로 $x=\frac{7n}{4V}=14a$ 이다.

✕. (나)에서 반응 전 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $3n$, n 이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{n}{3n+n}=\frac{1}{4}$ 이다.

㉔. 1차 반응에서 순간 반응 속도는 A(g)의 몰 농도(M)에 비례한다. $t=2 \text{ min}$ 일 때 (가)와 (나)에서 A(g)의 몰 농도(M)는 각각 $\frac{n}{V}$, $\frac{3n}{4V}$ 이므로 (나)에서 A(g)의 순간 반응 속도 $=\frac{3}{4}$ 이다. (가)에서 A(g)의 순간 반응 속도 $=\frac{3}{4}$ 이다.

16 온도에 따른 평형 이동

초기 상태 A(g)의 양은 1 mol이고, 평형 상태 I에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	B(g)	C(g)
초기 상태(mol)	1	0	0
반응(mol)	-n	+n	+n
평형 상태 I(mol)	1-n	n	n

I에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1-n}{1+n}=\frac{1}{3}$ 이므로 $n=\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 I

에서 평형 상수(K)는 $\frac{\frac{1}{2V_1} \times \frac{1}{2V_1}}{\frac{1}{2V_1}}=\frac{1}{2V_1}$ 이다.

평형 상태 II에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{7}$ 이므로 초기 상태에서 II로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	B(g)	C(g)
초기 상태(mol)	1	0	0
반응(mol)	-m	+m	+m
평형 상태 II(mol)	1-m	m	m

II에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1-m}{1+m}=\frac{1}{7}$ 이므로 $m=\frac{3}{4}$ 이고, II에서

평형 상수(K)는 $\frac{\frac{3}{4V_2} \times \frac{3}{4V_2}}{\frac{1}{4V_2}}=\frac{9}{4V_2}$ 이다.

㉔. II에서 $K=\frac{9}{4V_2}$, I에서 $K=\frac{1}{2V_1}$ 이므로 $\frac{V_1}{V_2}=\frac{3}{4}$ 이다.

㉔. 외부 압력이 일정할 때 전체 기체의 양(mol)은 전체 기체의 부피에 비례하고 온도에 반비례한다. I과 II에서 전체 기체의 양(mol)은 각각 $\frac{3}{2}$, $\frac{7}{4}$ 이고, $\frac{V_1}{T_1}:\frac{V_2}{T_2}=\frac{3}{2}:\frac{7}{4}$ 이다. $V_1:V_2=3:4$ 이므로 $\frac{T_2}{T_1}=\frac{8}{7}$ 이다.

㉔. I에서 II로 온도가 증가할 때 A(g)의 몰 분율이 감소하였으므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다.

17 이상 기체 방정식과 부분 압력

X(g)와 Y(g)의 화학식량을 각각 M_X , M_Y 라 할 때, (나) 과정 후 전체 기체의 부피는 10 L이므로 X(g)와 Y(g)의 부분 압력은 각각 $\frac{3w}{M_X} \frac{RT}{10 \text{ L}} = \frac{6w}{M_X}$, $\frac{10w}{M_Y} \frac{RT}{10 \text{ L}} = \frac{20w}{M_Y}$ 이다. Y(g)의 부분 압력 / X(g)의 부분 압력 $=\frac{20w}{M_Y} / \frac{6w}{M_X} = \frac{2}{3}$ 이므로 $5M_X = M_Y$ 이다.

㉔. (가)에서 강철 용기 속 X(g)의 압력은 $\frac{3w}{M_X} \frac{RT}{4 \text{ L}} = \frac{15w}{M_X}$ 이고,

실린더 속 Y(g)의 압력은 $\frac{10w}{M_Y} \frac{RT}{6 \text{ L}} = \frac{100w}{3M_Y}$ 이므로

실린더 속 Y(g)의 압력 / 강철 용기 속 X(g)의 압력 $=\frac{100w}{3 \times 5M_X} = \frac{4}{9}$ 이다.

㉔. (다) 과정 후 전체 기체의 부피는 20 L이다. 이상 기체 방정식 ($PV=nRT$)에 대입하면 $1 \text{ atm} \times 20 \text{ L} = \left(\frac{3w}{M_X} + \frac{10w}{M_Y}\right) \text{ mol} \times 20 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}$ 이고, $5M_X = M_Y$ 이므로 $M_X = 5w$ 이다.

✕. (라) 과정 후 온도는 $\frac{3}{2}T \text{ K}$ 이므로 강철 용기와 혼합 기체의 부피는 30 L이다. 따라서 (라) 과정 후 Y(g)의 부분 압력(P atm)은 $\frac{10w}{M_Y} \times \frac{3}{2} \frac{RT}{30 \text{ L}} = \frac{2}{5} \text{ atm}$ 이다.

18 용액의 총괄성

끓는점 오름(ΔT)은 용매의 몰랄 오름 상수(K_b)와 용액의 몰랄 농도(m)의 곱과 같다($\Delta T = K_b \times m$).

A(aq)과 B(aq)에서 용액의 퍼센트 농도는 10%로 같으므로 A(aq)과 B(aq)에서 용질의 질량은 각각 30 g, 60 g이다. 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율과 용매의 증기 압력을 곱한 값과 같다.

$t^\circ\text{C}$ 에서 B(aq)의 증기 압력(atm)은 $\frac{30}{31}P$ 이므로 $\frac{30}{31}P =$ 용매의

몰 분율 $\times P$ 이다. B(aq)에서 용매의 몰 분율은 $\frac{30}{31}$ 이고, 용매의 양(mol)은 $\frac{540}{18} = 30$, 용질의 양(mol)은 1이다. 따라서 B의 화학식량(M_B)은 60이다.

용매의 종류가 같을 때 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하므로 A(aq)과 B(aq)의 끓는점 오름비는 몰랄 농도비와 같다. A(aq)에

서 용질의 양(mol)은 $\frac{30}{M_A}$ 이고, A(aq)과 B(aq)의 몰랄 농도비는

$$A(aq) : B(aq) = \frac{\frac{30}{M_A} \text{ mol}}{\frac{270}{1000} \text{ kg}} : \frac{1 \text{ mol}}{\frac{540}{1000} \text{ kg}} = 1 : 3 \text{ 이므로 } M_A =$$

180이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)의 증기 압력(atm)인 $x = \frac{15}{15 + \frac{1}{6}} \times P$

$$= \frac{90}{91} P \text{ 이고, } x \times \frac{M_B}{M_A} = \frac{30}{91} P \text{ 이다.}$$

19 기체 반응

온도가 일정할 때 실린더 속 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피를 곱한 값에 비례한다.

(가)에서 꼭지를 열기 전 실린더 속 He(g)과 A(g)의 부피비는 2 : 1이므로 He(g)의 양(mol)이 A(g)의 2배임을 알 수 있다. 실린더 속 He(g)과 A(g)의 양(mol)을 각각 $8xn$, $4xn$ 이라 할 때, B(g)의 양은 $1.2n$ mol이고, (나)에서 꼭지를 열어 반응을 완결시켰을 때 A(g)가 모두 반응하므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	3B(g)	→	2C(g)
반응 전(mol)	$4xn$		$1.2n$		0
반응(mol)	$-4xn$		$-12xn$		$+8xn$
반응 후(mol)	0		$1.2n - 12xn$		$8xn$

(나) 과정 후 강철 용기에서 C(g)의 몰 분율은 실린더와 강철 용기를 포함한 전체 C(g)의 몰 분율과 같으므로 $\frac{8xn}{1.2n - 4xn} = \frac{2}{5}$ 이고,

$x = \frac{1}{20}$ 이다. 따라서 (나) 과정 후 B(g)와 C(g)의 양은 각각 $0.6n$ mol, $0.4n$ mol이고, He(g)의 양은 $0.4n$ mol이다.

강철 용기와 실린더 속 전체 부피 14 L에서 He(g)이 차지하는 부피는 He(g)의 몰 분율에 비례하므로 $14 \text{ L} \times \frac{0.4n}{0.6n + 0.4n + 0.4n} = 4 \text{ L}$ 이다. 따라서 $y = 4$ 이고, $x \times y = \frac{1}{5}$ 이다.

20 온도와 반응 속도

1차 반응에서 반감기가 n 번 진행되면 반응물의 농도(M)는 초기 농도(M)의 $\left(\frac{1}{2}\right)^n$ 배이다. (나)에서 질량비는 A(g) : C(g) = 27 : 7이고, 분자량비도 A : C = 27 : 7이므로 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 같다.

✕. (나)에서 초기 A(g)와 C(g)의 양을 각각 n mol이라고 하면 0~ $2t$ 동안 (나)에서 감소한 A(g)의 양(mol)이 $\frac{15}{16}n$ 일 때, 생성된 B(g)의 양(mol)은 $\frac{15}{8}n$ 이다. 따라서 $2t$ 일 때 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = 30$ 이고, (나)에서 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

✕. (나)에서 초기 A(g)의 양을 n mol이라 할 때, A(g)의 질량은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 (가)에서 A(g)의 양은 $\frac{1}{2}n$ mol이

고, t 일 때 C(g)의 양은 (나)에서의 $\frac{1}{11}$ 배인 $\frac{n}{8}$ mol이므로 (가)에서 반감기는 t 이다. 반응 속도 상수는 온도가 높을수록 증가하고, 반감기는 짧아진다. 반감기는 (가)가 (나)의 2배이므로 반응 속도 상수는 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

⊖. (가)에서 $2t$ 일 때 $[A] = \frac{n}{V}$ 이고, (나)에서 t 일 때 $[B] = \frac{3}{2V}n$ 이

므로 $\frac{(나)에서 t일 때 [B]}{(가)에서 2t일 때 [A]} = 6$ 이다.

01 ③	02 ①	03 ①	04 ⑤	05 ③
06 ③	07 ⑤	08 ②	09 ③	10 ⑤
11 ⑤	12 ⑤	13 ⑤	14 ⑤	15 ④
16 ④	17 ④	18 ①	19 ③	20 ③

01 반응 엔탈피

엔탈피는 일정한 온도와 압력에서 물질이 가지는 고유한 에너지이다.

- Ⓐ. 같은 물질이라도 상태에 따라 엔탈피는 서로 다르다.
- Ⓑ. 발열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 크기 때문에 반응이 일어나면 열이 발생한다.
- ✕. 반응물과 생성물의 종류와 양, 상태가 같으면 반응 경로에 관계 없이 반응 엔탈피(ΔH)는 같다.

02 고체 결정의 성질

Fe(s)은 금속 결합으로 형성되는 금속 결정으로 고체 상태에서 전기 전도성이 있고, C(s, 흑연)은 C 원자 사이의 공유 결합으로 이루어진 물질로 결합 구조의 특성으로 인해 전기 전도성이 있다. H₂O(s)은 H₂O 분자 사이의 수소 결합에 의해 결정이 형성되는 분자 결정으로 전기 전도성이 없다. 이때 H₂O 분자는 H와 O의 공유 결합으로 형성된다. 따라서 전기 전도성이 없는 (다)는 H₂O(s)이고, 첫 번째 분류 기준에 의해 (가)와 (다)가 공통적으로 '예'이고, (나)만 '아니오'이므로 ㉠과 (가)로 가장 적절한 것은 각각 '공유'와 'C(s, 흑연)'이다.

03 이산화 탄소의 상평형

$t_1^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 CO₂의 안정한 상이 기체이고, $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 CO₂의 안정한 상이 기체와 액체이므로 증기 압력 곡선 상의 위치이고 $P_1 > P_2$ 이다. 또한 $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 CO₂의 안정한 상이 기체와 고체이므로 승화 곡선 상의 위치이고 $t_1 > t_2$ 이다.

04 분자 사이의 인력

SiH₄은 정사면체 구조로 무극성 분자이고, 액체 상태에서 분자 사이에 분산력만 작용한다. H₂S는 굽은 형 구조로 극성 분자이고, 액체 상태에서 쌍극자·쌍극자 힘이 작용한다. H₂O₂는 분자 내에 H-O의 결합 구조가 있어 액체 상태에서 분자 사이에 수소 결합이 존재한다.

- ✕. 분산력은 모든 분자에 작용하는 힘으로 (가)~(다) 모두 분산력이 작용한다.
- ㉠. 액체 상태에서 분자 사이의 인력이 클수록 증기 압력이 작고, 기준 끓는점이 높다. 따라서 (가)~(다) 중 끓는점이 가장 높은 (다)가 액체 상태에서 분자 사이의 인력이 가장 크다.
- ㉡. 분자량이 비슷한 (가)와 (나)는 각각 무극성 분자와 극성 분자의 물질이다. 따라서 액체 분자 사이의 쌍극자·쌍극자 힘은 (나)가 (가)보다 크다.

05 촉매와 활성화 에너지

정촉매는 활성화 에너지를 감소시킴으로써 반응 속도가 빨라진다.

- ㉠. 정촉매를 넣어 주면 정반응뿐 아니라 역반응의 활성화 에너지도 감소시킨다.
- ✕. 반응 조건에 관계없이 모두 A(g)에 대한 1차 반응이고, 정촉매를 넣어 반응 속도가 빨라졌으므로 반응 속도 상수는 증가한다.
- ㉡. 정촉매를 넣어 반응 속도가 빨라졌으므로 반감기는 감소한다.

06 용액의 농도

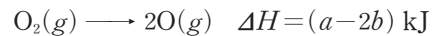
퍼센트 농도(%)는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이고, 몰 농도(M)는

$\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이며, 몰랄 농도(m)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다.

(가)와 (나)를 혼합하고, 물을 추가하여 (다)를 만들었으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 용질의 질량(g) 합은 (다)에 들어 있는 용질의 질량(g)과 같다. (가)는 0.5 M A(aq) x mL이고, A의 화학식량이 40이므로 (가)에 들어 있는 A의 질량(g)은 $0.5 \times \frac{x}{1000} \times 40 = \frac{x}{50}$ 이다. (나)는 2m A(aq) 216 g이므로 (나)에 들어 있는 A의 질량(g)을 y라 하면 1080 : 216 = 80 : y이고 y = 16이다. (다)에 들어 있는 A의 질량(g)은 $\frac{3}{100} \times 600 = 18$ 이므로 $\frac{x}{50} + 16 = 18$ 이고 x = 100이다.

07 결합 에너지와 헤스 법칙

반응물과 생성물이 모두 기체인 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 합에서 생성물의 결합 에너지 합을 빼 값과 같다. 세 번째 반응은 반응물과 생성물이 모두 기체이므로 반응 엔탈피 $c = 2 \times (\text{H-H의 결합 에너지}) + (\text{O=O의 결합 에너지}) - 4 \times (\text{H-O의 결합 에너지})$ 이다. 이때 첫 번째 열화학 반응식에서 두 번째 열화학 반응식의 2배를 빼면 다음과 같은 열화학 반응식이 유도된다.



이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 O=O의 결합 에너지에 해당하므로 $c = 2 \times 436 + (a - 2b) - 4x$ 이고, $x = \frac{a - 2b - c}{4} + 218$ 이다.

08 약산의 이온화 상수

0.5 M HA(aq) 100 mL와 x M NaOH(aq) 80 mL를 혼합한 (가)에서 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = \frac{1}{4}$ 이므로 (가)에 들어 있는 HA와 A⁻의 양(mol)은 각각 0.01과 0.04이므로 NaOH(aq)에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $x \times 0.08 = 0.04$ 이고, x = 0.5이다. 또한 (나)는 0.75 M HB(aq) 100 mL와 0.5 M NaOH(aq) 50 mL를 혼합하였으므로 중화 반응하여 생성된 B⁻의 양(mol)은 0.025이다. 따라서 (나)에 들어 있는 HB와 B⁻의 양(mol)은 각각 0.05와 0.025이므로 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]} = y = 2$ 이다. 약산 HA와 HB의 이온화 상수(K_a)는 각각

$a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 과 $b = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}$ 이고, (가)와 (나)에서 [H₃O⁺]

는 각각 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \times a = \frac{a}{4}$ 와 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]} \times b = 2b$ 이다. 이때 (가)와 (나)의

pH가 같으므로 $\frac{a}{4} = 2b$ 이고, $\frac{a}{b} = 8$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} \times \frac{a}{b} = \frac{0.5}{2} \times 8 = 2$ 이다.

09 기체의 성질

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 온도가 일정할 때 $\frac{PV}{n}$ 는 일정하다. 고정 장치 1과 2를 모두 제거하고 충분한 시간이 지난 후 (나)에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 압력(atm)은 모두 P_2 로 같다. (가)와 (나)에서 $A(g)$ 의 압력(atm)은 각각 P_1, P_2 이고, 부피(L)는 각각 1.5, 2이다. 따라서 (가)와 (나)에서 $A(g)$ 의 양(mol)은 같으므로 $P_1 \times 1.5 = P_2 \times 2$ 이고, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{4}{3}$ 이다. (나)에서 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 부피(L)는 각각 3.5, 1.5이므로 몰비는 $B(g) : C(g) = 7 : 3$ 이다. 또한 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량(g)이 각각 $7w, 4w$ 이므로 분자량은 $B(g) : C(g) = \frac{7w}{7} : \frac{4w}{3} = 3 : 4$ 이다. 따라서 $\frac{P_1}{P_2} \times \frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{4}{3} \times \frac{3}{4} = 1$ 이다.

10 온도와 평형 상수

일정량의 $A(g)$ 를 넣고 온도를 달리하여 평형에 도달하였으므로 평형 상태 I과 II에서 전체 기체의 질량(g)은 같다. 이때 I과 II에서 실린더 속 기체의 밀도비가 I : II = 3 : 2이므로 부피비는 I : II = 2 : 3이다.

✕ 실린더 속 기체의 부피비가 I : II = 2 : 3이므로 각각 $2V L, 3V L$ 라 하면 I에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $4Vn$ 이고, II에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $6Vn, 3Vn$ 이다. 이때 $T_1 K$ 일 때 전체 기체의 양(mol)과 부피(L)는 각각 $8Vn, 2V$ 이고, $T_2 K$ 일 때 전체 기체의 양(mol)과 부피(L)는 각각 $9Vn, 3V$ 이다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 압력이 일정할 때 T 는 $\frac{V}{n}$ 에 비례하므로 $T_1 : T_2 = \frac{2V}{8Vn} : \frac{3V}{9Vn} = 3 : 4$ 이다.

㉠ 온도는 $T_2 > T_1$ 이므로 I과 II를 비교할 때 T_1 에서 T_2 로 온도를 높였을 때 역반응으로 평형이 이동하였다. 따라서 이 반응의 정반응은 발열 반응이고, $\Delta H < 0$ 이다.

㉡ I과 II에서 실린더 속 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $4Vn, 3Vn$ 이다.

11 농도와 반응 속도

$A(g)$ 에 대한 1차 반응이므로 반감기가 $t_1 \text{ min}$ 이라 할 때, $t_1 \text{ min}$ 일 때 생성된 $B(g)$ 의 질량(g)을 m 이라 하면 $2t_1 \text{ min}$ 일 때 생성된 $B(g)$ 의 질량(g)은 $\frac{3}{2}m$ 이고, $3t_1 \text{ min}$ 일 때 생성된 $B(g)$ 의 질량(g)은 $\frac{7}{4}m$ 이다. 이와 같이 반감기를 거듭할수록 생성되어 증가되는 $B(g)$ 의 질량(g)은 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소한다. 따라서 강철 용기 I에서 1 min일 때와 3 min일 때의 $B(g)$ 의 질량(g)이 각각 $4w$ 와 $7w$ 이므로 반감기는 1 min이다.

㉠ 강철 용기 II에서 2 min일 때 $B(g)$ 의 질량(g)이 $9w$ 이고, 반감기가 1 min이므로 1 min일 때 $B(g)$ 의 질량(g)은 $6w$ 이다. 1차 반감기에서 생성된 $B(g)$ 의 몰비가 I : II = 2 : 3이므로 반응 전

$A(g)$ 의 몰비도 I : II = 2 : 3이다. 따라서 II에서 반응 전 $A(g)$ 의 양(mol) $x = 6n$ 이다.

㉡ I에서 2 min일 때 2번의 반감기가 지났으므로 반응하고 남은 $A(g)$ 의 양(mol)은 n 이고, 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)은 $6n$ 이다. II에서 1 min일 때 1번의 반감기가 지났으므로 반응하고 남은 $A(g)$ 의 양(mol)은 $3n$ 이고, 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)은 $6n$ 이다. 따라서 $\frac{\text{I에서 2 min일 때 } B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{II에서 1 min일 때 } A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{6n}{3n} = 2$ 이다.

㉢ I에서 0~2 min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)은 $4n$ 에서 n 으로 $3n$ 이고, II에서 2~3 min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{3}{2}n$ 에서 $\frac{3}{4}n$ 으로 $\frac{3}{4}n$ 이므로

$\frac{\text{I에서 0~2 min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{\text{II에서 2~3 min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{3n}{2}}{\frac{3n}{4}} = 2$ 이다.

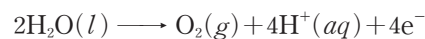
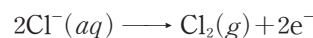
12 전기 분해

전기 분해에서 (+)극에서는 산화 반응이 일어나고, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다. 환원되기 쉬운 경향이 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Na}^+$ 이므로 $\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서 Na^+ 대신 H_2O 이 환원되는데, H_2O 이 환원되면 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다. 또한 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서 Cu^{2+} 이 환원되어 $\text{Cu}(s)$ 가 생성된다.

㉠ (가)를 전기 분해하였더니 (+)극과 (-)극에서 각각 ㉠과 ㉡의 기체가 발생하였다. 따라서 (가)는 $\text{NaCl}(aq)$ 이고, (나)는 $\text{CuSO}_4(aq)$ 이다. (가)의 (-)극에서 발생한 ㉡은 H_2O 의 환원 반응으로 생성된 것으로 $\text{H}_2(g)$ 이고, ㉠과 ㉢은 각각 $\text{Cl}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 중 하나이므로 ㉠은 $\text{Cl}_2(g)$ 이다.

㉡ (나)는 $\text{CuSO}_4(aq)$ 이므로 전기 분해하면 (-)극에서 환원되어 Cu 가 생성된다.

㉢ ㉠과 ㉢은 각각 $\text{Cl}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 이고, 산화 반응의 반응식은 각각 다음과 같다.



따라서 같은 양(mol)의 전자가 이동할 때 생성되는 물질의 몰비는 ㉠ : ㉢ = 2 : 1이다.

13 액체의 증기 압력

액체의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도가 끓는점이다.

㉠ $T_1 K$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 38 cmHg이고, 외부 압력은 76 cmHg이므로 $A(l)$ 의 기준 끓는점은 $T_1 K$ 보다 높다.

㉡ $T_1 K$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 38 cmHg이므로 (나)에 들어 있는 $B(g)$ 의 압력은 19 cmHg이고, $\frac{1}{4} \text{ atm}$ 이다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 B 의 분자량을 M 이라 하면 $M = \frac{wRT}{PV} =$

$$\frac{0.5 \times 24}{\frac{1}{4} \times 3} = 16 \text{이다.}$$

㉔. (가)만 T_2 K로 유지시켜 평형에 도달할 때 $A(l)$ 의 증기 압력을 a cmHg라 하면 $h_1=76-a$ 이고, $h_2=a-19$ 이다. 따라서 $|h_1-h_2|=|95-2a|$ 이며 $38 < a < 47$ 이므로 T_2 K에서 $|h_1-h_2| < 19$ 이다.

14 묶은 용액의 성질

퍼센트 농도(%)는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이고, 몰랄 농도(m)는

$\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다. $A(aq)$ 과 $B(aq)$ 의 퍼센트 농도(%)는 각

각 $\frac{100}{21}$ 과 $\frac{100}{11}$ 이므로 $A(aq)$ 에서 물의 질량이 1000 g일 때 A의

질량은 50 g이고, $B(aq)$ 에서 물의 질량이 1000 g일 때 B의 질량은

100 g이다. 따라서 $A(aq)$ 과 $B(aq)$ 의 몰랄 농도(m)는 각각 $\frac{50}{a}$,

$\frac{100}{b}$ 이다. 수용액의 끓는점 오름은 몰랄 농도(m)에 비례하므로 $\frac{50}{a}$

: $\frac{100}{b} = 3 : 4$ 이고, $\frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ 이다. 수용액의 증기 압력은 물의 증기

압력에 물의 몰 분율을 곱한 값과 같다. $A(aq)$ 의 증기 압력(atm)

이 $\frac{200}{203}P$ 이므로 물의 몰 분율은 $\frac{1000}{18} = \frac{10}{10 + \frac{9}{a}} = \frac{200}{203}$

이고, $a=60$ 이다. 따라서 $b=90$ 이고, $B(aq)$ 에서 물의 몰 분율

$x = \frac{1000}{18} = \frac{1000}{1020} = \frac{50}{51}$ 이며, $x \times \frac{b}{a} = \frac{50}{51} \times \frac{3}{2} = \frac{25}{17}$ 이다.

15 반응 속도

$A(g)$ 에 대한 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. 반감기가 t min

이므로 시간에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	t	$2t$	$4t$
A(g)	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{16}$
B(g)	0	a	$\frac{3a}{2}$	$\frac{15a}{8}$
C(g)	c	$\frac{a}{4} + c$	$\frac{3a}{8} + c$	$\frac{15a}{32} + c$

$2t$ min일 때, $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{\frac{3a}{8} + c}{\frac{a}{4}} = 2$ 이고, $c = \frac{a}{8}$ 이므

로 $\frac{a}{c} = 8$ 이다. 또한 $4t$ min일 때 B(g)의 양(mol)은 $\frac{15a}{8}$ 이고,

$2t$ min일 때 C(g)의 양(mol)은 $\frac{4a}{8}$ 이므로

$\frac{a}{c} \times \frac{4t \text{ min일 때 B(g)의 양(mol)}}{2t \text{ min일 때 C(g)의 양(mol)}} = 8 \times \frac{\frac{15a}{8}}{\frac{4a}{8}} = 30$ 이다.

16 화학 전지

(가)에서 $A(s)$ 전극의 질량은 증가하였으므로 수용액 속 A^{2+} 이 A

로 환원되었고, (나)에서 $A(s)$ 전극의 질량은 감소하였으므로 A가

A^{2+} 으로 산화되었다. 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속은 산화

되는 (-)극으로, 이온화 경향이 작은 금속은 환원되는 (+)극으로

작용한다. ㉔. 화학 전지에서 산화 반응이 일어나는 전극은 (-)극이고, 환원

반응이 일어나는 전극은 (+)극이다. (가)에서 $A(s)$ 전극에서 A^{2+}

이 A로 환원되어 질량이 증가하였으므로 $A(s)$ 전극은 (+)극이다.

㉕. (나)에서 (-)극인 $A(s)$ 전극에서는 A가 산화되면서 $A^{2+}(aq)$

속 A^{2+} 의 양(mol)은 증가하고, (+)극인 $C(s)$ 전극에서는 C^+ 이

환원되면서 $C^+(aq)$ 속 C^+ 의 양(mol)은 감소한다. 따라서 (나)에서

반응이 진행될 때 $\frac{A^{2+}(aq) \text{ 속 } A^{2+} \text{의 양(mol)}}{C^+(aq) \text{ 속 } C^+ \text{의 양(mol)}}$ 은 증가한다.

㉖. (가)와 (나)에서 (-)극은 각각 B(s)와 A(s) 전극이므로 금속

의 이온화 경향은 $B > A > C$ 이다. 따라서 B와 C를 전극으로 사용한

화학 전지에서 B(s) 전극은 (-)극, C(s) 전극은 (+)극이므로

전자는 B(s) 전극에서 도선을 따라 C(s) 전극으로 이동한다.

17 반응 지수와 평형 상수

강철 용기의 부피가 2 L이므로 실험 I에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 초기 몰

농도(M)는 각각 0.5, 1, 0.5이다. 따라서 $Q = \frac{0.5^2}{0.5 \times 1} = \frac{1}{2}$ 이고,

$\frac{K}{Q} = 4$ 이므로 온도 T에서 이 반응의 평형 상수 $K = 2$ 이다. 실험 II

에서 $\frac{K}{Q} = \frac{1}{6}$ 이므로 $Q = 12$ 이고, $A(g) \sim C(g)$ 의 초기 몰 농도

(M)는 각각 1.5, 0.5, $\frac{x}{2}$ 이므로 $Q = \frac{(\frac{x}{2})^2}{1.5 \times 0.5} = 12$ 이고, $x = 6$ 이

다. II에서 $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하

므로 평형에 도달하기까지 반응한 C(g)의 양(mol)을 $2n$ 이라 하면

평형 상태에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $3+n$, $1+n$,

$6-2n$ 이고, 평형 상수 $K = \frac{(\frac{6-2n}{2})^2}{(\frac{3+n}{2}) \times (\frac{1+n}{2})} = 2$ 이므로 $n^2 -$

$16n + 15 = 0$ 이고, 조건을 만족하는 $n = 1$ 이다. 따라서 II의 평형 상

태에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 4, 2, 4이므로 C(g)의 몰

분율 $y = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$ 이고, $\frac{x}{y} = \frac{6}{\frac{2}{5}} = 15$ 이다.

18 기체 반응과 기체의 성질

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 온도와 부피가 같을 때 기체의 부

분 압력은 각 기체의 양(mol)에 비례한다. A(g)와 B(g)가 반응하

여 생성되는 C(g)와 D(g)의 몰비는 2 : 3이다. 이때, 생성된 C(g)

이고, $n=2.5$ 이며 $a=\frac{1}{6}$ 이다. $A(g)$ 의 몰 분율이 $3a(=\frac{1}{2})$ 일 때, 초기 상태에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 1.5, 1, 0.5이므로 반응 후 $A(g)$, $C(g)$, $D(g)$ 의 양(mol)은 각각 1.25, 1, 0.75이다. 반응 전 전체 기체 3 mol의 압력(atm)이 4이므로 $A(g)$ 의 몰 분율이 3a일 때, 반응 후 $A(g)$ 1.25 mol의 부분 압력(atm) $x = \frac{1.25}{3} \times 4 = \frac{5}{3}$ 이다. 또한 이때 $y = \frac{P_D}{P_C} = \frac{0.75}{1} = \frac{3}{4}$ 이므로 $x \times y = \frac{5}{3} \times \frac{3}{4} = \frac{5}{4}$ 이다.

19 완충 용액과 이온화 상수

약산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다.

㉠. 25°C에서 수용액 (가)의 pH=5.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 이고, 수용액 (가)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{1}{2}$ 이므로 25°C에서 약산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

✕. pH = $-\log [H_3O^+]$ 이고, 수용액 (나)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = x$ 이며, 25°C에서 약산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]}{x} = 2 \times 10^{-5}$ 이므로 $[H_3O^+] = 2x \times 10^{-5} M$ 이다. 이때 25°C에서 (나)의 pH=4.0이므로 $[H_3O^+] = 2x \times 10^{-5} M = 1 \times 10^{-4} M$ 이고 $x=5$ 이다.

㉡. (가)와 (나)에서 $[H_3O^+]$ 는 각각 $1 \times 10^{-5} M$, $1 \times 10^{-4} M$ 이고, 수용액의 부피(L)가 각각 0.3, 0.2이므로
 (가)에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol) = $\frac{1 \times 10^{-5} \times 0.3}{1 \times 10^{-4} \times 0.2} = \frac{3}{20}$ 이다.
 (나)에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)

20 반응 속도

실험 I에서 반응 전 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)을 각각 x , y 라 하면 $x+y=6n$ 이고, $\frac{y}{x}=a$ 이다. 반감기가 $\frac{t}{2}$ min이므로 t min과 $2t$ min일 때 반감기가 각각 2번, 4번 진행되었다. 반응 시간에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 다음과 같다.

반응 시간(min)		0	t	$2t$
물질의 양 (mol)	$A(g)$	x	$\frac{x}{4}$	$\frac{x}{16}$
	$B(g)$	y	$\frac{3x}{4} + y$	$\frac{15x}{16} + y$
	$C(g)$	0	$\frac{3x}{8}$	$\frac{15x}{32}$

㉠. t min일 때 $\frac{n_B + n_C}{n_A} = \frac{\frac{9x}{8} + y}{\frac{x}{4}} = \frac{9x + 8y}{2x} = 4a + \frac{9}{2} = 13a$
 이므로 $a = \frac{1}{2}$ 이다.

㉡. $a = \frac{1}{2}$ 이므로 I에서 반응 전 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $4n$, $2n$ 이고, II에서 반응 전 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 각각 $2n$, $2n$ 이다. I에서 t min일 때 $C(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{3x}{8} = \frac{3n}{2}$ 이다.

II에서 0~ t min까지 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 $2z$ 라 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	\longrightarrow	$2B(g)$	+	$C(g)$
반응 전(mol)	$2n$		0		$2n$
반응(mol)	$-2z$		$+2z$		$+z$
반응 후(mol)	$2n-2z$		$2z$		$2n+z$

따라서 II에서 t min일 때 $\frac{n_B + n_C}{n_A} = \frac{2n + 3z}{2n - 2z} = \frac{7}{2}$ 이므로 $z = \frac{n}{2}$

이고, $C(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{5n}{2}$ 이다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$

에서 부피가 일정할 때 온도 T 는 $\frac{P}{n}$ 에 비례한다. t min일 때 $C(g)$

의 부분 압력은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 I과 II에서 $C(g)$ 의

부분 압력(atm)을 각각 $2P$, $3P$ 라 하면 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{3P}{5n}}{\frac{2P}{2n}} = \frac{9}{10}$ 이다.

✕. II에서 0~ t min 동안 $A(g)$ 의 양(mol)이 $2n$ 에서 n 으로 감소 하였으므로 I과 II에서 $A(g)$ 의 반감기는 각각 $\frac{t}{2}$ min, t min이고, 반응 속도 상수(k)는 I에서가 II에서의 2배이다. I에서 t min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 n 이고, II에서 0 min일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 $2n$ 이므로 $A(g)$ 의 몰 농도(M)는 II에서 0 min일 때가 I에서 t min일 때의 2배이다. 따라서 I에서 t min일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도와 II에서 0 min일 때 $A(g)$ 의 순간 반응 속도는 같으므로 $\frac{\text{I에서 } t \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{\text{II에서 0 min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = 1$ 이다.

한눈에 보는 정답

01 기체

본문 7~16쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ④ 02 ① 03 ④ 04 ③ 05 ⑤
 06 ① 07 ④ 08 ② 09 ① 10 ⑤

02 액체와 고체

본문 19~25쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ② 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ④
 06 ⑤

03 용액의 농도

본문 28~32쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

04 묽은 용액의 성질

본문 35~39쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ②

05 엔탈피와 열화학 반응식

본문 41~45쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ④ 03 ① 04 ⑤

06 결합 에너지와 헤스 법칙

본문 48~52쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ②

07 화학 평형과 평형 상수

본문 54~58쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ④

10 산 염기 평형

본문 75~81쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

- 01 ③ 02 ② 03 ④ 04 ③ 05 ①
06 ④ 07 ⑤ 08 ③ 09 ⑤ 10 ③
11 ② 12 ④

수능 3점 테스트

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ④
06 ①

08 화학 평형 이동

본문 61~66쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- 01 ⑤ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ③
06 ⑤

11 반응 속도

본문 85~94쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ⑤ 05 ③
06 ② 07 ③ 08 ② 09 ④ 10 ④

09 상평형

본문 68~72쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- 01 ① 02 ② 03 ⑤ 04 ⑤

12 반응 속도에 영향을 미치는 요인

본문 97~101쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- 01 ① 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤

13 전기 화학과 이용

본문 105~111쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ③ | 03 ① | 04 ⑤ | 05 ④ |
| 06 ① | 07 ① | 08 ② | 09 ④ | 10 ⑤ |
| 11 ⑤ | 12 ③ | | | |

수능 3점 테스트

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ⑤ | 04 ③ | 05 ④ |
| 06 ③ | | | | |

실전 모의고사

1회

본문 112~116쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ③ | 03 ④ | 04 ③ | 05 ② |
| 06 ③ | 07 ③ | 08 ① | 09 ③ | 10 ② |
| 11 ④ | 12 ⑤ | 13 ① | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ③ | 17 ③ | 18 ⑤ | 19 ④ | 20 ⑤ |

실전 모의고사

2회

본문 117~121쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ④ | 03 ⑤ | 04 ④ | 05 ① |
| 06 ② | 07 ④ | 08 ③ | 09 ① | 10 ④ |
| 11 ① | 12 ⑤ | 13 ① | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ③ | 17 ⑤ | 18 ④ | 19 ② | 20 ③ |

실전 모의고사

3회

본문 122~126쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ③ | 03 ③ | 04 ① | 05 ④ |
| 06 ② | 07 ③ | 08 ⑤ | 09 ④ | 10 ⑤ |
| 11 ③ | 12 ⑤ | 13 ① | 14 ② | 15 ① |
| 16 ② | 17 ⑤ | 18 ④ | 19 ② | 20 ④ |

실전 모의고사

4회

본문 127~131쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ④ | 03 ① | 04 ⑤ | 05 ① |
| 06 ② | 07 ④ | 08 ③ | 09 ③ | 10 ③ |
| 11 ④ | 12 ④ | 13 ⑤ | 14 ① | 15 ② |
| 16 ⑤ | 17 ③ | 18 ② | 19 ③ | 20 ② |

실전 모의고사

5회

본문 132~136쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ① | 03 ① | 04 ⑤ | 05 ③ |
| 06 ③ | 07 ⑤ | 08 ② | 09 ③ | 10 ⑤ |
| 11 ⑤ | 12 ⑤ | 13 ⑤ | 14 ⑤ | 15 ④ |
| 16 ④ | 17 ④ | 18 ① | 19 ③ | 20 ③ |