

바른답 알찬풀이

개념학습편 2

시험대비편 78

I 화학의 언어

01 생활 속 화학과 물질의 양

01강 화학과 현대 과학·기술·사회

기본 탄탄 문제

11쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × 02 (나) 03 ㉠ 페니실린, ㉡ 백신
04 (1) ○ (2) ○ (3) × 05 (1) 리 (2) 반 (3) 디 06 탄소
포집·활용·저장(CCUS) 기술

01 ㉢ (1) ○ (2) ○ (3) ×
(1), (3) 화학은 물질의 성질과 변화를 연구하고, 우리 생활에 필요한 물질을 만들거나 물질의 새로운 특성을 발견하여 유용한 기술로 활용하는 학문이다.

(2) 화학이 인류의 문제를 해결한 사례에는 암모니아의 합성, 합성 섬유의 개발, 철의 제련, 항생제와 백신의 개발 등이 있다.

02 ㉢ (나)
20세기 초 공기 중의 질소를 이용하여 암모니아를 합성하는 암모니아 합성법이 개발되었다. 이를 통해 질소 비료를 대량으로 생산하게 되면서 식량 생산량이 획기적으로 증가했다.

03 ㉢ ㉠ 페니실린, ㉡ 백신
화학은 최초의 항생제인 페니실린의 분자 구조를 변형하여 성능을 개량한 항생제를 대량으로 생산하고, 백신이 인체 내에서 잘 작용할 수 있도록 백신에 사용되는 생체 물질의 구조 일부분을 화학적으로 합성, 변형하여 새로운 감염병에 대응하는 백신을 빠르게 개발하는 데 도움을 주었다.

04 ㉢ (1) ○ (2) ○ (3) ×
(1) 철의 제련은 철기 시대부터 2천년 이상 활용된 화학 반응이다.
(2) 18세기 이후 철을 제련하고 가공하는 기술이 크게 발달하면서 철도, 대형 교량, 선박 등이 만들어지고, 고층 건물이 지어지는 등 사회에 큰 변화가 일어났다.
(3) 철의 제련 기술이 발달하면서 철도, 선박 등이 만들어져 사람과 물자의 이동이 활발해졌다.

05 ㉢ (1) 리 (2) 반 (3) 디
(1) 리튬 이온 전지는 가볍고 에너지 밀도가 높아 효율적이기 때문에 스마트폰, 노트북, 전기 자동차 등 다양한 기기에 사용되는 충전식 전지이다.
(2) 반도체는 도체와 부도체의 중간 정도의 전기 전도성을 가지는 물질로, 조건에 따라 전기 전도성을 조절할 수 있어 다양한 전자 제품에 이용된다.

(3) 디스플레이는 전기적인 신호를 시각적인 정보로 바꿔 주는 장치이다.

06 ㉢ 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술
탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술은 이산화 탄소를 포집해 유용한 물질을 만들거나 땅속 깊이에 저장하는 기술이다.

실력 꼭꼭 문제

12~13쪽

- 01 ㉢ 02 ㉤ 03 ㉣ 04 ㉤ 05 ㉢ 06 ㉤

단답형·서술형 문제

- 07 해설 참조 08 (1) ㉠ 반도체, ㉡ 규소(Si) (2) 해설 참조
09 해설 참조

01 ㉢ ㉢
ㄱ, ㄴ. (가)는 화학이다. 화학이 인류의 문제를 해결하고, 인류 문명이 발전하는 데 영향을 미친 사례에는 암모니아의 합성, 합성 섬유의 개발, 철의 제련, 항생제와 백신의 개발 등이 있다.

오답 피하기 ㄷ. 18세기 이후 철을 제련하고 가공하는 기술이 크게 발달하면서 철도, 선박 등이 만들어져 사회에 큰 변화가 일어나고 인류 문명이 발전하였다.

02 ㉢ ㉤
합성 섬유의 개발, 철의 제련, 항생제와 백신의 개발은 화학이 인류의 문제 해결 및 문명의 발전에 영향을 미친 사례이다.

• 학생 A: 나일론, 폴리에스터 등의 합성 섬유를 만드는 데 화학이 이용된다.

• 학생 B: 철광석을 제련해 철을 생산하는 것은 인류가 철기 시대부터 2천년 이상 활용한 화학 반응이다.

• 학생 C: 페니실린의 분자 구조를 변형하여 성능을 개량한 항생제를 대량으로 생산하는 일이나, 백신에 사용되는 물질의 구조 일부분을 화학적으로 합성, 변형하여 새로운 감염병에 대응하는 백신을 빠르게 개발하는 일에 화학이 도움을 주고 있다.

03 ㉢ ㉣
ㄱ. 암모니아의 화학식은 NH_3 로 암모니아를 구성하는 원소는 질소(N)와 수소(H)이다.

ㄴ. 20세기 초 공기 중의 질소를 이용한 암모니아 합성법이 개발되면서 질소 비료를 대량으로 생산하게 되었다.

오답 피하기 ㄷ. 암모니아 합성법의 개발로 질소 비료를 대량 생산하게 되면서 식량 생산량이 획기적으로 증가하였다. 따라서 암모니아의 합성은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

04 ㉢ ㉤
철의 제련에서 철광석을 철로 만든다.

ㄱ. (가)는 철이다.

ㄴ. ㉠은 철의 제련이다. 철의 제련에서 이산화 탄소가 생성된다.



ㄷ. 철의 제련 및 가공 기술이 크게 발달하면서 고층 건물을 지을 수 있게 되어 충분한 생활 공간을 제공해 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

05

답 ③

(가)는 반도체, (나)는 리튬 이온 전지이다.

ㄱ. 반도체의 주원료는 규소(Si)이다.

ㄷ. 리튬 이온 전지는 충전하여 여러 번 사용할 수 있는 충전식 전지이다.

오답 피하기 ㄴ. LCD와 OLED는 디스플레이의 종류이다.

06

답 ⑤

ㄱ. 화학은 대체 에너지의 사용을 늘려 대기 중으로 방출되는 이산화 탄소의 양을 줄이고 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추는 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술을 발전시키는 데 중요한 역할을 한다.

ㄴ. 대체 에너지 중 하나인 태양 에너지 이용을 늘리기 위해 에너지 효율이 높은 태양 전지 소재를 개발하는 것은 ㉠의 사례로 적절하다.

ㄷ. CCUS 기술은 이산화 탄소를 포집해 유용한 물질을 만들거나 땅속 깊이 저장하는 기술이다.

07

나일론과 같은 합성 섬유의 개발로 인류의 의복 문제를 해결할 수 있었다.

예시 답안 합성 섬유, 천연 섬유와 달리 대량으로 생산할 수 있고 섬유의 수명도 길었기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
합성 섬유를 쓰고, 대량 생산이 가능하고 수명도 길었기 때문이라고 설명한 경우	100
합성 섬유를 쓰고, 대량 생산이 가능하다고만 설명한 경우	70
합성 섬유만 옳게 쓴 경우	40

08

(1) 도체와 부도체의 중간 정도의 전기 전도성을 가지는 물질은 반도체이고, 반도체의 주원료는 규소(Si)이다.

(2) 반도체는 조건에 따라 전기 전도성을 조절할 수 있어서 다양한 전자 제품에 이용된다.

예시 답안 반도체는 현대 사회에서 스마트폰이나 컴퓨터 등 다양한 전자 제품의 핵심 부품으로 이용된다.

채점 기준	배점(%)
반도체가 다양한 전자 제품의 핵심 부품으로 이용됨을 설명한 경우	100
분야를 언급하지 않고 반도체가 다양하게 이용된다고만 설명한 경우	50

09

대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추기 위해 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술을 발전시킨다.

예시 답안 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술, 대기 중에 방출된 이산화 탄소를 포집해 유용한 물질을 만들거나 땅속 깊이 저장한다.

채점 기준	배점(%)
탄소 포집·활용·저장 기술을 쓰고, 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추는 방법 2가지를 모두 옳게 설명한 경우	100
탄소 포집·활용·저장 기술을 쓰고, 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추는 방법 2가지 중 1가지만 옳게 설명한 경우	70
탄소 포집·활용·저장 기술만 옳게 쓴 경우	40

개념 더하기 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술

- 이산화 탄소와 결합할 수 있는 화학 물질이 코팅된 필터 등을 활용하여 대기 중의 이산화 탄소만을 분리해 포집한다.
- 포집한 이산화 탄소를 시멘트 등의 건축 자재로 만들거나 대기 중으로 빠져나가지 못하도록 땅속 깊이 저장한다.

02장 물과 물질의 양

17쪽

탐구 확인문제

01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 ③

01

답 (1) ○ (2) × (3) ○

(1) 입자 수는 물질의 양(mol)에 아보가드로수를 곱한 값이므로 같은 양(mol)에 들어 있는 탄소와 포도당의 입자 수는 같다.

(2) 물질량은 에탄올이 물보다 크므로 같은 질량에 들어 있는 물질의 양(mol)은 물이 에탄올보다 많다. 따라서 같은 질량에 들어 있는 입자 수도 물이 에탄올보다 많다.

(3) 1 g에 들어 있는 입자 수는 1 g을 물질량으로 나누어 구한 물질의 양(mol)에 아보가드로수를 곱해서 구한다.

02

답 ③

원자나 분자처럼 물질을 이루는 입자는 크기가 너무 작아서 개수를 직접 세기 어렵다. 따라서 물질의 물질량을 알고 질량을 측정하여 물질의 양(mol)을 구하고, 아보가드로수를 이용하여 입자수를 구할 수 있다.

기본 탄탄 문제

18쪽

01 ㉠ 물, ㉡ 6.02×10^{23} , ㉢ 아보가드로수 02 (1) × (2) ○ (3) ×
03 (1) ㉠ 1, ㉡ g/mol (2) 합해서 (3) 질량 04 (1) 46 g/mol
(2) 18.2 05 (1) ○ (2) × (3) ○ 06 (1) 1몰 (2) 1몰

01  ㉠ 물, ㉡ 6.02×10^{23} , ㉢ 아보가드로수
원자나 분자처럼 크기가 매우 작은 입자의 수를 나타낼 때 ‘몰 (mole)’이라는 묶음 단위를 사용한다. 1몰(mol)은 입자 6.02×10^{23} 개를 의미하며 이 수를 아보가드로수라고 한다.

02  (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$
(1) 아보가드로수는 물질의 종류와 관계없이 항상 일정한 값을 갖는다.
(2) 1몰의 물질에는 항상 아보가드로수에 해당하는 입자가 들어 있다.
(3) H_2 1몰에 들어 있는 H_2 분자 수는 6.02×10^{23} 이고, H_2 의 분자당 H 원자 수는 2이므로 H_2 1몰에 들어 있는 H 원자 수는 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

03  (1) ㉠ 1, ㉡ g/mol (2) 합해서 (3) 질량
(1) 물질량은 물질 1몰의 질량을 뜻하며, 단위는 g/mol이다.
(2) 분자의 물질량은 분자를 구성하는 원자의 물질량을 모두 합한 값이다.
(3) 물질의 물질량과 물질의 양(mol)을 곱하면 물질의 질량을 구할 수 있다.

04  (1) 46 g/mol (2) 18.2
(1) C_2H_5OH 의 물질량은 $(12 \text{ g/mol} \times 2) + (1 \text{ g/mol} \times 6) + 16 \text{ g/mol} = 46 \text{ g/mol}$ 이다.
(2) H_2O 의 물질량은 18 g/mol이므로 H_2O 3.6 g은 $\frac{3.6 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.
 CH_4 의 물질량은 16 g/mol이므로 CH_4 1몰의 질량은 $16 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} = 16 \text{ g}$ 이다.
 CO_2 의 물질량은 44 g/mol이므로 CO_2 44 g은 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이고, CO_2 의 분자당 O 원자 수는 2이므로 O 원자의 양은 $1 \text{ mol} \times 2 = 2 \text{ mol}$ 이다.
따라서 $a=0.2, b=16, c=2$ 이므로 $a+b+c=18.2$ 이다.

05  (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\circ$
(1) 0°C , 1기압에서 기체 1몰의 부피는 기체의 종류와 관계없이 항상 22.4 L이다.
(2) 같은 온도와 압력에서 기체 1몰의 부피는 기체의 종류와 관계없이 같다.
(3) 같은 온도와 압력에서 기체의 종류와 관계없이 같은 부피에 들어 있는 기체 분자 수는 같다. 따라서 같은 온도와 압력에서 두 기체의 부피가 같다면 두 기체의 분자 수가 같고 기체의 양(mol)도 같다.

06  (1) 1몰 (2) 1몰
(1) 0°C , 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 수소 기체 22.4 L는 $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이다.

(2) 0°C , 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 암모니아 기체 5.6 L는 $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이다. 암모니아의 분자당 N 원자 수는 1, H 원자 수는 3이므로 암모니아의 분자당 구성 원자 수는 4이다. 따라서 암모니아 0.25몰에 들어 있는 전체 원자의 양은 $0.25 \text{ mol} \times 4 = 1 \text{ mol}$ 이다.



입력
문제

19~21쪽

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

단답형·서술형 문제

14 (가), (다), (나) 15 해설 참조

16 (1) $x=0.5, y=16$ (2) 해설 참조

01  ㉢
C 원자 6.02×10^{23} 개는 $\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ 개}}{6.02 \times 10^{23} \text{ 개/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이다.
 CO_2 의 분자당 O 원자 수는 2이므로 CO_2 1몰에 들어 있는 O 원자의 양은 $1 \text{ mol} \times 2 = 2 \text{ mol}$ 이다.
H 원자 1.204×10^{24} 개는 $\frac{1.204 \times 10^{24} \text{ 개}}{6.02 \times 10^{23} \text{ 개/mol}} = 2 \text{ mol}$ 이고, H_2 의 분자당 H 원자 수는 2이므로 H_2 의 양은 1몰이다.
따라서 $a=1, b=2, c=1$ 이므로 $a+b+c=1+2+1=4$ 이다.

02  ㉤
 NH_3 의 분자당 H 원자 수는 3이므로 NH_3 1몰에 들어 있는 H 원자 수는 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다. ①, ②, ③, ④는 모두 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

03  ㉡
X 0.5몰의 질량이 9 g이므로 X 1몰의 질량은 18 g이다. 따라서 X의 물질량은 18 g/mol이다.

04  ㉣
ㄴ. N_2 의 물질량은 28 g/mol이므로 N_2 14 g은 $\frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이고, N_2 의 분자당 N 원자 수는 2이므로 N_2 14 g에 들어 있는 N 원자의 양은 $0.5 \text{ mol} \times 2 = 1 \text{ mol}$ 이다.
ㄷ. CO의 물질량은 28 g/mol이므로 CO 28 g은 1몰이고, CO의 분자당 C 원자 수는 1이므로 CO 28 g에 들어 있는 C 원자의 양은 1몰이다.

오답 피하기 ㄱ. H_2O 의 물질량은 18 g/mol이므로 H_2O 36 g은 $\frac{36 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$ 이다.

05

답 ③

③ CH_4 의 물질량은 $12 \text{ g/mol} + (1 \text{ g/mol} \times 4) = 16 \text{ g/mol}$ 이다. 따라서 CH_4 1몰의 질량은 16 g이다.

오답 피하기 ① H_2 의 물질량은 $1 \text{ g/mol} \times 2 = 2 \text{ g/mol}$ 이다.

② NH_3 의 물질량은 17 g/mol 이므로 NH_3 17 g은 1몰이다.

④ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 분자당 H 원자 수는 6이므로 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1몰에 들어 있는 H 원자의 양은 6몰이다. 따라서 H 원자의 질량은 $1 \text{ g/mol} \times 6 \text{ mol} = 6 \text{ g}$ 이다.

⑤ CO_2 의 물질량은 44 g/mol 이므로 CO_2 44 g은 1몰이고, CO_2 의 분자당 C 원자 수는 1이므로 CO_2 44 g에 들어 있는 C 원자의 양은 1몰이다.

06

답 ⑤

자료 분석 ● 물질의 양(mol)



포도당의 질량은 18.0 g이다.

• $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 물질량은 $(12 \text{ g/mol} \times 6) + (1 \text{ g/mol} \times 12) + (16 \text{ g/mol} \times 6) = 180 \text{ g/mol}$ 이다.

• 비커에 들어 있는 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 질량은 18.0 g이다.

→ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 18.0 g은 $\frac{18.0 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

→ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 분자당 C 원자 수는 6이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.1몰에 들어 있는 C 원자의 양은 0.6몰이다.

→ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 분자당 H 원자 수는 12이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.1몰에 들어 있는 H 원자의 양은 1.2몰이다.

ㄱ. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 물질량은 180 g/mol 이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 18.0 g은 $\frac{18.0 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

ㄴ. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 분자당 H 원자 수가 12이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.1몰에 들어 있는 H 원자의 양은 $0.1 \text{ mol} \times 12 = 1.2 \text{ mol}$ 이다.

ㄷ. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 분자당 C 원자 수가 6이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.1몰에 들어 있는 C 원자의 양은 $0.1 \text{ mol} \times 6 = 0.6 \text{ mol}$ 이다. 따라서 C 원자의 질량은 $0.6 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = 7.2 \text{ g}$ 이다.

07

답 ①

ㄱ. 메테인의 구조로부터 분자식은 CH_4 임을 알 수 있다. 따라서 CH_4 의 물질량은 $12 \text{ g/mol} + (1 \text{ g/mol} \times 4) = 16 \text{ g/mol}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. CH_4 1 g은 $\frac{1}{16}$ 몰이므로 CH_4 1 g의 분자 수는 $\frac{1}{16} \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

ㄷ. CH_4 의 분자당 C 원자 수는 1, H 원자 수는 4이므로 CH_4 1몰에는 C 원자 1몰, H 원자 4몰이 들어 있다. 따라서 전체 원자의 양은 5몰이다.

08

답 ③

ㄱ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 2몰의 질량이 NaOH 2몰의 질량보다 크므로 물질량은 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이 NaOH 보다 크다.

ㄷ. 구성 원자 수는 NaOH 이 3, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이 9이다. 따라서 (가)에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 $2 \times 3 = 6$, (나)에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 $2 \times 9 = 18$ 이므로 (나)가 (가)의 3배이다.

오답 피하기 ㄴ. O 원자의 양은 (가)에서와 (나)에서가 2몰로 같다. 따라서 O 원자의 질량도 (가)에서와 (나)에서가 같다.

09

답 ④

분자당 B 원자 수가 AB는 1, AB_2 는 2이므로 AB_2 와 AB의 몰질량 차는 B의 몰질량이다. 따라서 B의 몰질량은 $44 - 28 = 16 \text{ (g/mol)}$ 이고, A의 몰질량은 AB의 몰질량이 28 g/mol 이므로 $28 - 16 = 12 \text{ (g/mol)}$ 이다.

ㄴ. AB 14 g은 0.5몰이다. 따라서 AB 14 g에 들어 있는 B의 질량은 $16 \text{ g/mol} \times 0.5 \text{ mol} = 8 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. 1 g에 들어 있는 B 원자 수는 $\text{AB} : \text{AB}_2 = \frac{1}{28} \times 1 : \frac{1}{44} \times 2 = 11 : 14$ 이므로 AB_2 가 AB보다 많다.

오답 피하기 ㄱ. A의 몰질량은 12 g/mol 이다.

10

답 ②

ㄴ. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가) : (나) = $\frac{1}{17} \times 4 : \frac{1}{16} \times 5 = 64 : 85$ 이므로 (나) > (가)이다.

오답 피하기 ㄱ. 아보가드로수는 1몰의 입자 수이고, (나) 17 g은 $\frac{17}{16}$ 몰로 1몰보다 크므로 (나) 17 g에 들어 있는 분자 수는 아보가드로수보다 크다.

ㄷ. 아보가드로 법칙에 따라 같은 온도와 압력에서 같은 부피에 들어 있는 기체 분자 수는 같다.

11

답 ③

자료 분석 ● 기체의 양(mol)

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	CH_4	CO	O_2
몰질량(g/mol)	16	28	32
기체의 양	16.8 L	0.25몰	8 g

• (가) 16.8 L는 $\frac{16.8 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.75 \text{ mol}$ 이다.

→ CH_4 의 몰질량은 16 g/mol 이므로 (가)의 질량은 12 g이다.

• (나)의 양은 0.25몰이다.

• O_2 의 몰질량은 32 g/mol 이다.

→ (다) 8 g은 $\frac{8 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이다.

ㄱ. (가) 16.8 L는 0.75몰이고, CH_4 의 몰질량은 16 g/mol 이므로 (가)의 질량은 $0.75 \text{ mol} \times 16 \text{ g/mol} = 12 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 물질량 비와 같다. 따라서 (가)~(다)의 밀도비는 (가):(나):(다)=16:28:32=4:7:8이므로 기체의 밀도는 (다)가 가장 크다.

오답 피하기 ㄴ. (나)와 (다)의 양은 0.25몰로 같고, 각 분자당 구성 원자 수는 2로 같으므로 전체 원자의 양이 0.5몰로 같다. 따라서 전체 원자 수는 (나)와 (다)가 같다.

12

답 ②

NH₃의 물질량은 17 g/mol이므로 NH₃ 8.5 g은 0.5몰이다. 즉, t °C, 1기압에서 실린더에 들어 있는 기체 0.5몰의 부피가 15 L이므로 t °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 30 L이다.

13

답 ④

(가)의 분자당 구성 원자 수가 2이므로 (가)의 분자식은 XY이다. (가) 6 L는 $\frac{6 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = \frac{1}{4} \text{ mol}$ 이고, XY $\frac{1}{4}$ 몰의 질량이 21a g이므로 XY의 물질량은 84a g/mol이다. (나)의 부피는 4 L이므로 $\frac{4 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = \frac{1}{6} \text{ mol}$ 이고, $\frac{1}{6}$ 몰의 질량이 22a g이므로 물질량은 132a g/mol이다. (나)는 (가)보다 구성 원자 수가 1개 더 많으므로 (나)와 (가)의 물질량 차는 X 또는 Y의 물질량에 해당하고 그 값은 48a g/mol이다. 또 XY의 물질량에서 (나)와 (가)의 물질량 차를 빼면 36a g/mol이다. 제시된 조건에서 물질량은 Y>X이므로 Y의 물질량은 48a g/mol이고, X의 물질량은 36a g/mol이다. 따라서 $\frac{Y \text{의 물질량}}{X \text{의 물질량}} = \frac{4}{3}$ 이다.

14

답 (가), (다), (나)

- (가): 포도당의 물질량이 180 g/mol이므로 포도당 90 g은 0.5몰이다.
 - (나): 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 이산화 탄소 44.8 L는 2몰이다.
 - (다): 에탄올 분자 6.02×10²³개의 양은 1몰이고, 에탄올의 분자당 O 원자 수는 1이므로 O 원자의 양은 1몰이다.
- 따라서 물질의 양(mol)은 (가)<(다)<(나)이다.

15

물 500 mL의 질량을 구하려면 물의 밀도가 필요하다. 물의 질량을 물질량으로 나누면 물의 양(mol)을 구할 수 있고, 물의 양(mol)에 아보가드로수를 곱하면 물 분자 수를 구할 수 있다.

예시 답안 물의 질량을 구하기 위해 물의 밀도(g/mL)가 필요하고, 물의 양(mol)을 구하기 위해 물의 물질량(g/mol)이 필요하며, 구한 양(mol)으로부터 물 분자 수를 구하기 위해 아보가드로수가 필요하다.

채점 기준	배점(%)
물의 밀도, 물질량, 아보가드로수를 모두 언급하고 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
3가지 중 2가지만 언급하며 설명한 경우	60
3가지 중 1가지만 언급하며 설명한 경우	30

16

자료 분석 수소 원자의 전체 질량과 기체의 양

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	H ₂	CH ₄	NH ₃
기체의 양	2 g	xN_A	$y \text{ L}$

- (가)가 2 g이므로 (나)와 (다)에서도 H의 전체 질량은 2 g이다.
→ H의 물질량은 1 g/mol이므로 H 2 g은 2몰이다.
→ (나)와 (다)에서 H의 양은 2몰이다.
- CH₄의 분자당 H 원자 수는 4이므로 (나)는 0.5몰이다.
- NH₃의 분자당 H 원자 수는 3이므로 (다)는 $\frac{2}{3}$ 몰이다.

(1) (나)의 양은 0.5몰이므로 기체 분자 수는 0.5N_A이다. (다)의 양은 $\frac{2}{3}$ 몰이므로 (다)의 부피는 $\frac{2}{3} \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 16 \text{ L}$ 이다. 따라서 $x=0.5, y=16$ 이다.

(2) (가)~(다)의 분자당 구성 원자 수는 각각 2, 5, 4이다.

예시 답안 (다)>(나)>(가), (가)~(다)의 양은 각각 1몰, 0.5몰, $\frac{2}{3}$ 몰이므로 전체 원자의 양은 각각 2몰, 2.5몰, $\frac{8}{3}$ 몰이기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)~(다)의 전체 원자 수를 모두 옳게 구하여 비교한 경우	100
(가)~(다)의 전체 원자 수 중 1가지만 옳게 구한 경우	60
(가)~(다)의 전체 원자 수 중 1가지만 옳게 구한 경우	30



22~25쪽

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ② 06 ④ 07 ②
08 ③ 09 ④ 10 ② 11 ③ 12 ⑤

단답형·서술형 문제

- 13 (1) ㉠ 암모니아, ㉡ 합성 섬유 (2) 해설 참조 14 (1) 해설 참조
(2) 해설 참조 15 (1) (가) AB₃, (나) AB₂ (2) 해설 참조
16 해설 참조 17 해설 참조

01

답 ④

ㄱ. 나일론(㉠)은 석유로부터 얻을 수 있는 합성 섬유이다.

ㄷ. 하버가 공기 중의 질소 기체를 이용해 암모니아(㉡)를 합성하는 방법을 개발하여 질소 비료를 대량으로 생산하게 되면서 인류의 식량 부족 문제를 해결할 수 있었다.

오답 피하기 ㄴ. ㉢은 질소(N₂)이다. 물질의 연소 반응과 관련 있는 기체는 산소(O₂)이다.

02

답 ③

ㄱ. 방수가 되면서 땀의 배출이 원활하거나 체온 유지를 돕는 기능성 섬유는 운동복, 우주복 등에 사용된다.

ㄴ. 최초의 항생제인 페니실린이 발견된 후 그 분자 구조를 변형하여 성능을 개량한 항생제가 대량으로 생산되었다.

오답 피하기 ㄴ. 철의 제련 반응에서 철광석의 주성분인 산화 철(III) (Fe_2O_3)이 산소를 잃어 철(Fe)이 된다.

03

답 ③

• 학생 A: 화학은 반도체, 디스플레이, 리튬 이온 전지 등을 개발해 현대 과학·기술·사회의 발전에 기여하며, 인류가 편리하고 안전하게 살 수 있도록 도움을 주고 있다.

• 학생 B: 리튬 이온 전지는 리튬 이온이 두 전극 사이를 이동하는 화학 반응으로 전기를 생성하는 충전식 전지이다.

오답 피하기 • 학생 C: 화학은 백신이 인체 내에서 잘 작용하도록 백신에 사용되는 생체 물질의 구조 일부분을 합성, 변형하는 기술 등에 도움을 주었다.

04

답 ⑤

ㄴ. ㉠은 이산화 탄소(CO_2)이다. 이산화 탄소는 지구 온난화를 일으키는 대표적인 온실 가스이다.

ㄷ. 이산화 탄소를 포집해 유용한 물질을 만들거나 땅속 깊이 저장하는 탄소 포집·활용·저장 기술에는 이산화 탄소와 관련된 화학 반응이 이용된다.

오답 피하기 ㄱ. ㉡은 이산화 탄소(CO_2)이다.

05

답 ②

② H_2 의 물질량은 2 g/mol이므로 H_2 1 g은 0.5몰이고, H_2 의 분자당 H 원자 수는 2이다. 따라서 H_2 1 g에 들어 있는 H 원자의 양은 1몰이다.

오답 피하기 ① H_2O 의 물질량은 18 g/mol이므로 H_2O 9 g은 0.5몰이고, H_2O 의 분자당 O 원자 수는 1이다. 따라서 H_2O 9 g에 들어 있는 O 원자의 양은 0.5몰이다.

③ N_2 의 물질량은 28 g/mol이므로 N_2 28 g은 1몰이고 N_2 의 분자당 N 원자 수는 2이다. 따라서 N_2 28 g에 들어 있는 N 원자의 양은 2몰이다.

④ NH_3 분자 3.01×10^{23} 개는 0.5몰이고, NH_3 의 분자당 H 원자 수는 3이다. 따라서 NH_3 0.5몰에 들어 있는 H 원자의 양은 1.5몰이다.

⑤ 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 H_2 22.4 L는 1몰이다. 따라서 H_2 22.4 L에 들어 있는 H 원자의 양은 2몰이다.

06

답 ④

ㄱ. C 1몰의 원자 수는 6.02×10^{23} 이므로 C의 물질량은 C 원자 6.02×10^{23} 개의 질량이다. C의 물질량이 12 g/mol이므로 C 원자 1개의 질량은 $\frac{12}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

ㄴ. H_2O 1몰과 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 1몰에 각각 들어 있는 H_2O 분자 수와 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 분자 수는 6.02×10^{23} 으로 같다.

오답 피하기 ㄷ. CO_2 44 g은 1몰이고, CO_2 의 분자당 구성 원자 수는 3이다. 따라서 CO_2 1몰에 들어 있는 전체 원자의 양은 3몰이므로 전체 원자 수는 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

07

답 ②

자료 분석 원자의 물질량

- X~Z의 물질량은 X~Z가 각각 아보가드로수만큼 있을 때의 질량이므로 원자 1개의 질량에 비례한다.
- X 원자 3개의 질량은 Y 원자 1개의 질량과 같다.
→ $3X=Y$ 이므로 물질량 비는 $X:Y=1:3$ 이다.
- Y 원자 2개의 질량은 Z 원자 3개의 질량과 같다.
→ $2Y=3Z$ 이므로 물질량 비는 $Y:Z=3:2$ 이다.

물질량은 각 원자가 아보가드로수만큼 있을 때의 질량이므로 원자 1개의 질량에 비례한다. X 원자 3개의 질량은 Y 원자 1개의 질량과 같고, Y 원자 2개의 질량은 Z 원자 3개의 질량과 같으므로 X~Z의 물질량 비는 $X:Y:Z=1:3:2$ 이다.

08

답 ③

자료 분석 물질의 양(mol)

- H_2O 의 물질량은 18 g/mol이고, H_2O x몰의 질량은 1.8 g이다.
- Cu의 물질량은 63.5 g/mol이고, Cu x몰의 질량은 6.35 g이다.
→ $\frac{1.8 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{6.35 \text{ g}}{63.5 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이므로 $x=0.1$ 이다.

ㄱ. 물과 구리의 양은 $\frac{1.8 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{6.35 \text{ g}}{63.5 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이므로 $x=0.1$ 이다.

ㄴ. C 0.1몰의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = 1.2 \text{ g}$ 이다. 따라서 $y=1.2$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 물은 분자당 구성 원자 수가 3이므로 물과 구리 각 0.1몰의 전체 원자의 양은 물이 0.3몰, 구리가 0.1몰이다. 따라서 전체 원자 수는 물이 구리의 3배이다.

09

답 ④

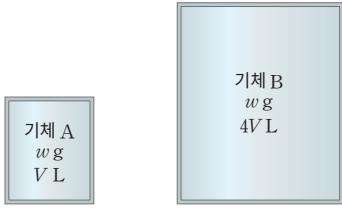
A의 물질량이 64 g/mol이므로 A 9.6 g은 $\frac{9.6 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 0.15 \text{ mol}$ 이다.

B의 밀도가 1 g/mL이므로 B 90 mL의 질량은 90 g이다. B의 물질량이 18 g/mol이므로 B 90 g은 $\frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$ 이다.

$t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 25 L이다. 따라서 C 5 L는 $\frac{5 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.

따라서 A~C의 양(mol)은 $B > C > A$ 이다.

자료 분석 기체의 부피비, 물질량비, 밀도비



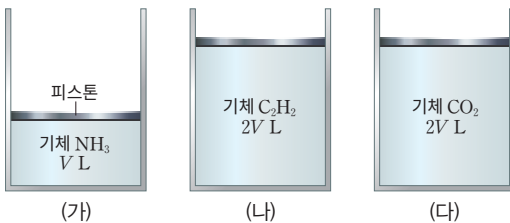
- 기체의 부피비는 $A:B=1:4$ 이다.
→ 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비=분자 수 비=몰비이므로 몰비는 $A:B=1:4$ 이다.
- 질량비는 $A:B=1:10$ 이고, 몰비는 $A:B=1:4$ 이다.
→ 질량(g)=몰(mol)×몰질량(g/mol)이므로 몰질량 비는 $A:B=4:10$ 이다.
- 밀도= $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 A의 밀도는 $\frac{w}{V}$ g/L, B의 밀도는 $\frac{w}{4V}$ g/L 이고, 밀도비는 $A:B=4:1$ 이다.
→ 같은 온도와 압력에서 기체의 몰질량 비=밀도비이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 분자 수 비는 $A:B=1:4$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. A와 B의 질량은 같고, 양(mol)은 B가 A의 4배이므로 몰질량은 A가 B의 4배이다.

ㄷ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 몰질량에 비례하므로 A가 B의 4배이다.

자료 분석 기체의 부피비



- 몰질량은 NH_3 17 g/mol, C_2H_2 26 g/mol, CO_2 44 g/mol이다.
- 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비=몰비이므로 (가)~(다)의 몰비는 (가):(나):(다)=1:2:20이다.
→ 질량비는 (가):(나):(다)=17:52:88이다.

ㄱ. (나)와 (다)의 양(mol)은 같고, C_2H_2 과 CO_2 의 몰질량은 각각 26 g/mol, 44 g/mol이므로 기체의 질량은 (다)>(나)이다.

ㄷ. 부피비로부터 몰비는 (가):(나)=1:2이므로 기체 분자의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이다.

오답 피하기 ㄴ. 분자당 구성 원자 수는 (가)와 (나)가 4, (다)가 3이므로 전체 원자 수의 비는 (가):(나):(다)=2:4:3이다. 따라서 전체 원자 수는 (나)가 가장 많다.

자료 분석 기체의 양(mol)

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY	XY_2	Z_2Y
1 L의 질량(상대값)	7	11	11

- 같은 온도와 압력에서 같은 부피에 해당하는 질량비는 같은 양(mol)의 몰질량비이므로 몰질량 비와 같다.
→ 몰질량 비는 (가):(나):(다)=7:11:11이다.
- (가)와 (나)의 몰질량 차는 Y의 몰질량이다.
→ XY의 몰질량을 7k g/mol, XY_2 의 몰질량을 11k g/mol이라고 하면 Y의 몰질량은 4k g/mol이다.
→ (가)로부터 X의 몰질량은 3k g/mol이고, (다)로부터 Z의 몰질량은 3.5k g/mol이다.

ㄱ. 몰질량 비는 (가):(나):(다)=7:11:11이므로 몰질량은 (다)>(가)이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 몰질량 차는 Y의 몰질량이므로 Y의 몰질량을 4k g/mol이라고 하면 X의 몰질량은 3k g/mol이다. 또 (다)의 몰질량으로부터 Z의 몰질량은 3.5k g/mol이다. 따라서 X~Z의 몰질량 비는 $X:Y:Z=6:8:7$ 이다.

ㄷ. 분자당 Y 원자 수는 (가)가 1, (나)가 2이므로 1g에 들어 있는 Y 원자 수 비는 (가):(나)= $\frac{1}{7} \times 1 : \frac{1}{11} \times 2 = 11:14$ 이다.

(1) 질소 비료의 원료는 암모니아이고, 천연 섬유를 대체한 것은 합성 섬유이다.

(2) 고층 건물을 지을 수 있게 되면서 충분한 생활 공간이 마련되었다.

예시 답안 (다), 철의 제련 및 가공 기술이 발달하면서 고층 건물을 지을 수 있게 되었고, 사람들에게 충분한 생활 공간을 제공해 인구 증가로 인한 주거 생활 문제를 해결할 수 있었다.

채점 기준	배점(%)
(다)를 고르고, 고층 건물을 지을 수 있게 되면서 주거 생활 문제를 해결할 수 있었음을 설명한 경우	100
(다)만 옳게 고른 경우	50

(1) A_2B_2 와 A_2B_6 의 몰질량 차는 B의 몰질량의 4배와 같다.

예시 답안 (가)와 (나)의 몰질량 차는 B의 몰질량의 4배이므로 B의 몰질량은 1 g/mol이다. A_2B_2 의 몰질량이 26 g/mol이므로 A의 몰질량은 12 g/mol이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 몰질량 차를 이용하여 A와 B의 몰질량을 모두 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 몰질량 중 1가지만 옳게 쓴 경우	50

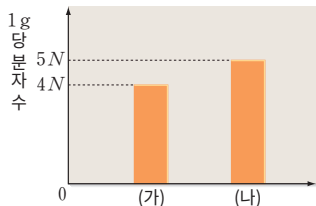
(2) 전체 원자 수는 전체 원자의 양(mol)에 아보가드로수를 곱해서 구하므로 전체 원자 수 비는 전체 원자의 몰비와 같다.

예시 답안 (가) 1 g은 $\frac{1}{26}$ 몰이고, (가)의 분자당 구성 원자 수는 4이므로 (가) 1 g에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 $\frac{1}{26} \times 4 = \frac{2}{13}$ 이다. (나) 1 g은 $\frac{1}{30}$ 몰이고, (나)의 분자당 구성 원자 수는 8이므로 (나) 1 g에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 $\frac{1}{30} \times 8 = \frac{4}{15}$ 이다. 전체 원자 수 비는 전체 원자의 몰비와 같으므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가):(나) = $\frac{2}{13} : \frac{4}{15} = 15 : 26$ 이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나) 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나) 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비만 옳게 쓴 경우	50

15

자료 분석 1 g당 분자 수



- 1 g당 분자 수는 1 g의 양(mol)에 아보가드로수를 곱해서 구한다.
- 1 g당 분자 수는 1 g의 양(mol)에 비례한다.
- 1 g의 양(mol) = $\frac{1 \text{ g}}{\text{몰질량(g/mol)}}$ 이다.
- 1 g당 분자 수는 몰질량에 반비례한다.
- 1 g당 분자 수 비는 (가):(나) = 4 : 5이므로 몰질량 비는 (가):(나) = 5 : 4이다.
- AB₃과 AB₂의 몰질량은 AB₃가 B의 몰질량만큼 크다.
- (가)는 AB₃이고, (나)는 AB₂이다.

(1) 1 g당 분자 수는 몰질량이 작을수록 크므로 (가)는 AB₃이고, (나)는 AB₂이다.

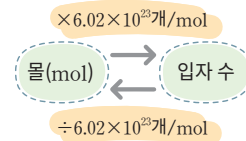
(2) AB₃과 AB₂의 몰질량 차는 B의 몰질량이다.

예시 답안 (가)와 (나)의 몰질량 비는 (가):(나) = 5 : 4이므로 AB₃의 몰질량을 5n g/mol, AB₂의 몰질량을 4n g/mol이라고 하면 B의 몰질량은 n g/mol이고 A의 몰질량은 2n g/mol이다. 따라서 A와 B의 몰질량 비는 A : B = 2 : 1이다.

채점 기준	배점(%)
AB ₃ 과 AB ₂ 의 몰질량 비로부터 A와 B의 몰질량 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 몰질량 비만 옳게 쓴 경우	50

개념 더하기 1 g당 입자 수와 물질의 양(mol)

- 입자 수는 물질의 양(mol)에 아보가드로수를 곱해서 구한다.



- 아보가드로수는 변하지 않는 상수이므로 1 g당 입자 수는 물질 1 g의 양(mol)에 비례한다.
- 특정한 원자의 수는 분자당 해당 원자 수를, 전체 원자의 수는 분자당 전체 구성 원자 수를 곱해서 구할 수 있다.

예 H₂O(몰질량 18 g/mol)과 NH₃(몰질량 17 g/mol)의 입자 수

1 g당 분자 수 비	H ₂ O : NH ₃ = $\frac{1}{18} : \frac{1}{17} = 17 : 18$
1 g당 H 원자 수 비	H ₂ O : NH ₃ = $\frac{1}{18} \times 2 : \frac{1}{17} \times 3 = 17 : 27$
1 g당 전체 원자 수 비	H ₂ O : NH ₃ = $\frac{1}{18} \times 3 : \frac{1}{17} \times 4 = 17 : 24$

16

$t^\circ\text{C}$, 1기압에서 풍선에 들어 있는 헬륨 원자 수를 구하려면 헬륨의 양(mol)을 구해야 하므로 풍선의 부피와 $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피를 알아야 하고, 아보가드로수를 알아야 한다.

예시 답안 헬륨이 들어 있는 풍선의 부피를 $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피로 나누면 풍선 속에 들어 있는 헬륨의 양(mol)을 구할 수 있고, 여기에 아보가드로수를 곱하면 풍선 속에 들어 있는 헬륨 원자 수를 구할 수 있다.

채점 기준	배점(%)
풍선의 부피와 $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피, 아보가드로수를 모두 언급하여 옳게 설명한 경우	100
3가지 중 2가지만 언급하여 설명한 경우	50

17

물질의 질량은 양(mol)에 비례하고, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 양(mol)에 비례하므로 같은 질량의 기체는 부피가 같다. (가)와 (나)의 부피 차이가 5 L이므로 과정 I에서 첨가한 B 8 g의 부피는 5 L이다. (나)와 (다)의 부피 차이가 10 L이고 과정 II에서 B 8 g을 다시 첨가했으므로 과정 II에서 첨가한 A의 부피는 5 L이다.

예시 답안 과정 I에서 첨가한 B 8 g의 부피가 5 L이므로 과정 II에서 첨가한 B 8 g의 부피도 5 L이다. 따라서 과정 II에서 첨가한 A x g의 부피는 10 - 5 = 5(L)이고, (가)에서 A 8 g의 부피가 10 L이므로 과정 II에서 첨가한 A의 질량은 4 g이다. 따라서 $x = 4$ 이다.

채점 기준	배점(%)
기체의 부피와 질량의 관계로부터 x 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
x 만 옳게 쓴 경우	50

02 화학 반응식

03강 화학 반응식의 의미

기본 탄탄 문제

30쪽

- 01 (1) 4 (2) ㉠ 2, ㉡ 2 (3) ㉠ 3, ㉡ 4 (4) ㉠ 2, ㉡ 6, ㉢ 2, ㉣ 3
 02 4 03 (1) ㉠ $a=c$, ㉡ $4a=2d$, ㉢ $2b=2c+d$ (2) 1
 04 $2XY(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY_2(g)$ 05 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$
 06 (1) CO_2 (2) 8 (3) 1:3 (4) 1:1 (5) 2

- 01 ㉢ (1) 4 (2) ㉠ 2, ㉡ 2 (3) ㉠ 3, ㉡ 4 (4) ㉠ 2, ㉡ 6, ㉢ 2, ㉣ 3
 (1) 반응 전후 Fe 원자 수가 4로 같아야 하므로 Fe의 계수는 4이다.
 (2) 반응 전후 Na 원자 수가 2로 같아야 하므로 NaOH의 계수(㉠)는 2이다. 또 반응 전후 H 원자 수가 4로 같아야 하므로 H_2O 의 계수(㉡)는 2이다.
 (3) 반응 전후 C 원자 수가 3으로 같아야 하므로 CO_2 의 계수(㉢)는 3이다. 또 반응 전후 H 원자 수가 8로 같아야 하므로 H_2O 의 계수(㉣)는 4이다.
 (4) Al의 계수를 a (㉠), HCl의 계수를 b (㉡), $AlCl_3$ 의 계수를 c (㉢), H_2 의 계수를 d (㉣)로 놓으면 Al 원자 수로부터 $a=c$, H 원자 수로부터 $b=2d$, Cl 원자 수로부터 $b=3c$ 의 식이 성립한다. $a=1$ 로 가정하고 방정식을 풀 다음 계수를 가장 간단한 정수로 나타내면 $a=2, b=6, c=2, d=3$ 이다.

- 02 ㉢ 4
 반응 전후 Cl 원자 수가 2로 같아야 하므로 $a=2$ 이고, C 원자 수가 1로 같아야 하므로 $b=1$ 이다. 또 H 원자 수가 2로 같아야 하므로 $c=1$ 이다. 따라서 $a+b+c=2+1+1=4$ 이다.

- 03 ㉢ (1) ㉠ $a=c$, ㉡ $4a=2d$, ㉢ $2b=2c+d$ (2) 1
 (1) 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 방정식을 세우면 C 원자 수로부터 $a=c$, H 원자 수로부터 $4a=2d$, O 원자 수로부터 $2b=2c+d$ 이다.
 (2) $a=1$ 로 가정하고 방정식을 풀면 $b=2, c=1, d=2$ 이므로 $\frac{a+b}{c+d} = \frac{1+2}{1+2} = 1$ 이다.

- 04 ㉢ $2XY(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY_2(g)$
 XY 3분자와 Y_2 1분자가 반응하여 XY_2 2분자가 생성되고 XY 1분자가 남았으므로 반응물 XY의 계수는 2, Y_2 의 계수는 1이고, 생성물 XY_2 의 계수는 2이다. 따라서 화학 반응식은 $2XY(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY_2(g)$ 이다.

- 05 ㉢ (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$
 (1) 화학 반응식의 계수비로부터 몰비가 $N_2 : H_2 = 1 : 3$ 이고 물질량은 N_2 가 28 g/mol, H_2 가 2 g/mol이다. 질량비는 몰비에 물질량을 곱한 값이므로 $N_2 : H_2 = 1 \times 28 : 3 \times 2 = 14 : 3$ 이다.

- (2) 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 반응 후 전체 기체의 분자 수는 감소한다.
 (3) 화학 반응식의 계수비로부터 부피비는 $N_2 : H_2 = 1 : 3$ 이다.

- 06 ㉢ (1) CO_2 (2) 8 (3) 1:3 (4) 1:1 (5) 2
 (1) Fe_2O_3 과 CO가 반응하여 Fe과 CO_2 를 생성한다.
 (2) 반응 전후 Fe 원자 수가 같아야 하므로 Fe의 계수 $b=2$ 이다. 반응 전후 O 원자 수로부터 $3+a=2c$, 반응 전후 C 원자 수로부터 $a=c$ 가 성립하므로 $a=c=3$ 이다. 따라서 $a+b+c=8$ 이다.
 (3) 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $Fe_2O_3 : CO = 1 : 3$ 이다.
 (4) 화학 반응식의 계수비로부터 부피비는 $CO : CO_2 = 1 : 1$ 이다.
 (5) 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $Fe_2O_3 : Fe = 1 : 2$ 이므로 Fe_2O_3 1몰이 반응하면 Fe 2몰이 생성된다.

일찍 꼭꼭 문제

31~33쪽

- 01 ㉡ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉢ 05 ㉡ 06 ㉢ 07 ㉠
 08 ㉢ 09 ㉣ 10 ㉠ 11 ㉢ 12 ㉠

단답형·서술형 문제

- 13 (1) $CH_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow 3H_2(g) + CO(g)$ (2) $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ 14 (1) $a=2, b=7, c=4, d=6$
 (2) 해설 참조 15 (1) $\frac{6}{7}$ (2) 해설 참조

- 01 ㉢ ㉡
 (가)에서 반응 전후 O 원자 수는 6으로 같아야 하므로 $a=3$ 이다.
 (나)에서 반응 전후 N 원자 수는 4로 같아야 하므로 $c=4$ 이고, 반응 전후 H 원자 수는 12로 같아야 하므로 $d=6$ 이다. 또 반응 전후 O 원자 수는 10으로 같아야 하므로 $b=5$ 이다. 따라서 $\frac{c+d}{a+b} = \frac{4+6}{3+5} = \frac{5}{4}$ 이다.

- 02 ㉢ ㉤
 (가)에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 $a=c, 2a=d, b=2d, b=2c+2$ 이고, $a=1$ 로 가정하고 방정식을 풀면 $b=4, c=1, d=2$ 이다.
 (나)에서 반응 전후 Mn 원자 수는 9로 같아야 하므로 $e=3$ 이고, 나머지 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 $4e=3g, f=2g$ 이므로 $f=8, g=4$ 이다.

따라서 $\frac{e+f+g}{a+b+c+d} = \frac{3+8+4}{1+4+1+2} = \frac{15}{8}$ 이다.

- 03 ㉢ ㉠
 (가)에서 C_3H_8 의 계수를 1이라고 하면 C_3H_8 의 C 원자 수가 3이므로 CO_2 의 계수는 3, H 원자 수가 8이므로 H_2O 의 계수는 4이다. 반응 전후 O 원자 수가 10으로 같아야 하므로 O_2 의 계수는 5이다.

(나)에서 C_2H_5OH 의 계수를 1이라고 하면 C_2H_5OH 의 C 원자 수가 2이므로 CO_2 의 계수는 2, H 원자 수가 6이므로 H_2O 의 계수는 3이다. 반응 전후 O 원자 수가 7로 같아야 하므로 O_2 의 계수는 3이다. 따라서 $\frac{(나)의 모든 계수의 합}{(가)의 모든 계수의 합} = \frac{1+3+2+3}{1+5+3+4} = \frac{9}{13}$ 이다.

04

답 ③

ㄱ, ㄴ. Mg와 HCl이 반응하면 H_2 기체가 발생하고 $MgCl_2$ 이 생성된다.



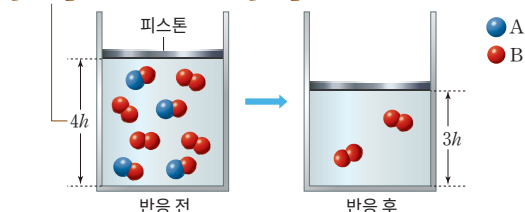
오답 피하기 ㄷ. 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $Mg : H_2 = 1 : 1$ 이므로 Mg 1몰이 반응할 때 H_2 1몰이 생성된다.

05

답 ②

자료 분석 생생물의 화학식

실린더의 높이는 부피에 따라 변하므로 실린더 높이의 비는 부피비이다.



- 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비=몰비=분자 수 비이다.
→ 기체 분자 수 비는 반응 전:반응 후=4:3이다.
- 반응 전 기체 분자 수는 AB_2 4, B_2 4로 총 8이다.
→ 반응 후 전체 기체 분자 수는 분자 수 비로부터 총 6이다.
→ 반응 후 B_2 분자 수가 2이므로 X 분자 수는 4이다.
→ 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 4개의 X 분자는 A 원자 4개, B 원자 8개로 구성된다.
→ X 분자는 A 원자 1개, B 원자 2개로 구성된다.

같은 온도와 압력에서 기체의 부피비가 반응 전:반응 후=4:3이므로 분자 수 비도 반응 전:반응 후=4:3이다. 제시된 모형에서 반응 전 분자 수가 8이므로 반응 후 분자 수는 6이고 B_2 분자 수가 2이므로 생성된 X 분자 수는 4이다. AB_2 4분자와 B_2 2분자가 반응하여 X 4분자를 생성하는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $2AB + B_2 \longrightarrow 2X$ 이고, 반응 전 A 원자 수가 2, B 원자 수가 4이므로 X의 화학식은 AB_2 가 가장 적절하다.

06

답 ③

ㄷ. 반응물의 계수 합은 3이고, 생성물의 계수는 2로 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크다. 따라서 반응 후 물질의 양(mol)이 감소하는 화학 반응이다.

오답 피하기 ㄱ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 2로 같으므로 반응 전후 물질의 양(mol)이 변하지 않는다.

ㄴ. 반응물의 계수는 2이고, 생성물의 계수 합은 3이므로 생성물의 계수 합이 반응물의 계수보다 크다. 따라서 반응 후 물질의 양(mol)이 증가하는 화학 반응이다.

07

답 ①

반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 N 원자 수로부터 $a=b$, O 원자 수로부터 $a+2=2b$ 이므로 $a=b=2$ 이다. 따라서 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $NO : O_2 : NO_2 = 2 : 1 : 2$ 이다.

ㄱ. $a=b=2$ 이므로 $a+b=4$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. NO와 NO_2 의 양은 각각 2몰이므로 $\ominus = \oplus = 2$ 이고, NO_2 2몰의 부피는 44.8 L이므로 $\ominus = 44.8$ 이다. 따라서 $\frac{\ominus}{\oplus + \ominus} = \frac{44.8}{2+2} = 11.2$ 이다.

ㄷ. O_2 1몰의 질량이 32 g이므로 O의 몰질량은 16 g/mol이다. 이로부터 NO의 몰질량은 14 g/mol+16 g/mol=30 g/mol, NO_2 의 몰질량은 14 g/mol+(16 g/mol×2)=46 g/mol이다. 따라서 NO 2몰의 질량은 60 g, NO_2 2몰의 질량은 92 g이므로 $\ominus = 60$, $\oplus = 92$ 이고 $\frac{\oplus}{\ominus} = \frac{23}{15}$ 이다.

08

답 ③

ㄱ. (가)에서 $C_6H_{12}O_6$ 의 H 원자 수가 12이므로 $a=2$ 이고, 반응 전후 C와 O 원자 수가 6으로 같아야 하므로 $b=2$ 이다.

(나)에서 반응 전후 H 원자 수가 6으로, O 원자 수가 3으로 같아야 하므로 $c=1$ 이다. 따라서 $\frac{a+b}{c} = \frac{2+2}{1} = 4$ 이다.

ㄴ. 화학 반응식 (가)의 계수비로부터 몰비는 $C_6H_{12}O_6 : C_2H_5OH = 1 : 2$ 이므로 $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 모두 반응하면 C_2H_5OH 2몰이 생성된다.

오답 피하기 ㄷ. 화학 반응식 (나)의 계수비로부터 몰비는 $C_2H_5OH : CH_3COOH = 1 : 1$ 이다. (가)에서 $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 모두 반응하면 C_2H_5OH 2몰이 생성되어 (나)에서 C_2H_5OH 2몰이 반응하므로 CH_3COOH 2몰이 생성된다.

09

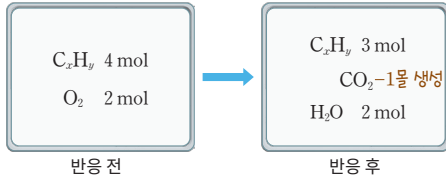
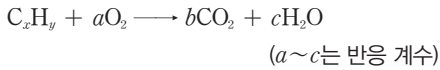
답 ④

(가)에서 Fe_2O_3 의 Fe 원자 수가 2이므로 Fe의 계수 $b=2$ 이고, 반응 전후 O 원자 수가 같도록 방정식을 세우면 $3+a=2a$ 이므로 $a=3$ 이다. (나)에서 Fe_3O_4 의 Fe 원자 수가 3이므로 Fe의 계수 $d=3$ 이고, 반응 전후 O 원자 수가 같도록 방정식을 세우면 $4+c=2c$ 이므로 $c=4$ 이다.

ㄱ, ㄴ. $a=3$, $b=2$, $c=4$, $d=3$ 이므로 $a+b=5$ 이고, $c+d=7$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. Fe_2O_3 의 몰질량은 $(56 \text{ g/mol} \times 2) + (16 \text{ g/mol} \times 3) = 160 \text{ g/mol}$ 이고, Fe_3O_4 의 몰질량은 $(56 \text{ g/mol} \times 3) + (16 \text{ g/mol} \times 4) = 232 \text{ g/mol}$ 이다. 화학 반응식의 계수비로부터 반응하는 산화 철과 생성되는 Fe의 몰비는 (가)에서 $Fe_2O_3 : Fe = 1 : 2$, (나)에서 $Fe_3O_4 : Fe = 1 : 3$ 이므로 같은 질량의 산화 철이 반응하였을 때 생성되는 Fe의 양(mol) 비는 (가):(나) = $\frac{1}{160} \times 2 : \frac{1}{232} \times 3 = 29 : 30$ 이다. 따라서 (나)가 (가)보다 많다.

자료 분석 ① 반응물과 생성물의 양(mol)



- C_xH_y 의 양은 반응 전 4몰, 반응 후 3몰이므로 반응한 C_xH_y 의 양은 1몰이다.
→ O_2 2몰은 C_xH_y 1몰과 모두 반응했으므로 O_2 의 계수 $a=2$ 이다.
- 반응 후 H_2O 2몰이 생성됐으므로 H_2O 의 계수 $c=2$ 이다.
→ 반응 전후 O 원자 수가 4로 같아야 하므로 CO_2 의 계수 $b=1$ 이다.
- 반응 전과 후 전체 기체의 양은 6몰로 같다.

7. C_xH_y 1몰이 반응할 때 반응한 O_2 의 양은 2몰이므로 $a=2$ 이고, 생성된 H_2O 의 양은 2몰이므로 $c=2$ 이다. 반응 전후 O 원자 수가 4로 같아야 하므로 $b=1$ 이다. 따라서 $a+b+c=5$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. 반응 후 C 원자 수는 1이고, H 원자 수는 4이므로 C_xH_y 에서 $x=1, y=4$ 이다. 따라서 $x+y=5$ 이다.

ㄷ. 반응 후 CO_2 1몰이 생성되므로 용기 속 기체의 양은 6몰이다. 반응 전 용기 속 기체의 양도 6몰이므로 반응 전후 기체의 양(mol)은 일정하다.

11

답 ⑤

ㄱ, ㄴ. 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $A : B : C = 3 : 1 : 2$ 이므로 A 6몰과 B 4몰을 반응시키면 A 6몰과 B 2몰이 반응하여 C 4몰을 생성하고, 반응하지 않은 B 2몰이 남는다. 따라서 X는 B이고, $x=2, y=4$ 이므로 $x+y=6$ 이다.

ㄷ. 반응 후 남은 B 2몰을 모두 반응시키면 C 4몰이 추가로 생성된다.

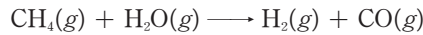
12

답 ①

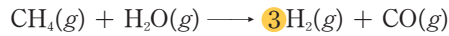
에탄올 연소 반응의 화학 반응식은 $C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ 이므로 반응에서 몰비는 $C_2H_5OH : O_2 : CO_2 : H_2O = 1 : 3 : 2 : 3$ 이다. 따라서 C_2H_5OH 1몰과 반응한 O_2 의 양은 3몰이므로 $x-y=3$ 이고, 생성된 H_2O 의 양은 3몰이므로 $z=3$ 이다. 또 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 반응 전과 후의 몰비는 부피비와 같다. 제시된 자료에서 몰비는 반응 전 : 반응 후 = $1+x : y+5$ 이고, 부피비는 반응 전 : 반응 후 = $2.5V : 3V = 5 : 6$ 이다. 따라서 $1+x : y+5 = 5 : 6$ 이므로 $x=4, y=1$ 이고 $\frac{y}{x} \times z = \frac{3}{4}$ 이다.

13

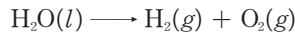
(1) $CH_4(g)$ 과 $H_2O(g)$ 를 반응시키면 $H_2(g)$ 와 $CO(g)$ 가 생성된다.



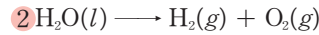
반응 전후 H 원자 수가 6으로 같아야 하므로 $H_2(g)$ 에 계수 3을 붙인다.



(2) $H_2O(l)$ 은 $H_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 로 분해된다.



반응 전후 O 원자 수가 2로 같아야 하므로 $H_2O(l)$ 에 계수 2를 붙인다.



반응 전후 H 원자 수가 4로 같아야 하므로 $H_2(g)$ 에 계수 2를 붙인다.



14

(1) 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 C 원자 수로부터 $2a=c$, H 원자 수로부터 $6a=2d$, O 원자 수로부터 $2b=2c+d$ 가 성립한다. $a=1$ 로 가정하여 이를 풀고 가장 간단한 정수로 나타내면 $a=2, b=7, c=4, d=6$ 이다.

(2) 화학 반응식의 계수비는 반응물과 생성물의 몰비와 같다.

예시 답안 화학 반응식의 계수비로부터 몰비는 $C_2H_6 : H_2O = 1 : 3$ 이다.

따라서 C_2H_6 1몰이 연소할 때 H_2O 3몰이 생성된다.

채점 기준	배점(%)
화학 반응식의 계수비로부터 생성되는 H_2O 의 양(mol)을 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
생성되는 H_2O 의 양(mol)만 옳게 쓴 경우	50

15

(1) (가)에서 반응 전후 O 원자 수가 2로 같아야 하므로 $b=2$ 이고, Mg 원자 수가 같아야 하므로 $a=2$ 이다. (나)에서 반응 전후 Fe 원자 수가 같아야 하므로 $c=2e$ 이고, O 원자 수가 같아야 하

므로 $2d=3e$ 이다. 따라서 $c=4, d=3, e=2$ 이므로 $\frac{a+b+e}{c+d} =$

$$\frac{2+2+2}{4+3} = \frac{6}{7} \text{ 이다.}$$

(2) (가)에서 O_2 1몰이 반응하면 MgO 2몰을 생성하고, (나)에서 O_2 3몰이 반응하면 Fe_2O_3 2몰을 생성한다.

예시 답안 화학 반응식의 계수비로부터 O_2 와 생성물의 몰비는 (가)와 (나)에서 각각 $O_2 : MgO = 1 : 2$, $O_2 : Fe_2O_3 = 3 : 2$ 이다. 따라서 같은 양(mol)의 O_2 가 반응할 때 생성물의 양(mol)은 (가)가 (나)보다 더 많다.

채점 기준	배점(%)
2가지 화학 반응식의 계수비로부터 O_2 와 생성물의 몰비를 구하여 같은 양(mol)의 O_2 가 반응할 때 (가)에서 생성물의 양(mol)이 더 많은 것을 옳게 설명한 경우	100
(가)에서 생성물의 양(mol)이 더 많다고만 설명한 경우	50

탐구 확인문제

37쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × 02 3.75

01

㉠ (1) × (2) ○ (3) ×

(1) 반응하는 Mg의 질량을 측정하여 그 양(mol)을 계산하고, 생성되는 H₂의 부피를 측정하여 그 양(mol)을 계산하여 몰비를 구할 수 있다. 따라서 실험을 설계할 때 Mg이 모두 반응하게 해야 한다.

(2) 화학 반응식의 계수비로부터 Mg과 H₂의 몰비는 Mg : H₂ = 1 : 1이다.

(3) 실험 조건에서 기체 1몰의 부피가 25 L이므로 H₂ 500 mL (=0.5 L)는 $\frac{0.5 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 반응에서 몰비는 Mg : H₂ = 1 : 1이므로 필요한 Mg의 양은 0.02몰이다.

02

㉠ 3.75

제시된 자료로부터 반응한 Mg과 생성된 H₂의 몰비를 구할 수 있다. 실험 I에서 반응한 Mg의 양은 $\frac{0.12 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.005 \text{ mol}$ 이고, 생성된 H₂의 양은 $\frac{0.125 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.005 \text{ mol}$ 이다. 따라서 몰비는 Mg : H₂ = 1 : 1이다. 실험 II에서 반응한 Mg의 양이 $\frac{3.6 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.15 \text{ mol}$ 이므로 생성된 H₂의 부피는 0.15 mol × 25 L/mol = 3.75 L이다. 따라서 V = 3.75이다.

기본 탄탄 문제

39쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 (1) CO₂ (2) $\frac{w}{100}$ 몰 03 (1) 40 g
(2) 66 g 04 (가), (다), (나) 05 (1) 0.01몰 (2) 0.68 g
06 (1) 3.6 g (2) 2.4 L

01

㉠ (1) ○ (2) × (3) ○

(1) H₂의 물질량은 2 g/mol이므로 반응한 H₂ 2몰의 질량은 4 g이다.

(2) 수소와 산소가 물을 생성하는 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 이고, 반응에서 몰비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이므로 H₂ 2몰과 반응한 O₂의 양은 1몰이다. 따라서 반응한 O₂의 질량은 O₂의 물질량이 32 g/mol이므로 1 mol × 32 g/mol = 32 g이다.

(3) 반응에서 몰비는 H₂ : H₂O = 1 : 1이므로 H₂ 2몰이 반응하면 H₂O 2몰이 생성된다. 따라서 생성된 H₂O의 질량은 H₂O의 물질량이 18 g/mol이므로 2 mol × 18 g/mol = 36 g이다.

02

㉠ (1) CO₂ (2) $\frac{w}{100}$ 몰

(1) 반응 전후 원자의 종류와 수를 비교하면 다음과 같다.

반응 전	Ca 1	C 1	O 3	H 2	Cl 2
반응 후	Ca 1	—	O 1	H 2	Cl 2

따라서 ㉠은 C 원자 1개와 O 원자 2개로 구성된 CO₂이다.

(2) 반응에서 몰비는 CaCO₃ : CO₂ = 1 : 1이고 반응한 CaCO₃의 양은 $\frac{w}{100}$ 몰이므로 생성되는 CO₂의 양은 $\frac{w}{100}$ 몰이다.

03

㉠ (1) 40 g (2) 66 g

(1) C₃H₈의 물질량은 44 g/mol이므로 C₃H₈ 11 g은 0.25몰이고, 반응에서 몰비는 C₃H₈ : O₂ = 1 : 5이므로 필요한 O₂의 양은 0.25 mol × 5 = 1.25 mol이다. 따라서 필요한 O₂의 질량은 O₂의 물질량이 32 g/mol이므로 1.25 mol × 32 g/mol = 40 g이다.

(2) C₃H₈ 22 g은 0.5몰이고, 반응에서 몰비는 C₃H₈ : CO₂ = 1 : 3이므로 생성되는 CO₂의 양은 0.5 mol × 3 = 1.5 mol이다. 따라서 생성되는 CO₂의 질량은 CO₂의 물질량이 44 g/mol이므로 1.5 mol × 44 g/mol = 66 g이다.

04

㉠ (가), (다), (나)

• (가): $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$

계수비로부터 부피비는 H₂ : Cl₂ : HCl = 1 : 1 : 2이므로 생성되는 HCl의 부피는 20 L이다.

• (나): $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

계수비로부터 부피비는 N₂ : H₂ : NH₃ = 1 : 3 : 2이므로 생성되는 NH₃의 부피는 6 L이다.

• (다): $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g})$

계수비로부터 부피비는 CO : O₂ : CO₂ = 2 : 1 : 2이므로 CO 8 L와 O₂ 5 L를 반응시키면 CO₂ 8 L를 생성하고, 반응하지 않은 O₂ 1 L가 남는다.

05

㉠ (1) 0.01몰 (2) 0.68 g

(1) 실험 조건에서 기체 1몰의 부피는 24 L이므로 생성된 O₂ 0.24 L는 $\frac{0.24 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.

(2) 반응에서 몰비는 H₂O₂ : O₂ = 2 : 1이므로 분해된 H₂O₂의 양은 0.01 mol × 2 = 0.02 mol이다. 따라서 분해된 H₂O₂의 질량은 H₂O₂의 물질량이 34 g/mol이므로 0.02 mol × 34 g/mol = 0.68 g이다.

06

㉠ (1) 3.6 g (2) 2.4 L

(1) Na 4.6 g은 $\frac{4.6 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이고, 반응에서 몰비는 Na : H₂O = 1 : 1이므로 반응한 H₂O의 양은 0.2몰이다. 따라서 반응한 H₂O의 질량은 0.2 mol × 18 g/mol = 3.6 g이다.

(2) 반응에서 몰비는 Na : H₂ = 2 : 1이고, 생성된 H₂의 양은 0.1몰이므로 H₂의 부피는 0.1 mol × 24 L/mol = 2.4 L이다.

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

단답형·서술형 문제

13 해설 참조 14 해설 참조 15 ㉠-㉢-㉣
16 (1) 13 (2) 해설 참조 17 (1) H_2 (2) $Mg : H_2(X) = 1 : 1$
(3) 24 L

01 ㉡ ②
ㄴ. $NaHCO_3$ 2몰이 모두 분해되면 생성물 CO_2 , H_2O , Na_2CO_3 이 각각 1몰씩, 총 3몰이 생성된다.

오답 피하기 ㄱ. $NaHCO_3$ 의 계수는 2이다.

ㄷ. $NaHCO_3$ 8.4 g은 $\frac{8.4 \text{ g}}{84 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, 반응에서 물비는 $NaHCO_3 : CO_2 = 2 : 1$ 이므로 생성되는 CO_2 의 양은 0.05몰이다. 따라서 생성되는 CO_2 의 질량은 CO_2 의 몰질량이 44 g/mol이므로 $0.05 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 2.2 \text{ g}$ 이다.

02 ㉡ ①
ㄴ. NH_3 의 몰질량이 17 g/mol이므로 NH_3 17 g은 1몰이다. 반응에서 물비는 $NH_3 : N_2 = 2 : 1$ 이므로 NH_3 1몰이 생성되려면 N_2 0.5몰이 필요하다. 따라서 필요한 N_2 의 질량은 N_2 의 몰질량이 28 g/mol이므로 $0.5 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 14 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. NH_3 의 계수 $c = 2$ 이다.

ㄷ. 반응에서 물비는 $N_2 : H_2 = 1 : 3$ 이므로 N_2 1몰이 완전히 반응하려면 H_2 3몰이 필요하다. 따라서 필요한 H_2 의 질량은 H_2 의 몰질량이 2 g/mol이므로 $3 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 6 \text{ g}$ 이다.

03 ㉡ ③
ㄱ, ㄴ. 반응에서 물비는 $A : B = 1 : 2$ 이고, B의 몰질량이 $b \text{ g/mol}$ 이므로 A 1몰이 반응하면 반응 전후 질량은 $2b \text{ g}$ 으로 보존된다. 따라서 반응 전 A 1몰의 질량이 $2b \text{ g}$ 이므로 A의 몰질량은 $2b \text{ g/mol}$ 이고, 몰질량 비는 $A : B = 2b : b = 2 : 1$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. A $w \text{ g}$ 은 $\frac{w \text{ g}}{2b \text{ g/mol}} = \frac{w}{2b} \text{ mol}$ 이므로 생성되는 B의 양은 $\frac{w}{2b} \text{ mol} \times 2 = \frac{w}{b} \text{ mol}$ 이다.

04 ㉡ ⑤
ㄴ. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 (가)에서 ㉠의 화학식을 쓰면 H_2O 이고, (나)에서 ㉡의 화학식을 쓰면 CO_2 이다. 따라서 몰질량은 ㉠이 18 g/mol, ㉡이 44 g/mol이므로 ㉡ > ㉠이다.
ㄷ. Cu_2O 의 몰질량은 143 g/mol이므로 Cu_2O 14.3 g은 $\frac{14.3 \text{ g}}{143 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, 반응 (나)에서 물비는 $Cu_2O : Cu = 1 : 2$ 이므로 생성되는 Cu의 양은 0.2몰이다. 따라서 생성되는 Cu의 질량은 $0.2 \text{ mol} \times 63.5 \text{ g/mol} = 12.7 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. $a = 1$, $b = 4$ 이므로 $a + b = 5$ 이다.

05 ㉡ ③
반응 전 A의 양을 $4n$ 몰, 반응한 A의 양을 xn 몰이라고 하고 반응의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

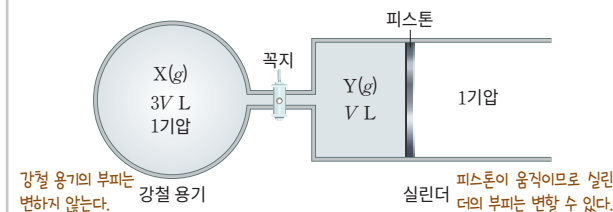
화학 반응식	$A(g) \longrightarrow B(g) + cC(g)$
반응 전(mol)	$4n \quad 0 \quad 0$
반응(mol)	$-xn \quad +xn \quad +cxn$
반응 후(mol)	$(4-x)n \quad xn \quad cxn$

반응 후 생성된 B의 양 xn 몰은 반응 후 남은 A의 양 $(4-x)n$ 몰과 같으므로 $x = 4 - x$, $x = 2$ 이다. 따라서 반응 후 남은 A의 양은 2n몰, 생성된 B와 C의 양은 각각 2n몰, 2cn몰이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비에 비례하므로 반응 후 전체 기체의 양은 8n몰이고, $2n + 2n + 2cn = 8n$, $c = 2$ 이다.

따라서 $c \times$ 반응 후 실린더 속 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)} + B(g) \text{의 양(mol)}}$
 $= 2 \times \frac{4n}{2n + 2n} = 2$ 이다.

06 ㉡ ②

자료 분석 강철 용기와 실린더에 들어 있는 기체의 반응



- $2A + B \longrightarrow 2C$ 에서 반응 부피비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이다.
- X가 A, Y가 B라면 강철 용기 속 A 3V L과 실린더 속 B V L가 반응하여 C 2V L를 생성하고, 반응하지 않은 A V L가 남는다. → 반응 후 전체 기체의 부피가 강철 용기의 용량과 같은 3V L이므로 실린더에 기체가 남지 않는다.

만약 X와 Y가 각각 A, B라면 반응 후 전체 기체의 부피가 3V L로 실린더에 기체가 남지 않아 조건에 맞지 않는다. 따라서 X와 Y는 각각 B, A이고 실린더 속 A V L과 강철 용기 속 B 3V L를 반응시키면 C V L를 생성하고, 반응하지 않은 B 2.5V L가 남으므로 반응 후 전체 기체의 부피는 3.5V L가 되어 실린더 속 기체의 부피는 0.5V L가 된다. 따라서 $x = 0.5$ 이다.

07 ㉡ ③
ㄱ, ㄴ. 제시된 자료로부터 화학 반응식은 $C_mH_n + 4O_2 \longrightarrow aCO_2 + bH_2O$ 이고, 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 방정식을 세우면 $m = a$, $n = 2b$, $8 = 2a + b$ 이다. 또 같은 온도와 압력에서 부피비가 반응 전 : 반응 후 = 1 : 1이므로 전체 기체의 몰비도 반응 전 : 반응 후 = 5 : $a + b = 1 : 1$ 이다. 따라서 $a = 3$, $b = 2$, $m = 3$, $n = 4$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 반응에서 몰비는 $C_mH_n : CO_2 = 1 : 3$ 이므로 C_mH_n 5몰이 모두 반응하면 CO_2 15몰이 생성된다. 기체 5몰의 부피가 V L이므로 CO_2 15몰의 부피는 $3V$ L이다.

08

답 ②

자료 분석 CO와 H₂O의 반응

과정	반응물의 부피(L)		생성물의 부피(L)	
	CO(g)	H ₂ O(g)	CO ₂ (g)	X(g)
I	2V	3V	2V	2V
II	xV	yV	4V	4V

- 반응물은 CO와 H₂O이고, 생성물은 CO₂와 X이다.
→ 화학 반응식은 $CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + X$ 이다.
→ 반응 전 H 원자 수가 2이므로 X는 H₂이고, 계수는 1이다.
→ 반응에서 부피비는 $CO : H_2O : CO_2 : H_2 = 1 : 1 : 1 : 1$ 이다.
- 과정 I에서 CO 2V L와 H₂O 3V L를 반응시켰다.
→ CO 2V L와 H₂O 2V L가 반응하여 CO₂ 2V L와 H₂ 2V L를 생성하고, 반응하지 않은 H₂O V L가 남는다.
- 과정 II에서 CO₂와 H₂가 각각 4V L씩 생성되며, 반응 후 생성물만 존재한다.
→ 반응에서 부피비는 $CO : H_2O : CO_2 : H_2 = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로 $x=y=4$ 이다.

ㄷ. 과정 II에서 CO₂와 H₂가 각각 4V L씩 생성되려면 CO와 H₂O를 각각 4V L씩 반응시켜야하므로 $x=y=4$ 이다. 따라서 $x+y=8$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. X는 H₂이다.

ㄴ. 과정 I에서 CO 2V L와 H₂O 2V L가 반응하므로 반응하지 않은 H₂O V L가 남는다. 따라서 모두 반응한 반응물은 CO이다.

09

답 ②

반응한 M g은 $\frac{wg}{7 \text{ g/mol}} = \frac{w}{7}$ mol이고, 반응에서 몰비는 $M : H_2 = 2 : 1$ 이므로 생성된 H₂의 양은 $\frac{w}{14}$ 몰이다. 따라서 생성된 H₂의 부피는 $\frac{w}{14} \text{ mol} \times 28 \text{ L/mol} = 2w$ L이다.

10

답 ⑤

ㄱ. 마그네슘(Mg)을 연소하면 산화 마그네슘(MgO)이 생성된다. 따라서 X는 MgO이다.

ㄴ. MgO의 몰질량은 40 g/mol이므로 생성된 MgO 20 g은 $\frac{20 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.5$ mol이다.

ㄷ. 반응에서 몰비는 $MgO : O_2 = 2 : 1$ 이므로 반응한 O₂의 양은 0.25몰이다. 따라서 $a=0.25$ 이고 0 °C, 1기압에서 O₂ 0.25몰의 부피는 $0.25 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6$ L이다.

11

답 ②

반응에서 몰비는 $M : H_2 = 1 : 1$ 이고, t °C, 1기압에서 생성된 H₂ 0.24 L는 $\frac{0.24 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 0.01$ mol이므로 반응한 M의 양은 0.01몰이다. 즉, $\frac{wg}{a \text{ g/mol}} = 0.01$ mol이므로 $a=100w$ 이다.

12

답 ④

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 반응 전 기체 7몰의 부피가 7V L이므로 반응 후 기체 5V L의 양은 5몰이다. 그중 반응하지 않고 남은 B의 양이 1몰이므로 C의 양은 4몰이고 $x=4$ 이다.

ㄷ. A와 B의 몰질량을 각각 $2M$ g/mol, M g/mol이라고 하면 반응 전 A의 질량은 $4 \text{ mol} \times 2M \text{ g/mol} = 8M$ g, B의 질량은 $3 \text{ mol} \times M \text{ g/mol} = 3M$ g이므로 반응 전후 질량은 $11M$ g으로 보존된다. 반응 후 B의 질량이 M g이므로 C의 질량은 $10M$ g이고 그 양이 4몰이므로 C의 몰질량은 $2.5M$ g/mol이다. 따라서 몰질량 비는 $A : C = 2M : 2.5M = 4 : 5$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. A 4몰과 B 2몰이 반응하여 C 4몰을 생성하는 반응이므로 화학 반응식은 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이다. 따라서 $a=c=2$ 이다.

13

반응 전후 O 원자 수가 2로 같아야 하므로 $b=2$ 이고, M 원자 수가 2로 같아야 하므로 $a=2$ 이다.

예시 답안 화학 반응식에서 $a=b=2$ 이다. 반응에서 질량비는 몰비, 즉 계수비에 몰질량을 곱하여 구할 수 있으므로 $M : O_2 = 2 \times 64 : 1 \times 32 = 4 : 1$ 이다. 따라서 $x=1$, $y=8$ 이고, $\frac{y}{x}=8$ 이다.

채점 기준	배점(%)
화학 반응식의 계수로부터 질량비를 구하여 $\frac{y}{x}$ 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
$\frac{y}{x}$ 만 옳게 쓴 경우	50

14

자료 분석 반응 전후 기체의 부피 관계

실험	반응물의 부피(L)		생성물의 부피(L)	반응 후 남은 기체의 종류
	A(g)	B(g)	C(g)	
I	4	1	2	A(g)
II	8	6	8	B(g)

생성된 C의 부피비는 $I : II = 1 : 4$ 이다.

→ 실험 I에서 반응한 B의 부피가 1 L이므로 실험 II에서 반응한 B의 부피는 4 L이고, 반응 후 B 2 L가 남는다.

→ 실험 II에서 A 8 L와 B 4 L가 반응하여 C 8 L를 생성한다.

→ 반응에서 부피비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이다.

반응 부피비가 A : B : C = 2 : 1 : 2이므로 I에서 A 2 L가 남고, II에서 B 2 L가 남는다.

예시 답안 I에서 B가 모두 반응하였고, 생성된 C의 부피는 II가 I의 4배이므로 II에서 반응한 B의 부피는 4 L이다. 따라서 II에서 A 8 L, B 4 L가 반응하여 C 8 L를 생성했으므로 반응 부피비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이다. 이로부터 I에서 A 2 L, II에서 B 2 L가 남은 것을 알 수 있으므로 반응 후 남은 반응물의 부피비는 I : II = 1 : 1이다.

채점 기준	배점(%)
제시된 자료로부터 반응 부피비를 구하여 반응 후 남은 반응물의 부피비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
반응 후 남은 반응물의 부피비만 옳게 쓴 경우	50

15 H_2 V L의 양(mol)을 구한 뒤 화학 반응식의 계수비로부터 생성되는 H_2O 의 양(mol)을 구하고, H_2O 의 양(mol)과 물질량을 곱하여 H_2O 의 질량을 구한다.

16 (1) 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 C 원자로부터 $3a=c$, H 원자로부터 $8a=2d$, O 원자로부터 $2b=2c+d$ 가 성립한다. $a=1$ 로 가정하고 방정식을 풀면 $b=5$, $c=3$, $d=4$ 이므로 $a+b+c+d=1+5+3+4=13$ 이다.

(2) C_3H_8 의 양(mol)을 구하고 몰비를 이용하면 나머지 물질의 질량을 구할 수 있다.

예시 답안 C_3H_8 12 L는 $\frac{12 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}}=0.5 \text{ mol}$ 이다. 반응에서 몰비는 $\text{C}_3\text{H}_8 : \text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 5 : 4$ 이므로 필요한 O_2 의 양은 2.5몰, 생성되는 H_2O 의 양은 2몰이다. O_2 와 H_2O 의 물질량은 각각 32 g/mol, 18 g/mol이므로 필요한 O_2 의 질량은 $2.5 \times 32 = 80(\text{g})$, 생성되는 H_2O 의 질량은 $2 \times 18 = 36(\text{g})$ 이다. 따라서 필요한 O_2 의 질량이 생성되는 H_2O 의 질량보다 크다.

채점 기준	배점(%)
화학 반응식의 계수로부터 몰비를 구하여 C_3H_8 12 L가 완전히 연소할 때 필요한 O_2 의 질량과 생성되는 H_2O 의 질량을 비교하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
C_3H_8 12 L가 완전히 연소할 때 필요한 O_2 의 질량과 생성되는 H_2O 의 질량 중 1가지만 옳게 구한 경우	50

17 (1) H_2 (2) $\text{Mg} : \text{H}_2(\text{X}) = 1 : 1$ (3) 24 L
(1) Mg과 HCl이 반응하면 H_2 와 MgCl_2 이 생성된다.
(2) 화학 반응식의 계수비로부터 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2(\text{X}) = 1 : 1$ 이고, 실험 결과로부터 구한 값과 화학 반응식을 이용하여 예상한 값은 같다.
(3) 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 반응한 Mg의 양(mol)과 생성된 H_2 의 양(mol)은 같다. 따라서 $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피를 V L라고 하면 $\frac{0.1 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = \frac{0.1 \text{ L}}{V \text{ L/mol}}$, $V=24$ 이다.



44~47쪽

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

단답형·서술형 문제

13 (1) $2\text{AB}(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{AB}_2(\text{g})$ (2) 해설 참조
14 (1) 2 (2) 해설 참조 15 해설 참조
16 (1) 5 (2) 해설 참조

01 C_3H_8 이고, 계수는 1이다.
• (가): 반응 전후 C 원자 수는 3, H 원자 수는 8이므로 ㉠의 화학식은 C_3H_8 이고, 계수는 1이다.
• (나): 반응 전후 Fe 원자 수는 2, O 원자 수는 6이고 반응물 중 3CO가 있으므로 ㉡은 Fe 2개와 O 3개로 구성된 화합물이다. 따라서 화학식은 Fe_2O_3 이고, 계수는 1이다.

02 C_3H_8 이 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물을 생성하는 반응이므로 이 반응은 에탄올의 연소 반응이다.

오답 피하기 ㉠. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세우면 C 원자 수로부터 $2a=c$, H 원자 수로부터 $6a=2d$, O 원자 수로부터 $a+2b=2c+d$ 이다. $a=1$ 로 가정하고 방정식을 풀면 $b=3$, $c=2$, $d=3$ 이고 $\frac{c+d}{a+b} = \frac{2+3}{1+3} = \frac{5}{4}$ 이다.

㉡. 화학 반응식의 계수비로부터 에탄올 1몰이 모두 반응하였을 때 CO_2 2몰과 H_2O 3몰이 생성되므로 생성되는 물질의 양은 총 5몰이다.

03 ㉠. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 ㉠의 화학식을 쓰면 N_2 이다.

㉡. 반응 전 물질의 양(mol)은 반응물의 계수 합, 반응 후 물질의 양(mol)은 생성물의 계수 합이다. 따라서 $\frac{\text{반응 후 물질의 양(mol)}}{\text{반응 전 물질의 양(mol)}}$ 은 (가)가 $\frac{5}{2}$, (나)가 $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이므로 (가)가 (나)보다 크다.

오답 피하기 ㉢. (가)에서 반응 전후 Na 원자 수가 2로 같아야 하므로 $a=2$ 이다. (나)에서 반응 전후 N 원자 수가 2로, H 원자 수가 6으로 같아야 하므로 $b=2$ 이다. 따라서 $a+b=4$ 이다.

04 ㉠. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 계수를 맞추면 $a=b=1$, $c=2$ 이다. 따라서 $a+b=c$ 이다.

오답 피하기 ㉢. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 2로 같으므로 반응 전과 후 기체의 부피는 변하지 않는다.

㉡. 화학 반응식의 계수비로부터 부피비는 $\text{HCl} : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이므로 HCl 10 L를 얻기 위해 반응시켜야 할 H_2 의 부피는 5 L이다.

05

답 ⑤

반응에서 몰비는 $N_2 : O_2 : NO_2 = 1 : 2 : 2$ 이다.

ㄱ. N_2 의 물질량은 28 g/mol이므로 N_2 2.8 g은 $\frac{2.8 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} =$

0.1 mol이고, 반응에서 몰비는 $N_2 : O_2 = 1 : 2$ 이다. 따라서 N_2 2.8 g과 모두 반응하는 O_2 의 양은 0.2몰이다.

ㄴ. 반응에서 몰비는 $NO_2 : N_2 = 2 : 1$ 이므로 NO_2 1몰이 생성되었을 때 반응한 N_2 의 양은 0.5몰이고, 반응한 N_2 의 질량은 N_2 의 물질량이 28 g/mol이므로 $0.5 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 14 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. 반응에서 몰비=부피비는 $O_2 : NO_2 = 1 : 1$ 이므로 O_2 20 L가 모두 반응하였을 때 생성된 NO_2 의 부피는 20 L이다.

06

답 ④

ㄱ. 반응 전후 O 원자 수는 10으로 같아야 하므로 $x=5$ 이다.

ㄷ. H_2O 의 물질량은 18 g/mol이므로 반응 후 생성된 H_2O 18 g은 $\frac{18 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이다. 반응에서 몰비는 $C_3H_8 : H_2O = 1 : 4$ 이므로 H_2O 1몰이 생성되었을 때 반응한 C_3H_8 의 양은 0.25몰이고, 반응한 C_3H_8 의 질량은 C_3H_8 의 물질량이 44 g/mol이므로 $0.25 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 11 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. 반응에서 몰비는 $CO_2 : H_2O = 3 : 4$ 이므로 H_2O 1몰이 생성되었을 때 생성된 CO_2 의 양은 $\frac{3}{4}$ 몰이다.

07

답 ③

ㄱ. $CaCO_3$ 의 물질량은 100 g/mol이고 반응한 $CaCO_3$ 의 질량은 $x \text{ g}$ 이므로 반응한 $CaCO_3$ 의 양은 $\frac{x \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = \frac{x}{100} \text{ mol}$ 이다.

ㄷ. 삼각 플라스크에서 생성된 CO_2 는 공기 중으로 날아가므로 생성된 CO_2 의 질량은 반응 전 전체 질량에서 반응 후 전체 질량을 뺀 값이다. 반응 전 반응물의 전체 질량(g)은 $250+x$ 이고, 반응 후 전체 질량(g)은 250.5이므로 생성된 CO_2 의 질량(g)은 $(250+x) - 250.5 = x - 0.5$ 이다. 반응에서 몰비는 $CaCO_3 : CO_2 = 1 : 1$ 이므로 반응한 $CaCO_3$ 의 양(mol)과 생성된 CO_2 의 양(mol)은 같다. 따라서 $\frac{x}{100} = \frac{x-0.5}{CO_2 \text{의 물질량}}$ 가 성립하므로 CO_2 의 몰 질량(g/mol)은 $100 - \frac{50}{x}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. 생성된 CO_2 의 질량(g)은 $(250+x) - 250.5 = x - 0.5$ 이다.

08

답 ④

반응에서 몰비가 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이므로 A 3몰과 B 2몰을 반응시키면 A 3몰과 B 1.5몰이 반응하여 C 3몰을 생성하고, 반응하지 않은 B 0.5몰이 남는다. 따라서 전체 기체의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = $3+2 : 3+0.5 = 10 : 7$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로,

$\frac{\text{반응 후 전체 기체의 부피}}{\text{반응 전 전체 기체의 부피}} = \frac{7}{10}$ 이다.

09

답 ②

자료 분석 반응 전후 기체의 질량과 양(mol)

실험	반응 전 기체의 질량(g)		반응 후 C(g)의 양(mol) 전체 기체의 양(mol)
	A(g)	B(g)	
I	8	1	$x - \frac{C}{A+C}$
II	8	6	$y - \frac{C}{B+C}$

• A와 B의 물질량 비는 $A : B = 2 : 1$ 이다.

→ 반응 몰비가 $A : B = 2 : 1$ 이므로 반응 질량비는 $A : B = 4 : 1$ 이다.

→ 질량 보존 법칙에 따라 A~C의 반응 질량비는 $A : B : C = 4 : 1 : 5$ 이다.

• A~C의 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이다.

→ 물질량 비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2.5 = 4 : 2 : 5$ 이다.

→ A~C의 몰질량(g/mol)은 각각 4M, 2M, 5M이다.

실험 I에서 A 8 g과 B 1 g을 반응시키면 C 5 g을 생성하고, 반응하지 않은 A 4 g이 남으므로 $x = \frac{C \text{의 양(mol)}}{C \text{의 양(mol)} + A \text{의 양(mol)}}$

$$= \frac{\frac{5}{5M}}{\frac{5}{5M} + \frac{4}{4M}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

실험 II에서 A 8 g과 B 6 g을 반응시키면 C 10 g을 생성하고, 반응하지 않은 B 4 g이 남으므로 $y = \frac{C \text{의 양(mol)}}{C \text{의 양(mol)} + B \text{의 양(mol)}}$

$$= \frac{\frac{10}{5M}}{\frac{10}{5M} + \frac{4}{2M}} = \frac{1}{2} \text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = 1 \text{이다.}$$

10

답 ③

$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$ 에서 몰비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.

ㄱ, ㄷ. N_2 의 물질량이 28 g/mol이므로 N_2 14 g은 $\frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이고, H_2 의 물질량이 2 g/mol이므로 H_2 1.2 g은 $\frac{1.2 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 0.6 \text{ mol}$ 이다. 반응에서 몰비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$ 이므로 N_2 0.5몰과 H_2 0.6몰을 반응시키면 N_2 0.2몰과 H_2 0.6몰이 반응하여 NH_3 0.4몰을 생성하고, 반응하지 않은 N_2 0.3몰이 남는다. 따라서 반응 후 전체 기체의 양은 0.7몰이다.

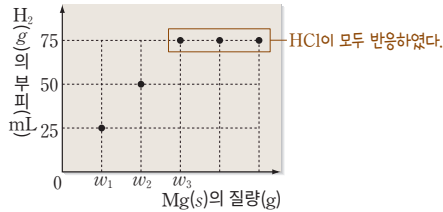
오답 피하기 ㄴ. 생성된 NH_3 0.4몰의 질량은 NH_3 의 몰질량이 17 g/mol이므로 $0.4 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 6.8 \text{ g}$ 이다.

11

답 ④

N_2 0.5몰이 모두 반응하기 위해 필요한 H_2 의 양은 1.5몰이고, 이때 생성되는 NH_3 의 양은 1몰이다. 따라서 용기 (나)에 채워야 하는 H_2 의 부피는 $1.5 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 36 \text{ L}$, 생성된 NH_3 의 부피는 $1 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 24 \text{ L}$ 이다.

자료 분석 ⑤ 반응물과 생성물의 양적 관계



- 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 10$ 이다.
→ 반응한 Mg의 양(mol)과 생성된 H_2 의 양(mol)은 같다.
- Mg를 w_3 g보다 많이 넣어도 H_2 는 75 mL, 즉 $\frac{0.075 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.003 \text{ mol}$ 까지만 생성된다.
→ 최대로 생성된 H_2 의 양이 0.003몰이다.
→ HCl에 들어 있는 H^+ 과 H_2 의 몰비는 $\text{H}^+ : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이므로 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.003 = 0.006$ 이다.

ㄴ. H_2 50 mL의 양은 0.002몰이고, 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 생성된 H_2 의 양(mol)과 반응한 Mg의 양(mol)은 같다. 따라서 반응한 Mg의 질량은 Mg의 몰질량이 24 g/mol이므로 $0.002 \text{ mol} \times 24 \text{ g/mol} = 0.048 \text{ g}$, $w_2 = 0.048$ 이다.

ㄷ. 최대로 생성된 H_2 의 부피는 75 mL이고 그 양은 $\frac{0.075 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.003 \text{ mol}$ 이다. 반응에서 몰비는 $\text{HCl} : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이고 HCl은 수용액에서 $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ 으로 이온화하므로 HCl의 양(mol)과 HCl에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 같다. 따라서 반응 전 HCl에 들어 있는 H^+ 의 양은 0.006몰이다.

오답 피하기 ㄱ. w_1 g의 Mg이 모두 반응하였을 때 생성된 H_2 25 mL는 $\frac{0.025 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}} = 0.001 \text{ mol}$ 이다.

13

(1) 반응물은 AB와 B_2 이고, 생성물은 AB_2 이다. 제시된 모형에서 AB 2분자와 B_2 1분자가 반응하므로 AB의 계수는 2, B_2 의 계수는 1이다. → $2\text{AB} + \text{B}_2 \rightarrow \text{AB}_2$

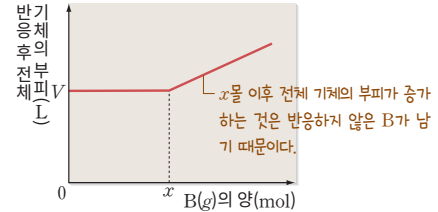
위의 화학 반응식에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 AB_2 의 계수는 2가 된다. → $2\text{AB} + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}_2$

(2) 반응에서 몰비는 $\text{AB} : \text{B}_2 : \text{AB}_2 = 2 : 1 : 2$ 이다.

예시 답안 AB 2분자와 B_2 3분자를 반응시키면 AB 2분자와 B_2 1분자가 반응하여 AB_2 2분자를 생성하고, 반응하지 않은 B_2 2분자가 남는다. 따라서 반응 전과 후의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = 5 : 4이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 부피비는 반응 전 : 반응 후 = 5h : xh = 5 : 4, $x = 40$ 이다.

채점 기준	배점(%)
반응에서 몰비로부터 부피비를 알아내어 x 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
x 만 옳게 쓴 경우	50

자료 분석 ⑥ 반응물의 양(mol)에 따른 반응 후 전체 기체의 부피



- 반응에서 몰비는 $\text{A} : \text{B} = 2 : 1$ 이다.
→ A 1몰은 B 0.5몰과 완전히 반응하므로 $x = 0.5$ 이다.
- B의 양이 0.5몰이 될 때까지 반응 후 전체 기체의 부피가 일정하다.
→ 반응 후 전체 기체의 부피는 생성된 C의 부피와 반응하지 않은 A의 부피의 합이다.
→ 생성된 C의 부피 = 반응한 A의 부피이므로 c 는 A의 계수와 같은 2이다.
- 0.5몰 이후 전체 기체의 부피가 증가한다.
→ A 1몰이 모두 반응하여 생성된 C 1몰의 부피(=V)와 반응하지 않은 B의 부피의 합이다.

(1) A 1몰이 B x 몰과 모두 반응할 때까지 전체 기체의 부피가 변하지 않았으므로 반응한 A의 양(mol)만큼 C가 생성되는 것을 알 수 있다. 따라서 c 는 A의 계수와 같은 2이다.

(2) 반응 후 전체 기체의 부피는 생성된 C의 부피와 반응하지 않고 남은 기체의 부피를 모두 합한 값이다.

예시 답안 A 1몰과 완전히 반응하는 B의 양은 0.5몰이므로 $x = 0.5$ 이다. 반응에서 몰비는 $\text{A} : \text{B} : \text{C} = 2 : 1 : 2$ 이므로 A 1몰과 B 1몰을 반응시키면 C 1몰을 생성하고, 반응하지 않은 B 0.5몰이 남는다. 따라서 반응 후 전체 기체의 부피는 $1.5 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 36 \text{ L}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
반응 후 전체 기체의 부피를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
반응 후 전체 기체의 부피만 옳게 쓴 경우	50

15

반응에서 몰비는 $\text{X} : \text{CO}_2 = 1 : 1$ 이다.

예시 답안 CO_2 의 몰질량은 44 g/mol이므로 생성된 CO_2 44 g은 1몰이고, 반응한 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 양은 0.5몰이다. 반응한 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.5몰의 질량은 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 몰질량이 180 g/mol이므로 90 g이고, 질량 보존 법칙에 의해 생성된 X의 질량 w 는 $90 - 44 = 46(\text{g})$ 이다. 반응에서 몰비는 $\text{X} : \text{CO}_2 = 1 : 1$ 이므로 X 1몰이 생성되었고 그 질량이 46 g이므로 X의 몰질량은 46 g/mol이다.

채점 기준	배점(%)
몰비와 질량 보존 법칙을 이용해 w 를 구하고, 이로부터 X의 몰질량을 구하는 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
w 와 X의 몰질량만 옳게 쓴 경우	50

16

(1) 반응에서 부피비는 $A : B : C = 1 : 1 : 2$ 이므로 실험 I에서 A 1 L와 B 2 L를 반응시키면 C 2 L를 생성하고, 반응하지 않은 B 1 L가 남는다. 따라서 $x=3$ 이다. 실험 II에서 A 4 L와 B 2 L를 반응시키면 C 4 L를 생성하고, 반응하지 않은 A 2 L가 남는다. 따라서 $y=2$ 이다.

(2) 반응에서 질량비는 몰비에 물질량 비를 곱한 값과 같다.

예시 답안 반응에서 몰비는 $A : B = 1 : 1$ 이고, 물질량 비는 $A : B = 7 : 8$ 이며, 반응 전후 질량은 보존되므로 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 8 : 15$ 이다. 따라서 A 1 g이 모두 반응하였을 때 생성되는 C의 질량은 $\frac{15}{7}$ g이다.

채점 기준	배점(%)
몰비와 물질량 비로부터 질량비를 구하여 A 1 g이 모두 반응하였을 때 생성되는 C의 질량을 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
A 1 g이 모두 반응하였을 때 생성되는 C의 질량만 옳게 쓴 경우	50

대단원 평가 문제

50~53쪽

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

단답형·기술형 문제

14 (1) (가) : (나) = 5 : 8 (2) 해설 참조 15 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
16 (1) $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$
(2) 해설 참조 17 해설 참조

01

답 ⑤

ㄱ. 반도체의 주원료는 규소(Si)이다.

ㄴ. 전기 자동차의 리튬 이온 전지는 리튬 이온(Li^+)이 두 전극 사이를 이동하는 화학 반응으로 전기를 생성한다.

ㄷ. 반도체, 리튬 이온 전지를 사용한 전기 자동차와 같이 화학은 과학·기술·사회의 발전에 기여하며 인류의 편리한 삶을 돕는다.

02

답 ④

• 학생 A: 항생제나 백신과 같은 의약품, 철근과 콘크리트 등의 건축 자재, 반도체나 리튬 이온 전지를 이용한 전자 제품 등 화학은 우리 삶 곳곳에 영향을 미치고 있다.

• 학생 C: 대기 중으로 방출되는 이산화 탄소의 양을 줄이거나 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮춰 지속가능한 미래를 만드는 데에도 화학이 중요한 역할을 하고 있다.

오답 피하기 • 학생 B: 철의 제련은 인류가 철기 시대부터 2천년 이상 활용한 화학 반응이다. 암모니아 합성법이 개발된 것은 20세기 초의 일이다.

03

답 ①

A~C의 물질량을 각각 a g/mol, b g/mol, c g/mol이라고 하면 (가)~(다)의 물질량으로부터 $2a + 4b = 28$, $a + c = 28$, $2b + 2c = 34$ 이므로 $a=12$, $b=1$, $c=16$ 이다.

ㄴ. A_2B_6C 의 물질량은 $(12 \text{ g/mol} \times 2) + (1 \text{ g/mol} \times 6) + 16 \text{ g/mol} = 46 \text{ g/mol}$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. B의 물질량은 1 g/mol이다.

ㄷ. (가)와 (다) 1 g에 들어 있는 B 원자 수는 1 g의 양(mol)에 분자당 B 원자 수를 곱한 값에 비례한다. 분자당 B 원자 수는 (가)가 4, (다)가 2이므로 (가) : (다) = $\frac{1}{28} \times 4 : \frac{1}{34} \times 2 = 17 : 7$ 이다.

04

답 ⑤

ㄱ. 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 H_2 11.2 L는 $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

ㄷ. H_2 의 분자당 H 원자 수는 2이므로 H_2 0.5몰에 들어 있는 H 원자의 양은 $2 \times 0.5 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. H_2 의 물질량은 $1 \text{ g/mol} \times 2 = 2 \text{ g/mol}$ 이므로 H_2 0.5몰의 질량은 $0.5 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 1 \text{ g}$ 이다.

05

답 ②

He 2.4 g은 $\frac{2.4 \text{ g}}{4 \text{ g/mol}} = 0.6 \text{ mol}$ 이다. He 0.6몰의 부피가 18 L이므로 t °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피를 V 라고 하면 $0.6 : 18 = 1 : V$, $V = 30$ (L)이다.

06

답 ④

자료 분석 ④ 분자당 구성 원자 수와 물질량

기체	(가)	(나)
분자당 구성 원자 수	2	3
물질량(상댓값)	10	17

• 분자당 구성 원자 수는 (가)가 2, (나)가 3이다.

→ (가)는 AB , (나)는 AB_2 또는 A_2B 이다.

• (가)와 (나)의 물질량 차는 7(상댓값)이다.

→ 물질량 차는 A 또는 B의 물질량에 해당하며, (가)의 물질량에서 7을 뺀 값은 나머지 원자의 물질량에 해당한다.

→ A와 B의 물질량 비는 (나)가 AB_2 라면 $A : B = 3 : 7$ 이고, A_2B 라면 $A : B = 7 : 3$ 이다.

→ 물질량은 $A > B$ 이므로 (나)는 A_2B 이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 물질량 차는 A의 물질량에 해당하므로 물질량 비는 $A : B = 7 : 3$ 이다.

ㄷ. 같은 온도와 압력에서 같은 부피에 들어 있는 기체 분자 수는 같다. 따라서 1 L에 들어 있는 A 원자 수 비는 분자당 A 원자 수 비와 같으므로 (가) : (나) = 1 : 2이다.

오답 피하기 ㄱ. (나)의 화학식은 A_2B 이다.

07

답 ⑤

A~C의 물질량을 각각 a g/mol, b g/mol, c g/mol이라고 하면
 (가) AB_4 의 물질량은 $(a+4b)$ g/mol, (나) C_2 의 물질량은 $2c$ g/mol,
 (다) AC_2 의 물질량은 $(a+2c)$ g/mol이다. $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체
 1몰의 부피를 V L, (가)~(다)의 질량을 w g이라고 하면 (가)~
 (다)의 양(mol)은 각각 $\frac{22}{V} = \frac{w}{a+4b}$, $\frac{11}{V} = \frac{w}{2c}$, $\frac{8}{V} = \frac{w}{a+2c}$,
 $a:b:c=12:1:16$ 이다. 따라서 $\frac{\text{C의 물질량}}{\text{A의 물질량+B의 물질량}} =$
 $\frac{16}{12+1} = \frac{16}{13}$ 이다.

08

답 ③

원자 1개의 질량에 아보가드로수를 곱하면 원자 1몰의 질량, 즉
 물질량이다. 따라서 W~Z의 물질량은 각각 1 g/mol, 12 g/mol,
 14 g/mol, 16 g/mol이다.
 ㄱ. XZ 의 물질량은 $12 \text{ g/mol} + 16 \text{ g/mol} = 28 \text{ g/mol}$ 이고, Y_2
 의 물질량은 $14 \text{ g/mol} \times 2 = 28 \text{ g/mol}$ 로 서로 같다.
 ㄴ. 1 g에 들어 있는 원자 수는 1 g의 양(mol), 즉 물질량의 역수
 에 비례하므로 원자의 물질량이 작을수록 많다. 따라서 X~Z 중
 에서 1 g에 들어 있는 원자 수가 가장 많은 것은 물질량이 가장
 작은 X이다.

오답 피하기 ㄷ. Y_2 와 W_2 가 반응하여 YW_3 을 생성하는 반응을 화
 학 반응식으로 나타내면 $Y_2 + 3W_2 \rightarrow 2YW_3$ 이다. Y_2 14 g은
 $\frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$, W_2 3 g은 $\frac{3 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 1.5 \text{ mol}$ 이고,
 반응에서 몰비는 $Y_2:W_2:YW_3=1:3:2$ 이므로 Y_2 0.5몰과
 W_2 1.5몰이 반응하면 YW_3 1몰이 생성된다.

09

답 ④

ㄴ. 전체 기체 분자 수는 반응 전이 5, 반응 후가 4이므로 반응 후
 기체의 양(mol)은 감소한다.
 ㄷ. 제시된 자료에서 2분자의 XY 와 3분자의 Y_2 를 반응시키면 2
 분자의 XY 와 1분자의 Y_2 가 반응하여 2분자의 XY_2 를 생성하고,
 2분자의 Y_2 가 남는다. 따라서 화학 반응식은 $2XY + Y_2 \rightarrow$
 $2XY_2$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. 생성물은 X 원자 1개와 Y 원자 2개로 구성되므로
 화학식은 XY_2 이다.

10

답 ③

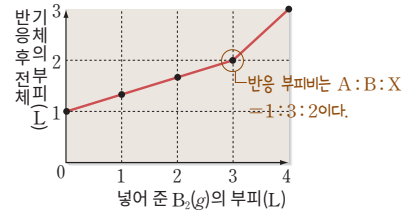
ㄱ. 포도당의 양(mol)을 구하기 위해서는 포도당의 질량 w g을
 포도당의 물질량으로 나누어야 한다. 따라서 ㉠은 포도당의 물질
 량이다.
 ㄴ. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 계수를 맞추면
 $a=6$, $b=1$ 이므로 반응에서 몰비는 $CO_2:C_6H_{12}O_6=6:1$ 이다.
 따라서 CO_2 의 양(mol)은 포도당의 양(mol)의 6배이므로 ㉡은
 6이다.

오답 피하기 ㄷ. CO_2 의 부피는 CO_2 의 양(mol)에 실험 조건인 $t^\circ\text{C}$,
 1기압에서 기체 1몰의 부피를 곱하여 구할 수 있다.

11

답 ②

자료 분석 ㉠ 반응 후 전체 기체의 부피



- A 1 L와 B 3 L가 반응했을 때 반응 후 전체 기체의 부피가 2 L이다.
 → 반응에서 부피비는 $A:B:X=1:3:2$ 이다.
- A 1 L와 B 4 L가 반응했을 때 반응 후 전체 기체의 부피가 3 L이다.
 → A 1 L와 B 3 L가 반응하여 X 2 L를 생성하고, 반응하지 않
 은 B 1 L가 남았기 때문이다.

$a=1$, $b=3$, $c=2$ 이므로 화학 반응식은 $A_2 + 3B_2 \rightarrow 2X$ 이다.
 따라서 반응 전후 A 원자 수가 2, B 원자 수가 6이고, X의 계수
 는 2이므로 X는 A 원자 1개, B 원자 3개로 구성된 AB_3 이다.

12

답 ⑤

자료 분석 ㉡ 기체 반응의 부피비

화학 반응식은 $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ 이다.

실험	반응 전 기체의 부피(L)		반응 후 전체 기체의 부피(L)
	$CO(g)$	$O_2(g)$	
I	2	2	$3=CO_2 \ 2 \text{ L} + O_2 \ 1 \text{ L}$
II	3	1	$3=CO_2 \ 2 \text{ L} + CO \ 1 \text{ L}$
III	5	2	$x=CO_2 \ 4 \text{ L} + CO \ 1 \text{ L}$

- I에서 CO 2 L와 O_2 2 L를 반응시킨다.
 → CO_2 2 L를 생성하고, 반응하지 않은 O_2 1 L가 남는다.
- II에서 CO 3 L와 O_2 1 L를 반응시킨다.
 → CO_2 2 L를 생성하고, 반응하지 않은 CO 1 L가 남는다.
- III에서 CO 5 L와 O_2 2 L를 반응시킨다.
 → CO_2 4 L를 생성하고, 반응하지 않은 CO 1 L가 남는다.

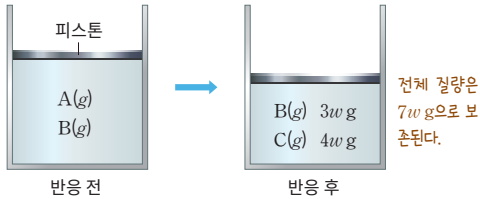
반응 부피비는 $CO:O_2:CO_2=2:1:2$ 이다.

ㄱ. III에서 CO 5 L와 O_2 2 L를 반응시키면 CO_2 4 L가 생성되고,
 반응하지 않은 CO 1 L가 남는다. 따라서 반응 후 전체 기체의
 부피는 5 L이므로 $x=5$ 이다.

ㄴ. I에서 CO 2 L와 O_2 2 L를 반응시키면 CO_2 2 L가 생성되고,
 반응하지 않은 O_2 1 L가 남는다. 또 II에서 CO 3 L와 O_2 1 L를
 반응시키면 CO_2 2 L가 생성되고, 반응하지 않은 CO 1 L가 남
 다. 따라서 I과 II에서 반응 후 남은 반응물의 부피는 1 L로 같다.

ㄷ. 생성물인 CO_2 의 부피는 III에서가 4 L, II에서가 2 L이므로
 CO_2 의 양(mol)은 III에서가 II에서의 2배이다.

자료 분석 기체의 물질량과 밀도



- 반응 후 전체 기체의 질량은 $7w$ g이다.
→ 반응 전 A와 B의 질량은 각각 $3.5w$ g이다.
→ A $3.5w$ g은 B $0.5w$ g과 반응하여 C $4w$ g을 생성하고, 반응하지 않은 B $3w$ g이 남는다.
→ 반응에서 질량비는 A : B : C = 7 : 1 : 8이다.
- A + 2B → C에서 몰비는 A : B : C = 1 : 2 : 1이다.
→ 질량비는 몰비에 물질량을 곱한 값이므로 물질량 비는 질량 비를 몰비로 나눠 구할 수 있다.
→ 물질량 비는 A : B : C = $\frac{7}{1} : \frac{1}{2} : \frac{8}{1} = 14 : 1 : 16$ 이다.

7. A와 B의 물질량 비는 A : B = 14 : 1이다.

나. 반응 후 실린더에 들어 있는 B와 C의 질량비는 B : C = 3 : 4이고, 물질량 비는 B : C = 1 : 16이므로 몰비는 B : C = $\frac{3}{1} : \frac{4}{16} = 12 : 1$ 이다.

오답 피하기 다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고 반응 전후 질량이 보존되므로 반응 전후의 밀도는 부피에 반비례한다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 반응 전후 기체의 밀도비는 몰비에 반비례한다. 반응 전 A와 B의 양(mol)은 각각 $\frac{3.5w}{14}$, $\frac{3.5w}{1}$ 이고 반응 후 B와 C의 양(mol)은 각각 $\frac{3w}{1}$, $\frac{4w}{16}$ 이므로 전체 기체의 밀도비는 반응 전 : 반응 후 = $\frac{1}{\frac{3.5w}{14} + \frac{3.5w}{1}} : \frac{1}{\frac{3w}{1} + \frac{4w}{16}} = 13 : 15$ 이다.

14

(1) (가)의 밀도는 $\frac{w}{V}$ g/L이고, (나)의 밀도는 $\frac{4w}{2.5V}$ g/L이므로 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{w}{V} : \frac{4w}{2.5V} = 5 : 8$ 이다.

(2) 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 물질량 비와 같다.

예시 답안 (가)에서 A_mB_{2m} 의 밀도는 $\frac{w}{V}$ g/L이고, 첨가된 A_nB_{2n} $3w$ g의 부피는 $1.5V$ L이므로 A_nB_{2n} 의 밀도는 $\frac{3w}{1.5V}$ g/L이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 물질량 비는 밀도비와 같으므로 물질량 비는 $A_mB_{2m} : A_nB_{2n} = \frac{w}{V} : \frac{3w}{1.5V} = 1 : 2$ 이고, A와 B의 물질량(g/mol)을 각각 a , b 라고 하면 $m(a+2b) : n(a+2b) = 1 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{n}{m} = 2$ 이다.

채점 기준

배점(%)

기체의 밀도비로부터 물질량 비를 구하여 $\frac{n}{m}$ 을 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
$\frac{n}{m}$ 만 옳게 쓴 경우	50

개념 더하기 기체의 물질량비, 밀도비, 질량비

- 기체의 양(mol)은 다음과 같이 구할 수 있다.
$$\text{몰(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{물질량(g/mol)}} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{\text{기체 1몰의 부피(L/mol)}}$$
- 같은 온도와 압력에서 기체 1몰의 부피는 기체의 종류와 관계 없이 같다. 따라서 온도와 압력이 같을 때 물질량 $\propto$ 질량/부피이다.
- 기체의 밀도(g/L) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{부피(L)}}$ 이다. 따라서 같은 온도와 압력에서 물질량 $\propto$ 밀도이므로 물질량 비는 밀도비와 같다.
- 같은 온도와 압력에서 부피가 같은 기체는 물질량 $\propto$ 밀도 $\propto$ 질량/부피이므로 물질량 비, 밀도비, 질량비가 모두 같다.

15

(1) 피스톤의 높이는 기체의 부피에 따라 달라진다.

예시 답안 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 계수를 맞추면 $a=b=2$ 이고, 반응 후 C 원자 수가 2이므로 $x=2$ 이다. C_2H_4 의 물질량은 28 g/mol, O_2 의 물질량은 32 g/mol이므로 반응 전 실린더에 들어 있는 C_2H_4 $7w$ g은 0.25w몰, O_2 $32w$ g은 w몰이고, 반응에서 몰비는 $C_2H_4 : O_2 = 1 : 3$ 이므로 C_2H_4 0.25w몰과 O_2 0.75w몰이 반응하여 CO_2 와 H_2O 를 각각 0.5w몰씩 생성하고, 반응하지 않은 O_2 0.25w몰이 남는다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며 반응 전후 전체 기체의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = 1 : 1이므로 h 는 변하지 않는다.

채점 기준

배점(%)

반응 전후 전체 기체의 몰비를 구해 h 의 변화를 옳게 설명한 경우	100
반응 전후 각 기체의 양(mol)을 일부만 옳게 구해 h 의 변화를 설명한 경우	50

(2) 반응 후 실린더에 들어 있는 각 기체의 양(mol)에 물질량을 곱하면 질량을 구할 수 있다. CO_2 의 물질량은 44 g/mol, H_2O 의 물질량은 18 g/mol, O_2 의 물질량은 32 g/mol이다.

예시 답안 반응 후 실린더에 들어 있는 CO_2 0.5w몰의 질량은 0.5w mol $\times$ 44 g/mol = 22w g, H_2O 0.5w몰의 질량은 0.5w mol $\times$ 18 g/mol = 9w g, O_2 0.25w몰의 질량은 0.25w mol $\times$ 32 g/mol = 8w g이다. 따라서 전체 기체의 질량은 39w g이다.

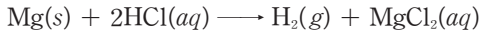
채점 기준

배점(%)

각 기체의 양(mol)에 물질량을 곱하여 질량을 구한 뒤 이를 합해 전체 기체의 질량을 구하는 과정을 옳게 설명한 경우	100
CO_2 , H_2O , O_2 의 질량 중 일부만 옳게 구한 경우	50

16

(1) Mg과 HCl이 반응하면 H₂와 MgCl₂이 생성된다.



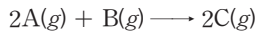
(2) Mg의 물질량을 이용하여 반응한 Mg의 양(mol)을 구하고 화학 반응식의 계수비(=몰비)를 이용하여 생성된 H₂의 양(mol)을 구한 다음, 실험 조건에서 기체 1몰의 부피를 이용하여 생성된 H₂의 부피를 구할 수 있다.

예시 답안 Mg 0.03 g은 $\frac{0.03 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.00125 \text{ mol}$ 이고 반응에서 몰비는 Mg : H₂ = 1 : 1이므로 생성된 H₂의 양도 0.00125몰이다. 따라서 H₂의 부피는 0.00125 mol × 25 L/mol = 0.03125 L = 31.25 mL 이므로 x = 31.25이다.

채점 기준	배점(%)
반응한 Mg의 질량으로부터 생성된 H ₂ 의 양(mol)을 알아내어 x를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
생성된 H ₂ 의 양(mol)을 구했으나 부피를 잘못 구한 경우	70
x만 옳게 쓴 경우	50

17

자료 분석 질량비, 몰비, 물질량 비의 관계



실험	반응 전 기체의 질량비 (A : B)	반응 후			
		남은 기체		생성된 C의 질량(g)	전체 기체의 부피(L)
		종류	질량(g)		
I	1 : 1	B	3w	5w	5V
II	2 : 1	㉠	2w	10w	㉡

- 실험 I에서 반응 후 전체 기체의 질량은 8w g이다.
→ 반응 전 기체의 질량비가 A : B = 1 : 1이므로 A와 B의 질량은 각각 4w g이다.
→ A 4w g과 B 4w g을 반응시키면 A 4w g과 B w g이 반응하여 C 5w g을 생성하고, 반응하지 않은 B 3w g이 남으므로 반응에서 질량비는 A : B : C = 4 : 1 : 5이다.
- 화학 반응식의 계수비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이다.
→ 반응에서 몰비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이다.
→ 질량비는 몰비에 물질량을 곱한 값이므로 A ~ C의 물질량 비는 $A : B : C = \frac{4}{2} : \frac{1}{1} : \frac{5}{2} = 4 : 2 : 5$ 이다.
- 실험 II에서 반응 후 전체 기체의 질량은 12w g이다.
→ 반응 전 기체의 질량비가 A : B = 2 : 1이므로 반응 전 A의 질량은 8w g, B의 질량은 4w g이다.
→ A 8w g과 B 4w g을 반응시키면 A 8w g과 B 2w g이 반응하여 반응하여 C 10w g을 생성하고, 반응하지 않은 B 2w g이 남는다.

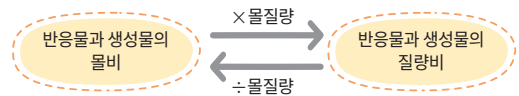
같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 반응 후 전체 기체의 부피 ㉡을 구하려면 A ~ C의 물질량 비를 알아내어 생성된 C의 질량과 남은 기체의 질량으로부터 전체 기체의 양(mol)을 구해야 한다.

예시 답안 반응 질량비는 A : B : C = 4 : 1 : 5이고, 반응 몰비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이므로 물질량 비는 A : B : C = 4 : 2 : 5이다. II에서 반응 후 전체 질량이 12w g이므로 반응 전 A의 질량은 8w g, B의 질량은 4w g이고 B는 2w g만 반응하므로 ㉠은 B이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 반응 후 전체 기체의 몰비는 $I : II = \frac{3w}{2M} + \frac{5w}{5M} : \frac{2w}{2M} + \frac{10w}{5M} = 5 : 6$ 이다. 따라서 ㉡은 6V이다.

채점 기준	배점(%)
반응 질량비와 A ~ C의 물질량 비를 알아내어 ㉠과 ㉡을 모두 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
㉠과 ㉡ 중에서 1가지만 쓰고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	60
㉠과 ㉡만 옳게 쓴 경우	40

개념 더하기 화학 반응식의 계수비와 질량비, 물질량 비

- 물질량은 물질마다 다르므로 질량비는 화학 반응식의 계수비와 같지 않다.
→ 몰비에 각 물질의 물질량을 곱해서 질량비를 계산할 수 있다.



- 몰비와 물질량 비를 알고 있다면 질량비를 구할 수 있다.
→ 질량비 = 몰비 × 물질량 비
- 몰비와 질량비를 알고 있다면 물질량 비를 구할 수 있다.
→ 물질량 비 = $\frac{\text{질량비}}{\text{몰비}}$
- 물질량 비와 질량비를 알고 있다면 몰비를 구할 수 있다.
→ 몰비 = $\frac{\text{질량비}}{\text{물질량 비}}$

II 물질의 구조와 성질

개념
학습편

01 화학 결합과 결합의 극성

05장 화학 결합의 전기적 성질

탐구 확인문제

58쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 02 ③

01

답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

- (1) 물을 전기 분해 하면 성분 원소인 수소와 산소로 분해된다.
- (2) 물에 황산 나트륨을 소량 녹이지 않으면 전류가 흐르지 않아 전기 분해 할 수 없다.
- (3) 물을 전기 분해 하면 수소와 산소 사이의 공유 결합이 끊어지면서 수소 기체와 산소 기체가 생성된다.
- (4) 물에 전류를 흘려 주면 전자의 이동에 의해 화학 결합이 끊어지므로 화학 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

02

답 ③

- ③ 물을 전기 분해 할 때 (-)극에서 생성된 수소의 양(mol)은 (+)극에서 생성된 산소의 양(mol)의 2배이다.

오답 피하기 ① (-)극에서 생성된 물질은 수소이고, (+)극에서 생성된 물질은 산소이다.

- ② (-)극에서 생성된 물질인 수소는 가연성이 있으므로 성냥의 불꽃을 가져다 대면 ‘퍽’ 소리를 내며 탄다.
- ④ 물에 황산 나트륨을 녹이는 까닭은 물에 전류를 흐르게 하기 위해서이다.
- ⑤ (+)극에서 생성된 물질인 산소는 조연성이 있으므로 물질의 연소를 도와준다.

기본 탄탄 문제

59쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 02 ㉠ 양이온, ㉡ 음이온
03 (1) 공유 결합 (2) 공유 결합 (3) 이온 결합 04 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 05 ⑤ 06 전자

01

답 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

- (1), (2) 공유 결합은 비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성되는 화학 결합이다.
- (3) 물(H_2O)에는 비금속 원소인 H, O로 이루어진 공유 결합이 있다.
- (4) 공유 결합은 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성된다. 정전기적 반발력이 작용하면 원자 사이에 결합을 형성하기 어렵다.

02

답 ㉠ 양이온, ㉡ 음이온

금속 원자는 전자를 잃어 양이온이 되고, 비금속 원자는 전자를 얻어 음이온이 되며, 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 이온 결합이 형성된다.

03

답 (1) 공유 결합 (2) 공유 결합 (3) 이온 결합

(1), (2) C, H, Cl는 비금속 원소이므로 CH_4 과 HCl 는 공유 결합으로 형성된다.

(3) Mg는 금속 원소이고, Cl는 비금속 원소이므로 $MgCl_2$ 은 이온 결합으로 형성된다.

04

답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

(1) 물은 전류가 흐르지 않으므로 황산 나트륨이나 수산화 나트륨과 같은 전해질을 넣어 주어 전류가 잘 흐르게 해야 한다.

(2) 물을 전기 분해 하면 성분 원소인 수소와 산소로 이루어진 물질이 생성된다.

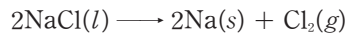
(3) 물을 전기 분해 할 때 (-)극에서 생성된 기체는 수소(H_2)로 화합물이 아니다.

(4) 물을 전기 분해 하면 (+)극에서 산소, (-)극에서 수소가 생성된다. 이때 생성된 물질의 양(mol)은 수소가 산소의 2배이다.

05

답 ⑤

염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (-)극에서는 나트륨 금속이 생성되고, (+)극에서는 염소 기체가 생성된다.



06

답 전자

화학 결합에 전자가 관여하므로 전기 분해 할 때 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어난다.

실력 뚝 문제

60~61쪽

01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ③ 06 ④ 07 ⑤

단답형·서술형 문제

08 (1) AC (2) 해설 참조 09 8

01

답 ㉡

㉡. H_2O 를 구성하는 비금속 원소인 수소 원자와 산소 원자는 전자를 공유하면서 공유 결합을 형성한다.

오답 피하기 ㉠. H는 비금속 원소이므로 공유 결합을 형성할 때 전자를 잃지 않는다.

㉢. H_2O 에는 공유 결합이 있다.

02

답 ①

ㄴ. Na^+ 은 (+)전하를 띠고, Cl^- 은 (-)전하를 띠므로 Na^+ 과 Cl^- 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

오답 피하기 ㄱ. Na의 원자가 전자 수는 1이다.

ㄷ. NaCl을 형성하는 화학 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 형성되는 화학 결합인 이온 결합이다.

03

답 ⑤

ㄱ. (가)는 공유 결합 물질이므로 (가)의 구성 원소는 모두 비금속 원소이다.

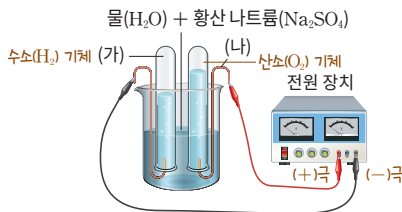
ㄴ. (나)는 양이온과 음이온으로 이루어진 이온 결합 물질이므로 (나)에는 이온 결합이 있다.

ㄷ. (가)를 구성하는 원자는 비활성 기체인 네온(Ne)과 전자 배치가 같다. (나)를 구성하는 양이온과 음이온은 각각 비활성 기체인 아르곤(Ar), 네온(Ne)과 전자 배치가 같다.

04

답 ②

자료 분석 물의 전기 분해



- 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H_2) 기체가 생성되고, (+)극에서는 산소(O_2) 기체가 생성된다.
- 물을 전기 분해 할 때의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이므로 생성되는 기체의 양(mol)은 수소(H_2) 기체가 산소(O_2) 기체의 2배이고 생성되는 기체의 부피도 수소(H_2) 기체가 산소(O_2) 기체의 2배이다.

물을 전기 분해 할 때 생성되는 H_2 기체의 부피가 O_2 기체의 2배이므로 (가)에서 생성되는 기체는 H_2 기체이다. H_2 기체는 (-)극에서 생성되고, O_2 기체는 (+)극에서 생성되므로 (나)는 (+)극에 연결된다.

05

답 ③

ㄱ. 물에 전류가 흐르도록 황산 나트륨과 같은 전해질을 넣고 전기 분해 해야 한다.

ㄷ. (+)극에서 산소 기체가 발생한다. 산소 기체는 조연성이 있으므로 산소 기체에 꺼져 가는 성냥의 불씨를 가져다 대면 불꽃이 살아난다.

오답 피하기 ㄴ. (-)극에서 수소 기체가 발생한다.

06

답 ④

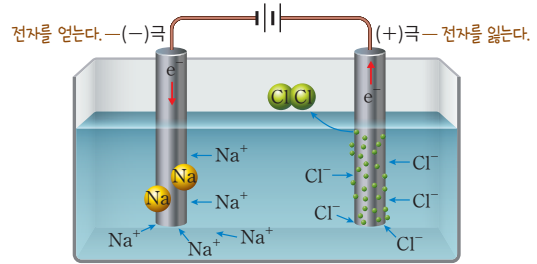
④ 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (-)극에서 전자를 얻는 반응이 일어나고 (+)극에서 전자를 잃는 반응이 일어난다.

오답 피하기 ① 염화 나트륨을 가열하여 용융액으로 만들면 양이온과 음이온으로 분리된다.

②, ③ (-)극에서 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 나트륨(Na) 금속이 생성되고, (+)극에서 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 염소(Cl_2) 기체가 발생한다.

⑤ 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 할 때 생성되는 물질의 양(mol)은 나트륨(Na) 금속이 염소(Cl_2) 기체의 2배이다.

개념 더하기 염화 나트륨 용융액의 전기 분해



(-)극	(+)극
$2\text{Na}^+ + 2e^- \rightarrow 2\text{Na}$	$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$
나트륨 이온(Na^+)은 (-)극으로 이동하여 전자를 얻고 나트륨(Na) 금속이 된다.	염화 이온(Cl^-)은 (+)극으로 이동하여 전자를 잃고 염소(Cl_2) 기체가 된다.

• 전체 반응: $2\text{NaCl}(l) \rightarrow 2\text{Na}(s) + \text{Cl}_2(g)$

→ 생성물의 몰비는 $\text{Na} : \text{Cl}_2 = 2 : 1$ 이다.

(-)극에서 생성되는 물질의 양이 (+)극에서 생성되는 물질의 양보다 많다.

07

답 ⑤

ㄱ. 물에 황산 나트륨(Na_2SO_4)을 녹여 만든 황산 나트륨 수용액에 전류를 흘려 주면 물이 전기 분해된다.

ㄴ. 염화 나트륨 용융액에는 나트륨 이온(Na^+)과 염화 이온(Cl^-)이 존재한다. 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 Na^+ 은 (-)극으로 이동하여 나트륨(Na) 금속이 되고, Cl^- 은 (+)극으로 이동하여 염소(Cl_2) 기체가 된다.

ㄷ. 물의 전기 분해로부터 공유 결합에 전자가 관여함을 알 수 있고, 염화 나트륨 용융액의 전기 분해로부터 이온 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

08

(1) A~C는 각각 H, Li, Cl이므로 금속 원소는 B(Li)이고, 비금속 원소는 A(H)와 C(Cl)이다. 공유 결합 물질은 비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 공유하여 공유 결합을 형성해 이루어지는 물질이므로 AC(HCl)이다.

(2) 이온 결합은 금속 원소가 전자를 잃어 형성된 양이온과 비금속 원소가 전자를 얻어 형성된 음이온이 정전기적 인력으로 결합해 형성되는 결합이다.

예시 답안 BC는 금속 원소인 B와 비금속 원소인 C로 이루어졌기 때문에 이온 결합 물질이다.

채점 기준	배점(%)
금속 원소인 B와 비금속 원소인 C로 이루어졌기 때문임을 옳게 설명한 경우	100
금속 원소와 비금속 원소로 이루어졌다고 설명했으나 B와 C를 각각 금속 원소와 비금속 원소로 옳게 짝 지어지 못한 경우	50

09

답 8

(가)에서 생성된 물질은 수소(H₂) 기체이고, (나)에서 생성된 물질은 산소(O₂) 기체이다. 물을 전기 분해 할 때 생성된 기체의 양(mol)은 H₂가 O₂의 2배이고 H와 O의 몰질량(g/mol)은 각각 1, 16이므로 $\frac{(나)에서 생성된 기체의 질량(g)}{(가)에서 생성된 기체의 질량(g)} = \frac{1 \times 32}{2 \times 2} = 8$ 이다.

06강 전기음성도와 결합의 극성



66쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 02 O > Be > Na 03 (1) ○
(2) × (3) ○ (4) ○ 04 ㉠ 극성, ㉡ 음전하(δ⁻) 05 (1) ○
(2) ○ (3) × (4) ○ 06 (1) 0 (2) $\overset{+}{\text{H}} - \overset{-}{\text{F}}$

01

답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

- (1) 전기음성도는 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 나타내는 값이다.
(2) 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도가 가장 큰 원소로 전기음성도가 4.0이다.
(3) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자의 크기가 커져 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소한다. 따라서 전기음성도가 대체로 감소한다.
(4) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자핵의 전하량이 커지고 원자의 크기가 작아지므로 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가한다. 따라서 전기음성도가 대체로 증가한다.

02

답 O > Be > Na

주기율표상에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 대체로 커지므로 전기음성도의 크기는 O > Be > Na이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17
2		Be				O	
3	Na						

03

답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

- (1) 전기음성도 차가 0인 두 원자는 전기음성도가 같으므로 공유 전자쌍이 어느 한쪽으로 치우치지 않는다.
(2) 전기음성도 차가 0보다 큰 두 원자의 공유 결합은 극성 공유 결합이다.
(3) 일반적으로 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 공유 전자쌍이 치우치는 정도가 커져 결합의 극성이 커진다.
(4) 두 원자의 전기음성도 차가 매우 크면 전자가 한 원자 쪽으로 이동하여 양이온과 음이온이 형성되고, 이온 결합이 형성된다.

04

답 ㉠ 극성, ㉡ 음전하(δ⁻)

서로 다른 종류의 원자는 전기음성도 차가 0보다 크므로 이 두 원자 사이에 이루어지는 공유 결합은 극성 공유 결합이다. 이때 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

05

답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

- (1) 쌍극자는 크기가 같고 부호가 반대인 두 전하 +q, -q가 일정한 거리를 두고 분리된 것이다.
(2) 쌍극자 모멘트는 공유 결합에서 극성의 크기를 나타내는 척도로 그 값이 클수록 대체로 결합의 극성이 크다.
(3) 쌍극자 모멘트를 표시할 때 전기음성도가 작은 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤 원자에서 전기음성도가 큰 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 나타낸다.
(4) 쌍극자 모멘트의 크기는 두 원자의 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값인 q × r이다.

06

답 (1) 0 (2) $\overset{+}{\text{H}} - \overset{-}{\text{F}}$

- (1) H₂의 공유 결합은 같은 종류의 원자 사이에서 이루어지는 결합이므로 무극성 공유 결합이고, 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다.
(2) 전기음성도는 F > H이므로 HF에서 결합의 쌍극자 모멘트는 화살표가 H에서 F를 향하도록 나타낸다.



67 ~ 69쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ③ 05 ④ 06 ② 07 ①
08 ④ 09 ④ 10 ③ 11 ⑤

단답형·서술형 문제

- 12 (1) N₂ (2) 해설 참조 13 (1) Y, Z (2) 2.2, 3.2, 4.0

01

답 ⑤

- ㄱ. 금속 원소는 대체로 주기율표의 왼쪽 부분에 있고, 비금속 원소는 대체로 주기율표의 오른쪽 부분에 있으므로 비금속 원소가 금속 원소보다 전기음성도가 크다.
ㄴ, ㄷ. 주기율표상에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 원자 반지름은 작아지고 전기음성도는 증가한다.

02

답 ③

ㄱ. A~C는 각각 O, F, P이다. A(O)와 B(F)는 2주기 원소이다.
 ㄴ. 같은 족에서 원자 번호가 작을수록, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 B(F) > C(P)이다. 따라서 B와 C의 결합에서 공유 전자쌍은 B 원자 쪽으로 치우친다.

오답 피하기 ㄴ. 전기음성도는 A(O) > C(P)이다.

03

답 ②

ㄴ. Y의 전기음성도 y 는 $x - 0.8$ 이고, Z의 전기음성도 z 는 $y + 0.4 = x - 0.4$ 이므로 X와 Z의 전기음성도 차는 0.4이다.

오답 피하기 ㄱ. 전기음성도는 $X > Z > Y$ 이다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 원자 번호는 $X > Z > Y$ 이다.

04

답 ③

같은 종류의 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하고 서로 다른 종류의 원자 사이의 공유 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. 따라서 무극성 공유 결합은 H_2 의 H-H와 H_2O_2 의 O-O 결합이고, 극성 공유 결합은 H_2O 의 H-O와 H_2O_2 의 H-O 결합이다.

05

답 ④

ㄱ. A와 B의 전기음성도 차는 0보다 크므로 AB에는 극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. 전기음성도는 $C > A$ 이므로 AC에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 C이다.

오답 피하기 ㄴ. B와 C의 전기음성도 차는 0보다 크므로 BC에는 극성 공유 결합이 있다.

개념 더하기 공유 결합의 종류

공유 결합	특징
무극성 공유 결합	- 같은 종류의 원자 사이의 공유 결합이다. - 공유 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도가 같아 공유 전자쌍이 어느 한쪽으로 치우치지 않는다.
극성 공유 결합	- 서로 다른 종류의 원자 사이의 공유 결합이다. - 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

06

답 ②

ㄴ. 전기음성도는 $F > H$ 이므로 HF에서 공유 전자쌍은 F 원자 쪽으로 치우친다.

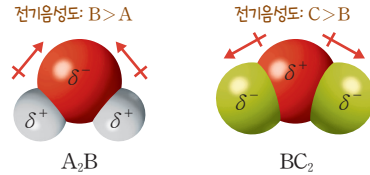
오답 피하기 ㄱ. H_2 는 같은 종류의 원자로 구성된 이원자 분자이므로 H_2 에는 무극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. 전기음성도는 $Cl > H$ 이므로 HCl에서 H 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

07

답 ①

자료 분석 극성 공유 결합



- 전기음성도는 B > A이고, C > B이므로 C > B > A이다.
- 모든 공유 결합은 극성 공유 결합이다.

ㄱ. A₂B에서 A-B 결합은 서로 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

오답 피하기 ㄴ. BC₂에서 B-C 결합은 서로 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

ㄴ. A₂B에서 B가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 B > A이고, BC₂에서 C가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 C > B이다. 따라서 전기음성도는 C > A이다.

08

답 ④

ㄴ. (나)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 Z이므로 전기음성도는 Z > Y이다.

ㄴ. (가)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 Y이므로 전기음성도는 Y > X이다. 따라서 전기음성도는 Z > Y > X이므로 X₂Z에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 Z이며, ㉠은 Z이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)에서 X-Y 결합은 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

09

답 ④

ㄴ, ㄴ. 쌍극자 모멘트의 크기는 쌍극자의 전하량과 입자 사이의 거리의 곱에 해당하므로 쌍극자의 전하량 q 가 클수록, 입자 사이의 거리 r 이 클수록 쌍극자 모멘트가 커진다. 또 쌍극자 모멘트가 클수록 결합의 극성이 커진다.

오답 피하기 ㄱ. 쌍극자 모멘트의 화살표는 부분적인 양전하를 띠는 원자에서 부분적인 음전하를 띠는 원자 쪽으로 향하므로 ㉠의 전하량은 $-q$ 이다.

10

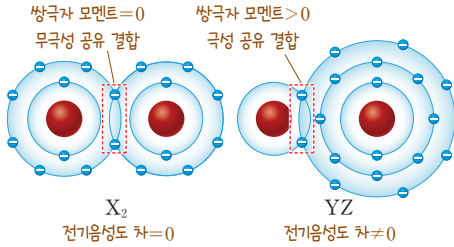
답 ③

ㄱ. H_2O 에서 H-O 결합은 극성 공유 결합이므로 H와 O는 부분적인 전하를 띤다.

ㄴ. O, C, N는 2주기 원소이고 원자 번호는 O > N > C이며 H의 전기음성도가 가장 작으므로 전기음성도는 O > N > C > H이다. 따라서 HCN에서 H-C 결합의 쌍극자 모멘트는 ㉠처럼 H 원자에서 C 원자 쪽으로 화살표가 향하게 나타낸다.

오답 피하기 ㄴ. HCN에서 C≡N 결합은 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

자료 분석 ● 결합의 쌍극자 모멘트



ㄱ. X_2 에는 무극성 공유 결합이 있으므로 X_2 에서 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다.

ㄴ. YZ 에는 극성 공유 결합이 있으므로 YZ 에서 결합의 쌍극자 모멘트는 0보다 크다.

ㄷ. XZ 에는 극성 공유 결합이 있으므로 XZ 에서 결합의 쌍극자 모멘트는 0보다 크고, Z_2 에는 무극성 공유 결합이 있으므로 Z_2 에서 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트는 $XZ > Z_2$ 이다.

12

(1) N_2 는 같은 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있지만, CH_4 , NH_3 , H_2O 은 다른 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 극성 공유 결합이 있다.

(2) 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차가 커질수록 공유 전자쌍의 치우침이 커지므로 결합의 극성이 대체로 커진다. H_2O 에서 H와 O의 전기음성도 차는 1.2, NH_3 에서 N와 H의 전기음성도 차는 0.8, CH_4 에서 C와 H의 전기음성도 차는 0.4이다.

예시 답안 결합의 극성은 $H_2O > NH_3 > CH_4$ 이다. 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 결합의 극성이 크기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
결합의 극성 크기를 옳게 비교하고, 구성 원자의 전기음성도 차를 이용하여 그 까닭을 설명한 경우	100
결합의 극성 크기를 옳게 비교하였지만, 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

13

답 (1) Y, Z, Z (2) 2.2, 3.2, 4.0

(1) 쌍극자 모멘트의 화살표가 향하는 쪽의 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 XY에서 Y, XZ에서 Z, YZ에서 Z이다.

(2) XY에서 전기음성도는 $Y > X$ 이고, XZ에서 전기음성도는 $Z > X$ 이며, YZ에서 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 $X \sim Z$ 의 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다. 전기음성도는 Z가 가장 크므로 Z의 전기음성도는 4.0이다. XZ에서 구성 원소의 전기음성도 차이가 1.8이므로 X의 전기음성도는 2.2이다. YZ에서 구성 원소의 전기음성도 차이가 0.8이므로 Y의 전기음성도는 3.2이다.

일전 문제

70~73쪽

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

단답형·서술형 문제

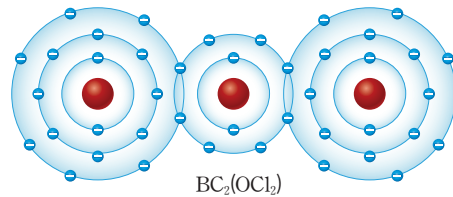
13 (1) 해설 참조 (2) $\frac{y}{2x}$ 14 $X > Y > Z > W$
15 (1) $b > c > a$ (2) 해설 참조 16 해설 참조

01

답 ③

ㄱ. A~D는 각각 Li, O, Cl, Ar이다. A(Li)는 금속 원소이고, B(O)는 비금속 원소이므로 A와 B는 이온 결합을 형성한다.

ㄷ. $BC_2(OCl_2)$ 의 전자 배치는 다음과 같으므로 B와 C는 각각 비활성 기체인 Ne와 D(Ar)의 전자 배치를 갖는다.



오답 피하기 ㄴ. A(Li)는 금속 원소이고 C(Cl)는 비금속 원소이므로 A와 C로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이다.

02

답 ②

X^{2+} 은 X가 전자 2개를 잃어서 생성된 이온이고, Y^- 과 Z^- 은 각각 Y와 Z가 전자 1개를 얻어서 생성된 이온이다. X^{2+} 과 Y^- 의 전자 배치는 Ne와 같고 Z^- 의 전자 배치는 Ar과 같으므로 $X \sim Z$ 는 각각 Mg, F, Cl이다.

ㄷ. 비금속 원소인 Y(F)와 Z(Cl)로 이루어진 화합물에는 공유 결합이 있다.

오답 피하기 ㄱ. X(Mg)는 3주기 원소, Y(F)는 2주기 원소이다.

ㄴ. $X^{2+}(Mg^{2+})$ 과 $Y^-(F^-)$ 은 이온 결합을 형성한다.

03

답 ④

ㄴ, ㄷ. 전해질을 녹인 물을 전기 분해 하면 (-)극과 (+)극에서 각각 수소(H_2) 기체와 산소(O_2) 기체가 생성된다. 이때 생성된 기체의 양(mol)은 H_2 가 O_2 보다 많으므로 A에 모인 기체는 H_2 로 가연성이 있으므로 성냥의 불꽃을 가져다 대면 ‘퍽’ 소리를 내며 탄다. 또 B에 연결된 전극은 (+)극이다.

오답 피하기 ㄱ. 물에 수산화 나트륨을 녹이지 않고 실험하면 물에 전류가 흐르지 않아 전기 분해 할 수 없다.

개념 더하기 ● 물을 전기 분해 할 때 넣어 주는 전해질

순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 수용액에 이온이 존재하여 전류가 흐르도록 물에 전해질을 넣어 주어야 한다. 이때 전해질은 물에 녹는 이온 결합 물질이며, 물 대신 전자를 얻거나 잃지 않아야 한다.

04

답 ⑤

ㄱ, ㄴ. 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (+)극인 (가)에서 염소(Cl_2) 기체가 발생하고, (-)극인 (나)에서 나트륨(Na) 금속이 생성된다.

ㄷ. 이온 결합 물질인 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 화학 결합이 끊어져 양이온과 음이온으로 분해되므로 이 실험으로부터 이온 결합에는 전자가 관여하는 것을 알 수 있다.

05

답 ①

ㄱ. 물과 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 전자가 이동하여 성분 원소로 분해된다. 따라서 ㉠은 전자(e^-)이다.

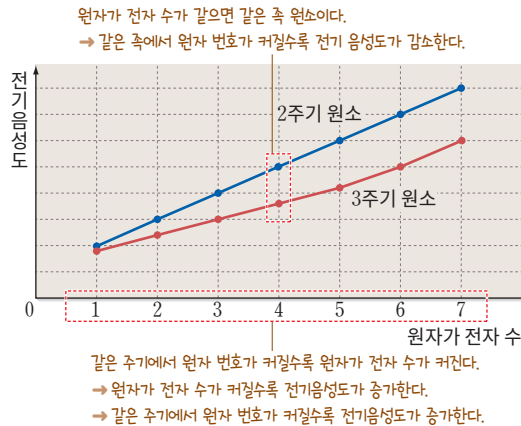
오답 피하기 ㄴ. 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 나트륨(Na) 금속과 염소(Cl_2) 기체가 생성되므로 (가)와 (나)가 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 할 때 일어나는 반응이다.

ㄷ. 물을 전기 분해 하면 (+)극에서 산소(O_2) 기체가 생성되고, 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (+)극에서 염소(Cl_2) 기체가 생성된다. 따라서 물과 염화 나트륨 용융액을 각각 전기 분해 할 때 (+)극에서 일어나는 반응은 (나)와 (다)이다.

06

답 ①

자료 분석 원자가 전자 수에 따른 전기음성도



• 학생 A: 금속 원소는 원자가 전자 수가 작고, 비금속 원소는 원자가 전자 수가 크므로 전기음성도는 비금속 원소가 금속 원소보다 크다.

오답 피하기 • 학생 B: 같은 족에서 주기가 커질수록 원자 번호가 커지고 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 감소한다.

• 학생 C: 같은 주기에서 원자 번호가 작아질수록 전기음성도가 대체로 감소한다.

07

답 ④

ㄴ. X의 전기음성도를 a 라고 하면 Y의 전기음성도는 $a-0.4$ 이다. 전기음성도가 $X > Z$ 라면 Z의 전기음성도는 $a-0.6$ 이다. 이 경우 Y와 Z의 전기음성도 차가 0.2가 되어야 하지만 그렇지 않으므로 전기음성도는 $Z > X$ 이고, $X \sim Z$ 중 전기음성도는 Z가 가장 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 큰 원소일수록 전기음성도가 크다. 전기음성도는 $Z > X > Y$ 이므로 원자 번호는 $Z > X > Y$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. 전기음성도는 $X > Y$ 이므로 공유 결합에서 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도는 X가 Y보다 크다.

08

답 ④

무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합이고, 극성 공유 결합은 다른 원자 사이의 공유 결합이다. N_2 에는 $\text{N} \equiv \text{N}$ 결합이 있고, O_2F_2 에는 $\text{O}-\text{O}$ 결합이 있으므로 N_2 와 O_2F_2 에는 무극성 공유 결합이 있지만, CO_2 에는 무극성 공유 결합이 없다. O_2F_2 에는 $\text{O}-\text{F}$ 결합이 있으므로 극성 공유 결합이 있지만, N_2 에는 극성 공유 결합이 없다. 따라서 (가)~(다)는 각각 O_2F_2 , N_2 , CO_2 이다.

09

답 ⑤

ㄱ. (가)에 있는 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이다.

ㄴ. (나)에서 B가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $B > A$ 이다.

ㄷ. (다)에서 C가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $C > B$ 이다. 즉, 전기음성도는 $C > A$ 이므로 A와 C가 공유 결합을 형성할 때 C가 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

10

답 ③

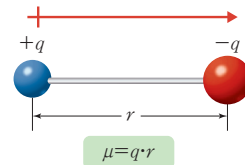
ㄱ. (나)의 쌍극자 모멘트가 0이므로 (나)는 무극성 공유 결합으로 이루어져 있다. 무극성 공유 결합은 같은 종류의 원자 사이의 공유 결합이므로 ㉠에 해당하는 원소는 1가지이다.

ㄴ. 극성 공유 결합은 서로 다른 종류의 원자 사이의 공유 결합이므로 (가)~(라) 중 (다)와 (라)에 극성 공유 결합이 있다.

오답 피하기 ㄷ. (가)에는 무극성 공유 결합이 있어서 쌍극자 모멘트가 0이므로 $x=0$ 이다. (다)에는 극성 공유 결합이 있어서 쌍극자 모멘트가 0보다 크므로 $y > 0$ 이다. 따라서 $y > x$ 이다.

개념 더하기 쌍극자 모멘트

- 쌍극자 모멘트(μ)는 공유 결합에서 극성의 크기를 나타내는 척도로 사용되는데, 두 원자의 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값으로 나타낸다.



- 쌍극자 모멘트의 값이 클수록 대체로 결합의 극성이 크다.
→ 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이고, 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0보다 크다.

11

답 ③

ㄱ. 반응물인 A_2 와 B_2 에는 모두 같은 종류의 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

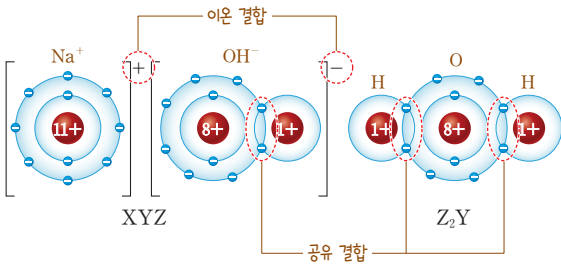
ㄴ. 생성물 AB_3 에서 A는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 $A > B$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 무극성 공유 결합은 쌍극자 모멘트가 0이고, 극성 공유 결합은 쌍극자 모멘트가 0보다 크므로 결합의 쌍극자 모멘트는 $A-B$ 결합이 $A \equiv A$ 결합보다 크다.

12

답 ④

자료 분석 화학 결합 모형



- X는 Na, Y는 O, Z는 H이다.
- 전기음성도는 $O > H > Na$ 이다.

ㄴ. XYZ는 NaOH이고, Z_2Y 는 H_2O 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 Na, O, H이다. 전기음성도는 $O > H$ 이므로 $Z_2Y(H_2O)$ 에서 Z(H)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄷ. $Y_2(O_2)$ 와 $Z_2(H_2)$ 는 모두 무극성 공유 결합으로 이루어져 있으므로 결합의 쌍극자 모멘트는 Y_2 와 Z_2 가 0으로 같다.

오답 피하기 ㄱ. X(Na)는 금속 원소이고, Y(O)는 비금속 원소이므로 X와 Y로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이다.

13

(1) 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 물에 전류가 흘러 전기 분해 할 수 있게 하기 위해서 전해질을 물에 녹인다.

예시 답안 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 물에 전류가 흘러 전기 분해 할 수 있게 하기 위해서 전해질 ①을 사용해야 한다.

채점 기준	배점(%)
전해질 ①이 물에 녹으면 물에 전류가 흐르게 해 전기 분해 할 수 있게 해 준다는 내용을 언급하며 설명한 경우	100
전해질 ①이 물에 녹으면 이온이 생긴다고만 설명한 경우	50

(2) 물을 전기 분해 하면 생성되는 기체의 양(mol)은 H_2 가 O_2 의 2배이다. $A(g)$ 는 $O_2(g)$ 이고, $B(g)$ 는 $H_2(g)$ 이므로 생성되는 기체의 질량비는 $A(g) : B(g) = 1 \times A$ 의 물질량 : $2 \times B$ 의 물질량 = $x : y$ 이다. 따라서 $\frac{B \text{의 물질량}}{A \text{의 물질량}} = \frac{y}{2x}$ 이다.

14

답 $X > Y > Z > W$

$W \sim Z$ 의 전기음성도를 각각 w, x, y, z 라고 하면 WX에서 전기음성도는 $X > W$ 이므로 $x - w = 1.8$ (①식)이다. 전기음성도가 $W > Y$ 이면 $w - y = 1.0$ 이고, ①식과 풀면 $x - y = 2.8$ 이 되어야 하는데 그렇지 않으므로 전기음성도는 $Y > W$ 이다.

전기음성도가 $W > Z$ 이면 $w - z = 0.8$ 이고, ①식과 풀면 $x - z = 2.6$ 이 되어야 하는데 그렇지 않으므로 전기음성도는 $Z > W$ 이다. 즉, WY에서 $y - w = 1.0$ 이고, WZ에서 $z - w = 0.8$ 이다. W는 전기음성도가 가장 작고, W와 전기음성도 차가 가장 큰 X는 전기음성도가 가장 크며, Y는 두 번째, Z는 세 번째로 전기음성도가 크므로 $X > Y > Z > W$ 이다.

15

(1) AC에서 쌍극자 모멘트는 C 원자 쪽으로 향하므로 전기음성도는 $c > a$ 이고, BC에서 쌍극자 모멘트는 B 원자 쪽으로 향하므로 전기음성도는 $b > c$ 이다. 따라서 $b > c > a$ 이다.

(2) 전기음성도가 큰 원자는 전기음성도가 작은 원자보다 공유 전자쌍을 세게 끌어당긴다. 따라서 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-), 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

예시 답안 A, 전기음성도는 $b > a$ 이므로 공유 전자쌍이 B 원자 쪽으로 치우치기 때문에 A는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

채점 기준	배점(%)
부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자를 쓰고, 전기음성도를 비교해 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자를 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

16

쌍극자 모멘트의 크기는 쌍극자의 결합 길이 뿐만 아니라 쌍극자의 전하량에도 영향을 받는다.

예시 답안 두 원자의 전하량(q)과 결합 길이(r)를 곱한 값의 크기가 $AB > AC > AD$ 이기 때문에 쌍극자 모멘트의 크기는 $AB > AC > AD$ 이다.

채점 기준	배점(%)
두 원자의 전하량(q)과 결합 길이(r)의 곱을 포함하여 옳게 설명한 경우	100
두 원자의 전하량(q)만 포함하여 설명한 경우	50

02 분자의 구조와 성질

07강 루이스 전자점식 및 전자쌍 반발 이론과 분자 구조

탐구 확인문제

77 ~ 78쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○

02 ③

03 (1) ○ (2) × (3) ○

04 ⑤

01

답 (1) × (2) ○ (3) ○

(1) 분자의 루이스 전자점식을 이용하여 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 알 수 있다.

(2) 분자 모형을 이용하여 중심 원자에 결합한 원자를 쉽게 확인할 수 있다.

(3) 전자쌍 반발 이론을 바탕으로 하여 추론한 분자 구조와 소프트웨어를 활용해 모델링한 결과가 거의 일치하므로 전자쌍 반발 이론은 분자 구조를 추론하기에 유용한 이론임을 알 수 있다.

02

답 ③

③ BCl_3 에서 중심 원자인 B 주위에 있는 전자 수는 6이므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

오답 피하기 ①, ② BeCl_2 에서 Be는 2개의 다른 원자와 공유 결합하고, BCl_3 에서 B는 3개의 다른 원자와 공유 결합하며, CH_4 에서 C는 4개의 다른 원자와 공유 결합한다. BeCl_2 , BCl_3 , CH_4 의 중심 원자는 모두 비공유 전자쌍이 없다.

④ CH_4 에서 중심 원자인 C 주위에 있는 전자 수는 8이므로 C는 옥텟 규칙을 만족한다.

⑤ 결합각은 BeCl_2 이 180° , BCl_3 가 120° , CH_4 이 109.5° 이다.

03

답 (1) ○ (2) × (3) ○

(1) NH_3 에서 중심 원자인 N는 3개의 H 원자와 공유 결합 한다.

(2) H_2O 의 중심 원자는 분자 모형에서와 소프트웨어를 활용해 모델링한 결과에서 서로 같다.

(3) 중심 원자의 전자쌍 수가 같을 때 비공유 전자쌍 수가 많아질 수록 결합각이 작아지는 경향이 있다.

04

답 ⑤

⑤ 결합각은 H_2O 이 104.5° 이고, NH_3 가 107° 이다.

오답 피하기 ①, ③ NH_3 의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 1이고, H_2O 의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 2이다. NH_3 와 H_2O 의 H 원자에는 비공유 전자쌍이 없다.

② 공유 전자쌍 수는 NH_3 가 3이고, H_2O 이 2이다.

④ NH_3 의 중심 원자에 있는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 구조는 삼각뿔이다.

기본 탄탄 문제

79쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 02 (1) 3, 9 (2) F 03 ㉠ 공유, ㉡ 비공유 04 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 05 (1) 정사면체 (2) 109.5° 06 (1) 1 (2) 삼각뿔

01

답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

(1), (2) 루이스 전자점식은 원소 기호 주위에 원자가 전자 1개당 점 1개로 표시하여 나타낸 식이다.

(3) 같은 주기 원소는 원자가 전자 수가 다르므로 루이스 전자점식이 다르다.

(4) 원자의 루이스 전자점식을 그릴 때 원자가 전자를 나타내는 점을 원소 기호의 상하좌우에 하나씩 배치하고, 원자가 전자가 5개 이상이면 다섯 번째 전자부터 다시 상하좌우에 하나씩 그려 쌍을 이루게 한다.

02

답 (1) 3, 9 (2) F

(1) B와 F 원자 사이에 있는 전자쌍 수는 3이므로 공유 전자쌍 수는 3이고, F 원자에만 속한 전자쌍 수는 9이므로 비공유 전자쌍 수는 9이다.

(2) B 원자 주위에 있는 전자 수는 6이므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않지만, F 원자 주위에 있는 전자 수는 8이므로 F는 옥텟 규칙을 만족한다.

03

답 ㉠ 공유, ㉡ 비공유

루이스 구조는 루이스 전자점식에서 공유 전자쌍을 결합선으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 1쌍의 점으로 나타내거나 생략할 수 있다.

04

답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

(1), (2) 전자쌍 반발 이론에서 분자의 중심 원자의 전자쌍들은 반발력을 최소화하기 위해 가능한 서로 멀리 떨어져 배치되어야 한다. 따라서 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수가 2이면 각 전자쌍이 가장 멀리 떨어진 서로 반대 방향에 배치될 때 가장 안정하다.

(3) 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수가 4이면 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치될 때 가장 안정하다.

(4) 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있고, 공유 전자쌍은 2개의 원자가 공유하고 있으므로 중심 원자에서 비공유 전자쌍이 공유 전자쌍에 비해 더 많은 공간을 차지하고, 더 크게 반발한다.

05

답 (1) 정사면체 (2) 109.5°

(1) CH_4 의 중심 원자인 C에 공유 전자쌍이 4개 있으므로 분자 구조가 정사면체이다.

(2) 분자 구조가 정사면체이므로 결합각은 109.5° 이다.

06

답 (1) 1 (2) 삼각뿔

(1) 암모니아의 중심 원자는 N이고, N에 있는 공유 전자쌍 수는 3, 비공유 전자쌍 수는 1이다.

(2) NH_3 의 중심 원자인 N에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 분자 구조가 삼각뿔이다.

일격 뚝뚝 문제

80~83쪽

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

단답형·서술형 문제

15 $\text{H}:\text{C}::\text{N}:$ 16 해설 참조

17 (1) 19 (2) (가) 굵은 형, (나) 삼각뿔 18 (1) (가) 4, (나) 4

(2) 해설 참조 19 (1) (가) 평면 삼각형, (나) 삼각뿔 (2) 해설 참조

01

답 ④

④ D는 1족 원소로 원자가 전자 수가 1이므로 원소 기호 주위에 점이 1개 있어야 한다.

오답 피하기 ① A는 1족 원소로 원자가 전자 수가 1이므로 원소 기호 주위에 점이 1개 있어야 한다.

②, ③, ⑤ 루이스 전자점식을 그릴 때 원자가 전자를 나타내는 점을 원소 기호의 상하좌우에 하나씩 배치해야 한다.

02

답 ①

ㄱ. A는 원소 기호 주위에 점이 4개 있으므로 원자가 전자 수가 4이다.

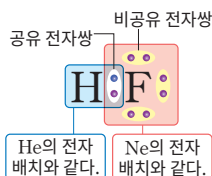
오답 피하기 ㄴ. 옥텟 규칙을 만족할 때 원자 주위에 있는 전자 수는 8이다. B가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 3개의 다른 원자와 공유 결합 해야 하므로 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수는 3이고, C가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 1개의 다른 원자와 공유 결합 해야 하므로 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수는 1이다.

ㄷ. 2개의 C 원자는 전자를 1개씩 공유하면서 C_2 가 되므로 C_2 의 공유 전자쌍 수는 1이다.



개념 더하기 옥텟 규칙

원자가 전자를 잃거나 얻기도 하고, 원자들끼리 전자를 공유하기도 하면서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치를 18족 원소처럼 만들려는 경향성을 말한다.



03

답 ②

(가)에서 원자가 전자 수가 6인 O 원자 주위에 전자가 8개 있어야 하므로 O_2 의 공유 전자쌍 수는 2이다. (다)에서 N의 원자가 전자 수가 5이므로 N 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있어야 하고, F의 원자가 전자 수가 7이므로 F 원자에 비공유 전자쌍이 3개 있어야 한다.



04

답 ③

ㄱ. X~Z는 각각 N, O, F이다. $X_2(N\equiv N)$ 는 공유 전자쌍 수가 3이고, $Y_2(O=O)$ 는 공유 전자쌍 수가 2이다.

ㄴ. $XZ_3(NF_3)$ 에서 N에 있는 비공유 전자쌍 수가 1이고, F에 있는 비공유 전자쌍 수가 3이므로 $XZ_3(NF_3)$ 는 비공유 전자쌍 수가 $1+3\times 3=10$ 이다. $YZ_2(OF_2)$ 에서 O에 있는 비공유 전자쌍 수가 2이고, F에 있는 비공유 전자쌍 수가 3이므로 $YZ_2(OF_2)$ 는 비공유 전자쌍 수가 $2+2\times 3=8$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. $YXZ(ONF)$ 에서 N와 F 사이에 있는 공유 전자쌍 수는 1, N와 O 사이에 있는 공유 전자쌍 수는 2이므로 $YXZ(ONF)$ 에는 삼중 결합이 없다.



05

답 ②

자료 분석 분자의 루이스 전자점식



- X~Z는 각각 F, O, C이다.
- (가)인 $YX_2(OF_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 2이고, 비공유 전자쌍 수는 8이다.
- (나)인 $ZY_2(CO_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍 수는 4이다.

ㄴ. (나)에서 Y 원자와 Z 원자 주위에 모두 전자가 8개 있으므로 Y와 Z는 옥텟 규칙을 만족한다.

오답 피하기 ㄱ. X~Z의 원자가 전자 수는 각각 7, 6, 4이다.

ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 2, (나)가 4이다.

06

답 ⑤

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (나)가 4, (다)가 3이다.

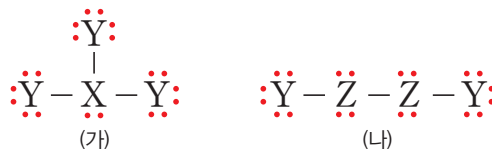
ㄴ. (나)의 O에 있는 비공유 전자쌍 수가 2이고, H와 C에 비공유 전자쌍이 없으므로 비공유 전자쌍이 2개 있다. (다)의 N에 있는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 비공유 전자쌍이 2개 있다.

ㄷ. (나)와 (다)에 각각 다중 결합인 이중 결합과 삼중 결합이 있다.

07

답 ①

자료 분석 분자의 루이스 구조



- 분자에서 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자는 C, N, O, F이다.
- C, N, O, F을 포함하는 분자에서 각각의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

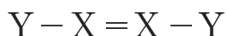
원자	C	N	O	F
공유 전자쌍 수	4	3	2	1
비공유 전자쌍 수	0	1	2	3

- X~Z는 각각 N, F, O이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 X(N)가 5, Y(F)가 7, Z(O)가 6이다.

오답 피하기 ㄱ. X~Z는 각각 N, F, O이므로 (가)의 중심 원자인 X(N)에 있는 비공유 전자쌍 수는 1이고, 주변 원자인 Y(F)에 있는 비공유 전자쌍 수는 각각 3이므로 총 비공유 전자쌍 수는 10이다.

ㄷ. $X_2Y_2(N_2F_2)$ 의 루이스 구조는 다음과 같다. 따라서 공유 전자쌍 수는 4이다.



08

답 ③

③ 중심 원자 주위의 전자쌍으로 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 모두 존재할 수 있다.

오답 피하기 ①, ② 전자쌍은 서로 같은 전하를 띠므로 전자쌍 사이에는 정전기적 반발력이 작용한다.

④, ⑤ 전자쌍들은 가능한 서로 멀리 떨어져 배치되어야 하므로 중심 원자 주위에 공유 전자쌍 3개만 있을 때 분자 구조는 평면 삼각형이 된다.

09

답 ③

ㄱ. (가)는 전자쌍이 서로 반대 방향에 배치되므로 분자 구조가 선형이다.

ㄴ. (가)~(다)의 결합각은 각각 180° , 120° , 109.5° 이므로 (나) > (다)이다.

오답 피하기 ㄷ. 모든 전자쌍이 동일 평면에 존재하는 배치는 (가)와 (나) 2가지이다.

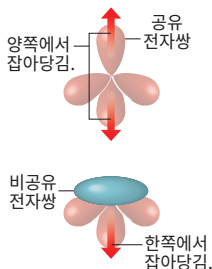
10

답 ②

비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있고, 공유 전자쌍은 2개의 원자가 공유하고 있으므로 중심 원자에서 비공유 전자쌍이 공유 전자쌍에 비해 더 많은 공간을 차지해 더 크게 반발한다. 따라서 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다. A는 비공유 전자쌍, B는 공유 전자쌍이므로 반발력은 A와 A 사이에 작용하는 힘(㉠)이 가장 크고, A와 B 사이에 작용하는 힘(㉡)이 두 번째로 크며, B와 B 사이에 작용하는 힘(㉢)이 가장 작다.

개념 더하기 전자쌍이 차지하는 공간의 크기

공유 전자쌍은 중심 원자와 다른 원자에 공유되는 반면, 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있다. 따라서 비공유 전자쌍은 중심 원자의 핵에 가까이 있고, 공유 전자쌍에 비해 더 많은 공간을 차지한다.



11

답 ⑤

ㄱ. (가)의 구성 원자 수는 3, (나)의 구성 원자 수는 4, (다)의 구성 원자 수는 5이다.

ㄴ. (가)에서 X는 옥텟 규칙을 만족하므로 X에 있는 비공유 전자쌍 수는 2이다. (나)에서 Y는 옥텟 규칙을 만족하므로 Y에 있는 비공유 전자쌍 수는 1이다.

ㄷ. X~Z는 2주기 원소이므로 각각 O, N, C이다. 결합각은 (가) (H_2O)가 104.5° , (나) (NH_3)가 107° , (다) (CH_4)가 109.5° 이다.

12

답 ⑤

ㄱ. Be, B, C는 원자가 전자 수가 각각 2, 3, 4이고, (가)~(다)에서 공유 전자쌍 수는 각각 2, 3, 4이므로 (가)~(다)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 없다.

ㄴ. 결합각은 (가)가 180° , (나)가 120° , (다)가 109.5° 이다.

ㄷ. (가)의 분자 구조는 선형, (나)의 분자 구조는 평면 삼각형, (다)의 분자 구조는 정사면체이므로 모든 원자가 동일 평면에 존재하는 분자는 (가)와 (나) 2가지이다.

13

답 ①

ㄱ. (가)와 (나)에서 X와 Y 사이에 있는 공유 전자쌍 수가 각각 2이므로 모두 이중 결합이 있다.

오답 피하기 ㄴ. 다중 결합은 하나의 결합으로 취급하여 분자 구조를 결정하므로 (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

ㄷ. (가)의 분자 구조는 선형이므로 (가)의 결합각은 180° 이다. (나)의 결합각은 180° 보다 작으므로 결합각은 (가) > (나)이다.

14

답 ④

ㄴ. (나) (BCl_3)는 분자 구조가 평면 삼각형이므로 결합각이 120° 이고, (다) (NH_3)는 분자 구조가 삼각뿔이므로 결합각이 107° 이며, (라) (CCl_4)는 분자 구조가 정사면체이므로 결합각이 109.5° 이다. 따라서 $x > z > y$ 이다.

ㄷ. (나) (BCl_3)에서 B 원자 주위에는 전자가 6개 있으므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 따라서 (가)~(라) 중 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지 않는 분자는 (나) 1가지이다.

오답 피하기 ㄱ. ㉠은 삼각뿔이다.

15

원자가 전자 수는 H가 1, C가 4, N가 5이다. HCN에서 H와 C 사이에는 공유 전자쌍이 1개 있고, C와 N 사이에는 공유 전자쌍이 3개 있다.

16

분자를 구성하는 원자들은 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치를 18족 원소처럼 만들려는 경향성인 옥텟 규칙을 만족하도록 전자가 배치된다.

예시 답안 비공유 전자쌍 수는 (가)가 8, (나)가 6이다. 분자의 구성 원자인 X, Y, F은 모두 옥텟 규칙을 만족해야 하므로 각 원자 주위에 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 합이 4여야 하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 비공유 전자쌍 수를 각각 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 비공유 전자쌍 수를 옳게 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

- 17** (1) 19 (2) (가) 굽은 형, (나) 삼각뿔
- (1) 원자가 전자 수는 W가 1, X가 6, Y가 5, Z가 7이므로 W~Z의 원자가 전자 수의 합은 $1+6+5+7=19$ 이다.
- (2) (가)는 중심 원자인 X에 공유 전자쌍이 2개, 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조가 굽은 형이다. (나)는 중심 원자인 Y에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 분자 구조가 삼각뿔이다.

- 18**
- (1) (가)는 C와 F 사이에 공유 전자쌍이 1개씩 있으므로 전자쌍 수가 4이다. (나)는 O와 F 사이에 공유 전자쌍이 1개씩 있고 O에만 속하는 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 전자쌍 수가 4이다.
- (2) 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있고, 공유 전자쌍은 2개의 원자가 공유하므로 중심 원자에서 비공유 전자쌍이 공유 전자쌍에 비해 더 많은 공간을 차지하기 때문에 더 크게 반발한다.

예시 답안 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에 중심 원자에 공유 전자쌍만 존재하는 (가)의 결합각이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하는 (나)의 결합각보다 크다.

채점 기준	배점(%)
비공유 전자쌍 사이의 반발력과 공유 전자쌍 사이의 반발력의 크기를 옳게 비교하고, (가)와 (나)의 중심 원자에 존재하는 전자쌍의 종류를 언급하며 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 중심 원자에 존재하는 전자쌍의 종류만 언급하며 설명한 경우	50

- 19**
- (1) (가)는 모든 원자가 동일 평면에 존재하므로 분자 구조가 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 평면 삼각형이고, (나)는 모든 원자가 동일 평면에 존재하지 않으므로 분자 구조가 중심 원자에 비공유 전자쌍을 1개 갖는 삼각뿔이다.
- (2) 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 구조가 정해진다.

예시 답안 X의 원자가 전자 수: 3, Y의 원자가 전자 수: 5, 분자 구조가 평면 삼각형인 (가)의 중심 원자 X에는 비공유 전자쌍이 없으므로 원자가 전자 수가 3이다. 분자 구조가 삼각뿔인 (나)의 중심 원자 Y에는 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 원자가 전자 수가 5이다.

채점 기준	배점(%)
X와 Y의 원자가 전자 수를 각각 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
X와 Y의 원자가 전자 수를 각각 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

08강 분자 구조에 따른 물질의 성질

기본
탄탄
문제

88쪽

- 01** ㉠ 무극성, ㉡ 극성 **02** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **03** H₂, CO₂ **04** (1) 극성 공유 결합 (2) 극성 분자 **05** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **06** ㉠ 극성, ㉡ 무극성

- 01** ㉠ 무극성, ㉡ 극성
- 무극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, 극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

- 02** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
- (1), (2) 분자의 쌍극자 모멘트를 이용하면 무극성 분자와 극성 분자를 구분할 수 있다. 이때 극성 분자는 분자 내의 전하 분포가 고르지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.
- (3) 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.
- (4) 극성 공유 결합으로 이루어진 다원자 분자 중 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루면서 분자 내에서 전하가 고르게 분포하는 분자는 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

- 03** H₂, CO₂
- H₂는 무극성 공유 결합이 있는 이원자 분자이므로 무극성 분자이고, CO₂는 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루면서 분자 내에서 전하가 고르게 분포하는 다원자 분자이므로 무극성 분자이다. HCl과 NH₃는 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루지 않고 전기음성도가 큰 쪽으로 치우치는 극성 분자이다.

- 04** (1) 극성 공유 결합 (2) 극성 분자
- (1) 물은 서로 다른 종류의 원자의 공유 결합으로 이루어져 있다.
- (2) 물은 굽은 형의 비대칭 구조이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루지 않고, 전기음성도가 큰 쪽으로 전체적인 전하의 치우침이 나타나는 극성 분자이다.

- 05** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
- (1) 기체 상태의 극성 분자를 평행판 사이의 전기장 속에 넣으면 분자 내 부분 전하 때문에 일정한 방향으로 배열된다.
- (2) 기체 상태의 무극성 분자를 평행판 사이의 전기장 속에 넣으면 전기장의 영향을 받지 않으므로 무질서하게 배열된다.
- (3) 액체 상태의 극성 분자에 전하를 띤 대전체를 가까이 하면 극성 분자가 대전체 쪽으로 휜다.
- (4) 일반적으로 분자량이 비슷한 경우 부분 전하 사이의 정전기적 인력이 작용하는 극성 물질의 끓는점이 무극성 물질의 끓는점보다 높다.

- 06** ㉠ 극성, ㉡ 무극성
- 이온 결합 물질이나 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되지 않는다.

01 ② 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③ 07 ④
08 ③ 09 ① 10 ⑤ 11 ④

단답형·서술형 문제

12 (1) (가), (다) (2) (가), (나) 13 (1) A: 무극성, B: 극성 (2) 해설 참조

01

답 ②

ㄴ. 분자에서 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 서로 상쇄되므로 결합의 쌍극자 모멘트의 합은 0이다.

오답 피하기 ㄱ. 분자 내 극성 공유 결합 1개만 존재하여 부분 전하를 띠므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

ㄷ. 분자에서 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 상쇄되지 않으므로 결합의 쌍극자 모멘트의 합은 0이 아니다.

개념 더하기 ② 결합의 쌍극자 모멘트와 분자의 쌍극자 모멘트

- 결합의 쌍극자 모멘트를 이용하여 무극성 공유 결합과 극성 공유 결합을 구분할 수 있다.
- 분자의 쌍극자 모멘트를 이용하여 무극성 분자와 극성 분자를 구분할 수 있다.

02

답 ②

제시된 분자 중 입체 구조인 분자는 삼각뿔 구조인 NH_3 와 정사면체 구조인 CH_4 이고, 극성 분자는 분자 내 극성 공유 결합 1개만 존재하는 HCl 과 분자에서 공유 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는 NH_3 , HCHO 이다.

03

답 ⑤

(가)(H_2)는 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 무극성 분자이고, (나)(HF)는 극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 극성 분자이며, (다)(HCN)는 선형의 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

04

답 ③

ㄱ. (가)는 평면 삼각형 구조이므로 평면 구조이다.

ㄷ. (가)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. 결합각은 (가)가 120° 이고, (나)는 107° 보다 작다.

05

답 ⑤

ㄱ. (가)의 중심 원자인 S의 비공유 전자쌍 수는 2이고, (나)의 중심 원자인 C에는 비공유 전자쌍이 없다.

ㄴ. (가)는 굽은 형 구조이므로 결합각이 약 104.5° 이고, (나)는 선형 구조이므로 결합각이 180° 이며, (다)는 삼각뿔 구조이므로 결합각이 약 107° 이다.

ㄷ. (가)~(다) 중 무극성 분자는 (나) 1가지이다.

06

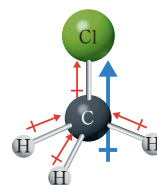
답 ③

ㄱ. CCl_4 의 분자 구조는 정사면체, CH_3Cl 의 분자 구조는 사면체이므로 CCl_4 와 CH_3Cl 은 입체 구조이다. H_2 의 분자 구조는 선형, H_2O 의 분자 구조는 굽은 형이므로 H_2 와 H_2O 은 평면 구조이다.

ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이다. H_2 와 CCl_4 는 무극성 분자이고, H_2O 과 CH_3Cl 은 극성 분자이므로 ㉠에 해당하는 분자는 H_2 와 CCl_4 이다.

오답 피하기 ㄷ. ㉡에 해당하는 분자는 H_2O 과 CH_3Cl 2가지이다.

개념 더하기 ③ 클로로메테인(CH_3Cl)의 쌍극자 모멘트



클로로메테인은 사면체 구조이지만 비대칭 구조이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

07

답 ④

자료 분석 ④ 다중 결합을 표시하지 않는 루이스 구조



(가)



(나)

• (가)에서 C와 O 사이에는 공유 전자쌍이 4개 있고, O에만 속해 있는 비공유 전자쌍이 4개 있다.

• (나)에서 C와 C 사이에는 공유 전자쌍이 3개 있고, C와 F 사이에는 공유 전자쌍이 2개 있으며, F에만 속해 있는 비공유 전자쌍이 6개 있다.

→ (가)와 (나)의 분자 구조는 선형이고 평면 구조이며, 무극성 분자이다.

ㄱ. (가)에는 이중 결합이 있고, (나)에는 삼중 결합이 있다.

ㄷ. (가)와 (나)는 무극성 분자이므로 분자 내에 전하가 고르게 분포해 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자이다.

오답 피하기 ㄴ. 같은 종류의 원자 사이의 공유 결합은 무극성 공유 결합이고, 서로 다른 종류의 원자 사이의 공유 결합은 극성 공유 결합이다. (가)에는 극성 공유 결합이 있고, (나)에는 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합이 있다.

08

답 ③

ㄱ, ㄴ. 기체 상태의 분자를 전기장에 넣었을 때 일정한 방향으로 배열되면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이고, 무질서하게 배열되면 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다. 따라서 X는 무극성 분자이고, Y는 극성 분자이다.

오답 피하기 ㄷ. NH_3 는 분자 구조가 삼각뿔인 극성 분자이므로 기체 상태의 NH_3 를 평행판 사이의 전기장에 넣으면 (나)와 같은 모습이 나타난다.

개념 더하기 ⁺ 전기장 속에서 극성 분자와 무극성 분자의 배열

- 기체 상태의 극성 분자 → 분자 내 부분 전하를 띤다.
→ 전기장의 영향을 받는다.
→ 일정한 방향으로 배열된다.
- 기체 상태의 무극성 분자 → 전기장의 영향을 받지 않는다.
→ 무질서하게 배열된다.

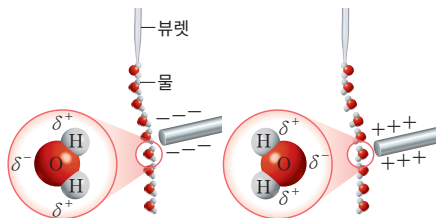
09

답 ①

7. 물에 (-)대전체를 가까이 하면 대전체와 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소(H) 원자 사이에 정전기적 인력이 작용하여 물줄기는 대전체 쪽으로 휜다.

오답 피하기 ㄴ. 물 분자는 극성 분자이므로 물 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

ㄷ. (-)대전체 대신 (+)대전체를 이용하면 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 O 원자가 대전체에 끌려 물줄기가 대전체 쪽으로 휜다.

개념 더하기 ⁺ 대전체를 가까이 가져갔을 때 물(H_2O) 분자의 모습

물줄기에 (-)대전체를 가까이 하면 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소(H) 원자가 대전체에 끌려 물줄기가 휘고, (+)대전체를 가까이 하면 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 산소(O) 원자가 대전체에 끌려 물줄기가 휜다.

10

답 ⑤

이온 결합 물질과 극성 물질은 극성 용매에 잘 녹고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 녹는다. 물은 극성 분자이고, 헥세인은 무극성 분자이므로 극성 분자인 NH_3 과 HCl 은 물에 잘 녹고, 무극성 분자인 CH_4 은 헥세인에 잘 녹는다.

11

답 ④

ㄴ. 분자량이 비슷할 경우 극성 물질이 무극성 물질보다 녹는점과 끓는점이 높으므로 ㉠은 극성, ㉡은 무극성이다.

ㄷ. (다)와 (라)는 F_2 와 HCl 중 하나이고, F_2 는 무극성 분자, HCl 은 극성 분자이므로 (다)는 HCl , (라)는 F_2 이다.

오답 피하기 ㄱ. $y > x$ 이다.

12

답 (1) (가), (다) (2) (가), (나)

(1) 결합의 쌍극자 모멘트가 0인 결합은 무극성 공유 결합이다. (가)에서 $O=O$ 결합과 (다)에서 $N-N$ 결합은 무극성 공유 결합이다.

(2) 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이므로 선형 구조의 이원자 분자인 (가)와 정사면체 구조인 (나)이다.

13

(1) A에는 무극성 분자인 아이오딘이 잘 용해되므로 A는 무극성이고, B에는 무극성 분자인 아이오딘이 잘 용해되지 않으므로 B는 극성이다.

(2) 일반적으로 이온 결합 물질이나 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다.

예시 답안 B, 이온 결합 물질은 극성 용매에 잘 용해되므로 이온 결합 물질인 황산 구리(II)는 극성 용매인 B에 잘 용해된다.

채점 기준	배점(%)
황산 구리(II)가 잘 용해되는 액체를 고르고, 그 까닭을 올바르게 설명한 경우	100
황산 구리가 잘 용해되는 액체를 골랐지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

중단편
일선 문제

92~95쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ③ 07 ④
08 ③ 09 ④ 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ③

단답형·서술형 문제

13 (1) X: 7, Y: 6 (2) 2 14 (1) 8 (2) 해설 참조
15 해설 참조 16 (1) (가) OCl_2 , (나) CCl_4 (2) 해설 참조

01

답 ⑤

7. A~C는 원자가 전자 수가 각각 5, 6, 7이므로 15족 원소, 16족 원소, 17족 원소이다. 주기율표상에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 커지므로 A가 3주기 15족 원소이면 전기음성도는 항상 $B > A$ 인데 아니므로 A는 2주기 15족 원소이고, B는 3주기 16족 원소이다. A~C 중 2주기 원소가 2가지이므로 C는 2주기 17족 원소이다. 즉, A~C는 각각 N, S, F이므로 원자 번호는 B(S)가 가장 크다.

ㄴ. $A_2(N_2)$ 에 있는 비공유 전자쌍 수는 3이고, $C_2(F_2)$ 에 있는 비공유 전자쌍 수는 1이다.

ㄷ. $B_2C_2(S_2F_2)$ 에는 B-B(S-S) 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

02

답 ③

7. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 X의 비공유 전자쌍 수는 2이고, Y의 비공유 전자쌍 수는 1이며, Z의 비공유 전자쌍 수는 3이다. 따라서 원자가 전자 수는 X가 6, Y가 5, Z가 7이다.

ㄴ. 분자 XYZ의 중심 원자인 Y에는 비공유 전자쌍이 1개 있다.

오답 피하기 ㄷ. 분자 XYZ는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 XYZ의 분자 구조는 굽은 형이다.

03

답 ①

ㄱ. (가)는 OF_2 , (나)는 NF_3 , (다)는 CF_4 이다. (가)~(다)는 중심 원자에 있는 전자쌍 수(공유 전자쌍 수+비공유 전자쌍 수)가 4로 같다.

오답 피하기 ㄴ, ㄷ. (가)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형, (나)(NF_3)의 분자 구조는 삼각뿔, (다)(CF_4)의 분자 구조는 정사면체이다. 따라서 (가)~(다) 중 모든 원자가 동일 평면에 존재하는 분자는 (가) 1가지이다.

개념 더하기 ③ 중심 원자에 존재하는 전자쌍

분자의 중심 원자에는 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 모두 존재할 수 있다. → 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 분자 구조에 영향을 미친다.

04

답 ③

CH_4 , NH_3 , H_2O 의 결합각은 각각 109.5° , 107° , 104.5° 이므로 결합각은 $\text{CH}_4 > \text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$ 이다. 이때 CH_4 , NH_3 , H_2O 중 평면 구조인 것은 H_2O 이므로 (다)는 H_2O 이고 (가)와 (나)는 각각 NH_3 와 CH_4 이다.

05

답 ③

ㄱ. 전자쌍 반발 이론에 따르면 분자의 중심 원자의 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠므로 전자쌍 사이에는 정전기적 반발력이 작용하며, 전자쌍들은 반발력을 최소화하기 위해 가능한 서로 멀리 떨어져 배치된다.

ㄴ. 중심 원자 주위의 전자쌍이 2개이면 각 전자쌍이 서로 반대 방향에 배치될 때 가장 안정하다.

오답 피하기 ㄷ. (가)의 분자 구조는 선형, (나)의 분자 구조는 평면 삼각형, (다)의 분자 구조는 정사면체이다. 분자 BCl_3 는 중심 원자 B에 전자쌍이 3개 있으므로 BCl_3 의 분자 구조는 평면 삼각형으로 (나)와 같다.

06

답 ③

분자 구조는 CCl_4 가 정사면체, NCl_3 가 삼각뿔, OCl_2 가 굽은 형, COCl_2 이 평면 삼각형이므로 4가지 분자 중 입체 구조인 분자는 CCl_4 , NCl_3 2가지이다. 또 4가지 분자 중 COCl_2 만 C와 O 사이에 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 분자는 COCl_2 1가지이다.

07

답 ④

ㄴ. (가)에서 구성 원자 수가 2이고 공유 전자쌍 수가 2이므로 (가)의 분자식은 $\text{X}_2(\text{O}=\text{O})$ 이다. 따라서 X는 O이고 원자가 전자 수가 6이다. (나)에서 구성 원자 수가 3이고 공유 전자쌍 수가 2이므로 (나)의 분자식은 $\text{XY}_2(\text{F}-\text{O}-\text{F})$ 이며 중심 원자는 X(O)이다.

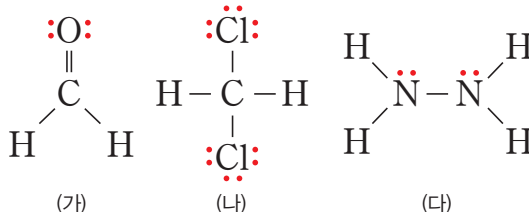
ㄷ. (다)는 구성 원자 수가 3이고, 공유 전자쌍 수가 4이므로 (다)의 분자식은 $\text{ZX}_2(\text{O}=\text{C}=\text{O})$ 이고, (다)에는 이중 결합이 있다.

오답 피하기 ㄱ. Y(F)의 원자가 전자 수는 7이다.

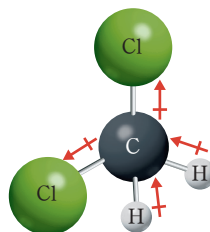
08

답 ③

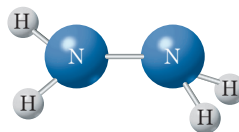
자료 분석 ③ 분자의 루이스 구조와 성질



- (가)는 분자 구조가 평면 삼각형이므로 평면 구조인 극성 분자이다.
- (나)는 분자 구조가 다음과 같이 사면체이고, 입체 구조인 극성 분자이다.



- (다)는 분자 구조가 다음과 같이 입체 구조인 극성 분자이다.



ㄱ. (가)는 평면 삼각형의 비대칭 구조이다.

ㄴ. (나)의 분자 구조는 사면체이므로 입체 구조이다.

오답 피하기 ㄷ. (가)~(다)는 모두 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

09

답 ④

평면 구조는 H_2O , CS_2 2가지이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 것은 CH_4 , CS_2 2가지이며, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 것은 H_2O , PCl_3 2가지이다.

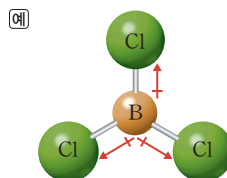
10

답 ⑤

HF , NH_3 , CH_2O , CO_2 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 HF , NH_3 , CH_2O 이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 CO_2 이다. 따라서 ㉠에 해당하는 분자는 HF , NH_3 , CH_2O 중 하나이고, ㉡에 해당하는 분자는 CO_2 이다.

개념 더하기 ③ 무극성 분자

무극성 분자는 분자 내에 전하가 고르게 분포해 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자이다. 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 된 분자도 무극성 분자이다.



11

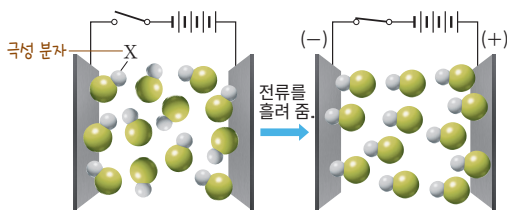
답 ⑤

- ㄱ. C, O, F 중 2가지 원소로 이루어지고 구성 원자 수가 3인 분자는 CO_2 와 OF_2 이다. CO_2 는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 이다. OF_2 는 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 8이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이다. 따라서 (가)는 CO_2 이고, X와 Y는 각각 C, O이다.
- ㄴ. (나)는 X(C)와 Z(F)로 이루어진 분자이고 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 이므로 무극성 분자인 $\text{XZ}_4(\text{CF}_4)$ 이다.
- ㄷ. (가)(CO_2)와 (나)(CF_4)는 모두 분자 내에 전하가 고르게 분포한 무극성 분자이다.

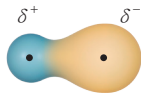
12

답 ③

자료 분석 전기장 속에서 극성 분자의 배열



- 기체 상태의 극성 분자를 평행판 사이의 전기장 속에 넣으면 분자 내 부분 전하 때문에 일정한 방향으로 배열된다.
- 극성 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분은 (+)극 쪽을 향하고, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분은 (-)극 쪽을 향한다.



ㄱ. 기체 상태의 분자 X를 평행판 사이의 전기장 속에 넣고 전류를 흘려 주었을 때 일정한 방향으로 배열되므로 X는 극성 분자이다. 극성 분자는 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루지 않고, 전기음성도가 큰 쪽으로 전체적인 전하가 치우치므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.

ㄴ. 액체 상태의 극성 분자에 전하를 띤 대전체를 가까이 하면 대전체에 끌린다.

오답 피하기 ㄷ. 일반적으로 이온 결합 물질이나 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 용매에 잘 용해되지 않는다. 물은 극성 분자이고, 헥세인은 무극성 분자이므로 극성 분자인 분자 X는 헥세인보다 물에 더 잘 용해된다.

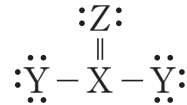
13

답 (1) X: 7, Y: 6 (2) 2

- (1) X는 원자가 전자 수가 7인 F이고, Y는 원자가 전자 수가 6인 O이다.
- (2) Y는 원자가 전자 수가 6인 O이므로 $\text{Y}_2(\text{O}_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 2이다.

14

- (1) 분자에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 X~Z는 각각 C, F, O이다. 따라서 $\text{XY}_2\text{Z}(\text{CF}_2\text{O})$ 의 루이스 구조는 다음과 같고 비공유 전자쌍 수는 8이다.



- (2) 중심 원자에 다중 결합이 있으면 다중 결합을 하나의 결합으로 취급해 분자 구조를 결정한다. 따라서 XY_2Z 의 중심 원자인 X에 있는 공유 전자쌍 수는 3으로 여기므로 분자 구조가 평면 삼각형이다.

예시 답안 평면 삼각형, X는 3개의 원자와 공유 결합 하고, 비공유 전자쌍이 없으므로 XY_2Z 의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

채점 기준	배점(%)
XY_2Z 의 분자 구조를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
XY_2Z 의 분자 구조를 옳게 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

15

일반적으로 이온 결합 물질이나 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다.

예시 답안 A: 황산 구리(II)(CuSO_4), B: 아이오딘(I_2), 일반적으로 이온 결합 물질은 극성 용매에 잘 용해되고 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해되므로 A는 이온 결합 물질인 황산 구리(II)이고, B는 무극성 물질인 아이오딘이다.

채점 기준	배점(%)
A와 B를 각각 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
A와 B를 각각 옳게 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

16

- (1) C, O, Cl 중 2가지 원소로 이루어지고 구성 원자 수가 3이며 분자 구조가 굽은 형인 분자는 OCl_2 이다. 또 C, O, Cl 중 2가지 원소로 이루어지고 구성 원자 수가 5이며 분자 구조가 정사면체인 분자는 CCl_4 이다.

- (2) 분자 내에 전하가 고르게 분포하는 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, 분자 내의 전하 분포가 고르지 않아 부분 전하를 띠는 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

예시 답안 (가)>(나), (가)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, (나)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 분자의 쌍극자 모멘트의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 분자의 쌍극자 모멘트의 크기를 옳게 비교했지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

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

단답형·서술형 문제

14 해설 참조 15 해설 참조
16 (1) (가) > (나) > (다) (2) $\gamma > \beta > \alpha$ 17 (1) (가) (2) (가), (다)
18 해설 참조

- 01 ③
③ 물을 전기 분해 하면 (+)극에서 산소 기체(O_2)가 생성된다. 산소는 조연성이 있으므로 산소 기체에 끼여 가는 성냥의 불씨를 가져다 대면 불꽃이 살아난다.
오답 피하기 ① 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 전기 분해하기 어렵다.
② (-)극에서 수소 기체(H_2)가 생성된다.
④ (-)극에서 생성되는 수소 기체(H_2)의 양(mol)은 (+)극에서 생성되는 산소 기체(O_2)의 양(mol)의 2배이다.
⑤ 물의 전기 분해 실험으로 공유 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

- 02 ②
ㄴ. 용액에 전류를 흘려 주면 음이온인 Y^{b-} 이 ㉠극 쪽으로 이동하므로 ㉠극은 (+)극이다.
오답 피하기 ㄱ. A는 이온 결합 물질이다.
ㄷ. 용액에 존재하는 이온 수 비는 $X^{a+} : Y^{b-} = 1 : 2$ 이므로 A의 화학식은 XY_2 이다.

- 03 ③
같은 주기에서 원자 번호가 큰 원소일수록 전기음성도가 크고, 같은 족에서 원자 번호가 큰 원소일수록 전기음성도가 작다. 따라서 전기음성도는 $B > A > C$ 이다.

- 04 ③
(가)는 부분적인 전하를 띠지 않으므로 무극성 공유 결합이고, (나)는 부분적인 전하를 띠므로 극성 공유 결합이며, (다)는 (+)전하와 (-)전하로 분리되므로 이온 결합이다. Cl_2 는 무극성 공유 결합으로 이루어지고, HCl 는 극성 공유 결합으로 이루어지며, $NaCl$ 은 이온 결합으로 이루어졌다.

개념 더하기 전기음성도 차에 따른 화학 결합의 구분

- 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차에 따라 공유 결합의 종류가 달라진다. → 두 원자의 전기음성도 차이가 0이면 무극성 공유 결합, 0이 아니면 극성 공유 결합이다.
- 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차이가 매우 커서 전자가 한 원자 쪽으로 이동하면 양이온과 음이온이 형성되고, 이온 사이의 정전기적 인력으로 이온 결합이 형성된다.

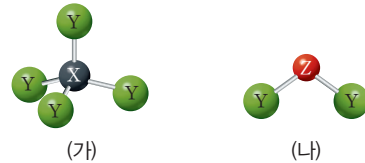
- 05 ⑤
ㄱ, ㄴ. (나)는 구성 원소의 전기음성도 차이가 0이므로 무극성 공유 결합이 있는 Z_2 이고, Z의 전기음성도는 3.2이다. (다)는 구성 원소의 전기음성도 중 최솟값이 3.2이므로 (다)에는 Z가 있다. 따라서 (다)는 YZ 이고, (가)는 XY 이다.
ㄷ. Y의 전기음성도는 $3.2 + 0.8 = 4.0$ 이고, X의 전기음성도는 2.2이므로 전기음성도는 $Y > Z > X$ 이다.



- 06 ①
ㄱ. (가)는 C, O, F 중 2가지 원소로 이루어진 3원자 분자이고 공유 전자쌍 수가 4이므로 CO_2 이다. (나)는 C, O, F 중 2가지 원소로 이루어진 3원자 분자이고 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF_2 이다. 따라서 X~Z는 각각 C, O, F이고 (가)의 분자 구조는 선형이다.
오답 피하기 ㄴ. 전기음성도는 $Z(F) > Y(O)$ 이므로 (나)에서 $Z(F)$ 는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고 $Y(O)$ 는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 8이다.

- 07 ⑤

자료 분석 전자쌍 반발 이론과 분자 구조



- 공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 2이다.
- 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
→ 전기음성도의 크기는 $Z > Y > X$ 이다.
- 주기율표상에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 원자 반지름은 작아지고 전기음성도는 커진다.
→ X는 C 또는 Si, Y는 Cl, Z는 O이다.
→ 원자 번호는 Y(Cl)가 가장 크다.

- ㄱ. (가)는 공유 전자쌍 수가 4이고, (나)는 공유 전자쌍 수가 2이다.
ㄴ, ㄷ. Y는 공유 전자쌍 수가 1이므로 F 또는 Cl이고, Z는 공유 전자쌍 수가 2이므로 O 또는 S이다. (나)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 Z이므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 이를 만족하는 Y와 Z는 각각 Cl, O이다. X는 공유 전자쌍 수가 4이므로 C 또는 Si이다. 따라서 전기음성도는 $Z > X$ 이고, X~Z 중 원자 번호는 Y(Cl)가 가장 크다.

08

답 ③

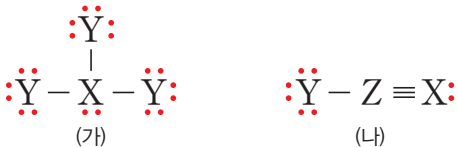
ㄱ, ㄴ. (가)~(다)는 각각 H_2O , NH_3 , CH_4 이고, $X \sim Z$ 는 각각 O, N, C이다. 따라서 평면 구조인 분자는 (가) 1가지이고 극성 분자는 (가)와 (나) 2가지이다.

오답 피하기 ㄷ. 결합각은 $\alpha = 104.5^\circ$, $\beta = 107^\circ$, $\gamma = 109.5^\circ$ 이다.

09

답 ③

자료 분석 ① 분자의 구조와 성질



- $X \sim Z$ 는 각각 N, F, C이다.
- (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 각각 3, 4이다.
- (가)에는 단일 결합만 있지만, (나)에는 단일 결합과 삼중 결합이 있다.

$X \sim Z$ 는 각각 N, F, C이고, (가)는 NF_3 , (나)는 FCN 이다.

ㄱ. (가)의 중심 원자는 X(N)이다. X는 옥텟 규칙을 만족하고, 공유 전자쌍이 3개 있으므로 비공유 전자쌍이 1개 있다.

ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 3, (나)가 4이므로 (나) > (가)이다.

오답 피하기 ㄷ. (나)에는 삼중 결합이 있다.

10

답 ④

ㄴ. (가)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이므로 $OCl_2(Cl-O-Cl)$ 이고,

(나)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이므로 $N_2Cl_2(Cl-N=N-Cl)$ 이

며 (다)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{5}$ 이므로 $C_2Cl_2(Cl-C\equiv C-Cl)$

이다. 따라서 $X \sim Z$ 는 각각 O, N, C이고 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.

ㄷ. (가)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있는 굽은 형의 구조이고 (다)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 다중 결합을 갖는 선형 구조이므로 결합각은 (다)가 (가)보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. 원자가 전자 수는 X(O)가 6, Y(N)가 5이므로 $X > Y$ 이다.

11

답 ③

F_2 와 N_2F_2 에는 무극성 공유 결합이 있고, CO_2 에는 무극성 공유 결합이 없으므로 (가)에 해당하는 분류 기준은 ‘무극성 공유 결합이 있는가?’이다. $N_2F_2(F-N=N-F)$ 에는 이중 결합이 있지만, $F_2(F-F)$ 에는 단일 결합만 있으므로 (나)에 해당하는 분류 기준은 ‘다중 결합이 있는가?’이다.

12

답 ⑤

ㄱ. $XC l_2$ 에서 X는 공유 전자쌍 수가 2, YH_2X 에서 Y는 공유 전자쌍 수가 4이고, 두 분자에서 모든 결합이 극성 공유 결합이다.

ㄴ. $XC l_2$ 의 분자 구조는 굽은 형이고, YH_2X 의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 두 분자는 모든 원자가 동일 평면에 존재한다.

ㄷ. $XC l_2$ 와 YH_2X 는 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이루지 않고 전기음성도가 큰 쪽으로 전체적인 전하의 치우침이 나타나는 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.



13

답 ③

ㄱ. 액체 CCl_4 와 액체 A를 혼합하였을 때 CCl_4 가 아래층에 위치하므로 같은 온도에서 밀도는 액체 CCl_4 가 액체 A보다 크다.

ㄷ. CCl_4 는 무극성 분자이므로 CCl_4 와 섞이지 않는 A는 극성 분자이다. 이온 결합 물질은 극성 용매에는 잘 용해되고 무극성 용매에는 잘 용해되지 않으므로 염화 나트륨은 액체 CCl_4 보다 액체 A에 더 잘 용해된다.

오답 피하기 ㄴ. A는 극성 물질이다.

개념 더하기 ② 분자의 극성과 용해성

극성 분자끼리는 서로 반대 전하를 띤 부분 사이에 강한 인력이 작용하므로 쉽게 섞일 수 있지만, 극성 분자와 무극성 분자에서는 극성 분자끼리만 강한 인력이 작용하므로 무극성 분자는 그 사이로 섞여 들어가지 못한다.

14

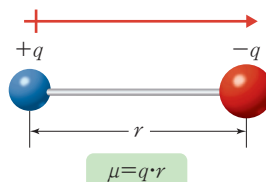
물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 수소 기체, (+)극에서는 산소 기체가 생성된다.

예시 답안 2배, (+)극에서 생성되는 A(g)는 $O_2(g)$ 이고, (−)극에서 생성되는 B(g)는 $H_2(g)$ 이다. 물의 전기 분해 반응의 화학 반응식은 $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ 이므로 반응 후 생성되는 기체의 양(mol)은 B(g)($H_2(g)$)가 A(g)($O_2(g)$)의 2배이다.

채점 기준	배점(%)
생성되는 B(g)의 양(mol)이 A(g)의 양(mol)의 몇 배인지 쓰고, 물의 전기 분해 반응의 화학 반응식을 이용하여 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
생성된 B(g)의 양(mol)이 A(g)의 양(mol)의 몇 배인지 옳게 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

15

쌍극자 모멘트는 두 전하가 띤 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값으로 공유 결합에서 극성의 크기를 나타내는 척도이다.



예시 답안 AB의 극성이 BC의 극성보다 크다, 분자의 극성은 쌍극자 모멘트의 크기로 나타낼 수 있고 쌍극자 모멘트는 두 원자의 전하량(q)과 두 전자 사이의 거리(r)를 곱한 값으로 나타내는데, 부분 전하의 크기가 비슷할 때 결합 길이가 긴 AB의 극성이 BC의 극성보다 크다.

채점 기준	배점(%)
두 분자의 극성의 크기를 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
두 분자의 극성의 크기를 옳게 비교했지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

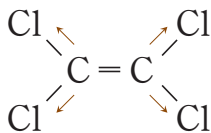
16 (1) (가) > (나) > (다) (2) $r > \beta > \alpha$
 (1) H_2X 는 H_2O 이고, YH_3 는 NH_3 이며, HZY 는 HCN 이므로
 (가)~(다)의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 1, 0
 이다.

(2) $\text{H}_2\text{X}(\text{H}_2\text{O})$ 의 결합각은 104.5° 이고, $\text{YH}_3(\text{NH}_3)$ 의 결합각은 107° 이며, $\text{HZY}(\text{HCN})$ 의 결합각은 180° 이다.

17 **답** (1) (가) (2) (가), (다)

(1) (가)~(라)의 분자식은 각각 CCl_4 , COCl_2 , C_2Cl_4 , OCl_2 이다.
(가)~(라) 중 입체 구조인 분자는 정사면체 구조인 CCl_4 이다.

(2) (가)~(라) 중 결합의 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자는 CCl_4 , C_2Cl_4 2가지이다.

개념 더하기⁺ C₂Cl₄의 분자구조

- 모든 원자가 동일 평면에 존재한다.
- 결합의 쌍극자 모멘트가 균형을 이뤄 분자 내에서 전하가 고르게 분포한다. → 무극성 분자이다.

18 NH_3 는 극성 물질이고, CH_4 은 무극성 물질이다.

예시 답안 일반적으로 극성 분자는 분자의 부분적인 음전하(δ^-)와 이웃한 분자의 부분적인 양전하(δ^+) 사이에 정전기적 인력이 작용하므로 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 힘이 크다. 따라서 분자량이 비슷한 경우 극성 물질의 녹는점과 끓는점은 무극성 물질의 녹는점과 끓는점보다 높다. NH_3 는 극성 분자이고 CH_4 는 무극성 분자이므로 NH_3 가 CH_4 보다 녹는점과 끓는점이 높다.

채점 기준	배점(%)
NH ₃ 와 CH ₄ 의 녹는점과 끓는점이 차이가 나는 까닭을 극성 분자의 부분 전하 사이의 정전기적 인력을 언급하며 설명한 경우	100
NH ₃ 와 CH ₄ 의 녹는점과 끓는점이 차이가 나는 까닭을 단순히 극성 분자와 무극성 분자이기 때문이라고만 설명한 경우	50

III 화학 평형

01 화학 평형

09강 가역 반응과 화학 평형

기본 탄탄 문제

108쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

02 (1) 비가역 (2) 가역 (3) 가역

(4) 비가역 (5) 비가역

03 ㉠ 증발, ㉡ 응축, ㉢ 동적 평형

04 $(1) \times (2) \times (3) \bigcirc (4) \times$

05 (1) ○ (2) × (3) ○

06 (1) A: N_2O_4 , B: NO_2 (2) t_2 (3) 정반응 속도 = 역반응 속도

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

(1) 정반응은 반응물이 생성물로 되는 반응이고, 역반응은 생성물이 반응물로 되는 반응이다.

(2) 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

(3), (4) 비가역 반응은 한 방향으로만 반응이 일어나므로 충분한 시간이 지나도 동적 평형 상태에 도달하지 않는다.

02 **답** (1) 비가역 (2) 가역 (3) 가역 (4) 비가역 (5) 비가역

(1), (4), (5) 연소 반응, 마그네슘과 염산의 반응, 중화 반응은 비가역 반응이다.

(2), (3) 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응, 석회 동굴, 중유석, 석순의 생성 반응은 가역 반응으로 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

03 **답** ㉠ 증발, ㉡ 응축, ㉢ 동적 평형

밀폐된 용기에 물을 넣고 충분한 시간이 지나면 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다.

04 답 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

(1) 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

(2) 비가역 반응에서는 화학 평형이 일어나지 않는다.

(3), (4) 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되지만 반응물과 생성물의 농도가 항상 같은 것은 아니다.

05 답 (1) ○ (2) × (3) ○

(1) 반응물인 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣고 반응시켰으므로 정반응 속도는 점점 감소하고, 역반응 속도는 점점 증가한다. 따라서 v_1 은 정반응 속도이다.

(2) t 이후 정반응 속도와 역반응 속도는 같아지지만 0이 되는 것은 아니다.

(3) t 이후 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하다.

06 **답** (1) A: N_2O_4 , B: NO_2 (2) t_2 (3) 정반응 속도 = 역반응 속도

(1) 화학 평형 상태에 도달할 때까지 반응한 B의 양이 생성된 A의 양의 2배 정도 되므로 A는 N_2O_4 이고, B는 NO_2 이다.

(2), (3) ㉠ 구간에서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되므로 화학 평형 상태이다. 따라서 화학 평형 상태에 도달한 시간은 t_2 이고, ㉠ 구간에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

밀착
목표 문제

109 ~ 111쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ① 05 ②, ⑤ 06 ②
07 ② 08 ④ 09 ③ 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ③

단답형·서술형 문제

- 13 (1) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(s) + 5\text{H}_2\text{O}(l)$ (2) 해설 참조
14 해설 참조

01 답 ③
ㄱ, ㄴ. 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응으로 $\rightleftharpoons$ 를 사용해 하나의 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.
오답 피하기 ㄷ. 마그네슘과 염산의 반응에서 기체가 발생하므로 이 반응은 비가역 반응이다.

02 답 ⑤
ㄱ, ㄷ. ㉠은 석회 동굴의 생성 반응이고, ㉡은 석순의 생성 반응이다. 석회 동굴과 석순의 생성 반응은 가역 반응이다.
ㄴ. 석순은 탄산수소 칼슘($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) 수용액이 바닥에 떨어져 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 빠져나가면서 생성되므로 석순의 주성분은 $\text{CaCO}_3(s)$ 이다.

03 답 ③
(가) 수증기가 물로 액화되는 것과 물이 수증기로 기화되는 것은 가역적으로 일어난다.
(다) 석회 동굴과 종유석, 석순의 생성 반응은 가역 반응이다.
오답 피하기 (나) 메테인의 연소는 비가역 반응이다.

04 답 ①
ㄱ. (가)는 가역 반응이므로 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있다.
오답 피하기 ㄴ, ㄷ. (나)는 비가역 반응으로 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하는 정반응만 일어난다.

개념 더하기 ④ 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응

- 파란색의 황산 구리(II) 오수화물($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)을 가열하면 물 분자가 빠져나가 흰색의 황산 구리(II)(CuSO_4)가 된다.
$$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(s) + 5\text{H}_2\text{O}(l)$$
- 흰색의 황산 구리(II)에 물을 떨어뜨리면 파란색의 황산 구리(II) 오수화물이 된다.
- 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응은 가역 반응이다.

05 답 ②, ⑤
② 석회 동굴과 종유석의 생성 반응은 가역 반응이다.
⑤ 파란색의 황산 구리(II) 오수화물을 가열하면 흰색의 황산 구리(II)가 되고, 흰색의 황산 구리(II)에 물을 떨어뜨리면 파란색의 황산 구리(II) 오수화물이 된다. 따라서 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응은 가역 반응이다.
오답 피하기 ① 뷰테인의 연소는 비가역 반응이다.
③ 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응은 비가역 반응이다.
④ 염산과 아연의 반응은 기체가 발생하는 비가역 반응이다.

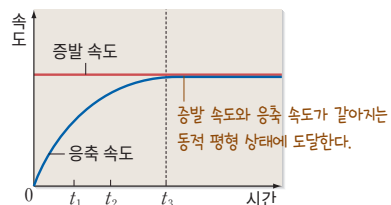
06 답 ②
ㄴ. 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
오답 피하기 ㄱ. 동적 평형 상태에서는 겉보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만 정반응과 역반응이 모두 일어나고 있다.
ㄷ. 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양은 변하지 않지만 반응물과 생성물의 양은 같지 않다.

07 답 ②
ㄷ. 동적 평형 상태에 도달한 후 시간이 지나도 용기 속 물의 양과 수증기의 양은 일정하다.
오답 피하기 ㄱ. 일정한 온도에서 물이 일정한 속도로 증발하여 동적 평형 상태에 도달하므로 물의 질량은 100 g보다 작다.
ㄴ. 동적 평형 상태에서는 물의 증발과 수증기의 응축이 같은 속도로 일어난다.

08 답 ④
④ 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도가 일정하다.
오답 피하기 ①, ② 화학 평형 상태에서는 겉보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
③ 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물이 함께 존재한다.
⑤ 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도가 일정하지만 반응물과 생성물의 양은 같지 않다.

09 답 ③

자료 분석 ④ 동적 평형 상태



- 증발 속도는 t_1 에서와 t_2 에서가 같고, 응축 속도는 t_2 에서가 t_1 에서보다 빠르다. → 물의 양은 t_1 에서가 t_2 에서보다 크다.
- t_3 이후 증발 속도와 응축 속도가 같다. → 동적 평형 상태이다.

ㄱ. 용기 속 물의 양은 동적 평형 상태에 도달하기 전까지 점점 감소하다가 동적 평형 상태에 도달하면 일정해진다. 따라서 물의 양은 t_1 에서가 t_2 에서보다 크다.

ㄷ. t_3 이후 동적 평형 상태이므로, 증발 속도와 응축 속도가 같다.
오답 피하기 ㄴ. t_3 에서는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같다.

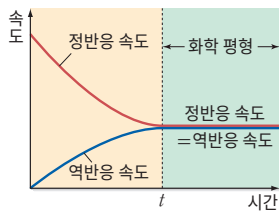
10

답 ⑤

ㄱ. (나)에서 (다)로 될 때 적갈색이 점점 없어지므로 (나)에서 정반응 속도인 v_1 이 역반응 속도인 v_2 보다 빠르다.
 ㄴ. (다) 이후 적갈색이 더 이상 없어지지 않고 일정하게 유지되므로 화학 평형 상태이다. 따라서 (다)에서 정반응 속도인 v_1 과 역반응 속도인 v_2 가 같다.
 ㄷ. (다)는 화학 평형 상태이므로 (다) 이후 반응물인 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도와 생성물인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하다.

개념 더하기 사산화이질소(N_2O_4)의 생성과 분해 반응

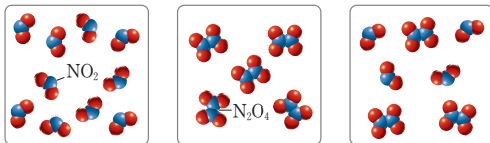
- 일정한 온도에서 강철 용기에 이산화 질소(NO_2)를 넣고 반응시킬 때 화학 반응식은 $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 이다.
- 정반응 속도: 반응 초기에는 정반응 속도가 빠르지만 시간이 지나면 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도가 감소하므로 정반응 속도가 점점 느려진다.
- 역반응 속도: 반응 초기에는 역반응이 거의 일어나지 않다가 시간이 지나면 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도가 증가하므로 역반응 속도가 점점 빨라진다.
- 시간이 충분히 지나면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아져 화학 평형에 도달한다.



11

답 ⑤

자료 분석 화학 평형 상태와 입자 모형



- (가)에서 (다)가 될 때는 $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 정반응이 우세하게 진행된다.
- (나)에서 (다)가 될 때는 $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 역반응이 우세하게 진행된다.
- (다)는 화학 평형 상태로 정반응 속도와 역반응 속도가 같으며, $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도가 일정하게 유지된다.

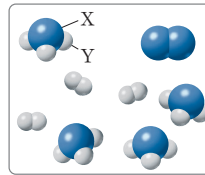
ㄱ. (가)에서 (다)가 될 때 $\text{NO}_2(g)$ 의 양이 감소하므로 $\text{NO}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 생성하는 정반응이 우세하게 진행된다.
 ㄴ. (다)는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하다.

ㄷ. (가)에서 (다)가 될 때와 (나)에서 (다)가 될 때 동일한 화학 평형 상태에 도달하였다. 따라서 반응 조건이 같으면 (가)와 (나)는 같은 화학 평형 상태에 도달한다.

12

답 ③

자료 분석 화학 평형 상태

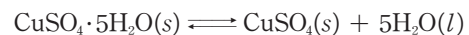


- 생성물인 $\text{XY}_3(g)$ 를 넣어 반응시켰으므로 역반응이 우세하게 진행된다.
- $\text{XY}_3(g)$ 2개가 반응하여 $\text{X}_2(g)$ 1개, $\text{Y}_2(g)$ 3개가 생성되면서 평형 I에 도달한다.

ㄱ. $\text{XY}_3(g)$ 는 생성물이고, 용기에 $\text{XY}_3(g)$ 를 넣고 반응시켰으므로 평형 I에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다.
 ㄴ. I에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
오답 피하기 ㄷ. I 이후에도 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 $\text{XY}_3(g)$ 의 농도는 일정하다.

13

(1) 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응은 가역 반응이므로 $\rightleftharpoons$ 를 이용하여 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



(2) 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응은 가역 반응이므로 흰색의 황산 구리(II)에 물을 떨어뜨리면 물과 결합하여 파란색의 황산 구리(II) 오수화물이 생성된다.

예시 답안 다시 파란색으로 변한다. 흰색의 황산 구리(II)가 물과 결합하여 파란색의 황산 구리(II) 오수화물을 생성하는 반응은 가역 반응이기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
흰색 결정에 물을 떨어뜨렸을 때 나타나는 결과를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
흰색 결정에 물을 떨어뜨렸을 때 나타나는 결과만 옳게 쓴 경우	50

14

강철 용기에 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣었을 때 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 이며, 이 반응은 가역 반응이다. ㉠은 화학 평형 상태로 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 용기 속 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하게 유지된다.

예시 답안 $\text{NO}_2(g)$ 가 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 로 되는 반응은 가역 반응이다. ㉠은 화학 평형 상태로 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 일정하게 유지된다.

채점 기준	배점(%)
화학 평형 상태의 성질을 이용하여 ㉠에서 농도가 일정하게 유지되는 까닭을 옳게 설명한 경우	100
㉠이 화학 평형 상태라고만 설명한 경우	50

10장 평형 상수와 반응의 진행 방향 예측

탐구 확인문제

115쪽

01 (1) × (2) × (3) ○ 02 ㄱ, ㄴ

01

㉡ (1) × (2) × (3) ○

(1) 처음 농도에 따라 평형 농도는 다르다.

(2), (3) 일정한 온도에서 평형 농도가 달라도 $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$ 의 값은 일정하지만 $\frac{[N_2O_4]}{2 \times [NO_2]}$ 의 값은 다르다.

02

㉡ ㄱ, ㄴ

ㄱ, ㄴ. 평형 상수(K)는 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로, 평형 상수식에 각 물질의 평형 농도(M)를 넣어 구한다.

오답 피하기 ㄷ. 평형 상수는 반응물의 초기 농도에 관계없이 일정하다.

기본 탄탄 문제

117쪽

01 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

02 (1) $\frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]}$ (2) $\frac{[H^+][NO_3^-]}{[HNO_3]}$ (3) $\frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$ 03 0.01 04 (1) 반응 지수(Q) (2) 정반응 (3) 생성물 (4) 같다

05 (1) 1 (2) 정반응

01

㉡ (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

(1) 평형 상수는 화학 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로 나타낸다.

(2) 정반응과 역반응의 화학 반응식은 서로 다르므로 평형 상수식이 달라진다. 정반응의 평형 상수와 역반응의 평형 상수는 서로 다르며 역수의 관계이다.

(3) 평형 상수가 1보다 매우 큰 반응은 화학 평형 상태에서 생성물의 양이 반응물의 양보다 크고, 평형 상수가 1보다 매우 작은 반응은 화학 평형 상태에서 반응물의 양이 생성물의 양보다 크다.

(4) 일정한 온도에서 평형 상수는 반응물의 초기 농도에 관계없이 일정한 값을 갖는다.

02

㉡ (1) $\frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]}$ (2) $\frac{[H^+][NO_3^-]}{[HNO_3]}$ (3) $\frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$

평형 상수는 화학 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로 나타낸다.

03

㉡ 0.01

화학 반응에서 생성물인 $H_2(g)$ 와 $F_2(g)$ 의 평형 농도(M)가 각각 0.1이므로 평형에 도달할 때까지 생성된 $H_2(g)$ 와 $F_2(g)$ 의 양

(mol)은 각각 0.1이다. 화학 반응식의 계수비가 $HF : H_2 : F_2 = 2 : 1 : 1$ 이므로 반응한 $HF(g)$ 의 양(mol)은 0.2이다. 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2HF(g) \rightleftharpoons H_2(g) + F_2(g)$		
초기 양(mol)	1.2	0	0
반응 양(mol)	-0.2	+0.1	+0.1
평형 양(mol)	1	0.1	0.1

강철 용기의 부피가 1 L이므로 $HF(g)$, $H_2(g)$, $F_2(g)$ 의 평형 농도(M)는 각각 1, 0.1, 0.1이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[H_2][F_2]}{[HF]^2} = \frac{0.1 \times 0.1}{1^2} = 0.01$ 이다.

04

㉡ (1) 반응 지수(Q) (2) 정반응 (3) 생성물 (4) 같다

(1) 반응 지수(Q)는 관찰하는 시점에서 반응물과 생성물의 농도(M)를 평형 상수식에 넣어 계산한 값이다.

(2), (3) 일정한 온도에서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으면 정반응이 우세하게 진행된다. 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크면 역반응이 우세하게 진행되므로 생성물의 농도가 감소한다.

(4) 일정한 온도에서 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으면 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

05

㉡ (1) 1 (2) 정반응

(1) $H_2(g)$, $I_2(g)$, $HI(g)$ 의 현재 농도는 모두 $\frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$

이므로 반응 지수(Q)는 $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.1^2}{0.1 \times 0.1} = 1$ 이다.

(2) $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

실력 꼭꼭 문제

118~121쪽

01 ⑤

02 ③

03 ③

04 ②

05 ⑤

06 ①

07 ⑤

08 ②

09 ③

10 ③

11 ④

12 ②

단답형·서술형 문제

13 (1) $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ (2) 해설 참조

14 (1) (다) → (나) → (가) (2) 해설 참조 15 (1) 2 (2) 해설 참조

16 해설 참조

01

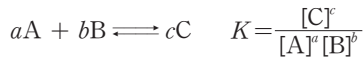
㉡ ⑤

ㄱ, ㄷ. 평형 상수(K)는 화학 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로, 온도에 의해 달라진다.

ㄴ. 평형 상수(K)를 이용하면 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 양을 비교할 수 있다.

개념 더하기 ④ 평형 상수(K)의 특징

- 평형 상수는 화학 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비이다.
- A와 B가 반응하여 C가 생성되는 반응의 평형 상수(K)는 다음과 같다.



([A], [B], [C]는 각 물질의 평형 농도)

- 평형 상수는 온도가 일정하면 처음 농도와 관계없이 일정한 값을 갖는다.
- 순수한 고체나 액체는 반응 전후 농도 변화가 없으므로 평형 상수식에 나타내지 않는다.

02

답 ③

ㄱ. 강철 용기에 반응물인 A(g)와 B(g)를 넣고 반응시켰으므로 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 A(g)와 B(g)의 양은 점점 감소하고, C(g)의 양은 점점 증가하므로 $\frac{[C]}{[A][B]^2}$ 값은 점점 증가한다.

ㄴ. 평형에 도달하면 A(g)~C(g)의 농도(M)는 모두 일정하다. 따라서 $\frac{[C]}{[A][B]^2}$ 값은 일정하다.

오답 피하기 ㄴ. 평형에 도달할 때까지 정반응만 일어나는 것이 아니라 역반응도 일어난다.

03

답 ③

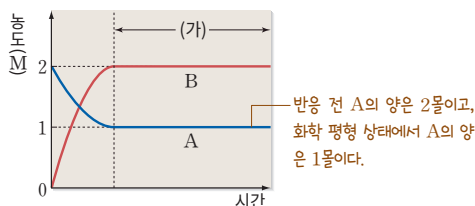
- 학생 A: 화학 평형 상태에서 반응물인 X(g)와 생성물인 Y(g)의 농도가 일정하다.
- 학생 B: X(g)와 Y(g)의 농도가 일정하므로 용기 속 전체 기체의 양도 일정하게 유지된다.

오답 피하기 • 학생 C: 화학 평형 상태에서 X(g)와 Y(g)의 농도가 일정하므로 $\frac{[Y]}{[X]}$ 값은 일정하다.

04

답 ②

자료 분석 ④ 화학 평형과 반응 계수 구하기



- 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 양은 1몰이고, 생성된 B(g)의 양은 2몰이다.
- 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이다. → 화학 반응식의 A와 B의 계수 비는 1 : 2이다.
- (가)는 화학 평형 상태이다.

ㄴ. (가)는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

오답 피하기 ㄱ. 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 반응 계수 b는 2이고, 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{1} = 4$ 이다. 따라서 이 반응의 평형 상수(K)는 1보다 크다.

ㄴ. 온도가 일정하면 반응물의 초기 농도에 관계없이 평형 상수는 같다.

05

답 ⑤

(가)의 평형 상수(K₁)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{2 \times 2} = 1$ 이고, (나)의 평형 상수(K₂)는 $\frac{[D]^2}{[A][C]^2} = \frac{2^2}{2 \times 1^2} = 2$ 이다.

06

답 ①

ㄱ. 평형 상수(K)는 $\frac{[B][C]}{[A]}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. 가역 반응이므로 넣어 준 A(g)가 모두 생성물로 되지 않아 생성물인 B(g)의 양(mol)은 x보다 작다.

ㄴ. 일정한 온도에서 평형 상수(K)는 반응물의 초기 농도에 관계없이 일정한 값을 가진다.

07

답 ⑤

ㄱ. 꼭지를 열어 A(g)와 B(g)가 반응하여 평형에 도달할 때 반응한 A(g)의 양(mol)을 x라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftharpoons$	C(g)
초기 양(mol)	0.3		0.4		0
반응 양(mol)	-x		-x		+x
평형 양(mol)	0.3-x		0.4-x		x

평형에 도달했을 때 전체 기체의 양(mol)은 0.5이므로 $(0.3-x) + (0.4-x) + x = 0.5$ 이며 $x = 0.2$ 이다. 따라서 화학 평형 상태에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 0.1, 0.2, 0.2이다.

ㄴ. 화학 평형 상태에서 A(g)의 부피는 2 L이고 A(g)의 양(mol)이 0.1이므로 A(g)의 농도(M)는 0.05이다. 반응 전 A(g)의 부피는 1 L이므로 A(g)의 농도(M)는 0.3이다. 따라서 화학 평형 상태에서 A(g)의 농도(M)는 반응 전 A(g)의 농도(M)보다 작다.

ㄴ. 화학 평형 상태에서 용기의 부피가 2 L이므로 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.05, 0.1, 0.1이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.1}{0.05 \times 0.1} = 20$ 이다.

08

답 ②

ㄴ. 반응 지수(Q)는 평형 상수식에 현재의 농도(M)를 넣어 구한 값이므로, 그 값을 평형 상수(K)와 비교하면 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.

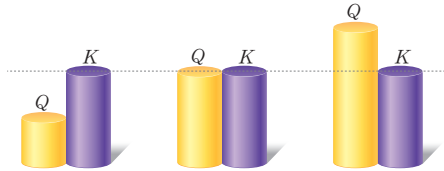
오답 피하기 ㄱ. 반응 지수는 평형 상수식에 현재 농도(M)를 대입하여 구하므로 물질의 농도에 따라 그 값이 다르다.

ㄷ. 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크면 생성물의 농도가 감소하는 역반응이 우세하게 진행된다.

09

답 ③

자료 분석 ③ 반응의 진행 방향 예측



- $Q < K$ 인 경우: Q가 커져 K와 같아지려면 반응물의 농도가 감소하고 생성물의 농도가 증가해야 한다. → 정반응이 우세하게 진행된다.
- $Q = K$ 인 경우: 화학 평형 상태이다. → 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
- $Q > K$ 인 경우: Q가 작아져 K와 같아지려면 반응물의 농도가 증가하고 생성물의 농도가 감소해야 한다. → 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄱ. (가)에서는 $Q < K$ 이므로 평형에 도달할 때까지 Q가 증가하는 방향으로 반응이 진행된다. 따라서 생성물의 농도가 증가하는 정반응이 우세하게 진행된다.

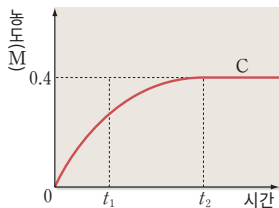
ㄴ. (나)에서는 $Q = K$ 이므로 화학 평형 상태이다. 따라서 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

오답 피하기 ㄷ. (다)에서는 $Q > K$ 이므로 평형에 도달할 때까지 Q가 감소하는 방향으로 반응이 진행된다. 따라서 생성물의 농도가 감소하는 역반응이 우세하게 진행된다.

10

답 ③

자료 분석 ③ 화학 평형과 평형상수



- 반응물인 A(g)와 B(g)를 각각 1몰씩 넣어 반응시켰을 때 생성된 C(g)의 양(mol)은 0.4이므로 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 0.2, 0.6이다.
- 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
초기 양(mol)	1	1	0
반응 양(mol)	-0.2	-0.6	+0.4
평형 양(mol)	0.8	0.4	0.4

ㄱ. t_2 일 때는 화학 평형 상태이고, A(g)의 양(mol)은 0.8, 부피가 1 L이므로 A의 농도(M)는 0.8이다.

ㄷ. A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.8, 0.4, 0.4이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{0.4^2}{0.8 \times 0.4^3} = \frac{25}{8}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. t_1 일 때는 평형에 도달하기 전이고 t_1 이후 C(g)의 농도(M)가 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 t_1 에서는 $Q < K$ 이므로 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3}$ 은 t_1 에서 t_2 에서보다 작다.

11

답 ④

생성물인 C(g)의 농도(M)가 0에서 1.6으로 증가하고 강철 용기의 부피가 1 L이므로 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 모두 0.8이다. 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

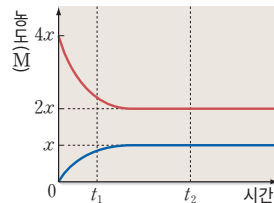
	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
초기 양(mol)	1.2	z	0
반응 양(mol)	-0.8	-0.8	+1.6
평형 양(mol)	y	0.1	1.6

A(g)의 양(mol)에서 $1.2 - 0.8 = y$ 이고, B(g)의 양(mol)에서 $z - 0.8 = 0.1$ 이므로 $y = 0.4$, $z = 0.9$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1.6^2}{0.4 \times 0.1} = 64$ 이므로, $x = 64$ 이다.

12

답 ②

자료 분석 ③ 화학 평형과 반응의 진행 방향



평형에 도달할 때까지 반응한 양이 생성된 양의 2배이다.

- 넣어 준 X(g)의 초기 농도(M)는 $4x$ 이고, 평형에 도달할 때까지 감소한다.
- 반응한 물질의 농도(M)가 생성된 물질의 농도(M)의 2배이다. → X는 B이다.

ㄷ. t_1 에서는 역반응이 우세하게 진행되므로 $Q > K$ 이다. 따라서 $\frac{[B]^2}{[A]}$ 은 t_1 에서 t_2 에서보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. X는 B이다.

ㄴ. t_1 일 때 생성물인 B(g)의 농도가 점점 감소하다가 t_2 일 때 일정해진다. 따라서 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다.

13

(1) A(g)의 양은 감소하고, B(g)와 C(g)의 양은 증가하므로, A(g)는 반응물이고, B(g)와 C(g)는 생성물이다. 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 2 : 1$ 이므로 화학 반응식은 $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ 이다.

(2) 평형에 도달했을 때 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 0.4, 0.4, 0.2인데 강철 용기의 부피가 1 L이므로 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.4, 0.4, 0.2이다.

예시 답안 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.4, 0.4, 0.2이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2[C]}{[A]^2} = \frac{0.4^2 \times 0.2}{0.4^2} = 0.2$ 이다.

채점 기준	배점(%)
평형 상수를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
평형 상수만 옳게 쓴 경우	50

14

(1) 반응 시간에 따라 A(g)와 B(g)의 양은 감소하고, C(g)의 양은 증가한다. 따라서 반응 시간 순서는 (다) → (나) → (가)이다.
(2) (가)~(다) 중 화학 평형 상태가 존재하는데 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응시켰으므로 생성물인 C(g)가 가장 많은 (가)가 화학 평형 상태이다.

예시 답안 (가)는 화학 평형 상태이므로, A(g)~C(g)의 평형 농도(M)를 각각 3n, 2n, 6n이라고 하면 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(6n)^2}{3n \times 2n} = 6$ 이다.

채점 기준	배점(%)
평형 상수를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
평형 상수만 옳게 쓴 경우	50

15

(1) C(s) 1몰, CO₂(g) 1몰을 넣고 반응시켜 CO(g) 1몰이 생성되므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	C(s)	+	CO ₂ (g)	↔	2CO(g)
초기 양(mol)	1		1		0
반응 양(mol)	-0.5		-0.5		+1
평형 양(mol)	0.5		0.5		1

강철 용기의 부피가 1 L이므로 CO₂(g)와 CO(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.5, 1이다. C(s)는 고체로 평형 상수식에 포함하지

않으므로 평형 상수(K)는 $\frac{[CO]^2}{[CO_2]} = \frac{1^2}{0.5} = 2$ 이다.

(2) CO₂(g) 2몰, CO(g) 2몰을 강철 용기에 넣었을 때 반응 지수(Q)를 구하여 반응의 진행 방향을 판단한다. 이때 C(s)는 고체이므로 평형 상수식에 포함하지 않는다.

예시 답안 정반응이 우세하게 진행된다. 2 L의 강철 용기에 CO₂(g) 2몰, CO(g) 2몰을 넣었으므로, CO₂(g)와 CO(g)의 현재 농도(M)는 모두 1이다. 따라서 반응 지수(Q)는 $\frac{[CO]^2}{[CO_2]} = \frac{1^2}{1} = 1$ 이고, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점(%)
반응의 진행 방향을 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
반응의 진행 방향만 옳게 쓴 경우	50

16

(가)에서 반응 지수(Q)는 $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.8^2}{0.4 \times 0.1} = 16$ 이다. $Q = K$ 이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

(나)에서 반응 지수(Q)는 $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.4^2}{0.2 \times 0.1} = 8$ 이다. $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

(다)에서 반응 지수(Q)는 $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.6^2}{0.1 \times 0.2} = 18$ 이다. $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

예시 답안 (가)에서는 현재 상태가 유지된다. (나)에서는 정반응이 우세하게 진행된다. (다)에서는 역반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점(%)
(가)~(다)의 반응의 진행 방향을 모두 옳게 쓴 경우	100
(가)~(다)의 반응의 진행 방향 중 2가지만 옳게 쓴 경우	60
(가)~(다)의 반응의 진행 방향 중 1가지만 옳게 쓴 경우	30



122~125쪽

01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ③ 07 ②
08 ① 09 ③ 10 ① 11 ① 12 ④

단답형·서술형 문제

13 해설 참조 14 (1) 1 (2) 해설 참조 15 $\frac{16}{27}$ 16 (1) 4, 2
(2) 해설 참조 17 해설 참조

01

답 ③

(가)와 (라)는 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이고, (나)와 (다)는 한 방향으로만 반응이 일어나는 비가역 반응이다.

02

답 ④

ㄴ. 화학 평형 상태에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 농도는 일정하게 유지된다.

ㄷ. 온도가 같으면 반응물 대신 생성물을 넣고 반응시켜도 같은 화학 평형 상태에 도달한다.

오답 피하기 ㄱ. 화학 반응식의 계수비는 평형에 도달할 때까지 반응한 물질의 반응 몰비를 의미한다. 화학 평형 상태에서 각 물질의 양(mol)은 평형 상수(K)를 이용하여 알 수 있다.

03

답 ②

ㄷ. 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 NH₃(g)의 생성 속도와 분해 속도는 같다.

오답 피하기 ㄱ. 정반응은 N₂(g)와 H₂(g)가 반응하여 NH₃(g)를 생성하는 반응이므로 N₂(g)만 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

ㄴ. 화학 반응식의 계수비는 평형에 도달할 때까지 반응한 물질의 반응 몰비를 의미한다. 화학 평형 상태에서 각 물질의 양(mol)은 화학 반응식의 계수로 알 수 없다.

04

답 ③

ㄱ. (나)는 물질의 농도가 일정하게 유지되므로 화학 평형 상태이다. (가)에서는 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. (가)에서는 정반응이 우세하게 진행되고, 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 용기 속 전체 기체의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. (나)는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

05

답 ③

ㄱ. $\text{Br}_2(l)$ 의 증발 속도는 일정하고, $\text{Br}_2(g)$ 의 응축 속도는 용기 속 $\text{Br}_2(g)$ 분자 수에 비례한다. 따라서 (가)에서 $\text{Br}_2(l)$ 의 증발 속도는 $\text{Br}_2(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다.

ㄴ. (다)는 동적 평형 상태이므로 $\text{Br}_2(g)$ 의 농도(M)는 일정하게 유지된다.

오답 피하기 ㄴ. (다)에서 적갈색이 일정하게 유지되므로 $\text{Br}_2(l)$ 의 증발 속도와 $\text{Br}_2(g)$ 의 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다. (나)는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 용기 속 $\text{Br}_2(g)$ 의 양(mol)은 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

06

답 ③

ㄱ. 반응 초기에 A(g)를 넣어 반응시키므로 반응 초기부터 t까지 정반응이 우세하게 진행된다.

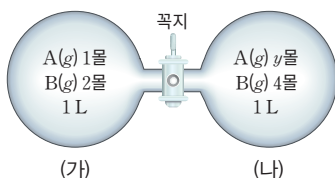
ㄴ. 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]}$ 이고, 평형 농도는 $[A] > [B]$ 이다. 따라서 $K < 1$ 이므로 $x < 1$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. t일 때 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

07

답 ②

자료 분석 화학 평형과 평형 상수



• (가)에서 A(g)와 B(g)의 평형 농도(M)는 각각 1, 2이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{1} = 4$ 이다.

• 온도가 같으므로 (나)에서 평형 상수(K)는 4이다. $\rightarrow K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{4^2}{y} = 4$ 이므로 $y = 4$ 이다.

ㄴ. 꼭지를 연 직후 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 5, 6이고, 용기의 부피가 2 L이므로, A(g)와 B(g)의 농도(M)는 각각 2.5, 3이다. 따라서 반응 지수(Q)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{3^2}{2.5} = \frac{18}{5}$ 이고, $Q < K$ 이므로, 꼭지를 열면 정반응이 우세하게 진행된다.

오답 피하기 ㄱ. (가)에서 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{1} = 4$ 이므로 $x = 4$ 이다.

ㄴ. 온도가 같으면 평형 상수(K)는 같다. (나)에서 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{4^2}{y} = 4$ 이므로 $y = 4$ 이다.

08

답 ①

A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 2, 1, y이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{y^2}{2 \times 1^3} = 2$ 이므로 $y = 2$ 이다. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 C(g)의 농도(M)가 2만큼 증가하고, 강철 용기의 부피가 1 L이므로 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 1, 3이다. 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

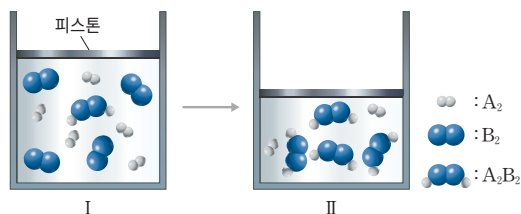
	$\text{A(g)} + 3\text{B(g)} \rightleftharpoons 2\text{C(g)}$		
초기 양(mol)		x	0
반응 양(mol)	-1	-3	+2
평형 양(mol)	2	1	2

B(g)의 양(mol)에서 $x - 3 = 1$ 이므로 $x = 4$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{4}{2} = 2$ 이다.

09

답 ③

자료 분석 화학 평형 상태



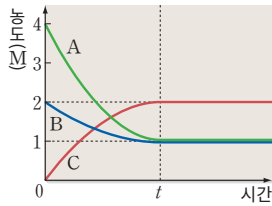
- 반응물은 A_2 , B_2 이고, 생성물은 A_2B_2 이다. $\rightarrow$ 화학 반응식을 완성하면 $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightleftharpoons \text{A}_2\text{B}_2$ 이다.
- I에서 II로 될 때 반응물 A_2 의 수는 5에서 2로 3만큼 감소하고, 생성물 A_2B_2 의 수는 1에서 4로 3만큼 증가한다. $\rightarrow$ 반응 몰비는 $\text{A}_2 : \text{A}_2\text{B}_2 = 1 : 1$ 이다.

ㄱ. I에서 II로 될 때 반응물의 양이 감소하고 생성물의 양이 증가하므로 I에서 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. II는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

오답 피하기 ㄴ. 화학 반응식에서 A_2 와 B_2 의 반응 몰비가 같으므로 I에서 II로 될 때 B_2 의 수는 3만큼 감소한다. 따라서 II에서 B_2 의 수는 1이므로 물질의 양(mol)은 A_2 가 B_2 의 2배이다.

자료 분석 화학 평형과 물질의 농도



- 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)와 B(g)의 농도(M)는 각각 3, 1만큼 감소하고, C(g)의 농도(M)는 2만큼 증가한다.
- 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A]^3[B]} = \frac{2^2}{1^3 \times 1} = 4$ 이다.

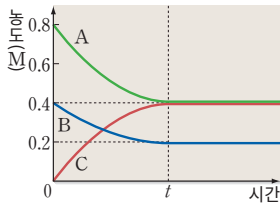
7. t에서 각 물질의 농도가 일정하게 유지되므로 화학 평형 상태이며, 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

오답 피하기 8. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응 농도비는 A : B : C = 3 : 1 : 2이고, 반응 농도비는 반응 몰비와 같으므로 반응 계수비는 a : b : c = 3 : 1 : 2이다. 따라서 a + b + c = 6이다. 9. t에서 A(g)~C(g)의 농도(M)는 각각 1, 1, 2이고, 강철 용기의 부피가 일정하므로 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

11

답 ①

자료 분석 반응 지수와 평형 상수



- 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 0.4, 0.2이고, 생성된 C(g)의 양(mol)은 0.4이다.
- 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.4^2}{0.4^2 \times 0.2} = 5$ 이다.

반응 농도비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이고, 반응 농도비는 반응 몰비와 같으므로 반응 계수비는 a : 1 : c = 2 : 1 : 2이다. 따라서 a = c = 2이다. t일 때 화학 평형 상태이므로 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)는 같고, 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.4^2}{0.4^2 \times 0.2} = 5$ 이다. 따라서 x = 5이고, $\frac{a+c}{x} = \frac{2+2}{5} = \frac{4}{5}$ 이다.

12

답 ④

8. (가)에서 (나)로 될 때 생성된 C(g)의 양(mol)이 0.6이므로 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 0.2, 0.4이다. 따라서 (나)에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 1.8, 1.6이므로 x + y = 1.8 + 1.6 = 3.4이다.

9. (나)에서 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 1.8, 1.6, 2.6이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^3}{[A][B]^2} = \frac{2.6^3}{1.8 \times 1.6^2} > 1$ 이다.

오답 피하기 7. (가)에서 (나)로 될 때 C(g)의 양(mol)이 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 (가)에서 반응 지수(Q) < 평형 상수(K)이므로 $\frac{\text{반응 지수}(Q)}{\text{평형 상수}(K)} < 1$ 이다.

13

반응 초기에는 무색의 N₂O₄(g)가 반응하여 적갈색의 NO₂(g)를 생성하는 정반응이 우세하게 진행되다가 평형에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다.

예시 답안 적갈색이 진해지다가 일정하게 유지된다. 기체 분자 수가 증가하다가 일정해진다. 전체 기체의 농도가 증가하다가 일정해진다. 등

채점 기준	배점(%)
평형에 도달할 때까지의 변화를 2가지 모두 옳게 쓴 경우	100
평형에 도달할 때까지의 변화를 1가지만 옳게 쓴 경우	50

14

- (1) 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A]^a[B]^2} = \frac{2^2}{2^a \times 1^2} = 2$ 이므로 a = 1이다.
 (2) 반응 지수(Q) < 평형 상수(K)이면 정반응이 우세하게 진행되고, 반응 지수(Q) > 평형 상수(K)이면 역반응이 우세하게 진행된다.

예시 답안 정반응이 우세하게 진행된다. A(g)~C(g)의 농도(M)가 각각 3, 2, 3일 때 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{3^2}{3 \times 2^2} = \frac{3}{4}$ 이다. Q < K이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점(%)
반응의 진행 방향을 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
반응의 진행 방향만을 옳게 쓴 경우	50

15

 $\frac{16}{27}$

반응 초기에 반응물인 A(g)와 B(g)만 존재하므로 평형에 도달할 때까지 생성된 C(g)의 양(mol)을 2x라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	3B(g)	$\rightleftharpoons$	2C(g)
초기 양(mol)	1		3		0
반응 양(mol)	-x		-3x		+2x
평형 양(mol)	1-x		3-3x		2x

평형에 도달했을 때 $\frac{\text{B(g)의 양(mol)}}{\text{C(g)의 양(mol)}} = \frac{3-3x}{2x} = \frac{3}{2}$ 이므로 x = 0.5이다. 따라서 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.5, 1.5, 1이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{1^2}{0.5 \times 1.5^3} = \frac{16}{27}$ 이다.

자료 분석 화학 반응식과 평형 상수

반응	화학 반응식	평형 농도(M)
(가)	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$	$[A]=1, [B]=1, [C]=2$
(나)	$B(g) + 2C(g) \rightleftharpoons 2D(g)$	$[B]=2, [C]=1, [D]=2$

• (가)의 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{1 \times 1} = 4$ 이다.

• (나)의 평형 상수(K)는 $\frac{[D]^2}{[B][C]^2} = \frac{2^2}{2 \times 1^2} = 2$ 이다.

- (1) (가)의 평형 상수(K)는 4이고, (나)의 평형 상수(K)는 2이다.
 (2) 용기의 부피를 2 L로 늘리면 농도는 절반이 된다. 따라서 (가)에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 농도(M)는 각각 0.5, 0.5, 1이고, (나)에서 $B(g) \sim D(g)$ 의 농도(M)는 각각 1, 0.5, 1이다.

예시 답안 (가)의 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1^2}{0.5 \times 0.5} = 4$ 이고, $Q = K$ 이므로 화학 평형 상태를 유지한다. (나)의 반응 지수(Q)는 $\frac{[D]^2}{[B][C]^2} = \frac{1^2}{1 \times 0.5^2} = 4$ 이고, $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점(%)
반응의 진행 방향과 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
반응의 진행 방향만을 옳게 쓴 경우	50

17

$A(g) \sim C(g)$ 의 평형 농도(M)는 각각 0.8, 1.8, 0.4이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.4^2}{0.8 \times 1.8} = \frac{1}{9}$ 이다.

예시 답안 생성된 $C(g)$ 의 양(mol)을 $2y$ 라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$B(g)$	$\rightleftharpoons$	$2C(g)$
초기 양(mol)	1		x		0
반응 양(mol)	$-y$		$-y$		$+2y$
평형 양(mol)	$1-y$		$x-y$		$2y$

$\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{C(g) \text{의 양(mol)}} = 2$ 이므로 $\frac{1-y}{2y} = 2$, $y = 0.2$ 이다. $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 0.8, $x - 0.2$, 0.4인데, 전체 기체의 양(mol)이 3이므로 $x = 2$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.4^2}{0.8 \times 1.8} = \frac{1}{9}$ 이므로 $a = \frac{1}{9}$ 이다. 따라서 $\frac{x}{a} = 18$ 이다.

채점 기준	배점(%)
$\frac{x}{a}$ 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
$\frac{x}{a}$ 만 옳게 쓴 경우	50

11장 농도·압력 변화와 화학 평형 이동

129쪽

탐구 확인문제

01 (1) × (2) × (3) ○ 02 L

01

답 (1) × (2) × (3) ○

- (1) 과정 ①의 수용액에는 $Cr_2O_7^{2-}$ 과 CrO_4^{2-} 이 함께 존재한다.
 (2) 과정 ①의 수용액에 $KOH(aq)$ 을 첨가하면 OH^- 이 H^+ 과 반응하여 H^+ 의 농도가 감소하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 수용액은 점점 노란색을 띤다.
 (3) 과정 ②의 수용액에 $HCl(aq)$ 을 첨가한 직후에는 생성물인 H^+ 의 농도가 증가하므로 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 크다.

02

답 L

L. 염화 나트륨($NaCl$) 포화 수용액에 진한 염산(HCl)을 떨어뜨리면 생성물인 Cl^- 의 농도가 증가하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 흰색 고체인 $NaCl(s)$ 이 석출된다.

오답 피하기 ㄱ, ㄷ. 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $NaCl(s)$ 이 석출되므로 $NaCl(aq)$ 의 농도는 감소한다.

탐구 확인문제

130쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × 02 ㉠ 정반응, ㉡ 역반응

01

답 (1) × (2) ○ (3) ×

- (1) 주사기 속에는 적갈색을 띠는 이산화 질소(NO_2)와 무색을 띠는 사산화 이질소(N_2O_4)가 함께 존재한다.
 (2) 과정 ②에서 피스톤을 누른 순간 기체의 양은 일정하고 부피가 감소하므로 기체의 농도는 증가한다.
 (3) 과정 ②에서 피스톤을 누른 직후 각 물질의 농도가 증가하므로 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작아진다.

02

답 ㉠ 정반응, ㉡ 역반응

㉠은 압력을 높인 것이므로 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하고, ㉡은 압력을 낮춘 것이므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

기본 탄탄 문제

131쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 02 (1) ○ (2) ○ (3) ×
 03 (1) 정반응 (2) 역반응 (3) 이동하지 않음. 04 (1) ○ (2) ○ (3) × 05 (1) 주황색 (2) 커 (3) 정반응 (4) 증가

(1) 화학 평형 상태에서 농도, 압력, 온도가 달라지면 평형이 깨지고 정반응 또는 역반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

(2) 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 반응물을 첨가하면 반응물의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(3) 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 생성물을 제거하면 생성물의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(4) 평형 상수는 온도에 의해서만 결정되므로 일정한 온도에서 화학 평형 상태에 있는 반응에 반응물을 첨가하여 새로운 평형에 도달한 경우 평형 상수는 변하지 않는다.

02

답 (1) ○ (2) ○ (3) ×

(1), (2) 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 압력을 높이면 압력을 낮추는 방향으로 평형이 이동하고, 압력을 낮추면 압력을 높이는 방향, 즉 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향으로 평형이 이동한다.

(3) $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 반응에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같다. 이 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 압력을 높여도 평형이 이동하지 않는다.

03

답 (1) 정반응 (2) 역반응 (3) 이동하지 않음.

(1) 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 압력을 낮추면 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(3) 정반응과 역반응에서 전체 기체 분자 수가 변하지 않으므로 압력을 낮춰도 평형이 이동하지 않는다.

04

답 (1) ○ (2) ○ (3) ×

(1) (가)와 (다)에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

(2) (나)에서 반응물인 $N_2(g)$ 를 첨가했으므로 정반응이 우세하게 진행된다.

(3) (나)에서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작다.

05

답 (1) 주황색 (2) 커 (3) 정반응 (4) 증가

(1) $H_2SO_4(aq)$ 을 소량 첨가하면 생성물인 H^+ 을 첨가한 것과 같다. 따라서 생성물의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 증가하여 주황색이 진해진다.

(2) $HCl(aq)$ 을 소량 첨가하면 생성물인 H^+ 을 첨가한 것과 같으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 커진다.

(3) $NaOH(aq)$ 에는 OH^- 이 존재하므로 $NaOH(aq)$ 을 소량 첨가하면 OH^- 이 H^+ 과 반응한다. 생성물인 H^+ 의 농도가 감소하므로 생성물의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(4) $K_2Cr_2O_7(s)$ 을 소량 첨가하면 $Cr_2O_7^{2-}$ 을 첨가한 것과 같으므로 반응물의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 생성물인 CrO_4^{2-} 의 농도가 증가한다.

일찍 꼭꼭 문제

132 ~ 135쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ③ 05 ② 06 ③ 07 ①
08 ⑤ 09 ③ 10 ② 11 ② 12 ②

단답형·서술형 문제

13 $a+b > c+d$ 14 해설 참조 15 해설 참조 16 해설 참조
17 (1) 반응 지수(Q) < 평형 상수(K) (2) (다) > (가)

01

답 ⑤

ㄱ. $HCl(aq)$ 을 소량 첨가하면 H^+ 이 증가하여 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수용액은 주황색이 진해진다.

ㄴ. $NaOH(aq)$ 을 소량 첨가하면 OH^- 이 H^+ 과 반응하여 생성물인 H^+ 의 농도가 감소한다. 따라서 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수용액은 노란색이 진해진다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

02

답 ②

ㄴ. 생성물인 $PCl_3(g)$ 을 제거하면 $PCl_3(g)$ 의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

오답 피하기 ㄱ. 반응물인 $PCl_5(g)$ 을 제거하면 $PCl_5(g)$ 의 농도가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 생성물인 $Cl_2(g)$ 를 첨가하면 $Cl_2(g)$ 의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

개념 더하기 ⁺ 농도 변화와 화학 평형 이동

- 반응물을 첨가하면 반응물의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- 반응물을 제거하면 반응물의 농도가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- 생성물을 첨가하면 생성물의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- 생성물을 제거하면 생성물의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

03

답 ③

ㄱ. $A(g)$ 를 제거하면 $A(g)$ 의 농도가 증가하는 방향으로 평형이 이동하므로 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. $B(g)$ 를 첨가하면 역반응이 우세하게 진행되므로 $A(g)$ 의 농도는 증가한다.

오답 피하기 ㄷ. $A(g)$ 를 첨가해도 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

04

답 ③

ㄱ, ㄷ. 생성물인 $B(g)$ 를 첨가하면 첨가한 시점부터 새로운 평형에 도달할 때까지 $B(g)$ 의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 역반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향이므로 $A(g)$ 의 농도(M)와 전체 기체의 양(mol)은 평형 II에서가 I에서보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. 평형 I과 평형 II에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

05

답 ②

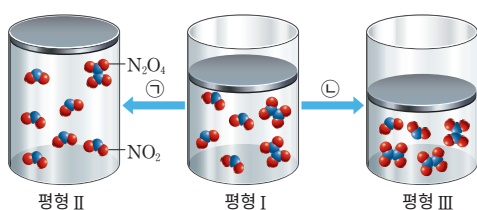
ㄷ. $A(g)$ 를 첨가해도 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

오답 피하기 ㄱ, ㄴ. $A(g)$ 를 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되므로 $C(g)$ 의 농도는 증가하고 $B(g)$ 의 농도는 감소한다. 따라서 $\frac{[C]}{[B]}$ 는 증가한다.

06

답 ③

자료 분석 압력 변화와 화학 평형 이동



- ㉠: NO_2 의 수가 증가하고 N_2O_4 의 수가 감소한다. → 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다.
- ㉡: NO_2 의 수가 감소하고 N_2O_4 의 수가 증가한다. → 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다.

ㄱ. ㉠에 의해 NO_2 분자 수가 증가하므로 평형 I에서 II에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 역반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향이므로 ‘압력 낮춤’은 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. ㉡에 의해 N_2O_4 분자 수가 증가하므로 평형 I에서 III에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다.

오답 피하기 ㄷ. 평형 I ~ III에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

07

답 ①

ㄱ. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

오답 피하기 ㄴ. 부피를 증가시키면 압력이 감소하므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 일정한 부피에서 헬륨(He)과 같은 비활성 기체를 넣으면 전체 압력은 증가하지만, 반응에 참여하는 각 기체의 농도는 변하지 않으므로 평형이 이동하지 않는다.

08

답 ⑤

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같다. 이 반응이 평형을 이루고 있을 때 부피를 절반으로 줄여 압력을 높여도 평형은 이동하지 않는다. 따라서 압력을 높여도 전체 기체 분자 수는 일정하다.

09

답 ③

$NH_3(g)$ 는 생성물이므로 $NH_3(g)$ 의 농도를 증가시키려면 정반응 쪽으로 평형이 이동해야 한다.

ㄱ. 반응물인 $N_2(g)$ 를 첨가하면 $N_2(g)$ 의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

오답 피하기 ㄴ. 반응물인 $H_2(g)$ 를 제거하면 $H_2(g)$ 의 농도가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

10

답 ②

ㄴ. (나)에서 (다)에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응이 우세하게 진행되므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

오답 피하기 ㄱ. (나)에서 압력을 증가시키면 정반응이 우세하게 진행되는 데 이는 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작기 때문이다.

ㄷ. (나)에서 (다)에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 전체 기체 분자 수는 (나)에서가 (다)에서보다 크다.

11

답 ②

ㄴ. $A(g)$ 를 첨가하면 $A(g)$ 의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $B(g)$ 의 양이 증가한다. 부피가 일정하므로 $B(g)$ 의 밀도는 증가한다.

오답 피하기 ㄱ. 비활성 기체인 아르곤(Ar)을 첨가해도 반응물과 생성물의 농도는 변하지 않으므로 평형은 이동하지 않는다.

ㄷ. 실린더의 부피를 $\frac{1}{2}V$ L로 감소시키면 압력이 증가하므로 전체 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 $A(g)$ 의 양은 증가하고, 부피는 $\frac{1}{2}V$ L이므로 $A(g)$ 의 농도는 2배보다 커진다.

12

답 ②

ㄷ. $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같으므로 압력을 높여도 평형이 이동하지 않는다. 헬륨(He)을 첨가하면 전체 기체의 부피가 증가하여 압력이 낮아지지만 평형이 이동하지 않으므로 $A(g)$ 의 양(mol)은 n 으로 일정하다.

오답 피하기 ㄱ. 압력을 높여도 평형은 이동하지 않으므로 $A(g)$ 의 양(mol)은 n 이다.

ㄴ. 부피를 증가시켜 압력이 낮아져도 평형은 이동하지 않으므로 $B(g)$ 의 양(mol)은 변하지 않는다.

13

답 $a+b > c+d$

압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향으로 평형이 이동한다. 압력을 높일 때 $C(g)$ 의 농도가 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 생성물의 계수 합은 반응물의 계수 합보다 작으므로 $a+b > c+d$ 이다.

14

(가)에서 $\text{CO}_2(g)$ 의 농도가 증가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물인 $\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$ 의 농도가 증가한다. (나)에서 반응물인 $\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$ 의 농도가 증가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 반응물인 $\text{CaCO}_3(s)$ 은 농도가 감소한다.

예시 답안 닭의 혈액에 이산화 탄소(CO_2)가 많이 녹아 있으면 (가)에서 반응물의 농도가 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 $\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$ 의 농도가 증가한다. $\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$ 의 농도가 증가하면 (나)에서 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 달걀 껍데기의 주성분인 탄산 칼슘(CaCO_3)이 분해되므로 달걀 껍데기는 얇아진다.

채점 기준	배점(%)
달걀 껍데기의 변화를 제시된 화학 반응을 이용하여 옳게 설명한 경우	100
달걀 껍데기의 변화만 옳게 쓴 경우	50

15

$\text{NaOH}(aq)$ 에는 OH^- 이 존재하므로 혼합 용액에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 소량 첨가하면 OH^- 이 H^+ 과 반응한다. 생성물인 H^+ 의 농도가 감소하므로 H^+ 의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

예시 답안 $\text{NaOH}(aq)$ 을 소량 첨가하면 OH^- 과 H^+ 이 반응하므로 생성물인 H^+ 의 농도가 감소한다. H^+ 의 농도가 감소하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 용액의 색은 점점 노란색으로 변한다.

채점 기준	배점(%)
혼합 용액의 색 변화를 화학 평형 이동을 이용하여 옳게 설명한 경우	100
혼합 용액의 색 변화만 옳게 쓴 경우	50

16

외부 압력을 2배로 증가시켜도 온도가 일정하면 평형 상수는 변하지 않는다.

예시 답안 $\frac{1}{20}$, 압력을 높이기 전 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 평형 농도(M)는 각각 $\frac{0.1}{8}$, $\frac{0.2}{8}$ 이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{\left(\frac{1}{40}\right)^2}{\frac{1}{80}} = \frac{1}{20}$ 이다. 온도가 일정할 때 평형 상수(K)는 변하지 않으므로, 외부 압력을 2배 증가시켜도 평형 상수(K)는 $\frac{1}{20}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
새로운 평형에서 평형 상수를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
새로운 평형에서 평형 상수만 옳게 쓴 경우	50

17

답 (1) 반응 지수(Q) < 평형 상수(K) (2) (다) > (가)
(1) (가)에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 평형 농도(M)를 각각 a , b 라고 하면 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{b}{a^2}$ 이다. (나)에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 농

도(M)는 각각 $2a$, $2b$ 이므로 반응 지수(Q)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{2b}{4a^2} = \frac{b}{2a^2}$ 이다. 따라서 반응 지수(Q) < 평형 상수(K)이다.

(2) (나)에서 (다)가 될 때 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 $A(g)$ 의 양(mol)은 감소하고, $B(g)$ 의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{[B]}{[A]}$ 는 (다) > (가)이다.

12장 온도 변화와 화학 평형 이동

탐구 확인문제

139쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × 02 ㄱ, ㄴ

01

답 (1) × (2) ○ (3) ×

(1) 염화 코발트(II) 수용액에는 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 과 $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ 이 함께 존재한다.

(2), (3) 과정 ①의 수용액을 가열하여 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수용액은 파란색이 진해진다.

02

답 ㄱ, ㄴ

ㄱ. 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응이 우세하게 진행되므로 용액은 파란색으로 변한다.

ㄴ. 얼음물에 넣어 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응이 우세하게 진행되므로 용액은 붉은색으로 변한다.

오답 피하기 ㄷ. 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물의 양이 반응물의 양보다 많아지므로 평형 상수(K)는 커진다.

기본 탄탄 문제

140쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × 02 (1) 역반응 (2) 역반응 03 (1) ○ (2) × 04 ㄴ 05 (1) ○ (2) × 06 (1) ○ (2) ×

01

답 (1) ○ (2) ○ (3) ×

(1), (2) 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 온도를 높이면 온도를 낮추는 방향인 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하고, 온도를 낮추면 온도를 높이는 방향인 발열 반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(3) 평형 상수는 온도에 의해 결정되므로 온도 변화에 의해 평형이 이동하면 평형 상수(K)는 변한다.

02

답 (1) 역반응 (2) 역반응

(1) 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

03

답 (1) ○ (2) ×

(1) 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 B(g)의 농도가 증가한다.

(2) 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 역반응이 일어나면 반응물의 농도는 증가하고 생성물의 농도는 감소하므로 평형 상수(K)는 작아진다.

04

답 L

L. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

오답 피하기 7. 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. $N_2(g)$ 를 제거하면 $N_2(g)$ 의 농도가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

05

답 (1) ○ (2) ×

(1) 폐에서는 산소 농도가 높으므로 헤모글로빈이 산소와 반응하여 산화 헤모글로빈을 생성한다.

(2) 고지대에서는 저지대에서도보다 산소 농도가 낮으므로 산화 헤모글로빈을 잘 생성하지 못한다.

06

답 (1) ○ (2) ×

(1) ㉠에서 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다.

(2) ㉡에서 생성물인 암모니아를 액체로 만들어 제거하면 정반응이 우세하게 진행되지만 온도가 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.

실력 꼭꼭 문제

141 ~ 143쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ① 07 ④
08 ⑤ 09 ①

단답형·서술형 문제

10 해설 참조 11 (1) 에너지 흡수 (2) 해설 참조

01

답 ⑤

7. 수용액의 색이 (가)에서는 붉은색, (나)에서는 파란색을 띠므로 붉은색을 띠는 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 의 농도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

L. 온도가 높을수록 파란색을 띠는 생성물 $[CoCl_4]^{2-}$ 의 농도가 크므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 에너지를

를 흡수하는 반응이므로 ‘에너지 흡수’는 ㉠으로 적절하다.

ㄷ. 높은 온도에서 수용액이 파란색을 띠므로, 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02

답 ②

L. 압력을 낮추면 전체 기체 분자 수가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

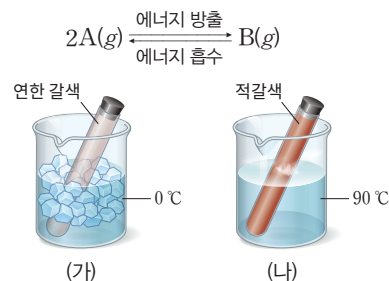
오답 피하기 7. 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 생성물인 $Cl_2(g)$ 를 첨가하면 생성물의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

03

답 ①

자료 분석 온도 변화에 따른 반응의 진행 방향



- 온도가 높을수록 에너지를 흡수하는 방향으로 평형이 이동한다.
→ 온도가 높을수록 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- 반응물인 A(g)는 적갈색을 띠고 생성물인 B(g)는 무색을 띤다.

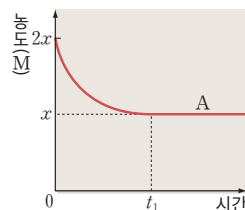
7. 온도가 높을수록 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 반응물인 A(g)는 적갈색을 띠고, 생성물인 B(g)는 무색을 띤다.

오답 피하기 L, ㄷ. (나)는 (가)보다 A(g)의 양(mol)이 많으므로 전체 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다. 또한 (나)는 (가)보다 반응물인 A(g)의 농도(M)가 크므로 평형 상수(K)는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

04

답 ②

자료 분석 온도 변화와 화학 평형 이동



- t_1 이후 A(g)의 농도(M)가 일정하게 유지된다. → t_1 일 때 평형에 도달한다.
- 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로, 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 양(mol)은 생성된 B의 양(mol)의 2배이다. → 화학 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 평형 농도(M)는 각각 x, 0.5x이다.

ㄷ. t_1 일 때 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물의 농도는 증가하고 반응물의 농도는 감소하므로 평형 상수(K)는 커진다. 따라서 t_1 일 때 온도를 낮추면 $\frac{[B]}{[A]}$ 는 a 보다 커진다.

오답 피하기 ㄱ. t_1 일 때 B(g)의 농도(M)는 $0.5x$ 이다.

ㄴ. t_1 일 때 온도를 높이면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A(g)의 농도(M)는 x 보다 커진다.

05

답 ⑤

ㄱ. 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A(g)의 양(mol)은 n 보다 커진다.

ㄴ. 온도를 높이면 전체 기체 부피가 증가하고, 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 B(g)의 양(mol)은 감소한다. 따라서 B(g)의 밀도는 감소한다.

ㄷ. 온도를 높이면 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물의 농도는 감소하고 반응물의 농도는 증가하므로 평형 상수(K)는 작아진다. 따라서 온도를 높이면 $\frac{[B][C]}{[A]}$ 는 작아진다.

06

답 ①

(가)에서 $H_2(g)$ 의 농도만 급격하게 증가하므로 (가)의 조건은 $H_2(g)$ 의 첨가이다. 평형 I에서 II에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되며, 평형 I과 II는 온도가 같으므로 평형 상수는 같다. 즉, $K_1=K_2$ 이다. (나)의 조건에 의해 생성물인 $NH_3(g)$ 의 농도는 감소하고 반응물인 $H_2(g)$ 와 $N_2(g)$ 의 농도가 증가하므로 역반응이 우세하게 진행된다. 에너지를 흡수하는 역반응이 우세하게 진행되므로 (나)의 조건은 온도를 높인 것이다. 따라서 평형 상수 K_3 는 K_1, K_2 보다 작으므로 $K_1=K_2>K_3$ 이다.

07

답 ④

ㄴ. 평형 I에서 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 생성물인 CaO(s)의 질량은 II에서가 I에서보다 크다.

ㄷ. 온도가 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물의 농도는 증가하고 반응물의 농도가 감소하므로 평형 상수(K)는 II에서가 I에서보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. 평형 I에서 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $CO_2(g)$ 의 양(mol)은 II에서가 I에서보다 크다. 따라서 $n < m$ 이다.

08

답 ⑤

C(g)의 수득률을 높이려면 정반응 쪽으로 평형을 이동시켜야 한다. 제시된 반응은 정반응 쪽이 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향이므로 압력이 높을수록 C(g)의 수득률이 높아진다. 또한 정반응이 에너지를 방출하는 반응이므로 온도가 낮을수록 C(g)의 수득률이 높아진다. 따라서 C(g)의 수득률은 (다) > (나) > (가)이다.

09

답 ①

ㄱ. 온도가 높을수록 C(g)의 수득률이 낮아지므로 정반응은 에너지를 방출하는 반응이다. 따라서 '에너지 방출'은 ㉠으로 적절하다.

오답 피하기 ㄴ. 압력이 높을수록 C(g)의 수득률이 높아지므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 $c < 3$ 이다.

ㄷ. 온도가 높을수록 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 생성물의 양은 감소한다. 따라서 온도가 높을수록 D(s)의 질량은 감소한다.

개념 더하기 화학 평형 이동과 수득률

• 압력 조건과 수득률

→ 정반응이 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응인 경우: 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률은 증가한다.

→ 정반응이 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응인 경우: 압력을 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률은 증가한다.

• 온도 조건과 수득률

→ 정반응이 에너지를 방출하는 반응인 경우: 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률은 증가한다.

→ 정반응이 에너지를 흡수하는 반응인 경우: 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률은 증가한다.

10

얼음물에 넣어 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 붉은색을 띠는 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 의 농도가 증가한다. 뜨거운 물에 넣어 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 파란색을 띠는 $[CoCl_4]^{2-}$ 의 농도가 증가한다.

예시 답안 얼음물에 넣으면 붉은색으로 변하고, 뜨거운 물에 넣으면 파란색으로 변한다. 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 의 농도가 증가하고, 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 $[CoCl_4]^{2-}$ 의 농도가 증가하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 용액의 색 변화를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
혼합 용액의 색 변화만 옳게 쓴 경우	50

11

(1) 온도가 높을수록 C(g)의 수득률이 감소하므로 온도가 높을수록 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 역반응은 에너지를 흡수하는 반응이므로 ㉠은 '에너지 흡수'이다.

(2) C(g)의 수득률은 압력에 영향을 받지 않으므로 압력에 의해 평형이 이동하지 않는다.

예시 답안 $a+b=c$, C(g)의 수득률은 압력에 영향을 받지 않으며, 반응물과 생성물이 모두 기체이므로 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같다.

채점 기준	배점(%)
$a+b$ 와 c 의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
$a+b$ 와 c 의 크기만 옳게 비교한 경우	50

중단원
일전 문제

144~147쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ① 06 ③ 07 ⑤
08 ① 09 ④ 10 ⑤ 11 ②

단답형·서술형 문제

12 (1) 정반응 (2) 역반응 13 (1) $a < b$ (2) B(g)의 제거
(3) $K_1 < K_2 = K_3$ 14 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
15 해설 참조

01

㉡ ②

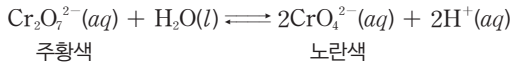
ㄴ. NaOH(aq)을 첨가하면 생성물인 H^+ 의 농도가 감소하므로 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 용액의 색은 노란색으로 변한다.

오답 피하기 ㄱ. 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

개념 더하기 ㉡ 다이크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$)의 반응

- 다이크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$)은 수용액에서 다음과 같이 평형을 이룬다.



- 다이크로뮴산 칼륨 수용액에 NaOH(aq)을 첨가하는 경우: NaOH(aq)의 OH^- 이 H^+ 과 반응하여 H^+ 의 농도가 감소하므로, 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. → 주황색이 노란색으로 변한다.
- 다이크로뮴산 칼륨 수용액에 HCl(aq)을 첨가하는 경우: H^+ 의 농도가 증가하므로, 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. → 주황색이 점점 더 진해진다.

02

㉡ ⑤

1 L의 강철 용기에 A(g) 1몰, B(g) 7몰을 넣었을 때 A(g)와 B(g)의 농도(M)는 각각 1, 7이므로 반응 지수(Q)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{7}{1^2} = 7$ 이다. 반응 지수(Q) > 평형 상수(K)이므로 역반응이 우세하게 진행된다. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 B(g)의 양(mol)을 x라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
초기 양(mol)	1	7
반응 양(mol)	+2x	-x
평형 양(mol)	1+2x	7-x

평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{7-x}{(1+2x)^2} = 1$ 이고, x는 음의 값을 가질 수 없으므로 $x = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서 화학 평형 상태에서 A(g)의 양(mol)은 $1+2x = 2.5$ 이고, 용기의 부피가 1 L이므로 A(g)의 농도(M)는 2.5이다.

03

㉡ ③

ㄱ. 화학 평형 상태에서 반응물인 A(g)를 첨가하면 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향이므로 정반응이 우세하게 진행되면 전체 기체의 양이 증가한다. 이때 부피가 일정하므로 혼합 기체의 농도는 증가한다.

오답 피하기 ㄷ. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

04

㉡ ③

ㄱ. 강철 용기의 부피(L)를 V라고 하면 A(g)~D(g)의 평형 농도(M)는 각각 $\frac{0.1}{V}$, $\frac{x}{V}$, $\frac{0.2}{V}$, $\frac{0.2}{V}$ 이다. 따라서 평형 상수(K)

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\left(\frac{0.2}{V}\right)^2}{\frac{0.1}{V} \times \frac{x}{V}} = 1 \text{ 이므로 } x = 0.4 \text{ 이다.}$$

ㄷ. 화학 평형 상태에서 생성물인 C(g) 0.1몰을 첨가하면 역반응이 우세하게 진행되므로 새로운 평형에 도달했을 때 A(g)의 양은 0.1몰보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. 화학 평형 상태에서 반응물인 A(g)를 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빨라진다.

05

㉡ ①

부피를 고정하고 A(g)를 첨가하면 A(g)의 농도가 감소하는 방향으로 평형이 이동한다. 이때 B(g)의 양이 감소하므로 A(g)와 B(g)는 같은 반응물이거나 생성물이다. 부피를 감소시켜 압력을 증가시키면 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향으로 평형이 이동한다. 이때 B(g)의 양이 증가하므로 B(g)가 생성되는 반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 이 조건에 가장 적절한 반응의 화학 반응식은 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 3C(g)$ 이다.

06

㉡ ③

ㄱ. 온도가 높아지면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수는 작아진다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

ㄴ. t_1 °C에서 A(g)~C(g)의 농도(M)가 모두 1일 때 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = 1$ 이므로 $Q < K$ 이다. 따라서 정반응이 우세하게 진행된다.

오답 피하기 ㄷ. t_2 °C에서 A(g)~C(g)의 농도(M)가 모두 2일 때 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{2^2}{2 \times 2^3} = \frac{1}{4}$ 이므로 $Q < K$ 이다. 따라서 정반응이 우세하게 진행된다.

07

㉡ ⑤

ㄱ. 0 °C의 얼음물에 넣어 둔 시험관 A를 25 °C의 물에 넣어 온도를 높일 때 시험관 속 기체의 적갈색이 진해진 것으로 보아 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 정반응은 에너지를 흡수하는 반응이므로 ‘에너지 흡수’는 ㉠으로 적절하다.

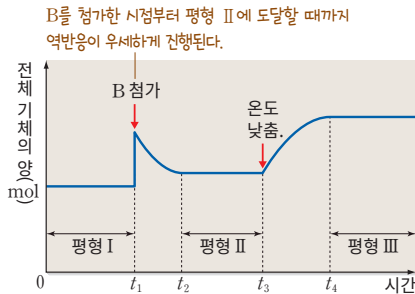
ㄴ. 과정 (다)의 시험관 A에서 기체의 적갈색이 진해지므로 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도는 증가한다.

ㄷ. 과정 (다)의 시험관 B는 50°C 에서 25°C 로 온도가 낮아지므로 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동한다. 따라서 시험관 B에서는 역반응이 우세하게 진행된다.

08

답 ①

자료 분석 ① 반응의 진행 방향 예측



- 평형 I과 II는 온도가 같다. $\rightarrow K_1 = K_2$
- 평형 II에서 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동한다. $\rightarrow$ 에너지를 방출하는 반응은 전체 기체의 양(mol)이 증가하는 방향이다.

ㄱ. 평형 I에서 $\text{B}(g)$ 를 첨가하면 $\text{B}(g)$ 의 농도를 감소시키는 역반응이 우세하게 진행된다. 이때 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 $a < b$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. 평형 II에서 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동한다. 에너지를 방출하는 반응이 전체 기체의 양(mol)이 증가하는 방향이므로 '에너지 방출'은 ㉠으로 적절하다.

ㄷ. 평형 I과 II에서는 온도가 같으므로 $K_1 = K_2$ 이다. 평형 II에서 온도를 낮추면 정반응이 우세하게 진행되어 평형 III에 도달하므로 $K_3 > K_2$ 이다.

09

답 ④

ㄴ, ㄷ. 정반응이 에너지를 방출하는 반응이므로 온도를 낮추면 정반응이 우세하게 진행되어 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도가 증가하고 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도가 감소한다.

오답 피하기 ㄱ. $\text{NO}_2(g)$ 는 적갈색을 띠고, $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 는 무색이므로 온도를 낮추면 시험관 속 기체의 적갈색이 없어진다.

10

답 ⑤

ㄱ. 정반응이 일어날 때 에너지를 방출하므로 온도가 낮을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. $\text{C}(g)$ 의 수득률을 높이려면 온도가 낮아야 하므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

ㄴ. 압력이 높을수록 $\text{C}(g)$ 의 수득률이 높으므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 $a + b > c$ 이다.

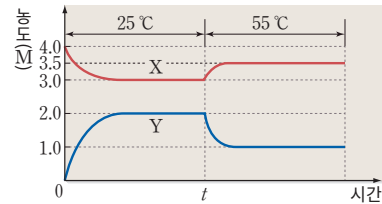
ㄷ. $\text{C}(g)$ 의 수득률이 높을수록 생성물의 농도가 반응물의 농도보

다 크므로 평형 상수(K)는 $\text{C}(g)$ 의 수득률이 높은 T_1 에서 T_2 에서보다 크다.

11

답 ②

자료 분석 ② 온도 변화와 화학 평형 이동



- 반응 농도비는 $X : Y = 1 : 2$ 이다. $\rightarrow y = 2$
- 온도를 높이면 $\text{X}(g)$ 의 농도(M)는 증가하고 $\text{Y}(g)$ 의 농도(M)는 감소한다. $\rightarrow$ 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

25°C 에서 $\text{X}(g)$ 의 농도(M)는 1만큼 감소하고 $\text{Y}(g)$ 의 농도(M)는 2만큼 증가한다. 따라서 반응 농도비는 $X : Y = 1 : 2$ 이므로 $y = 2$ 이다. 온도를 높이면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응에서는 에너지를 방출한다.

12

답 (1) 정반응 (2) 역반응

(1) 실린더에 반응물인 $\text{O}_2(g)$ 를 첨가하면 $\text{O}_2(g)$ 의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 실린더에 비활성 기체인 $\text{He}(g)$ 를 첨가하면 기체의 부피가 증가하여 압력이 감소한다. 따라서 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향인 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

13

답 (1) $a < b$ (2) $\text{B}(g)$ 의 제거 (3) $K_1 < K_2 = K_3$

(1) 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 이때 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이다. 따라서 $a < b$ 이다.

(2) ㉠에 의해 전체 기체의 양(mol)이 급격히 감소하고 이후 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 이로부터 ㉠은 생성물인 $\text{B}(g)$ 의 제거가 적절하다.

(3) 평형 I에서 온도를 낮추면 정반응이 우세하게 진행되어 평형 II에 도달하므로 $K_2 > K_1$ 이다. 평형 II와 III에서는 온도가 같으므로 $K_2 = K_3$ 이다.

14

(1) 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 방향으로, 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동한다.

예시 답안 $\text{B}(g)$ 의 양(mol) 증가, 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $\text{B}(g)$ 의 양(mol)은 증가한다.

채점 기준	배점(%)
$\text{B}(g)$ 의 양(mol)의 변화를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
$\text{B}(g)$ 의 양(mol)의 변화만 옳게 쓴 경우	50

(2) 일정한 부피의 용기에 비활성 기체와 같이 반응에 영향을 주지 않는 기체를 넣어 압력을 증가시켜도 평형이 이동하지 않는다.
예시 답안 헬륨은 반응에 참여하지 않는 비활성 기체이므로 강철 용기에 헬륨을 첨가해도 A(g)와 B(g)의 농도는 변하지 않는다. 따라서 평형은 이동하지 않는다.

채점 기준	배점(%)
용기에 He(g)를 첨가할 때 평형 이동에 대해 옳게 설명한 경우	100
용기에 He(g)를 첨가할 때 평형 이동 방향만 쓴 경우	50

15

반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로, 화학 반응식을 완성하면

$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 이고, 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2}$ 이다.

예시 답안 $T_1 < T_2$, 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로 $a = 2$ 이다. T_1 에서 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{1}{1^2} = 1$ 이고, T_2 에서 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{2}{2^2} = \frac{1}{2}$ 이며, 온도가 낮을수록 에너지를 방출하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 평형 상수가 커진다. 따라서 평형 상수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

채점 기준	배점(%)
T_1 과 T_2 의 온도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
T_1 과 T_2 의 온도만 옳게 비교한 경우	50

대단원 평가 문제

150 ~ 153쪽

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

단답형·서술형 문제

13 (1) 반응 지수(Q) < 평형 상수(K) (2) 50 14 0.09몰
 15 (1) $a + b > c$ (2) 해설 참조 16 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

㉮. 황산 구리(II) 오수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 가열하면 물이 빠져나가 흰색 결정인 황산 구리(II)($CuSO_4$)가 생성된다.
 ㉮. 황산 구리(II)에 물을 떨어뜨리면 파란색의 황산 구리(II) 오수화물이 되므로 ‘파란색’은 ㉮으로 적절하다.
 ㉮. 황산 구리(II) 오수화물의 생성과 분해는 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

02

㉮. 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. 따라서 $N_2O_4(g)$ 의 생성 속도와 분해 속도는 같다.
 ㉮. 화학 평형 상태에서 반응물의 농도와 생성물의 농도가 일정하므로 용기 속 전체 기체 분자 수는 일정하다.

오답 피하기 ㉮. 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비를 의미한다. 화학 평형 상태에서 각 물질의 농도비는 화학 반응식의 계수비로 구할 수 없다.

03

㉮. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 $b = 2$ 이다.

㉮. t 일 때 물질의 농도가 일정하게 유지되므로 화학 평형 상태이다. 따라서 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

오답 피하기 ㉮. 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{3} = \frac{4}{3}$ 이다.

04

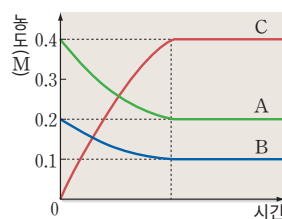
㉮. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)의 양(mol)은 3만큼 감소하고, B(g)의 양(mol) 2만큼 증가한다. 반응 몰비는 A : B = 3 : 2이므로 반응 계수비는 $a : b = 3 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉮. 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]^3} = \frac{2^2}{1^3} = 4$ 이다.

오답 피하기 ㉮. t 일 때 A(g)의 양은 감소하고, B(g)의 양은 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작다.

05

자료 분석 화학 평형과 평형 상수



- 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)와 B(g)의 농도(M)는 각각 0.2, 0.1만큼 감소하고, C(g)의 농도(M)는 0.4만큼 증가한다.
- 화학 반응식을 완성하면 $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 4C(g)$ 이므로, 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^4}{[A]^2[B]}$ 이다.

반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응 농도비는 A : B : C = 2 : 1 : 4이므로 반응 계수비는 $a : b : c = 2 : 1 : 4$ 이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^4}{[A]^2[B]} = \frac{0.4^4}{0.2^2 \times 0.1} = 6.4$ 이다.

06

답 ③

7. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 반응한 A와 B의 분자 수는 각각 1, 3이고, 생성된 C 분자 수는 2이다. 따라서 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 3 : 2$ 이고, 반응 계수비 $b : c = 3 : 2$ 이므로 $b - c = 1$ 이다.

ㄴ. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로, (가)에서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작다.

오답 피하기 ㄷ. (나)에 생성물인 $C(g)$ 를 첨가하면 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 커지므로 $\frac{[C]^c}{[A][B]^b}$ 는 x 보다 커진다.

07

답 ④

(가)에서 (나)에 도달할 때까지 $Cl_2(g)$ 0.2몰이 생성되므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3(g)$	+	$Cl_2(g)$
초기 양(mol)	x		0		0
반응 양(mol)	-0.2		+0.2		+0.2
평형 양(mol)	$x-0.2$		0.2		0.2

$PCl_5(g)$, $PCl_3(g)$, $Cl_2(g)$ 의 평형 농도(M)는 각각 $\frac{x-0.2}{8}$, $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{40}$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\left(\frac{1}{40}\right)^2}{\frac{x-0.2}{8}} = \frac{1}{60}$ 이므로

로 $x = 0.5$ 이다.

08

답 ⑤

7, ㄴ. (가)에서 $H_2(g)$ 를 첨가하였고, (나)에서 $NH_3(g)$ 를 제거하였다. (나)에서 평형 Ⅲ이 될 때까지 $NH_3(g)$ 가 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 평형 I ~ Ⅲ에서 평형 상수(K)는 모두 같다.

09

답 ⑤

7. 압력에 영향을 받는 물질은 기체 상태의 물질이고, 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. $CO_2(g)$ 는 생성물이므로 $CO_2(g)$ 를 제거하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

10

답 ①

7. 온도가 25 °C로 같을 때 압력이 높을수록 $C(g)$ 의 평형 농도(M)가 크므로 압력이 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 반응물의 계수 합($a+b$)은 생성물의 계수 합($c+d$)보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. 압력이 1기압으로 같을 때 온도가 낮을수록 $C(g)$ 의 평형 농도(M)가 크므로 온도가 낮을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 에너지를 방출하는 반응이므로 '에너지 방출'은 ㉠으로 적절하다.

ㄷ. 정반응이 에너지를 방출하는 반응이므로 평형 상수는 온도가 낮을수록 크다. 따라서 평형 상수(K)는 25 °C일 때가 50 °C일 때보다 크다.

11

답 ②

ㄴ. 정반응이 에너지를 흡수하는 반응인 경우 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)는 커진다.

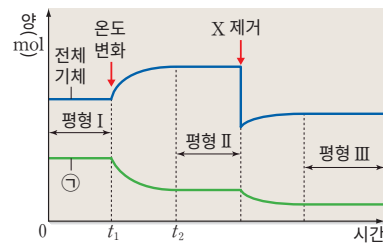
오답 피하기 7. 압력을 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하지만 온도가 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.

ㄷ. 반응물의 초기 농도는 평형 상수에 영향을 주지 않는다. 따라서 $SO_3(g)$ 의 초기 농도를 크게 해도 평형 상수는 변하지 않는다.

12

답 ⑤

자료 분석 화학 평형 이동



- X(g)를 제거하면 전체 기체의 양(mol)이 증가하는 방향으로 평형이 이동한다. → 역반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향이다.
- t_1 에서 온도 변화에 의해 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 역반응이 우세하게 진행된다. → 역반응이 에너지를 흡수하는 반응이므로 t_1 에서는 온도를 높였다는 것을 알 수 있다.

7. X(g)를 제거하면 역반응이 우세하게 진행되는 데 이때 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 역반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이다. 따라서 반응물의 계수가 생성물의 계수보다 크므로 $x > y$ 이다.

ㄴ. X(g)를 제거하면 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 Y(g)의 양(mol)은 감소하고, X(g)의 양(mol)은 증가한다. 이때 ㉠의 양(mol)이 감소하므로 ㉠은 Y(g)이다.

ㄷ. t_1 에서 온도를 변화시켰을 때 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다는 것을 알 수 있다. 역반응 쪽으로 이동하면 생성물의 농도는 감소하고, 반응물의 농도는 증가하므로 평형 상수(K)는 작아진다. 따라서 평형 상수(K)는 평형 I에서가 평형 II에서보다 크다.

13

답 (1) 반응 지수(Q) < 평형 상수(K) (2) 50

(1) 초기 상태에서 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작다.

(2) 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)는 0.1몰이 감소하므로 B(g)는 0.1몰이 감소하고 C(g)는 0.1몰이 증가한다. 따라서 $x=0.1$, $y=0.5$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.5}{0.1 \times 0.1} = 50$ 이다.

14  0.09몰
순수한 고체와 액체는 평형 상수식에 포함하지 않으므로 주어진 반응의 평형 상수(K)는 $[B][C]^2$ 이다. 평형에 도달했을 때 B와 C의 농도(M)를 각각 x , $2x$ 라 하면 평형 상수(K)는 $x(2x)^2 = 4x^3 = 4 \times 10^{-6}$ 이고, $x=0.01$ 이다. 생성된 B의 양(mol)이 0.01이므로 반응한 A의 양(mol)은 0.01이다. 따라서 녹지 않고 남은 A(s)의 양(mol)은 $0.1 - 0.01 = 0.09$ 이다.

15
(1) 일정한 온도에서 압력이 높을수록 C(g)의 수득률이 증가하므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 생성물의 계수 합은 반응물의 계수 합보다 작으므로 $a+b > c$ 이다.
(2) 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동하고, 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 방향으로 평형이 이동한다.
 에너지 방출, 일정한 압력에서 온도가 낮을수록 C(g)의 수득률이 증가한다. 온도가 낮을수록 에너지를 방출하는 방향으로 평형이 이동하므로 정반응은 에너지를 방출하는 반응이다.

채점 기준	배점(%)
정반응의 에너지 출입 방향을 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
정반응의 에너지 출입 방향만 옳게 쓴 경우	50

16
(1) 산소 농도가 낮은 고지대에서는 폐에서 산화 헤모글로빈이 생성되는 정반응이 잘 일어나지 않아 조직에 산소를 충분히 공급할 수 없다.
 고지대는 산소의 농도가 낮아 산화 헤모글로빈이 잘 생성되지 않으므로 세포 조직에 산소를 원활하게 공급할 수 없어 고산병이 나타나기 쉽다.

채점 기준	배점(%)
고지대에서 고산병이 나타나는 까닭을 옳게 설명한 경우	100
고지대와 저지대에서 산소의 농도만 비교한 경우	50

(2) 온도가 높아지면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 산소의 농도가 높아진다.
 운동으로 체온이 높아지면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 세포 조직에서는 산화 헤모글로빈이 분해되어 산소를 공급한다.

채점 기준	배점(%)
체온이 높아졌을 때 세포 조직에서의 산소 공급을 옳게 설명한 경우	100
평형이 이동하는 방향만 설명한 경우	50

IV 역동적인 화학 반응

01 물의 자동 이온화와 pH

13강 물의 자동 이온화와 물농도

확인문제

159쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 02 ㄱ

01  (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×
(1) 0.1 M 표준 용액 1 L를 만들기 위해 필요한 용질의 질량은 용질의 몰질량에 따라 다르다.
(2) 영점 조절은 전자저울에 비커를 올려놓고 해야 한다.
(3), (4) 과정 ⑥에서 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 같지만 용질의 질량이 다르므로 각 용액의 퍼센트 농도는 다르다.

02  ㄱ
ㄱ. 과정 ⑥에서 수용액의 몰농도와 부피가 같으므로 수용액에 들어 있는 용질의 양은 모두 0.1몰로 같다.
 ㄴ. 수용액의 밀도는 NaCl(aq)이 NaOH(aq)보다 크다.
ㄷ. 수용액에 들어 있는 용질의 양은 모두 0.1몰로 NaCl(aq)과 $C_6H_{12}O_6(aq)$ 이 같다.

탄탄 문제

160쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 02 ㉠ 산성, ㉡ 염기성
03 (1) 1.0×10^{-12} M (2) 1.0×10^{-11} M 04 (1) ○ (2) ○ (3) × 05 ㉠ 용액, ㉡ 용질 06 (1) 0.5 M (2) 0.2 M

01  (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×
(1) 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자들끼리 H^+ 을 주고받아 H_3O^+ 과 OH^- 을 생성하여 동적 평형 상태를 이루는 현상을 물의 자동 이온화라고 한다.
(2) 순수한 물에서도 물 분자가 H^+ 을 주고받아 이온화하므로 H_3O^+ 과 OH^- 이 존재한다.
(3) 25 °C에서 모든 수용액의 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 를 곱한 값은 항상 1.0×10^{-14} 이다.
(4) 온도가 일정하면 용액의 액성과 관계없이 물의 이온화 상수(K_w)는 일정하다.

02  ㉠ 산성, ㉡ 염기성
산은 물에 녹아 수소 이온을 내놓는 물질이므로 산성 용액에서는 $[H_3O^+] > [OH^-]$ 이다. 염기는 물에 녹아 수산화 이온을 내놓는 물질이므로 염기성 용액에서는 $[H_3O^+] < [OH^-]$ 이다.

- 03** (1) $1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ (2) $1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$
 (1) $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 0.01 \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다.
 (2) 0.01 M NaOH(aq) 을 10배 희석한 NaOH(aq) 의 몰농도는 0.001 M 이다. 따라서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.001 = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.

- 04** (1) ○ (2) ○ (3) ×
 (1), (2) 몰농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로, NaOH(aq) 1 L에 NaOH 0.2몰이 녹아 있는 용액의 몰농도는 0.2 M 이다.
 (3) 용액의 부피와 몰농도가 같으면 용액 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 같지만 용질의 질량은 용질의 몰질량에 따라 다르다.

- 05** ㉠ 용액, ㉡ 용질
 몰농도는 용질의 양(mol)을 용액의 부피로 나눈 값이므로 0.2 M NaOH(aq) 100 mL에 증류수를 첨가하여 용액의 부피가 200 mL로 되면 몰농도는 0.1 M 가 된다. 또한 용액에 증류수를 첨가하여 희석해도 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.

- 06** (1) 0.5 M (2) 0.2 M
 (1) NaOH 4 g의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, 용액의 부피가 200 mL이므로 NaOH(aq) 의 몰농도(M) = $\frac{\text{NaOH의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.
 (2) 0.2 M 포도당 수용액 100 mL에 들어 있는 포도당의 양은 0.02 mol 이고, 0.3 M 포도당 수용액 200 mL에 들어 있는 포도당의 양은 0.06 mol 이다. 따라서 포도당 수용액의 몰농도(M) = $\frac{\text{포도당의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{(0.02 + 0.06) \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.



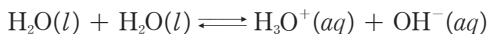
161 ~ 163쪽

- 01** ④ **02** ① **03** ③ **04** ④ **05** ① **06** ③ **07** ①
08 ③ **09** ⑤ **10** ② **11** ② **12** ③

단답형·서술형 문제

- 13** (1) 0.5 M (2) $2.0 \times 10^{-14} \text{ M}$ **14** 해설 참조 **15** (1) 2.5 L
 (2) 해설 참조

- 01** ㉠ ④
 나. 물은 매우 적은 양이지만 물 분자끼리 수소 이온(H^+)을 주고받아 이온화되는 정반응과 H_3O^+ 과 OH^- 이 물로 되는 역반응이 일어나므로 이 반응은 가역 반응이다.



- ㄷ. 물 분자 사이에 H^+ 을 주고받아 이온화되므로 H_3O^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 같다.

오답 피하기 ㄱ. 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응이다.

개념 더하기 ④ 물의 이온화 상수(K_w)

- 물의 이온화 상수(K_w)는 물이 자동 이온화하여 동적 평형 상태를 이루었을 때 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱이다.
 $\rightarrow K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$
- 25°C 에서 물의 이온화 상수는 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 로 항상 일정하다.
- 물의 자동 이온화 반응에서 H_3O^+ 과 OH^- 은 항상 1:1의 개수 비로 생성되므로, 평형 상태에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 같다.
 $\text{H}_2\text{O(l)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

- 02** ㉠ ④
 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 $x = 1.0 \times 10^{-7}$ 이다. 수용액 (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{10^4} \text{ M} = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다. 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1.0×10^{-14} 이므로 (가)의 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-11}} \text{ M} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

- 03** ㉠ ③
 25°C 에서 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 산성 용액인 묽은 염산의 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고, 염기성 용액인 수산화 나트륨 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 따라서 (가)~(다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나) > (가) > (다) 순이다.

- 04** ㉠ ④
 나. 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1.0×10^{-14} 이므로 (가)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고, (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = y = 1.0 \times 10^{-11}$ 이므로 $\frac{y}{x} = 1$ 이다.

- ㄷ. (나)는 중성 용액이므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1$ 이고, (다)는 염기성 용액이므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} > 1$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)는 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} < 1$ 이므로 산성 용액이다.

- 05** ㉠ ①
 ㄱ. 아세트산(CH_3COOH)은 산이므로 물에 아세트산을 넣으면 이온화되어 H_3O^+ 이 생성된다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. (가)는 중성이므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}=1$ 이고, (나)는 산성이

므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}<1$ 이다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 물의 이온화 상수(K_w)는 변하지 않는다.

06 답 ③

ㄱ, ㄴ. $\text{HA}(aq)$ 는 산성 용액이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]>1.0\times 10^{-7}\text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{HA}(aq)$ 의 $[\text{OH}^-]<1.0\times 10^{-7}\text{ M}$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 25 °C에서 수용액의 액성과 관계없이 모든 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 1.0×10^{-14} 으로 일정하다. 따라서 25 °C에서 $\text{HA}(aq)$ 와 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 모두 1.0×10^{-14} 이다.

07 답 ①

ㄱ. $[\text{OH}^-]$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다)>(나)>(가)이다.

오답 피하기 ㄴ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]>1.0\times 10^{-7}\text{ M}$ 이므로 (가)~(다)는 모두 산성 용액이다.

ㄷ. 25 °C에서 모든 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 1.0×10^{-14} 으로 일정하다.

08 답 ③

ㄱ. 몰농도의 단위는 M 또는 mol/L를 사용한다.

ㄷ. 몰농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 것이다.

오답 피하기 ㄴ. 수용액의 온도가 달라지면 용액의 부피가 달라지므로 몰농도가 달라진다.

09 답 ⑤

5 % $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL의 밀도가 1.2 g/mL이므로, 용액의 질량은 $100\text{ mL}\times 1.2\text{ g/mL}=120\text{ g}$ 이다. 퍼센트 농도(%)= $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}\times 100$ 이므로 $\frac{x\text{ g}}{120\text{ g}}\times 100=5\%$ 에서 $x=6$ 이

다. NaOH 6 g의 양(mol)= $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}=\frac{6\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=0.15\text{ mol}$ 이고, 5 % $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL의 몰농도(M)= $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}=\frac{0.15\text{ mol}}{0.1\text{ L}}=1.5\text{ M}$ 이므로 $y=1.5$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y}=\frac{6}{1.5}=4$ 이다.

10 답 ②

(가)에서 만든 수용액 100 g에는 A 4 g이 들어 있으므로 수용액 10 g에는 A 0.4 g이 들어 있다. 따라서 용질 A 0.4 g의 양(mol)= $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}=\frac{0.4\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=0.01\text{ mol}$ 이다. (나)에서 만든 수용액 A의 부피가 200 mL이므로 수용액 A의 몰농도(M)= $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}=\frac{0.01\text{ mol}}{0.2\text{ L}}=0.05\text{ M}$ 이다.

11 답 ②

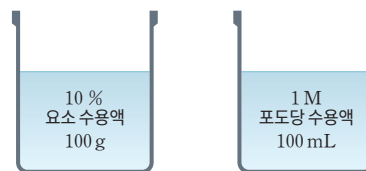
ㄴ. 용질의 양(mol)은 $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}$ 이다. (가)와 (다)에서 녹아 있는 용질의 질량은 같지만 몰질량은 설탕이 수산화 나트륨보다 크므로 수용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. (다)의 퍼센트 농도(%)= $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}\times 100=\frac{20\text{ g}}{120\text{ g}}\times 100=\frac{50}{3}\%$ 이다.

ㄷ. 몰농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이다. (가)와 (나)의 부피는 같지만 용질의 양(mol)은 수산화 나트륨이 설탕보다 크므로, 몰농도는 (나)가 (가)보다 크다.

12 답 ③

자료 분석 퍼센트 농도(%)와 몰농도(M)



- 10 % 요소 수용액 100 g에는 요소 10 g과 물 90 g이 들어 있다.
- 1 M 포도당 수용액 100 mL에는 포도당 0.1몰이 들어 있는데, 용질의 질량(g)=용질의 양(mol)×용질의 몰질량(g/mol)이므로, $0.1\text{ mol}\times 180\text{ g/mol}=18\text{ g}$ 이다.
→ 포도당 0.1몰은 18 g이다.
- 1 M 포도당 수용액 100 mL의 밀도는 1 g/mL이므로 용액의 질량은 100 g이다.
→ 1 M 포도당 수용액 100 mL에는 포도당 18 g, 물 82 g이 들어 있다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 용매의 질량은 각각 90 g, 82 g이다.

ㄴ. (가)에서 요소 10 g의 양(mol)= $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}=\frac{10\text{ g}}{60\text{ g/mol}}=\frac{1}{6}\text{ mol}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)에서 용질의 양은 각각 $\frac{1}{6}$ 몰, 0.1몰이다.

오답 피하기 ㄷ. (가)와 (나)에서 용액의 질량은 100 g으로 같고, 용질의 질량은 (나)가 (가)보다 크므로, 퍼센트 농도는 (나)가 (가)보다 크다.

13 답 (1) 0.5 M (2) $2.0\times 10^{-14}\text{ M}$

(1) NaOH 5 g의 양(mol)= $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}=\frac{5\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=0.125\text{ mol}$ 이고, $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 0.25 L이므로 몰농도(M)= $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}=\frac{0.125\text{ mol}}{0.25\text{ L}}=0.5\text{ M}$ 이다.

(2) NaOH(aq)의 몰농도는 0.5 M이므로 $[\text{OH}^-]=0.5 \text{ M}$ 이다.
 25°C 에서 $K_w=[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1.0\times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{1.0\times 10^{-14}}{0.5}=2.0\times 10^{-14} \text{ M}$ 이다.

14

몰농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로, 용질의 양(mol)은 변하지 않고 용액의 부피가 2배가 되면 몰농도는 $\frac{1}{2}$ 이 된다.

예시 답안 0.1 M, (가)와 (나)에 들어 있는 용질의 양(mol)은 같지만 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 (나)의 몰농도는 0.1 M가 된다. 따라서 (나)의 $[\text{OH}^-]=0.1 \text{ M}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
(나)의 $[\text{OH}^-]$ 를 구하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(나)의 $[\text{OH}^-]$ 만 옳게 쓴 경우	50

15

(1) 화학 반응식은 $2\text{HCl} + \text{Mg} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ 이다. 반응한 Mg의 질량은 2.4 g(=0.1몰)이고, 반응 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 생성된 H_2 는 0.1몰이다. 따라서 생성된 수소 기체의 부피는 2.5 L이다.

(2) HCl(aq)에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 반응한 Mg의 양(mol)을 이용하면 알 수 있다. Mg 2.4 g(=0.1몰)과 HCl 0.2몰이 반응하므로 HCl(aq)에 들어 있는 HCl의 양은 0.2몰이다.

예시 답안 반응 몰비는 $\text{HCl} : \text{Mg} = 2 : 1$ 인데 Mg 2.4 g(=0.1몰)이 반응했으므로 HCl(aq)에 들어 있는 HCl의 양은 0.2몰이다. HCl(aq)의 부피는 500 mL이므로, HCl(aq)의 몰농도(M) = $\frac{\text{HCl의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ =

$$\frac{0.2 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.4 \text{ M} \text{이다. 따라서 } x = 0.4 \text{이다.}$$

채점 기준	배점(%)
x 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
x 만 옳게 쓴 경우	50

14강 pH

탐구 확인문제

167쪽

01 (1) ○ (2) × (3) × 02 ②

01

㉠ (1) ○ (2) × (3) ×

(1) HCl(aq)의 몰농도가 감소하면 $[\text{H}^+]$ 가 감소하므로 pH는 증가한다.

(2) HCl(aq)을 10배 희석하면 HCl(aq)의 몰농도가 $\frac{1}{10}$ 로 감소하므로 pH는 1만큼 증가한다.

(3) HCl(aq)의 몰농도가 0.01 M일 때 $\text{pH} = -\log(0.01) = 2.00$ 이다.

02

㉠ ②

pH가 2.00일 때 $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이고, $[\text{H}^+] = 0.0001 \text{ M}$ 일 때 pH는 4.00이다.

기본 탄탄 문제

168쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 02 ㉠ $[\text{H}^+]$, ㉡ 1
 03 (1) 13 (2) 3 04 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 05 ㉠ 시험지,
 ㉡ 측정기 06 (1) 100배 (2) $1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$

01

㉠ (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

(1), (2) 25°C 에서 중성인 물의 pH는 7이고, 수용액의 pH와 pOH의 합은 항상 14이다.

(3) 수용액의 $[\text{H}^+]$ 가 10배 증가하면 pH는 1만큼 감소한다.

(4) 0.01 M HCl(aq)의 pH는 2이고, pOH는 12이다.

(5) 0.01 M NaOH(aq)의 pH는 12이고 0.1 M NaOH(aq)의 pH는 13이다.

02

㉠ ㉠ $[\text{H}^+]$, ㉡ 1

0.1 M HCl(aq) 100 mL에 증류수를 첨가하여 HCl(aq) 1 L를 만들면 $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M}$ 가 되므로 pH는 1만큼 증가한다.

03

㉠ (1) 13 (2) 3

(1) NaOH(aq) 100 mL에 NaOH(s) 0.01몰이 녹아 있는 용액의 몰농도는 0.1 M이다. 따라서 0.1 M NaOH(aq)의 pOH는 1이고, pH는 13이다.

(2) 0.1 M HBr(aq)의 pH는 1이고, 증류수를 첨가해 부피가 100배 증가하면 pH는 2만큼 증가한다. 따라서 증류수를 첨가하여 만든 HBr(aq) 1 L의 pH는 3이다.

04

㉠ (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

(1) 레몬과 우유의 pH는 각각 2, 6이므로 모두 산성이다.

(2) 탄산음료는 pH가 5이므로 산성 용액이다. 따라서 $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ 이다.

(3) 탄산음료의 pOH는 9이고, 우유의 pOH는 8이므로 pOH는 탄산음료가 우유보다 크다.

(4) pH가 1만큼 증가하면 $[\text{H}^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 이 되고, pH가 1만큼 감소하면 $[\text{H}^+]$ 는 10배가 된다. pH는 탄산음료가 비눗물보다 7만큼 작으므로 $[\text{H}^+]$ 는 탄산음료가 비눗물의 1.0×10^7 배이다.

05

답 ㉠ 시험지, ㉡ 측정기

pH 시험지는 여러 가지 지시약을 혼합한 용액을 이용하여 종으로 만든 것으로, pH에 따라 색깔이 달라져 pH를 간편하게 측정할 때 이용한다. pH를 정확하게 측정하려면 pH 측정기를 이용한다.

06

답 (1) 100배 (2) 1.0×10^{-4} M

(1) pH가 1만큼 감소하면 $[H^+]$ 는 10배가 된다. 레몬즙은 pH가 4인 수용액보다 pH가 2만큼 작으므로 $[H^+]$ 는 100배가 된다.
(2) 제산제를 물에 녹인 수용액의 pH가 10이므로 $[H^+]=1.0 \times 10^{-10}$ M이다. 25 °C에서 $K_w=1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1.0 \times 10^{-4}$ M이다.

일괄
복합
문제

169~171쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ① 05 ① 06 ② 07 ③
08 ④ 09 ⑤ 10 ⑤ 11 ③

단답형·서술형 문제

12 (1) 1.0×10^{-13} M (2) 1300 13 (다), (나), (가)
14 해설 참조

01

답 ③

ㄱ. pH는 수소 이온 농도 지수로, 상용로그를 적용하여 $[H^+]$ 의 값을 간편하게 나타낸 것이다.
ㄴ. 25 °C에서 산성 용액의 $[H^+]>1.0 \times 10^{-7}$ M이므로 pH는 7보다 작다.

오답 피하기 ㄷ. pH가 1만큼 증가하면 $[H^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 이 된다.

개념 더하기 $\oplus$ 수소 이온 농도 지수(pH)

- pH: 상용로그를 적용하여 수용액의 $[H^+]$ 값을 간편하게 나타낸 것이다.
→ $pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+]$
- pOH: $[OH^-]$ 값을 간편하게 나타낸 것으로 25 °C에서 수용액의 pH와 pOH의 합은 항상 14이다.
- 수용액의 pH가 1만큼 감소하면 $[H^+]$ 는 10배 증가한다.

02

답 ⑤

ㄱ, ㄴ. 0.01 M HCl(aq)의 $[H^+]=0.01$ M이므로 pH는 2이며, 25 °C에서 $K_w=1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1.0 \times 10^{-12}$ M이다.

ㄷ. 0.01 M HCl(aq)의 pOH는 12이고, 0.01 M HCl(aq)에 물을 첨가하여 부피가 10배로 증가하면 pOH는 1만큼 감소하므로 pOH는 11이다.

03

답 ②

(가)는 중성 용액, (나)는 염기성 용액, (다)는 산성 용액이므로 수용액의 pH는 (나)>(가)>(다)이다.

04

답 ①

(가)는 증류수이므로 중성, (나)는 묽은 염산이므로 산성이다.
ㄱ. (나)는 산성이므로 pH는 7보다 작다.

오답 피하기 ㄴ. (가)의 pOH는 7이고 (나)의 pOH는 7보다 크다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 K_w 는 (가)와 (나)가 같다.

05

답 ①

ㄱ. (가)에서 $[H^+]=1.0 \times 10^{-3}$ M이므로 pH는 3이다. 따라서 $x=3$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. $[H^+]=1.0 \times 10^{-3}$ M인데, 25 °C에서 $K_w=1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1.0 \times 10^{-11}$ M이다.

ㄷ. (가)에 증류수를 첨가하여 수용액의 부피가 10배로 증가하면 $[H^+]$ 가 $\frac{1}{10}$ 이 되어 pH는 1만큼 증가하므로 pH는 4이다. 따라서 pOH는 10이다.

06

답 ②

ㄴ. 0.01 M HCl(aq)의 $[H^+]=0.01$ M이다.

오답 피하기 ㄱ. pH는 2인데, 25 °C에서 $pH+pOH=14$ 이므로 pOH는 12이다.

ㄷ. HCl(aq)에 증류수를 첨가하면 $[H^+]$ 는 감소하고, 25 °C에서 K_w 는 1.0×10^{-14} 이므로 $[OH^-]$ 는 증가한다.

07

답 ③

ㄱ. (가)와 (나)는 모두 산 수용액이므로 공통으로 H^+ 이 들어 있다. 따라서 a는 H^+ 이다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 K_w 는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

오답 피하기 ㄴ. 수용액에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 (가)>(나)이므로 $[H^+]$ 는 (가)>(나)이다. 따라서 수용액의 pH는 (나)>(가)이다.

08

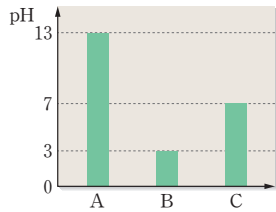
답 ④

ㄴ. pH가 1만큼 증가하면 $[H^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 이 된다. $[H^+]$ 는 HA(aq)가 HB(aq)의 10배이므로 $[OH^-]$ 는 HB(aq)가 HA(aq)의 10배이다.

ㄷ. H^+ 의 양(mol)=몰농도(M)×용액의 부피(L)이다. 몰농도는 HA(aq)가 HB(aq)의 10배이고, 용액의 부피는 HB(aq)가 HA(aq)의 10배이므로, HA(aq)과 HB(aq)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 같다.

오답 피하기 ㄱ. pH는 HA(aq)가 HB(aq)보다 1만큼 작으므로 $[H^+]$ 는 HA(aq)가 HB(aq)의 10배이다. 따라서 몰농도는 HA(aq)가 HB(aq)의 10배이다.

자료 분석 수용액의 pH 비교



- A~C의 pOH는 각각 1, 11, 7이다.
- A~C의 액성은 각각 염기성, 산성, 중성이다.
- A~C의 $[H^+]$ 는 각각 1.0×10^{-13} M, 1.0×10^{-3} M, 1.0×10^{-7} M이다.

ㄴ. pH는 $C > B$ 이므로 pOH는 $B > C$ 이다.

ㄷ. A의 pH는 13이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이고, C의 pH는 7이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M이다. 따라서 $[H^+]$ 는 $C > A$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. A의 pH는 13이므로 염기성 용액이다. 따라서 A에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} < 1$ 이다.

10

답 ⑤

ㄱ. 레몬의 pH는 2이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-2}$ M이다.

ㄴ. 토마토의 pH는 7보다 작으므로 산성이다. 산성 용액에서는 $[H^+] > [OH^-]$ 이다.

ㄷ. 우유의 pOH는 8이고, 비눗물의 pOH는 2이므로, pOH는 우유가 비눗물보다 6만큼 크다.

11

답 ③

ㄱ. 25°C 에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이다. 식초의 pH는 3이므로 pOH는 11이고, 탄산음료의 pOH는 9이므로 pH는 5이다. 따라서 $x=5$, $y=11$ 이므로 $x+y=16$ 이다.

ㄴ. 하수구 세척액의 pH는 13이므로 pOH는 1이다. 따라서 하수구 세척액에서 $[OH^-] = 0.1$ M이다.

오답 피하기 ㄷ. 온도가 일정하므로 K_w 는 같다.

12

답 (1) 1.0×10^{-13} M (2) 1300

(1) $\text{HCl}(aq)$ 의 pH가 1이므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.1 M이다. 따라서 $[H^+] = 0.1$ M이고, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이다.

(2) 용질의 양(mol) = 몰농도(M) $\times$ 용액의 부피(L)이다. $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.1 M이고, 부피는 0.1 L이므로 용질의 양(mol)인 $x = 0.1 \times 0.1 = 0.01$ 이다. $\text{NaOH}(aq)$ 에서 용질의 양은 0.1몰이고 용액의 부피는 1 L이므로 몰농도는 0.1 M이다. $\text{NaOH}(aq)$ 에서 $[OH^-] = 0.1$ M이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이며, pH인 $y = 13$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{13}{0.01} = 1300$ 이다.

13

답 (다), (나), (가)

(가)에서 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.1 M이므로 $[H^+] = 0.1$ M이고, pH는 1이다. (나)에서 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.01 M이므로 $[H^+] = 0.01$ M이고, pH는 2이다. (다)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도는 0.01 M이므로 $[OH^-] = 0.01$ M이고, pOH는 2, pH는 12이다. 따라서 pH는 (다) $>$ (나) $>$ (가)이다.

14

(가)와 (나)에서 $\text{HA}(aq)$ 의 몰농도(M)는 각각 $10a$, a 이다. $\text{HA}(aq)$ 에서 $[H^+]$ 는 (가)에서가 (나)에서의 10배이다.

예시 답안 (가) $<$ (나), 수용액의 몰농도(M)는 (가)에서가 (나)에서의 10배이므로 $[H^+]$ 는 (가)에서가 (나)에서의 10배이다. $[H^+]$ 가 10배가 되면 pH는 1만큼 작아지므로 pH는 (가)에서가 (나)에서보다 1만큼 작다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 pH를 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 pH만 옳게 비교한 경우	50



172~175쪽

01 ④ 02 ② 03 ③ 04 ④ 05 ⑤ 06 ④ 07 ⑤
08 ⑤ 09 ③ 10 ④ 11 ② 12 ②

단답형·서술형 문제

13 0.8 M 14 (1) (나) (2) 11 15 (1) 0.01 (2) 해설 참조
16 (1) 5 (2) 해설 참조

01

답 ④

ㄱ. 물에 아세트산(CH_3COOH)을 첨가하면 혼합 용액 속 H_3O^+ 의 양(mol)이 증가하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 증가한다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 변하지 않는다.

오답 피하기 ㄴ. 물에 아세트산을 넣으면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가하므로 $[\text{OH}^-]$ 는 감소한다.

02

답 ②

$\text{HA}(aq)$ 에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 10^4$ 인데, 25°C 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이다.

03

답 ③

ㄱ. (가)와 (나)는 용액의 부피와 용질의 양(mol)이 같으므로 몰농도가 같다.

ㄴ. (가)와 (나)의 몰농도가 같으므로 (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 (나)의 $[\text{OH}^-]$ 가 같다.

오답 피하기 ㄷ. 온도가 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 변하지 않는다.

04

답 ④

2 % NaOH(aq) 50 g에 들어 있는 NaOH의 질량(g)을 구하면, $\frac{\text{NaOH의 질량(g)}}{50} \times 100 = 2\%$ 이므로 NaOH의 질량은 1 g이다. NaOH 1 g의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{1 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.025 \text{ mol}$ 이므로 NaOH 1 g은 0.025몰이다. 0.1 M NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.01몰이다. 따라서 과정 (다)의 용액에 들어 있는 NaOH의 양은 0.035몰이다. $\text{몰농도(M)} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.035 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.07 \text{ M}$ 이므로 $x=0.07$ 이다.

05

답 ⑤

자료 분석 ● 용액의 농도



- A 4 g의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.
- (나)는 (가)에서 5 mL를 취하였으므로 A 0.2 g이 녹아 있다.
- 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이므로, 용액 100 g에 A 0.2 g이 녹아 있는 용액의 퍼센트 농도 = $\frac{0.2 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 0.2\%$ 이다.

ㄱ. A 4 g은 0.1몰이고 용액의 부피는 100 mL이므로 (가)의 몰농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.
 ㄴ. (나)는 (가)에서 5 mL를 취하였으므로 (나)에 들어 있는 A의 양은 $0.1 \text{ mol} \times \frac{5 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 0.005 \text{ mol}$ 이다.
 ㄷ. (나)에는 A 0.2 g이 녹아 있고, (나)의 밀도는 1 g/mL이므로 용액의 질량은 100 g이다. 따라서 (나)의 퍼센트 농도 = $\frac{0.2 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 0.2\%$ 이다.

06

답 ④

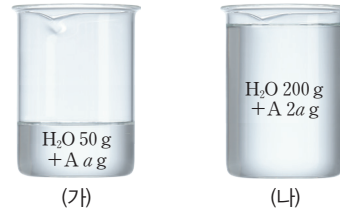
ㄴ. 1 mg = 0.001 g이다. (나)에 들어 있는 Na^+ 483 mg의 양(mol) = $\frac{\text{Na}^+\text{의 질량(g)}}{\text{Na의 몰질량(g/mol)}} = \frac{0.483 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0.021 \text{ mol}$ 이며, (나)의 부피가 1 L이므로 $[\text{Na}^+] = \frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.021 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.021 \text{ M}$ 이다.
 ㄷ. 용액의 부피가 같을 때 Mg^{2+} 의 몰농도는 Mg^{2+} 의 질량에 비례하므로 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)에 들어 있는 Ca^{2+} 40 mg의 양(mol) = $\frac{\text{Ca}^{2+}\text{의 질량(g)}}{\text{Ca의 몰질량(g/mol)}} = \frac{0.04 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.001 \text{ mol}$ 이다.

07

답 ⑤

자료 분석 ● 용액의 몰농도(M)와 용액의 질량



- (가)는 H_2O 50 g에 A a g이 녹아 있고, (나)는 H_2O 200 g에 A 2a g이 녹아 있다.
 → (나)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 (가)의 2배이다.
- 밀도(g/mL) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{부피(mL)}}$ 이므로, 부피(mL) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{밀도(g/mL)}}$ 이다.
 → (가)와 (나)의 밀도(g/mL)를 모두 d라고 하면 (가)의 부피(mL)는 $\frac{50+a}{d}$ 이고, (나)의 부피(mL)는 $\frac{200+2a}{d}$ 이다.

(가)와 (나)에서 A의 양(mol)을 각각 n, 2n, (가)와 (나)의 밀도(g/mL)를 모두 d라고 하면 (가)와 (나)의 부피(mL)는 각각 $\frac{50+a}{d}$, $\frac{200+2a}{d}$ 이고, 몰농도 비는 (가) : (나) = $3 : 2 = \frac{n}{\frac{50+a}{d}} : \frac{2n}{\frac{200+2a}{d}}$ 이다. 따라서 $a=50$ 이다.

08

답 ⑤

ㄱ. (가)는 $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ 이므로 산성 용액이다.
 ㄴ. 온도가 일정하므로 (가)~(다)에서 물의 이온화 상수(K_w)는 같다. (가)에서 $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = ac$ 이므로 물의 이온화 상수는 ac이다.
 ㄷ. (가)의 pOH와 (다)의 pH가 같으므로 25 °C에서 (가)의 pH와 (다)의 pH의 합은 14이다. (나)는 $[\text{H}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 가 같으므로 pH는 7이다. 따라서 (가)~(다)의 pH의 합은 21이다.

09

답 ③

ㄱ. NaOH 0.4 g은 $0.01 \left(= \frac{0.4}{40} \right)$ 몰이므로 NaOH(aq)의 몰농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.01 \text{ M}$ 이다. 따라서 NaOH(aq)에서 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다.
 ㄴ. 25 °C에서 NaOH(aq)의 pOH는 2이므로 pH는 12이다.
 오답 피하기 ㄷ. 증류수를 첨가하여 부피가 2 L가 되면 NaOH(aq)의 몰농도는 0.005 M이므로 $[\text{OH}^-] = 5.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고 pOH가 3일 때의 $[\text{OH}^-]$ 보다 크다. 따라서 0.005 M NaOH(aq)의 pOH는 3보다 작다.

자료 분석 25 °C에서 용액의 $[H^+]$ 와 pH, pOH

수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{[H^+]}{[OH^-]}$	0.01	100	10000

- (가)에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 10^{-2}$ 인데, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-8}$ M이다.
→ pH=8, pOH=6이므로 염기성 용액이다.
- (나)에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 10^2$ 인데, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-6}$ M이다.
→ pH=6, pOH=8이므로 산성 용액이다.
- (다)에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 10^4$ 인데, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이다.
→ pH=5, pOH=9이므로 산성 용액이다.

나. (나)에서 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-6}$ M, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-8}$ M이고, pH는 6, pOH는 8이다. (다)에서 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-9}$ M이고, pH는 5, pOH는 9이다. 따라서 $\frac{pOH}{pH}$ 는 (나)가 $\frac{4}{3}$, (다)가 $\frac{9}{5}$ 이다.

다. (다)에 증류수를 첨가하여 부피가 10배로 증가할 때 $[H^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 이 되므로 pH는 1만큼 증가한다. 따라서 pH는 6이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)는 염기성 용액이다.

11

답 ②

나. (나)는 중성 용액이므로 pOH는 7이고, (다)는 염기성 용액이므로 pOH < 7이다. 따라서 pOH는 (나) > (다)이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)는 산성 용액이므로 $\frac{pH}{pOH} < 1$ 이다.

다. 온도가 일정하면 물의 이온화 상수(K_w)는 같다.

12

답 ②

나. 25 °C에서 (나)의 pOH는 7이므로 pH는 7이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)의 pOH는 4이므로 염기성 용액이다. 염기성 용액은 $[H^+] < [OH^-]$ 이다.

다. (다)의 pOH는 10이므로 pH는 4이다. (다) 10 mL에 물을 첨가하여 부피가 1 L가 되면 몰농도는 $\frac{1}{100}$ 이 된다. $[H^+]$ 가 $\frac{1}{100}$ 이 되면 pH는 2만큼 증가하므로 pH는 6이다.

13

답 0.8 M

5 % NaOH(aq) 240 g에 들어 있는 NaOH의 질량(g)을 구하면 $\frac{\text{NaOH의 질량(g)}}{240 \text{ g}} \times 100 = 5(\%)$ 에서 NaOH의 질량은 12 g이다.

$$\text{NaOH 12 g의 양(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{12 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.3 \text{ mol}$$

이므로 NaOH 12 g은 0.3몰이다. (나)에서 1 M NaOH(aq) 500 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.5몰이다. 따라서 (다)에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.3 + 0.5 = 0.8$ 이므로 (다)의

$$\text{몰농도(M)} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.8 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.8 \text{ M이다.}$$

14

답 (1) (나) (2) 11

(1) (가)는 $[H^+] = [OH^-]$ 이므로 중성 용액이다. (나)는 $[H^+]$ 가 (가)보다 크므로 산성 용액이고, (다)는 $[OH^-]$ 가 (가)보다 크므로 염기성 용액이다.

(2) (가)는 $[H^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ M이므로 $x = 1.0 \times 10^{-7}$ 이다. (다)의 $[OH^-] = x \times 10^4 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-3}$ M이므로 pOH는 3이고, pH는 11이다.

15

(1) NaOH(aq)에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 10^{-10}$ 인데, 25 °C에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-] = 0.01$ M이다. 따라서 NaOH(aq)의 몰농도는 0.01 M이므로 $a = 0.01$ 이다.

(2) NaOH(aq)에서 $[OH^-]$ 가 $\frac{1}{10}$ 이 되면 pOH가 1만큼 증가하므로 pH는 1만큼 감소한다.

예시 답안 NaOH(aq)에서 $[OH^-] = 0.01$ M이므로 pOH는 2이고, pH는 12이다. 이 수용액의 몰농도가 $\frac{1}{10}$ 이 되면 pH는 11이 되므로 증류수를 첨가하여 용액의 부피가 200 mL가 되도록 한다.

채점 기준	배점(%)
NaOH(aq)의 pH를 11로 만드는 방법을 옳게 설명한 경우	100
NaOH(aq)의 pH만 구한 경우	30

16

(1) (가)에서 $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 10^4$ 인데, 25 °C에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이고, pH는 5이다.

(2) (가)에서 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이고, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-9}$ M이다. (나)에서 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-9}$ M이고, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이다.

예시 답안 (가)에서 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M이므로 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-9}$ M이다. (나)에서 $pH - pOH = 4$ 이므로 $pH = 9$, $pOH = 5$ 이고, $[H^+] = 1.0 \times 10^{-9}$ M이다. 따라서 $\frac{(\text{나})의 } [H^+]}{(\text{가})의 } [OH^-]} = 1$ 이다.

채점 기준	배점(%)
$\frac{(\text{나})의 } [H^+]}{(\text{가})의 } [OH^-]}$ 를 풀이 과정을 포함하여 옳게 설명한 경우	100
$\frac{(\text{나})의 } [H^+]}{(\text{가})의 } [OH^-]}$ 만 옳게 구한 경우	50

02 중화 반응

15강 중화 반응의 양적 관계

기본 탄탄 문제

181쪽

- 01 • 알짜 이온: H^+ , OH^- • 구경꾼 이온: Cl^- , Na^+
 02 $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ 03 (1) ○ (2) ○ (3) ×
 (4) × 04 (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊖ 05 (가) 50 mL, (나) 100 mL
 06 (1) 0.02 (2) 0.01 (3) 산성 (4) 0.01 (5) ⊖ NaOH(aq), ⊙ 100

01 Ⓜ • 알짜 이온: H^+ , OH^- • 구경꾼 이온: Cl^- , Na^+
 산과 염기의 중화 반응에서 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)은 알짜 이온이고, 산의 음이온과 염기의 양이온은 반응에 직접 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

02 Ⓜ $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$
 중화 반응은 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)이 만나 물(H_2O)을 생성하는 반응이므로 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ 이다.

03 Ⓜ (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
 (1), (2) 중화 반응은 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)이 만나 물(H_2O)을 생성하는 반응이다. 따라서 산과 염기의 종류와 관계없이 실제로 반응에 참여하는 알짜 이온은 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이다.
 (3) 염은 중화 반응 후 남아 있는 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합한 물질이다.
 (4) 혼합하는 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 의 양(mol)이 같으면 혼합 용액은 중성이 된다.

04 Ⓜ (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊖
 중화 반응에서 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)은 $H^+ : OH^- = 1 : 1$ 의 몰비로 반응한다.
 (1) 혼합하는 OH^- 의 양(mol)이 H^+ 의 양(mol)보다 많으면 중화 반응 후 OH^- 이 남아 있으므로 용액은 염기성이 된다.
 (2) 혼합하는 H^+ 과 OH^- 의 양(mol)이 같으면 산과 염기가 완전히 중화되어 용액은 중성이 된다.
 (3) 혼합하는 H^+ 의 양(mol)이 OH^- 의 양(mol)보다 많으면 중화 반응 후 H^+ 이 남아 있으므로 용액은 산성이 된다.

05 Ⓜ (가) 50 mL, (나) 100 mL
 (가)와 (나)를 중화하는 데 필요한 0.2 M NaOH(aq)의 부피를 각각 V_1 L, V_2 L라고 하면 (가)와 (나)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 각각 0.2 M NaOH(aq) V_1 L와 V_2 L에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 같아야 한다. (가)에서 $1 \times 0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times V_1 \text{ L}$, $V_1 = 0.05 \text{ L}$ 이므로 50 mL이다. 또 (나)에서 $2 \times 0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times V_2 \text{ L}$, $V_2 = 0.1 \text{ L}$ 이므로 100 mL이다.

06 Ⓜ (1) 0.02 (2) 0.01 (3) 산성 (4) 0.01 (5) ⊖ NaOH(aq), ⊙ 100
 (1) 0.1 M $H_2SO_4(aq)$ 100 mL에 들어 있는 H^+ 의 양은 $2 \times 0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.
 (2) 0.1 M NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 OH^- 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.
 (3) 혼합하는 H^+ 의 양(mol)이 OH^- 의 양(mol)보다 많으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.
 (4) 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 반응한 OH^- 의 양(mol)과 같으므로 0.01몰이다.
 (5) 중화 반응 후 남은 H^+ 의 양은 0.01몰이므로 이를 완전히 중화시키기 위해 OH^- 0.01몰이 필요하다. 따라서 추가로 0.1 M NaOH(aq)을 100 mL 넣어 주어야 한다.

일찍 꼭꼭 문제

182 ~ 185쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ④ 05 ② 06 ④ 07 ①
 08 ② 09 ③ 10 ④ 11 ② 12 ⑤

단답형·서술형 문제

- 13 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 14 (1) 20 mL (2) 해설 참조
 15 해설 참조 16 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조
 17 해설 참조

01 Ⓜ ⑤
 ㄱ, ㄴ. H_2SO_4 은 수용액에서 1몰이 이온화하여 2몰의 H^+ 을 내놓는 2가 산이다.

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$
 H_2SO_4 1몰은 2몰의 NaOH과 반응하여 2몰의 H_2O 을 생성하므로 $a=2$ 이다.
 ㄷ. 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온이 만나 염을 형성한다. 제시된 반응에서 산의 음이온인 SO_4^{2-} 과 염기의 양이온인 Na^+ 이 형성한 Na_2SO_4 은 염이다.

$$2Na^+ + SO_4^{2-} \longrightarrow Na_2SO_4$$

02 Ⓜ ④
 (가)와 (나)는 산과 염기의 중화 반응이다.
 ㄱ, ㄴ. 산과 염기를 혼합하면 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물(H_2O)을 생성하는 중화 반응이 일어난다.

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

오답 피하기 ㄷ. 일반적으로 중화 반응은 반응이 진행됨에 따라 전체 이온의 양(mol)이 감소하므로 반응 후 전기 전도성이 감소하지만, 반응 후 생성되는 염이 물에 잘 녹는 경우 반응 후에도 용액에 이온이 존재하기 때문에 전기 전도성이 있다.

개념 더하기 물에 녹지 않는 염

- $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 과 $\text{Ba}(\text{OH})_2(aq)$ 의 중화 반응에서 생성되는 염인 BaSO_4 , $\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$ 과 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 의 중화 반응에서 생성되는 염인 CaCO_3 은 물에 녹지 않고 가라앉는 앙금이다.
- 중화 반응에서 생성된 염이 물에 녹지 않는 경우 반응 후 전기 전도성이 거의 없다.

03

답 ③

ㄱ. 염기 수용액 (가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 ▲는 OH^- 이다. 염기 수용액에 산 수용액을 넣으면 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이 만나 중화 반응을 하므로 ▲ 수가 감소한다.

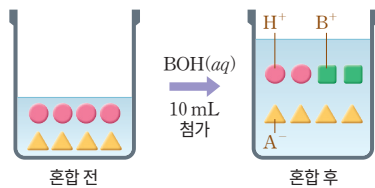
ㄴ. 수용액에 존재하는 OH^- 의 몰비가 (가) : (나) = 2 : 3이므로 (가)와 (나)를 완전히 중화시키는 데 필요한 H^+ 의 몰비도 (가) : (나) = 2 : 3이다.

오답 피하기 ㄴ. 용액 내 이온의 전하량 총합은 0이다. (가)에서 양이온 ●와 ▲의 개수비는 ● : ▲ = 1 : 2이므로 양이온 ●의 전하량은 +2이다. (나)에서 양이온 ●과 ▲의 개수비는 ● : ▲ = 1 : 1이므로 양이온 ●의 전하량은 +1이다. 따라서 ●와 ▲의 전하의 크기 비는 ● : ▲ = 2 : 1이다.

04

답 ④

자료 분석 산과 염기의 중화반응



- HA는 수용액에서 H^+ 과 A^- 으로 이온화한다.
→ 산의 음이온(A^-)은 구경꾼 이온이므로 반응 후 그 수가 변하지 않는다.
→ 혼합 전과 후 수가 같은 ▲는 A^- 이고, ●는 H^+ 이다.
- BOH는 수용액에서 B^+ 과 OH^- 으로 이온화한다.
→ 혼합 후 용액 속에 H^+ 이 남아 있으므로 $\text{BOH}(aq)$ 의 OH^- 은 모두 반응하여 존재하지 않는다.
→ ■는 구경꾼 이온인 B^+ 이다.
→ $\text{BOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 ■(B^+) 수가 2이므로 OH^- 수도 2이다.

ㄱ. ▲는 $\text{HA}(aq)$ 의 음이온(A^-)이고, ■는 $\text{BOH}(aq)$ 의 양이온(B^+)이므로 모두 구경꾼 이온이다.

ㄴ. $\text{HA}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 과 A^- 수는 각각 4이고, $\text{BOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 B^+ 과 OH^- 수는 각각 2이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 $\text{HA}(aq)$ 이 $\text{BOH}(aq)$ 의 2배이다.

오답 피하기 ㄴ. 혼합 후 용액에 H^+ 이 남아 있으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다. 따라서 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨려도 색이 변하지 않는다.

05

답 ②

0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 15 mL와 x M $\text{HCl}(aq)$ 5 mL에 들어 있는 이온 수 비는 $\text{NaOH}(aq) : \text{HCl}(aq) = 3 : 2$ 이다. 부피 단위가 모두 mL이므로 단위 환산을 생략하면 $0.1 \times 15 : x \times 5 = 3 : 2$, $x = 0.2$ 이다.

06

답 ④

$\text{HA}(aq)$ 에 $\text{X}(aq)$ 을 넣어도 ▲ 수는 변하지 않으므로 ▲는 구경꾼 이온인 산의 음이온(A^-)이고, ●는 산의 H^+ 이다.

ㄴ. $\text{HA}(aq)$ 20 mL에 $\text{X}(aq)$ 10 mL를 넣었을 때 ●, 즉 H^+ 수가 2 감소하고 ■ 수가 1 증가하였으므로 ■는 전하량이 +2인 염기의 양이온임을 알 수 있다. 따라서 X는 1몰이 이온화하여 2몰의 OH^- 을 내놓는 2가 염기이다.

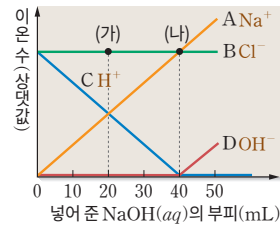
ㄴ. $\text{HA}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 총 이온 수는 8이고, $\text{X}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 이온 수는 ■가 1, OH^- 이 2로 총 3이므로 단위 부피당 전체 이온의 몰비는 $\text{HA}(aq) : \text{X}(aq) = \frac{8}{20} : \frac{3}{10} = 4 : 3$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. ▲는 산의 음이온이다.

07

답 ①

자료 분석 산 수용액에 염기 수용액을 넣을 때 이온 수 변화



- A ~ D는 각각 H^+ , Cl^- , Na^+ , OH^- 중 하나이다.
→ A는 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 비례하여 그 수가 증가하므로 반응에 참여하지 않는 Na^+ 이다.
→ B는 그 수가 일정하므로 반응에 참여하지 않는 Cl^- 이다.
→ C는 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 비례하여 그 수가 감소하므로 반응에 참여하는 H^+ 이다.
→ D는 (나) 이후 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 비례하여 그 수가 증가하므로 반응에 참여하는 OH^- 이다.
- (나)에서 C(H^+)와 D(OH^-)의 수는 0이다.
→ (나)는 산과 염기가 완전히 중화된 지점이다.
→ 중화 반응이 일어나는 동안 H^+ 이 반응하여 없어지는 수만큼 Na^+ 수가 증가하므로 (나)에 도달할 때까지 전체 이온 수는 일정하다.

ㄱ. A는 Na^+ 이고, B는 Cl^- 이므로 A와 B는 구경꾼 이온이다.

오답 피하기 ㄴ. 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도를 각각 x M, y M이라고 하면 $\text{HCl}(aq)$ 100 mL에 $\text{NaOH}(aq)$ 40 mL를 넣었을 때 산과 염기가 완전히 중화되었으므로 $x \times 100 = y \times 40$ 이 성립한다. 따라서 $x : y = 40 : 100 = 2 : 5$ 이다.

ㄷ. 1가 산과 염기의 중화 반응에서 중화 반응이 일어나는 동안에는 전체 이온 수가 일정하다. 따라서 혼합 용액의 전체 이온 수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

08

㉔ ②

(가)에서 생성된 H_2O 분자 수가 $3N$ 이므로 $HCl(aq)$ 20 mL와 $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 양이온과 음이온 수는 각각 $3N$ 이상이다. 따라서 (나)에서 한계 반응물은 $KOH(aq)$ 이며 $KOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $2N$ 이다.

ㄴ. $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $3N$ 이상이고, $KOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $2N$ 이므로 (다)에 들어 있는 OH^- 수는 $5N$ 이상이다. (다)에서 생성된 H_2O 분자 수가 $4N$ 이므로 (다)에서 한계 반응물은 $HCl(aq)$ 이며 반응 후 (다)에 OH^- 이 남아 있으므로 (다)의 액성은 염기성이다.

오답 피하기 ㄱ. (나)에서 한계 반응물은 $KOH(aq)$ 이므로 반응 후 H^+ 이 남는다. 따라서 (나)의 액성은 산성이다.

ㄷ. $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 수가 $4N$ 이므로 (가)에서 $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $3N$ 이다. 따라서 단위 부피당 전체 이온의 양(mol)은 $HCl(aq) : NaOH(aq) = \frac{8N}{20} : \frac{6N}{10} = 2 : 3$ 이므로 $NaOH(aq)$ 이 $HCl(aq)$ 의 1.5배이다.

09

㉔ ③

H_2SO_4 은 2가 산이고, KOH 은 1가 염기이다. 따라서 농도가 같은 $H_2SO_4(aq)$ 과 $KOH(aq)$ 이 완전히 중화되는 부피비는 $H_2SO_4(aq) : KOH(aq) = 1 : 2$ 이다.

ㄱ. 생성된 물의 양(mol)은 산과 염기가 완전히 중화되는 지점에서 가장 많으므로 (다)가 가장 많다.

ㄴ. $H_2SO_4(aq)$ 과 $KOH(aq)$ 의 몰농도를 a M이라고 하면 (나)에서 $H_2SO_4(aq)$ 30 mL 속 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times a \times 0.03 = 0.06a$, $KOH(aq)$ 30 mL 속 OH^- 의 양(mol)은 $a \times 0.03 = 0.03a$ 이다. 또 (라)에서 $H_2SO_4(aq)$ 10 mL 속 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times a \times 0.01 = 0.02a$, $KOH(aq)$ 50 mL 속 OH^- 의 양(mol)은 $a \times 0.05 = 0.05a$ 이다. 따라서 (나)에서 반응 후 남은 H^+ 의 양(mol)과 (라)에서 반응 후 남은 OH^- 의 양(mol)이 $0.03a$ 로 같으므로 (나)와 (라)를 혼합한 용액의 액성은 중성이다.

오답 피하기 ㄷ. SO_4^{2-} 과 K^+ 수는 각각 $H_2SO_4(aq)$ 과 $KOH(aq)$ 의 부피에 비례한다. 따라서 $\frac{K^+ \text{ 수}}{SO_4^{2-} \text{ 수}}$ 는 (가)에서 $\frac{20}{40} = \frac{1}{2}$, (다)에서 $\frac{40}{20} = 2$ 이므로 (다)에서가 (가)에서의 4배이다.

10

㉔ ④

ㄱ. 혼합 용액 (가)에서 단위 부피당 Cl^- 수가 2, Na^+ 수가 3이므로 $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$, $NaOH(aq)$ 30 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $6N$ 이라고 할 수 있다. 따라서 단위 부피당 전체 이온 수는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = \frac{4N}{10} : \frac{6N}{30} = 2 : 1$ 이므로 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이다.

ㄷ. $HCl(aq)$ 의 부피로부터 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 수는 (나)에서가 (가)에서의 2.5배이고, 혼합 용액의 전체 부피는 (나)가 (가)의 1.25배이다. 단위 부피당 이온 수는 혼합 용액에 들어 있는 이온 수에 비례하고 혼합 용액의 전체 부피에 반비례하므로

⑦에서 Cl^- 수는 (가)의 모형에서 $Cl^- \text{ 수} \times \frac{2.5}{1.25} = 2 \times \frac{2.5}{1.25} = 4$ 이다. 단위 부피당 전체 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이므로 구경꾼 이온 수 비는 $Cl^- : Na^+ = 2 : 1$ 이다. 따라서 ⑦에는 $\blacktriangle(Na^+)$ 2개, $\bullet(Cl^-)$ 4개가 그려진다.

오답 피하기 ㄴ. $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 단위 부피당 전체 이온 수는 몰농도에 비례하므로 $HCl(aq)$ 의 몰농도가 $NaOH(aq)$ 의 2배일 때 같은 부피를 혼합한 (나)의 액성은 산성이다.

개념 더하기 ① 1가 산과 염기 수용액의 단위 부피당 이온 수

수용액에서 1가 산 1몰이 이온화할 때 각각 1몰의 H^+ 과 음이온을 내놓고, 1가 염기 1몰이 이온화할 때 각각 1몰의 OH^- 과 양이온을 내놓는다.

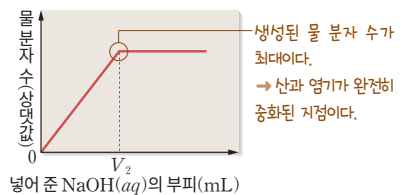
→ 1가 산과 염기 수용액의 단위 부피당 전체 이온 수는 단위 부피당 용질의 양(mol)에 비례한다.

→ 1가 산과 염기 수용액의 단위 부피당 전체 이온 수는 몰농도에 비례한다.

11

㉔ ②

자료 분석 ② 중화반응에서 생성된 물 분자 수



• $HA(aq)$ V_1 mL에 $NaOH(aq)$ V_2 mL를 넣었을 때 생성된 물 분자 수가 최대이다.

→ $HA(aq)$ V_1 mL에 $NaOH(aq)$ V_2 mL를 넣었을 때 산과 염기가 완전히 중화된다.

• 중화 반응의 양적 관계식은 $nMV = n'M'V'$ 이다.

→ $n = n' = 1$ 이고 $HA(aq)$ 의 몰농도는 a M, $NaOH(aq)$ 의 몰농도는 b M이므로 $a \times V_1 = b \times V_2$, $a : b = V_2 : V_1$ 이다.

ㄴ. $HA(aq)$ V_1 mL에 $NaOH(aq)$ V_2 mL를 넣었을 때 생성된 물 분자 수는 최대가 된다. 따라서 산과 염기가 완전히 중화되었으므로 $HA(aq)$ V_1 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $NaOH(aq)$ V_2 mL에 들어 있는 OH^- 수와 같다.

따라서 $\frac{HA(aq) \text{ } V_1 \text{ mL에 들어 있는 } H^+ \text{ 수}}{NaOH(aq) \text{ } V_2 \text{ mL에 들어 있는 } OH^- \text{ 수}} = 1$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. $a : b = V_2 : V_1$ 이고, $a > b$ 이므로 $V_1 < V_2$ 이다.

ㄷ. 중화 반응의 양적 관계식으로부터 $a : b = V_2 : V_1$ 이고, $HA(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 단위 부피당 전체 이온 수는 몰농도에 비례하므로 $HA(aq) : NaOH(aq) = V_2 : V_1$ 이다.

개념 더하기 중화반응에서 생성된 물 분자 수

- 일정한 양의 산 수용액(염기 수용액)에 염기 수용액(산 수용액)을 조금씩 넣어 주는 경우 생성된 물 분자 수가 최대인 지점에서 $H^+(OH^-)$ 이 모두 중화되어 그 수가 0이 된다.
→ 이후 염기 수용액(산 수용액)을 더 넣어 주어도 반응할 $H^+(OH^-)$ 이 없으므로 물 분자가 생성되지 않는다.
- 산 수용액과 염기 수용액의 부피를 달리하여 전체 부피가 같아 지도록 혼합하는 경우 생성된 물 분자 수가 최대일 때 산과 염기가 완전히 반응한다.
→ 반응하는 두 수용액의 부피비로부터 몰농도를 알 수 있다.
예 물 분자 수가 최대일 때 반응하는 $HA(aq)$ 과 $BOH(aq)$ 의 부피비가 $HA(aq):BOH(aq)=1:2$ 이다.
→ 몰농도 비는 $HA(aq):BOH(aq)=2:1$ 이다.

12

답 ⑤

자료 분석 혼합 용액의 전체 양이온 수

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			혼합 용액의 전체 양이온 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	KOH(aq)	
(가)	20	15	0	4N
(나)	10	0	15	3N
(다)	30	10	30	8N
(라)	10	10	10	xN

- (가)는 산성이다.
→ (가)에 존재하는 Cl^- 수가 4N이므로 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 수는 각각 4N이다.
→ NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 수는 각각 4N 미만이다.
- (나)의 양이온 수는 3N이다.
→ HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수는 2N이므로 (나)에 존재하는 K^+ 수가 3N이고 (나)는 염기성이다.
→ KOH(aq) 15 mL에 들어 있는 K^+ 과 OH^- 수는 각각 3N이다.
- (다)의 양이온 수는 8N이다.
→ (다)에서 HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수와 KOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수는 6N으로 같아 모두 중화된다.
→ (다)에 존재하는 양이온은 Na^+ 과 K^+ 이고 그 수가 8N이므로 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 수는 각각 2N이다.

ㄱ, ㄷ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수, KOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 모두 2N으로 같다. 따라서 (라)는 염기성이고, (라)의 양이온 수는 Na^+ 과 K^+ 수를 합한 4N이다. 또 HCl(aq), NaOH(aq), KOH(aq) 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수가 모두 같으므로 각 수용액의 몰농도는 서로 같다.

ㄴ. (나)는 염기성이므로 (나)에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.

13

(1) 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온의 양(mol)은 반응 전후 변하지 않는다.

예시 답안 1가 산과 염기 수용액에서 혼합 전 각 용액에 들어 있는 용질의 입자 수는 혼합 용액에 들어 있는 구경꾼 이온 수와 같다. 따라서 a M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 HCl과 b M NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 NaOH의 몰비는 $HCl:NaOH=3:2$ 이다.

채점 기준	배점(%)
구경꾼 이온 수로부터 HCl(aq)과 NaOH(aq)에서 용질의 몰비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
각 용액에서 용질의 몰비만 옳게 쓴 경우	50

(2) 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰농도와 용액의 부피를 곱해서 구할 수 있다.

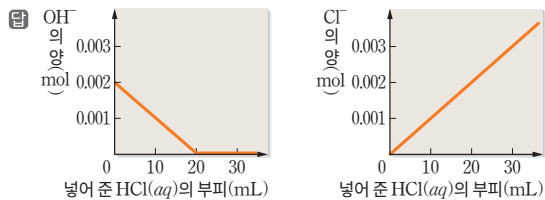
예시 답안 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰농도와 용액의 부피를 곱한 값이므로 $HCl:NaOH=a \times 20:b \times 5=3:2$ 가 성립한다. 따라서 $a:b=3:8$ 이다.

채점 기준	배점(%)
용질의 몰비로부터 몰농도 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
몰농도 비만 옳게 쓴 경우	50

14

(1) NaOH(aq)과 HCl(aq)의 몰농도가 0.1 M로 같으므로 넣어 준 HCl(aq)의 부피가 NaOH(aq)의 부피와 같아질 때 산과 염기가 완전히 중화된다.

(2) 처음 OH^- 의 양(mol)은 $0.1 M \times 0.02 L = 0.002 \text{ mol}$ 이고, 넣어 준 HCl(aq)의 부피에 비례하여 감소하며 HCl(aq)의 부피가 20 mL가 될 때 0이 된다. Cl^- 의 양(mol)은 넣어 준 HCl(aq)의 부피에 비례하여 증가한다.



채점 기준	배점(%)
OH ⁻ 과 Cl ⁻ 의 양(mol) 변화를 모두 옳게 나타낸 경우	100
2가지 중 1가지만 옳게 나타낸 경우	50

15

HCl(aq)과 H₂SO₄(aq) 혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 필요한 OH^- 의 양(mol)은 혼합 용액에 들어 있는 전체 H^+ 의 양(mol)과 같고, 전체 H^+ 의 양(mol)은 HCl(aq)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 H₂SO₄(aq)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)을 합한 값이다.

예시 답안 혼합 용액에 들어 있는 전체 H^+ 의 양은 $(0.2\text{ M} \times 0.1\text{ L}) + (2 \times 0.1\text{ M} \times 0.1\text{ L}) = 0.04\text{ mol}$ 이다. 따라서 이를 완전히 중화하는 데 필요한 OH^- 의 양도 0.04몰이므로 필요한 0.4 M $NaOH(aq)$ 의 부피는 $\frac{0.04\text{ mol}}{0.4\text{ M}} = 0.1\text{ L}$, 즉 100 mL이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 용액 속 전체 H^+ 의 양(mol)을 알아내어 $NaOH(aq)$ 의 부피를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
$NaOH(aq)$ 의 부피만 옳게 쓴 경우	50

16

(1) 혼합 전 H^+ 과 Cl^- 의 양은 $0.2\text{ M} \times 0.1\text{ L} = 0.02\text{ mol}$ 이고, Na^+ 과 OH^- 의 양은 $0.3\text{ M} \times 0.05\text{ L} = 0.015\text{ mol}$ 이다.

구분	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
혼합 전	0.02	0.02	0.015	0.015
혼합 후	0.005	0.02	0.015	0

예시 답안 혼합 후 용액에 H^+ 이 남아 있으므로 (가)의 액성은 산성이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 전과 후 각 이온의 양(mol)을 구하여 용액의 액성을 옳게 설명한 경우	100
용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50

(2) 혼합 전 H^+ 과 Cl^- 의 양은 $0.2\text{ M} \times 0.2\text{ L} = 0.04\text{ mol}$ 이고, Na^+ 과 OH^- 의 양은 $0.3\text{ M} \times 0.2\text{ L} = 0.06\text{ mol}$ 이다.

구분	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
혼합 전	0.04	0.04	0.06	0.06
혼합 후	0	0.04	0.06	0.02

예시 답안 혼합 후 용액에 OH^- 이 남아 있으므로 (나)의 액성은 염기성이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 전과 후 각 이온의 양(mol)을 구하여 용액의 액성을 옳게 설명한 경우	100
용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50

(3) 혼합 전 H^+ 과 Cl^- 의 양은 $0.2\text{ M} \times 0.3\text{ L} = 0.06\text{ mol}$ 이고, Na^+ 과 OH^- 의 양은 $0.3\text{ M} \times 0.2\text{ L} = 0.06\text{ mol}$ 이다.

구분	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
혼합 전	0.06	0.06	0.06	0.06
혼합 후	0	0.06	0.06	0

예시 답안 혼합 후 용액에 H^+ 과 OH^- 이 모두 남아 있지 않으므로 (다)의 액성은 중성이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 전과 후 각 이온의 양(mol)을 구하여 용액의 액성을 옳게 설명한 경우	100
용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50

17

1가 산과 염기의 중화 반응에서 혼합 용액의 액성이 산성일 때 혼합 용액 속 전체 양이온 수는 반응 후 남은 H^+ 수와 염기의 양이온 수를 합한 값인데, 반응이 일어날 때 용액 속 H^+ 수는 반응한 OH^- 수, 즉 염기의 양이온 수만큼 감소한다. 따라서 혼합 용액 속 전체 양이온 수는 혼합 전 산 수용액의 H^+ 수 또는 구경꾼 이온인 산의 음이온 수와 같다. 혼합 용액의 액성이 염기성일 때 혼합 용액 속에 염기 양이온만 남아 있으므로 용액 속 전체 양이온 수는 혼합 전 염기 수용액의 OH^- 수 또는 구경꾼 이온인 염기의 양이온 수와 같다.

예시 답안 혼합 후 전체 양이온의 양(mol)은 (가)에서 0.02몰, (나)에서 0.06몰이다. 혼합 용액의 액성이 산성일 때 용액 속 전체 양이온 수는 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 H^+ 수 또는 산의 음이온 수와 같다. 혼합 용액의 액성이 염기성일 때 용액 속 전체 양이온 수는 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 OH^- 수 또는 염기의 양이온 수와 같다.

채점 기준	배점(%)
혼합 후 (가)와 (나)의 전체 양이온의 양(mol)을 구하여 산성과 염기성에 따른 혼합 용액의 전체 양이온 수 경향을 옳게 설명한 경우	100
혼합 용액의 전체 양이온 수 경향을 산성 용액과 염기성 용액 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50

16강 중화 적정

188쪽

탐구

확인문제

01

(1) ○ (2) × (3) ○

02

⑤

01

☞ (1) ○ (2) × (3) ○

- 물린 식초에 농도를 알고 있는 염기 표준 용액을 조금씩 넣으면서 식초 속 아세트산이 완전히 중화하는 데 필요한 염기 표준 용액의 부피를 측정하여 식초 속 아세트산의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다.
- 중화 적정으로 식초 속 아세트산의 농도를 구할 때, 뷰렛은 표준 용액을 담아 조금씩 떨어뜨리는 데 사용하고, 삼각 플라스크는 정확한 부피의 물린 식초와 페놀프탈레인 용액을 넣는다.
- 삼각 플라스크 내 용액의 전체 색이 붉은색으로 변했을 때 뷰렛 꼭지를 잠근 후, 뷰렛의 나중 눈금을 측정하여 중화 적정에 사용한 염기 표준 용액의 부피를 구한다.

02

답 ⑤

⑤ 표준 용액을 설계했던 농도보다 더 진하게 만든 경우, 중화점까지 넣어 준 염기의 양이 적게 되므로 실제 식초 속 아세트산의 함량보다 더 작게 측정된다.

오답 피하기 ① 식초를 희석할 때 물을 적게 넣어 덜 묽힌 식초로 중화 적정을 할 경우 실험값이 실제 식초 속 아세트산의 함량보다 더 크게 측정된다.

② 뷰렛의 아래쪽 부분 공기를 빼지 않고 실험하면 넣어 준 표준 용액의 부피가 크게 측정되므로 실험값이 실제 식초 속 아세트산의 함량보다 더 크게 측정된다.

③ 중화점 이후까지 수산화 나트륨 수용액을 가하면 넣어 준 수산화 나트륨의 부피가 크게 측정되므로 실험값이 실제 식초 속 아세트산의 함량보다 더 크게 측정된다.

④ 중화 적정 할 식초의 양을 설계한 것보다 많이 넣으면 실험값이 실제 식초 속 아세트산의 함량보다 더 크게 측정된다.

기본 탄탄 문제

189쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 02 (1) (나) (2) (다) (3) (라)
03 (1) ① (2) 0.04 M 04 0.15 M

01

답 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

(1) 중화 적정은 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기 수용액의 농도를 알아내는 방법이다.

(2) 중화점은 반응하는 수소 이온의 양(mol)과 수산화 이온의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화하는 지점이다.

(3) 식초 속 아세트산을 수산화 나트륨 표준 용액으로 중화 적정할 때 중화점에서 색이 변하는 지시약인 페놀프탈레인 용액을 이용한다.

(4) 뷰렛은 표준 용액을 담아 농도를 모르는 용액에 조금씩 떨어뜨리는 데 사용한다.

02

답 (1) (나) (2) (다) (3) (라)

(가)~(라)는 각각 삼각 플라스크, 부피 플라스크, 뷰렛, 피펫이다. 중화 적정 할 때 삼각 플라스크는 농도를 모르는 용액과 지시약을 넣는 실험 도구, 부피 플라스크는 정확한 부피의 표준 용액을 만드는 데 사용하는 실험 도구, 뷰렛은 표준 용액을 담아 농도를 모르는 용액에 조금씩 떨어뜨리는 데 사용하는 실험 도구, 피펫은 정확한 부피의 용액을 옮기는 데 사용하는 실험 도구이다.

03

답 (1) ① (2) 0.04 M

(1) 중화 적정으로 산의 농도를 구할 때, 수산화 나트륨 표준 용액은 뷰렛에 담아 조금씩 떨어뜨리고, 농도를 모르는 산 수용액과 지시약은 삼각 플라스크에 넣는다.

(2) 중화 적정에 사용한 수산화 나트륨 표준 용액의 부피는 $23-3=20(\text{mL})$ 이다. 이때 $0.1 \times 20 = \text{HCl}(aq)$ 의 몰농도 $\times 50$ 이므로 실험에 사용한 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.04 M이다.

04

답 0.15 M

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 2가 염기이므로 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 의 몰농도를 x M이라고 하면 $2 \times x \times 20 = 1 \times 0.2 \times 30$ 이다. 따라서 $x=0.15$ 이다.

일격 뚝뚝 문제

190~191쪽

- 01 ② 02 ③ 03 ⑤ 04 ④ 05 ③ 06 ④

단답형·서술형 문제

07 (1) 삼각 플라스크, 뷰렛, 피펫 (2) 해설 참조

08 $\frac{9}{5d} \%$

01

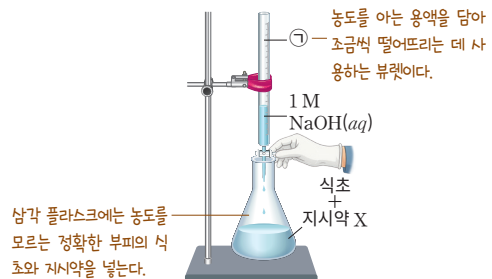
답 ②

뷰렛의 눈금은 실험 전 20 mL, 실험 후 30 mL이므로 $\text{HCl}(aq)$ 50 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.15 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 10 mL이다. $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 0.15 M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)이 같으므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도 $\times 50 = 0.15 \times 10$ 이다. 따라서 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰농도는 0.03 M이다.

02

답 ③

자료 분석 식초 속 아세트산 함량 구하기



• 식초 속 아세트산을 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정 할 때 중화점을 찾기 적절한 지시약은 페놀프탈레인 용액이다.

• 중화 반응의 양적 관계식을 이용하여 식초 속 아세트산의 몰농도(x)를 구하면 0.25 M이다.

→ $x \times 20 = 1 \times 5$, $x=0.25$

7. 중화점을 지나는 순간 무색에서 붉은색으로 변하는 지시약 X로 페놀프탈레인 용액이 적절하다.

ㄷ. 1 M NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.005몰이므로 식초 20 mL에는 들어 있는 CH₃COOH의 양도 0.005몰이다. 따라서 식초 속 아세트산의 몰농도는 0.25 M이다.

오답 피하기 ㄴ. 표준 용액을 넣어 주는 ㉠은 뷰렛이다.

03

답 ⑤

7. 페놀프탈레인 용액은 중화점을 지나는 순간 무색에서 붉은색으로 변한다. 중화 적정 실험은 중화점에 도달하였다고 판단된 순간 표준 용액의 첨가를 중지해야 한다.

ㄴ, ㄷ. 0.1 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.002몰이므로 HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 HCl의 양도 0.002몰이다. 따라서 HCl(aq)의 몰농도는 0.02 M이다.

개념 더하기 ⑤ 액성에 따른 지시약의 색 변화

구분	산성	중성	염기성
BTB 용액	노란색	초록색	파란색
페놀프탈레인 용액	무색	무색	붉은색
메틸 오렌지 용액	붉은색	주황색	노란색

04

답 ④

몰인 CH₃COOH(aq) 10 mL를 완전히 중화하기 위해 0.2 M NaOH(aq) 25 mL를 사용하므로 몰인 CH₃COOH(aq) 10 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 0.005몰이다. 몰인 CH₃COOH(aq)의 몰농도는 0.5 M이고, 이 용액은 x M CH₃COOH(aq)을 5배 묶은 것이므로 x=2.5이다.

05

답 ③

7. 식초를 희석할 때 증류수를 부피 플라스크의 표시선보다 많이 넣으면 식초가 더 묽어지므로 몰농도가 더 작게 구해진다.

ㄴ. 묶인 식초 A 20 mL를 중화하는 데 0.2 M NaOH(aq) 15 mL, 묶인 식초 B 20 mL를 중화하는 데 0.2 M NaOH(aq) 25 mL가 사용되었다. 따라서 실험 후 묶인 식초 A와 NaOH(aq)의 혼합 용액의 부피는 35 mL, 용액 속 Na⁺ 양은 0.003몰이고, 식초 B와 NaOH(aq)의 혼합 용액의 부피는 45 mL, 용액 속 Na⁺ 양은 0.005몰이다. 즉, 식초 A와 B의 단위 부피당 Na⁺ 수는 각각 $\frac{0.003 \text{ mol}}{0.035 \text{ L}} = \frac{3}{35} \text{ M}$, $\frac{0.005 \text{ mol}}{0.045 \text{ L}} = \frac{1}{9} \text{ M}$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 묶인 식초 A에 들어 있는 CH₃COOH의 양과 0.2 M NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 NaOH의 양이 같으므로 묶인 식초 A 20 mL에는 CH₃COOH 0.003몰이 들어 있다. 묶인 식초 A 100 mL에는 CH₃COOH 0.015몰이 들어 있고 이는 식초 A 10 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양과 같으므로 식초 A의 몰농도는 $\frac{0.015 \text{ mol}}{0.01 \text{ L}} = 1.5 \text{ M}$ 이다.

06

답 ④

식초 A 10 mL와 식초 B 10 mL의 밀도가 같으므로 아세트산의 함량 비는 식초 속 아세트산의 몰비와 같다. 식초 A에 들어 있는 아세트산의 양은 0.015몰, 식초 B에 들어 있는 아세트산의 양은 0.025몰이므로 아세트산의 함량 비는 A : B = 0.015 : 0.025 = 3 : 5이다.

07

(1) 중화 적정 실험을 할 때 삼각 플라스크는 농도를 모르는 용액과 지시약을 넣는 실험 도구이고, 뷰렛은 표준 용액을 담아 농도를 모르는 용액에 조금씩 떨어뜨리는 데 사용하는 실험 도구이며, 피펫은 정확한 부피의 용액을 옮기는 데 사용하는 실험 도구이다.

(2) 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기 수용액의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다.

예시 답안 ① 피펫을 이용하여 HCl(aq) 10 mL를 삼각 플라스크에 넣고, 지시약을 2~3방울 떨어뜨린다.

② 뷰렛에 0.1 M NaOH(aq)을 넣은 다음 뷰렛 꼭지를 열어 용액을 흘려 준 뒤 뷰렛의 처음 눈금을 측정한다.

③ 과정 ①의 삼각 플라스크에 뷰렛의 NaOH(aq)을 천천히 가하면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 준다.

④ 삼각 플라스크 속 용액의 전체 색이 변하면 뷰렛 꼭지를 잠근 후, 뷰렛의 나중 눈금을 측정한다.

⑤ 중화 반응의 양적 관계식을 이용하여 HCl(aq)의 농도를 구한다.

채점 기준	배점(%)
실험 도구 (가)~(다)를 모두 이용하여 농도를 모르는 HCl(aq)의 농도를 구하는 중화 적정 실험 과정을 옳게 설계한 경우	100
농도를 모르는 HCl(aq)의 농도를 구하는 중화 적정 실험 과정을 옳게 설계했지만 실험 도구 (가)~(다)를 모두 이용하지 않은 경우	50

08

답 $\frac{9}{5d} \%$

몰인 식초 20 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양(mol)과 0.02 M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 NaOH의 양(mol)이 같으므로 몰인 식초 20 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 0.02 M × 0.03 L = 0.0006 mol이다. 식초는 10배 묶인 상태이므로 묶이기 전 식초 20 mL에는 CH₃COOH 0.006몰이 들어 있다. 따라서 식초 20 mL의 질량은 d g/mL × 20 mL = 20d g, 식초 속 CH₃COOH의 질량은 60 g/mol × 0.006 mol = 0.36 g이고, 식초 속 CH₃COOH의 퍼센트 농도는 $\frac{0.36 \text{ g}}{20d \text{ g}} \times 100 = \frac{9}{5d} (\%)$ 이다.

개념 더하기 ⑤ 아세트산의 함량(%) 구하기

$$\text{아세트산의 함량(}\%) = \frac{\text{아세트산의 질량}}{\text{식초의 질량}} \times 100$$

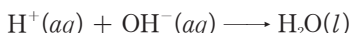
↓
둘의 단위가 같아야 한다.

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

단답형·서술형 문제

13 (1) 0.001몰 (2) 0.002몰 (3) 0.002몰
14 (1) (가): 0.1 M, (나): 0.01 M (2) 해설 참조
15 0.3 16 중화 반응 17 해설 참조

01 답 ③
• 학생 A, C: 중화 반응에서 반응에 직접 참여 하는 알짜 이온은 H^+ 과 OH^- 이고 알짜 이온 반응식은 다음과 같으므로 반응하는 H^+ 의 양(mol)과 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 같다.



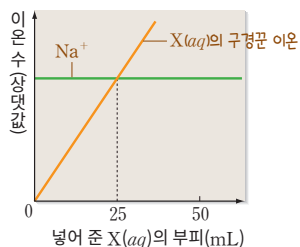
오답 피하기 • 학생 B: 염기 수용액에 산 수용액을 넣으면 중화 반응이 일어나 혼합 용액 속 OH^- 의 농도는 감소하고, 완전히 중화된 지점 이후에 산 수용액을 넣으면 H^+ 의 농도는 증가한다.

02 답 ②
나. 혼합 전 (가)에 들어 있는 H^+ 의 양은 0.005몰, OH^- 의 양은 0.006몰이고, (나)에 들어 있는 H^+ 의 양은 0.005몰, OH^- 의 양은 0.005몰이며, (다)에 들어 있는 H^+ 의 양은 0.004몰, OH^- 의 양은 0.003몰이다. 따라서 반응 후 용액의 액성은 (가)가 염기성, (다)가 산성이므로 pH는 (가)가 (다)보다 크다.

오답 피하기 7. 생성된 물의 양은 (가)와 (나)가 0.005몰로 같다.
다. 혼합 용액에 들어 있는 K^+ 의 양은 (나)가 0.005몰, (다)가 0.003몰이지만 용액의 전체 부피가 다르다. 따라서 단위 부피당 K^+ 수는 (나)는 $\frac{0.005 \text{ mol}}{75 \text{ mL}}$, (다)는 $\frac{0.003 \text{ mol}}{50 \text{ mL}}$ 이므로 (나)가 (다)의 $\frac{10}{9}$ 배이다.

03 답 ⑤

자료 분석 염기와 산을 혼합할 때 용액 속 이온 수 변화



- Na^+ : 반응에 참여하지 않아 처음 그대로 일정하다.
- $X(aq)$ 의 구경꾼 이온: 반응에 참여하지 않아 늘는 대로 증가한다.
- 알짜 이온인 염기의 OH^- 과 산의 H^+ 이 반응에 참여한다.
→ OH^- 은 감소하다 사라지고, H^+ 은 중화된 지점 이후 증가한다.

그래프에서 초록색은 Na^+ 수의 변화를, 노란색은 $X(aq)$ 의 구경꾼 이온 수의 변화를 나타낸 것이다. $X(aq)$ 25 mL에 들어 있는 구경꾼 이온의 수와 0.1 M(aq) NaOH 50 mL에 들어 있는 Na^+ 수가 같으므로 $X(aq)$ 으로 적절히 것은 0.2 M HCl(aq)과 0.2 M $H_2SO_4(aq)$ 이다.

04 답 ③

7. A와 B는 각각 중화점이므로 H^+ 의 양(mol)이 같다.
다. 중화점까지 들어간 염기의 양(mol)은 같지만, 전체 용액의 부피가 다르므로 단위 부피당 Na^+ 수는 전체 부피가 작은 A가 B보다 크다.

오답 피하기 나. 비커 (나)에서 0.2 M HCl(aq) 10 mL가 완전히 중화될 때 NaOH(aq)의 부피는 20 mL이므로 NaOH(aq)의 몰농도는 0.1 M이다.

05 답 ⑤

7. 1가 산과 염기의 중화 반응에서 혼합 용액의 전체 음이온의 양은 혼합 용액이 산성이면 산 수용액에 들어 있는 H^+ 의 양과 같고, 염기성이면 염기 수용액에 들어 있는 OH^- 의 양과 같다. 혼합 용액 (가)가 염기성이면 (나)도 염기성이고 전체 음이온의 양이 (나)가 (가)보다 더 많아야 한다. 따라서 (가)는 산성이다.

나. 혼합 용액 (나)가 산성이면 전체 음이온의 양이 (가)보다 적어야 하는데 같으므로 (나)는 염기성이다. 또 (다)는 (나)보다 NaOH(aq)의 비율이 더 높으므로 염기성이다. 따라서 (다)에 들어 있는 전체 음이온의 양은 $2N \text{ mol} \times \frac{5}{2} = 5N \text{ mol}$ 이다.

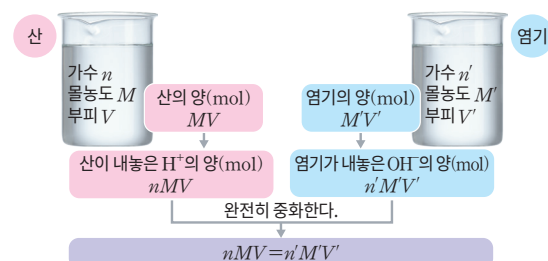
다. 1가 산과 1가 염기가 혼합된 용액 내 전체 양이온의 양(mol)은 전체 음이온의 양(mol)과 같으므로 혼합 용액 (나)에 들어 있는 전체 양이온의 양도 $2N$ 몰이다.

06 답 ⑤

7. (다)는 혼합 용액 I과 II에서 양(mol)이 일정한 A^- 이다.
나. (가)와 (나)는 같은 전하를 나타내므로 H^+ , B^+ 중 하나이고, BOH(aq)을 더 넣었을 때 (가)는 감소하고 (나)는 증가하므로 (가)는 H^+ , (나)는 B^+ 이다. 따라서 혼합 용액 I은 산성이다.

다. HA(aq) 10 mL에 들어 있는 A^- 의 양이 $6N$ 몰, BOH(aq) 30 mL에 들어 있는 B^+ 의 양이 $3N$ 몰이므로 몰농도 비는 HA(aq) : HB(aq) = 6 : 1이다.

개념 더하기 중화반응의 양적 관계



자료 분석 산과 염기의 혼합 용액

• 혼합 전

혼합 전 수용액	몰농도(M)	부피(mL)
HA(aq)	$a-0.3$	20
NaOH(aq)	0.2	20

• 혼합 후

혼합 용액에서 이온의 몰농도(M)			
H ⁺	A ⁻	Na ⁺	OH ⁻
$b-0.05$	0.15	$c-0.1$	$d-0$

- 혼합 용액의 부피는 40 mL, $[A^-]=0.15\text{ M}$ 이므로 혼합 용액 속 A⁻의 양은 0.006몰이다. → HA는 1가 산이므로 넣어 준 H⁺의 양도 0.006몰이다. → $a=\frac{0.006}{0.02}=0.3(\text{M})$ 이다.
- 혼합 용액에 넣어 준 NaOH의 양은 0.004몰이다. → 넣어 준 Na⁺의 양과 OH⁻의 양은 모두 0.004몰이다.

혼합 용액에서 이온의 양(mol)			
H ⁺	A ⁻	Na ⁺	OH ⁻
0.002	0.006	0.004	0

$$0.006-0.004=0.002$$

- $[H^+]=0.05\text{ M}$, $[Na^+]=0.1\text{ M}$ 이다.

ㄴ. 혼합 용액의 부피는 40 mL이고, 넣어 준 Na⁺의 양은 0.004몰이므로 $[Na^+]=\frac{0.004\text{ mol}}{0.04\text{ L}}=0.1\text{ M}$ 이다.

ㄷ. 혼합 용액의 부피는 40 mL이고, $[A^-]=0.15\text{ M}$ 이므로 혼합 용액 속 A⁻의 양은 0.006몰이다. HA는 1가 산이므로 넣어 준 H⁺의 양도 0.006몰이고 넣어 준 OH⁻의 양은 0.004몰이므로 혼합 용액은 산성이다. 반응 후 H⁺ 0.002몰이 남아 있으므로 OH⁻ 0.002몰을 더 넣으면 완전히 중화되어 중성 용액이 된다.

오답 피하기 ㄱ. 혼합 용액은 산성이므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 용액의 색은 변하지 않는다.

08

답 ⑤

혼합 전 HA(aq) 20 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.006몰이므로 $a=\frac{0.006}{0.02}=0.3(\text{M})$ 이고 혼합 용액에 들어 있는 H⁺과 OH⁻의 양은 각각 0.002몰, 0몰이므로 $b=\frac{0.002}{0.04}=0.05(\text{M})$, $d=0$ 이다. 따라서 $a+b+d=0.3+0.05+0=0.35$ 이다.

09

답 ④

ㄴ. 지시약 ㉠은 중화점을 지나는 순간 무색에서 붉은색으로 변하는 지시약이므로 페놀프탈레인 용액이 적절하다.

ㄷ. ㉡은 농도를 아는 용액을 담아 농도를 모르는 용액에 조금씩 떨어뜨리는 데 사용되므로 뷰렛이다.

오답 피하기 ㄱ. ㉢은 피펫으로 정확한 부피의 용액을 취하여 옮기는 데 사용한다.

10

답 ②

정확한 실험을 위해서는 갈때기를 이용하여 뷰렛에 농도를 아는 용액을 넣은 후, 뷰렛 꼭지를 열어 용액을 흘려 준 뒤 뷰렛의 처음 눈금을 측정해야 한다. 삼각 플라스크 속 용액의 전체 색이 변하는 순간 농도를 아는 용액의 주입을 멈추어야 종말점을 최대한 중화점에 가깝게 할 수 있다.

11

답 ④

HA(aq) 20 mL를 중화하는 데 0.1 M KOH(aq) 40 mL가 사용되었으므로 $0.1 \times 40 = \text{HA(aq)의 몰농도} \times 20$ 이고 HA(aq)의 몰농도는 0.2 M이다.

12

답 ①

증류수로 묶힌 식초 25 mL 속 아세트산의 양(mol)은 중화하기 위해 넣어 준 NaOH(aq)의 양(mol)과 같으므로 묶힌 식초 100 mL 속 아세트산의 양은 $4 \times 0.1\text{ M} \times \frac{y}{1000}\text{ L} = \frac{4y}{10000}\text{ mol}$ 이다.

식초 $x\text{ mL}$ 의 질량은 $xd\text{ g}$ 이고, 아세트산 $\frac{4y}{10000}\text{ mol}$ 의 질량은

$$\frac{4y}{10000}\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} = \frac{24y}{1000}\text{ g}$$

$$\text{함량(\%)} a = \frac{\frac{24y}{1000}\text{ g}}{xd\text{ g}} \times 100 = \frac{12y}{5xd}$$

13

답 (1) 0.001몰 (2) 0.002몰 (3) 0.002몰

0.1 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH⁻의 양은 0.002몰이다.

(1) 0.2 M HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.001몰이므로 혼합 용액 속 생성된 물의 양은 0.001몰이다.

(2) 0.2 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.002몰이므로 혼합 용액 속 생성된 물의 양은 0.002몰이다.

(3) 0.2 M HCl(aq) 15 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.003몰이므로 혼합 용액 속 생성된 물의 양은 0.002몰이다.

14

(1) HCl(aq)의 pOH=13이므로 pH=1, $[H^+]=0.1\text{ M}$ 이다. NaOH(aq)의 pH=12이므로 pOH=2, $[OH^-]=0.01\text{ M}$ 이다.

(2) 순수한 물과 같이 $[H^+]=[OH^-]$ 인 용액은 중성 용액, $[H^+]>[OH^-]$ 인 용액은 산성 용액, $[H^+]<[OH^-]$ 인 용액은 염기성 용액이다.

예시 답안 산성, 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.001몰이고, 0.01 M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH⁻의 양은 0.0003몰이므로 (가)와 (나)를 혼합하여 만든 혼합 용액에는 H⁺이 남아 있기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
혼합 용액의 액성을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
혼합 용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50

15 답 0.3
 혼합 용액의 액성이 중성이므로 혼합 용액에 넣어 준 H^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)이 같다. 혼합 용액에 넣어 준 H^+ 의 양(mol)은 $(2 \times 0.2 \times 0.2) + (1 \times x \times 0.2)$ 이고, 넣어 준 OH^- 의 양(mol)은 0.4×0.35 이므로 $x=0.3$ 이다.

16 답 중화 반응
 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기 수용액의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다.

17
 농도를 모르는 일정 부피의 산 수용액에 농도를 알고 있는 염기 표준 용액을 조금씩 넣으면서 산 수용액이 완전히 중화하는 데 필요한 염기 표준 용액의 부피를 측정하면 산 수용액의 농도를 알아낼 수 있다.

예시 답안 0.08 M, $HCl(aq)$ 의 몰농도(M)를 x 라고 하면 $NaOH(aq)$ 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $HCl(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같으므로 $0.2 \times 20 = x \times 50$, $x=0.08$ 이다.

채점 기준	배점(%)
$HCl(aq)$ 의 몰농도를 옳게 구하고, 그 과정을 옳게 설명한 경우	100
$HCl(aq)$ 의 몰농도만 옳게 구한 경우	50

대단원 평가 문제

198~200쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 ① 06 ② 07 ⑤
 08 ③ 09 ① 10 ④

단답형·서술형 문제

11 (1) 0.001 M (2) 0.1몰 (3) 해설 참조
 12 (가):(나):(다)=3:1:4 13 해설 참조

01 답 ⑤
 ㄱ. 물의 자동 이온화 반응에서 H_3O^+ 과 OH^- 은 항상 1:1의 개수비로 생성되므로 평형 상태에서 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 는 같다. 따라서 25℃에서 $[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ M이다.
 ㄴ. 40℃에서 중성인 물의 $[H_3O^+] = \sqrt{2.9 \times 10^{-7}}$ M이며 산성 용액은 중성 용액보다 $[H_3O^+]$ 가 크다.
 ㄷ. 온도가 높아지면 물의 이온화가 더 잘 일어나 물의 자동 이온화 상수가 커지므로 $[OH^-]$ 도 커진다.

개념 더하기 온도에 따른 물의 이온화 상수(K_w)

물의 자동 이온화 반응은 흡열 반응이므로 온도가 높아질수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 물의 이온화 상수(K_w)가 커진다.

온도(°C)	K_w
0	1.1×10^{-15}
25	1.0×10^{-14}
40	2.9×10^{-14}
60	9.5×10^{-14}

02 답 ④
 몰농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 (가)와 (나)의 몰농도 비는

$$(가):(나) = \frac{\frac{wg}{40 g/mol}}{2V L} : \frac{\frac{wg}{60 g/mol}}{V L} = 3:4 \text{이다.}$$

03 답 ⑤
 ㄴ, ㄷ. (나)는 pOH가 3인 1 L의 용액이므로 $[OH^-] = 0.001$ M이고 용액에 들어 있는 OH^- 의 양은 0.001몰이다. (가)와 (나)에 들어 있는 용질의 양(mol)은 같으므로 $x=0.01$ 이고 수용액 (가)의 $[OH^-] = 0.01$ M이므로 pOH는 2, pH는 12이다.

오답 피하기 ㄱ. (나)에 들어 있는 OH^- 의 양은 0.001몰이다.

04 답 ③
 ㄱ. 25℃에서 $pH + pOH = 14$ 이므로 (나)의 pH는 12, pOH는 2이고 (나)의 액성은 염기성이다.

ㄷ. $x = \frac{1.0 \times 10^{-12}}{1.0 \times 10^{-2}} = 1.0 \times 10^{-10}$ 이고 $xy = \frac{1}{100}$ 이므로 $y = 10^8 = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-11}}$, 즉 (다)의 pH는 3이다. (가)의 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-6}$ M, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-8}$ M이므로 (가)의 pH는 6이다.

오답 피하기 ㄴ. $y = 10^8$ 이다.

05 답 ①
 ㄱ. 중화 반응에서 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 H_2O 를 생성한다.
오답 피하기 ㄴ. 중화 반응에서 반응한 산과 염기의 종류와 관계없이 H^+ 과 OH^- 은 $H^+ : OH^- = 1:1$ 의 입자 수 비로 반응한다.
 ㄷ. 양이온과 음이온의 개수비는 $\ominus$ 이 $K^+ : Cl^- = 1:1$, $\ominus$ 이 $Ca^{2+} : Cl^- = 1:2$ 로 다르다.

06 답 ②
 ㄴ. 2가지 산 수용액을 혼합하였으므로 혼합 용액 속에 가장 많이 들어 있는 이온은 H^+ 이다. H^+ 과 음이온의 양(mol)을 고려했을 때 $\blacklozenge$ 은 B^{2-} , $\blacksquare$ 는 A^- 이고 $V_1 : V_2 = 3:1$ 이다.
오답 피하기 ㄱ. $\blacklozenge$ 과 $\blacksquare$ 의 전하의 크기 비는 $\blacklozenge : \blacksquare = 2:1$ 이다.
 ㄷ. H_2B 는 2가 산이므로 중화 반응의 양적 관계 $(1 \times a \times V_1) + (2 \times a \times V_2) = 1 \times a \times \text{'NaOH(aq)의 부피'}$ 가 성립하기 위해 필요한 a M $NaOH(aq)$ 의 부피는 $(V_1 + 2V_2)$ mL이다.

자료 분석 산과 염기의 혼합 용액

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)
넣어 준 이온의 양 (mol)	H ⁺	0.001	0.002	0.003	0.004
	OH ⁻	0.002	0.0015	0.001	0.0005

H⁺의 양(mol)이 점점 증가한다.OH⁻의 양(mol)이 점점 감소한다.

- 혼합하는 이온의 양(mol)은 (가)에서 H⁺ < OH⁻이다.
→ (가)의 액성은 염기성이다.
- 혼합하는 이온의 양(mol)은 (나)~(라)에서 H⁺ > OH⁻이다.
→ (나)~(라)의 액성은 산성이다.

ㄱ. 생성된 물 분자 수는 H⁺ 0.002몰과 OH⁻ 0.0015몰이 반응하여 물 0.0015몰이 생성된 (나)가 가장 많다.

ㄴ. (가)는 염기성, (다)는 산성이므로 pH는 (가)가 (다)보다 크다.

ㄷ. 전체 양이온 수는 H⁺의 양(mol)이 가장 많은 (라)가 가장 많다.

08

자료 분석 산과 염기의 혼합 용액과 생성된 물의 양(mol)

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전 용액의 부피(mL)	NaOH(aq)	50	50	10	30
	HCl(aq)	10	30	50	50
생성된 물의 양(mol)(상댓값)		2	5	1	3
혼합 전 이온의 양(mol)(상댓값)	OH ⁻	5	5	1	3
	H ⁺	2	6	10	10

- (나)에서 생성된 물의 양(mol)이 가장 많으므로 중화 반응이 가장 많이 일어났다. → (가)와 (나)에 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 같으므로 (가)의 중화 반응에서 한계 반응물은 HCl(aq)이다.
- HCl(aq) 50 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)의 상댓값은 10이다. → (다)에서 한계 반응물은 NaOH(aq)이고, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)의 상댓값은 1이다.

ㄱ. 혼합하는 이온의 양(mol)은 (가)에서 H⁺ < OH⁻이므로 (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. HCl(aq)과 NaOH(aq) 10 mL에 각각 들어 있는 H⁺과 OH⁻ 수 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 HCl(aq)이 NaOH(aq)의 2배이다.

오답 피하기 ㄷ. (가)와 (다)를 혼합할 때와 (가)와 (라)를 혼합할 때 한계 반응물은 (가)에 남아 있는 OH⁻으로 같다. 따라서 추가로 생성되는 물의 양(mol)은 같다.

09

ㄱ. 중화 적정 실험에서 농도를 아는 표준 용액은 뷰렛에 넣는다.

오답 피하기 ㄴ. 0.1 M NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 NaOH의 양은 0.1 M × 0.015 L = 0.0015 mol이다.

ㄷ. 묽힌 식초의 몰농도는 $\frac{0.0015 \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 0.06 \text{ M}$ 이고 (가)에서 식초를 5배 묽혔으므로 식초 속 아세트산의 몰농도는 0.3 M이다.

10

$x \text{ M KOH(aq)}$ 50 mL를 완전히 중화하기 위해서 0.3 M CH₃COOH(aq) 20 mL가 사용되었으므로 $1 \times x \times 50 = 1 \times 0.3 \times 20$, $x = 0.12$ 이다.

11

(1) (가)의 pH는 3이므로 [H⁺] = 0.001 M이다.

(2) (나)의 pH는 12이므로 pOH는 2이고 [OH⁻] = 0.01 M이다. 따라서 (나) 10 L에 들어 있는 OH⁻의 양은 0.1몰이다.

(3) 중화 반응에서 H⁺과 OH⁻은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

예시 답안 0.001 M HCl(aq) 5 L에 들어 있는 H⁺의 양은 0.005몰이므로 완전히 중화하기 위해서 OH⁻ 0.005몰이 필요하다. 0.01 M NaOH(aq) 500 mL에 OH⁻ 0.005몰이 들어 있으므로 (가) 5 L를 완전히 중화하기 위해 (나) 500 mL가 필요하다.

채점 기준	배점(%)
필요한 (나)의 부피를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
필요한 (나)의 부피만 옳게 쓴 경우	50

12

답 (가) : (나) : (다) = 3 : 1 : 4

(가)는 NaOH 36 g이 들어 있으므로 OH⁻이 $\frac{36 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.9 \text{ mol}$ 들어 있다. (나)와 (다)에는 각각 OH⁻이 0.6 M × 0.5 L = 0.3 mol, 1.2 M × 1 L = 1.2 mol 들어 있다. 따라서 (가)~(다)를 완전히 중화할 때 필요한 H⁺의 양은 각각 0.9몰, 0.3몰, 1.2몰이다. 같은 농도의 산 수용액에 들어 있는 H⁺의 양(mol)은 용액의 부피에 비례하므로 필요한 HCl(aq)의 부피비는 (가) : (나) : (다) = 0.9 : 0.3 : 1.2 = 3 : 1 : 4이다.

13

아세트산의 함량(%)은 $\frac{\text{아세트산의 질량}}{\text{식초의 질량}} \times 100$ 으로 구할 수 있다.

예시 답안 CH₃COOH의 함량이 4 %인 식초는 100 g에 CH₃COOH 4 g이 들어 있으므로 $\frac{4 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = \frac{2}{3} \text{ M}$ 이다. $\frac{2}{3} \text{ M CH}_3\text{COOH(aq)}$

20 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 $\frac{1}{75}$ 몰이고, 이를 완전히 중화하기 위해 필요한 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 $\frac{2}{15} \text{ L}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
필요한 NaOH(aq)의 부피를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
필요한 NaOH(aq)의 부피만 옳게 쓴 경우	50



실력

점검하기

I 화학의 언어

01 생활 속 화학과 물질의 양

2~5쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ④ 05 ⑤ 06 ④ 07 ③
08 ② 09 ①, ② 10 ⑤ 11 ④ 12 ③

단답형·서술형 문제

13 이산화 탄소 14 (1) 27 g/mol (2) 해설 참조
15 해설 참조 16 해설 참조 17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

답 ③

㉠. ㉠은 질소와 수소가 반응하여 생성되는 암모니아이다.
㉡. 암모니아는 아이스크림 공장처럼 냉동 장치를 사용하는 곳에서 냉매로 이용하기도 한다.

오답 피하기 ㉢. 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성되는 것은 탄소(C)와 수소(H)로 이루어진 물질이다.

02

답 ⑤

㉠. 못이나 나사를 만들 때 이용하는 ㉠은 철(Fe)이다.
㉡. 나일론, 폴리에스터는 합성 섬유의 종류이므로 ㉢은 합성 섬유이다. 합성 섬유는 면이나 비단과 같은 천연 섬유보다 질겨서 수명이 길고 대량 생산이 가능했기 때문에 인류의 의복 문제를 해결할 수 있었다.

㉣. 질소 비료의 원료인 ㉣은 암모니아이다. 암모니아 합성법이 개발되어 질소 비료가 대량으로 생산되면서 식량 생산량이 크게 늘어나 인류의 식량 부족 문제를 해결할 수 있었다.

03

답 ②

(가)는 H_2 와 N_2 가 반응하여 NH_3 를 합성하는 과정이고, (나)는 철광석의 주성분인 Fe_2O_3 을 제련해 Fe를 생산하는 과정이다. 따라서 ㉠은 NH_3 , ㉡은 Fe이다.

04

답 ④

(가)는 반도체, (나)는 디스플레이, (다)는 리튬 이온 전지이다.
㉠. 반도체는 전기적인 성질이 도체와 부도체의 중간 정도인 물질로, 조건에 따라 전기 전도성을 조절할 수 있어 전자 제품의 핵심 부품으로 사용된다.

㉡. 리튬 이온 전지는 가볍고 에너지 밀도가 높아 효율적이므로 스마트폰, 노트북, 전기 자동차 등에 사용된다.

오답 피하기 ㉢. 디스플레이는 전기적인 신호를 시각적인 정보로 바꿔 주는 장치로, 스마트폰, TV 등 다양한 기기에서 정보를 표시하는 데 사용된다.

05

답 ⑤

신재생 에너지 발전소에서는 이산화 탄소가 거의 배출되지 않는다. 따라서 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추는 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술이 필요한 까닭과 관련이 적다.

06

답 ④

㉠. (가)에서 H_2O 10 g은 $\frac{10 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{5}{9}$ mol이다.

㉡. (나)에서 H_2O 10 L는 $\frac{10 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = \frac{5}{12}$ mol이므로 H_2O $\frac{5}{12}$ mol의 질량은 $\frac{5}{12} \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 7.5 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기 ㉣. H_2O 의 분자당 H 원자 수는 2이므로 H_2O $\frac{5}{12}$ mol에 들어 있는 H 원자의 양은 $\frac{5}{12} \text{ mol} \times 2 = \frac{5}{6}$ mol이다.

07

답 ③

자료 분석 기체의 분자식과 물질량

기체	(가)	(나)
분자식	AB	AB_2
물질량(g/mol)	$7w$	$11w$

(가)는 AB, (나)는 AB_2 이다.

→ AB_2 와 AB의 물질량 차는 B의 물질량이므로 B의 물질량은 $4w \text{ g/mol}$ 이다.

→ AB의 물질량이 $7w \text{ g/mol}$ 이고 B의 물질량이 $4w \text{ g/mol}$ 이므로 A의 물질량은 $3w \text{ g/mol}$ 이다.

㉠. (가)와 (나)의 물질량 차인 $4w \text{ g/mol}$ 은 B의 물질량과 같다.
㉡. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 1 g의 양(mol)에 분자당 구성 원자 수를 곱한 값의 비와 같다. 분자당 구성 원자 수는 (가)가 2, (나)가 3이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가):(나) $= \frac{1}{7w} \times 2 : \frac{1}{11w} \times 3 = 22 : 21$ 이다.

오답 피하기 ㉢. A의 물질량은 $3w \text{ g/mol}$ 이고 원자 1몰의 입자 수는 N_A 이므로 A 원자 1개의 질량은 $\frac{3w}{N_A} \text{ g}$ 이다.

08

답 ②

기체의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{물질량}} = \frac{\text{부피}}{\text{기체 1몰의 부피}}$ 이고, 같은 온도와 압력에서 기체 1몰의 부피는 항상 같으므로 물질량은 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$,

즉 밀도에 비례한다. 따라서 물질량 비는 $X : Y = \frac{17}{12} : \frac{16}{6} = 17 : 32$ 이고, 분자당 구성 원자 수는 $AB_3 < A_2B_4$ 이므로 X는 AB_3 , Y는 A_2B_4 이다.

㉡. A와 B의 물질량을 각각 $a \text{ g/mol}$, $b \text{ g/mol}$ 이라고 하면 $a + 3b = 17k$, $2a + 4b = 32k$ 이고, 이로부터 $a : b = 14 : 1$ 이다.

오답 피하기 7. X는 AB₃이다.

ㄷ. $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 24 L이므로 (가)의 X는 $\frac{12\text{ L}}{24\text{ L/mol}}=0.5\text{ mol}$, (나)의 Y는 $\frac{6\text{ L}}{24\text{ L/mol}}=0.25\text{ mol}$ 이다. 분자당 B 원자 수는 X가 3, Y가 4이므로 용기에 들어 있는 B 원자 수 비는 (가) : (나) = $0.5 \times 3 : 0.25 \times 4 = 3 : 2$ 이다.

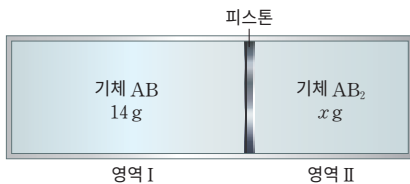
09 답 ①, ②
서로 반응하지 않는 혼합 기체의 양(mol)은 각 기체의 양(mol)을 합한 값이다. 용기 안에 들어 있는 2가지 기체의 질량을 알고 있으므로 각각을 몰질량으로 나누어 양(mol)을 구한 뒤 합하려면 C₃H₈의 몰질량과 C₂H₅OH의 몰질량 자료가 필요하다.

10 답 ⑤
ㄴ. 실린더 속 전체 기체의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{w}{V} : \frac{5w}{3V} = 3 : 5$ 이다.
ㄷ. 기체 분자 수는 같은 온도와 압력에서 부피에 비례한다. 따라서 1 g당 전체 기체 분자 수 비는 $\frac{\text{부피}}{\text{질량}}$ 에 비례하므로 (가) : (나) = $\frac{V}{w} : \frac{3V}{5w} = 5 : 3$ 이다.

오답 피하기 7. (나)에서 기체 B의 부피는 (나)의 전체 부피 3V L에서 기체 A의 부피 V L를 뺀 값이므로 $3V - V = 2V(\text{L})$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 몰질량 비는 밀도비와 같으므로 몰질량 비는 $A : B = \frac{w}{V} : \frac{4w}{2V} = 1 : 2$ 이다.

11 답 ④

자료 분석 실린더에 들어 있는 기체의 질량



- 영역 I과 II에서 전체 원자 수가 같다.
→ 전체 원자 수 비는 $AB : AB_2 = 1 : 1$ 이고, 분자당 구성 원자 수 비는 $AB : AB_2 = 2 : 3$ 이므로 몰비는 $AB : AB_2 = 3 : 2$ 이다.
- 몰질량 비는 $A : B = 3 : 4$ 이다.
→ A와 B의 몰질량을 각각 3M g/mol, 4M g/mol이라고 하면 AB의 몰질량은 7M g/mol, AB₂의 몰질량은 11M g/mol이다.

몰비는 $AB : AB_2 = 3 : 2$ 이므로 AB의 양을 3n몰이라고 하면 질량은 $3n \times 7M = 14(\text{g})$ 이고, AB₂의 양을 2n몰이라고 하면 질량은 $2n \times 11M = x(\text{g})$ 이다. $3n \times 7M = 14$ 로부터 $n \times M = \frac{2}{3}$ 이므로 $x = 22 \times \frac{2}{3} = \frac{44}{3}$ 이다.

12

답 ③

자료 분석 기체의 전체 원자 수와 양(mol)

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	B ₂	A ₂ B ₂	A ₄ B ₂
전체 원자 수	2N _A	4N _A	24N _A
전체 원자의 양(mol)	2	4	24
기체 분자의 양(mol)	1	1	4
기체의 양	2 g	V L	xN _A

- 전체 원자 수를 아보가드로수 N_A로 나누면 전체 원자의 양(mol)이다.
→ 전체 원자의 양은 (가)가 2몰, (나)가 4몰, (다)가 24몰이다.
- 전체 원자의 양(mol)을 각 분자당 구성 원자 수로 나누면 기체 분자의 양(mol)이다.
→ 분자당 구성 원자 수는 (가)가 2, (나)가 4, (다)가 6이므로 기체 분자의 양은 (가)와 (나)가 1몰, (다)가 4몰이다.

7. B₂ 1몰의 질량, 즉 몰질량이 2 g/mol이므로 B의 몰질량은 1 g/mol이다.

ㄴ. A₂B₂ 1몰의 부피가 V L이므로 $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 V L이다.

오답 피하기 ㄷ. A₄B₂ 4몰의 기체 분자 수는 4N_A이므로 $x=4$ 이다.

13 답 이산화 탄소
화석 연료의 과도한 사용으로 온실 가스인 이산화 탄소의 배출량이 증가해 지구의 평균 기온이 높아졌고, 기후 변화의 위기를 맞게 되면서 지속가능한 미래를 위해 대기 중으로 방출되는 이산화 탄소의 양을 줄이거나 대기 중에 방출된 이산화 탄소의 농도를 낮추는 데 화학이 기여하고 있다.

14
(1) Al 0.1몰이 2.7 g이므로 Al의 몰질량은 27 g/mol이다.
(2) 물질마다 몰질량이 다르므로 같은 양(mol)이라고 해도 질량이 다르다.

예시 답안 같은 양(mol)에 해당하는 물질의 질량은 물질마다 다르다, 물질을 구성하는 원자의 종류와 수에 따라 물질마다 몰질량이 다르기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
①을 쓰고, 물질마다 몰질량이 다르기 때문임을 옳게 설명한 경우	100
①만 옳게 쓴 경우	50

15
동메달의 구리 함량은 전체 메달의 질량 중에서 구리가 차지하는 질량을 퍼센트로 나타낸 것이다. 따라서 동메달에 포함된 구리의 질량은 동메달의 질량에 구리의 함량을 곱해서 구할 수 있다.

예시 답안 동메달에 들어 있는 구리의 함량을 알고 있으므로 동메달의 질량과 구리의 물질량이 필요하다.

채점 기준	배점(%)
동메달의 질량과 구리의 물질량이 필요함을 모두 옳게 설명한 경우	100
2가지 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50

16

1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 1 g의 양(mol)에 분자당 구성 원자 수를 곱한 값의 비와 같다.

예시 답안 같은 온도와 압력에서 부피가 같을 때 기체의 양(mol)은 같으므로 A_2 의 물질량을 M g/mol, A_2B 의 물질량을 N g/mol이라고 하면 $\frac{w}{M} = \frac{2w}{N}$, $N = 2M$ 이다. 또 분자당 구성 원자 수는 A_2 가 2, A_2B 가 3이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가):(나) = $\frac{1}{M} \times 2 : \frac{1}{2M} \times 3 = 4:3$ 이다.

채점 기준	배점(%)
물질량 비를 알아내어 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비만 옳게 쓴 경우	50

17

(1) 전체 원자 수 비는 몰비에 분자당 구성 원자 수를 곱한 값의 비와 같다.

예시 답안 전체 원자 수 비는 (가):(나) = 2:3이고, 분자당 구성 원자 수 비는 $AB:AB_2 = 2:3$ 이므로 몰비는 (가):(나) = 1:1이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 $x = 1$ 이다.

채점 기준	배점(%)
전체 원자 수 비로부터 몰비를 알아내어 x 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
x 만 옳게 쓴 경우	50

(2) (가)와 (나)의 질량과 몰비를 알고 있으므로 A와 B의 물질량 비와 (가)와 (나)의 물질량 비를 각각 구할 수 있다.

예시 답안 A와 B의 물질량을 각각 a g/mol, b g/mol이라고 하면 (가)의 물질량은 $(a+b)$ g/mol, (나)의 물질량은 $(a+2b)$ g/mol이고, (가)와 (나)의 몰비가 1:1이므로 $\frac{14w}{a+b} = \frac{22w}{a+2b}$, $a:b = 3:4$ 이다. 따라서 (가)와 (나)의 물질량 비는 (가):(나) = 7:11이다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 물질량 비와 (가)와 (나)의 물질량 비를 모두 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 물질량 비와 (가)와 (나)의 물질량 비만 옳게 쓴 경우	50
A와 B의 물질량 비와 (가)와 (나)의 물질량 비 중 1가지만 옳게 쓴 경우	30

02 화학 반응식

6~9쪽

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

단답형·서술형 문제

13 (1) ① 1, ② 8 (2) 해설 참조 14 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
15 (1) $2NH_3 + CO_2 \longrightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$ (2) 해설 참조
16 해설 참조

01

㉠ ③

7. (가)에서 반응 전후 Na 원자 수가 2로 같아야 하므로 $a = 2$ 이고, 반응물과 비교하여 생성물에 부족한 원자의 종류와 수는 H 2, O 1이므로 ㉠의 화학식은 H_2O 이다. (나)에서 반응 전후 H 원자 수가 2로 같아야 하므로 $b = 1$ 이다.

㉡. CO_2 1몰이 생성되었을 때 반응한 반응물의 양은 (가)에서가 2몰, (나)에서 1몰이므로 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

오답 피하기 ㉢. ㉠은 H_2O 이다.

02

㉠ ⑤

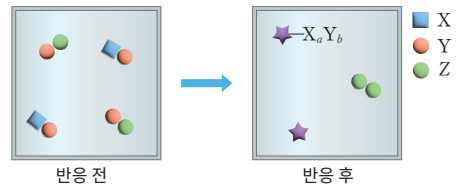
7, ㉢. 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아지도록 방정식을 세우면 N에서 $a = c$, H에서 $3a = 2d$, O에서 $2b = c + d$ 이고 $a = 1$ 로 가정하면 $b = \frac{5}{4}$, $c = 1$, $d = \frac{3}{2}$ 이다. 이를 가장 간단한 정수로 나타내면 $a = 4$, $b = 5$, $c = 4$, $d = 6$ 이다. 따라서 반응물의 계수 합은 9이고, 생성물의 계수 합은 10이므로 $a + b < c + d$ 이고, 물질의 양(mol)은 반응 후가 반응 전보다 많다.

㉡. NH_3 6.8 g은 $\frac{6.8 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.4 \text{ mol}$ 이고, 반응에서 몰비는 $NH_3:NO = 1:1$ 이다. 따라서 생성되는 NO의 양은 0.4몰이고 $t^\circ C$, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 24 L이므로 NO 0.4몰의 부피는 $0.4 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 9.6 \text{ L}$ 이다.

03

㉠ ⑤

자료 분석 ⑤ 생성물의 화학식



XY 2분자, YZ 2분자가 반응하여 X_aY_b 2분자와 Z_2 1분자가 생성된다.

→ 반응물과 비교하여 생성물에 부족한 원자의 종류와 수는 X 2, Y 4이다.

→ X_aY_b 2분자가 생성되었으므로 $a = 1$, $b = 2$ 이다.

㉢. 제시된 모형에서 기체 분자 수는 반응 전이 4, 반응 후가 3이므로 기체 분자 수는 반응 전이 반응 후보다 많다.

ㄷ. 분자당 Y 원자 수는 XY_2 가 2, XY 가 1이므로 $\star(XY_2)$ 이 $\bullet(XY)$ 의 2배이다.

오답 피하기 ㄱ. $a=1, b=2$ 이므로 $a+b=3$ 이다.

04

답 ④

제시된 화학 반응식에서 반응 전후 Mg 원자 수는 1로 같고 H 원자 수는 4로 같지만, N 원자 수는 반응 전이 4, 반응 후가 3이고 O 원자 수는 반응 전이 12, 반응 후가 10이다. 반응 전후 N 원자 수는 4로 같아야 하고, O 원자 수는 12로 같아야 하므로 NO_2 의 계수는 2이다.

05

답 ①

ㄱ. 반응 전후 A 원자 수가 2로 같아지도록 AB의 계수를 맞추면 $a=2$ 이고, 이로부터 $b=2, c=1$ 이다. 따라서 $a+b+c=5$ 이다.

오답 피하기 ㄴ, ㄷ. 반응에서 몰비는 $AB : B_2 : A_2B_6 = 2 : 2 : 1$ 이므로 AB 5몰과 B_2 1몰을 반응시키면 AB 1몰과 B_2 1몰이 반응하여 A_2B_6 0.5몰을 생성하고, 반응하지 않은 AB 4몰이 남는다. 따라서 반응 후 $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{\text{생성된 } A_2B_6 \text{의 양(mol)}} = \frac{4}{0.5} = 8$ 이다.

06

답 ④

ㄱ, ㄴ. $A_2(g)$ 와 $B(s)$ 가 반응하여 $A_3B(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식은 $3A_2(g) + 2B(s) \rightarrow 2A_3B(g)$ 이다. A_2 의 몰질량은 32 g/mol이므로 A_2 9.6 g은 $\frac{9.6 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.3 \text{ mol}$ 이고, B의 몰질량도 32 g/mol이므로 B 9.6 g도 0.3몰이다. 반응에서 몰비는 $A_2 : B : A_3B = 3 : 2 : 2$ 이므로 A_2 0.3몰과 B 0.3몰을 반응시키면 A_2 0.3몰과 B 0.2몰이 반응하여 A_3B 0.2몰을 생성하고, 반응하지 않은 B 0.1몰이 남는다. 따라서 반응 후 B의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 3.2 \text{ g}$ 이므로 $x=3.2$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 반응 전 A_2 의 양은 0.3몰이고, 반응 후 A_3B 의 양은 0.2몰이므로 $\frac{\text{반응 전 기체의 양(mol)}}{\text{반응 후 기체의 양(mol)}} = \frac{0.3}{0.2} = \frac{3}{2}$ 이다.

07

답 ③

자료 분석 ● 반응물과 생성물의 질량

실험	I	II	III
반응한 A(s)의 질량(g)	0.5	1	2
생성된 B(g)의 질량(g)	x	0.44	0.88

• II에서 반응한 A의 양은 $\frac{1 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$, 생성된 B의 양은 $\frac{0.44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.

• III에서 반응한 A의 양은 $\frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.02 \text{ mol}$, 생성된 B의 양은 $\frac{0.88 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

→ 반응에서 몰비는 A : B = 1 : 1이다.

ㄱ. I에서 반응한 A의 양은 $\frac{0.5 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.005 \text{ mol}$ 이므로 생성된 B의 질량은 $0.005 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 0.22 \text{ g}$ 이다. 따라서 $x=0.22$ 이다.

ㄴ. A의 몰질량이 100 g/mol이므로 반응한 A의 양은 II에서 0.01몰, III에서 0.02몰이다. 또 B의 몰질량이 44 g/mol이므로 생성된 B의 양은 II에서 0.01몰, III에서 0.02몰이다. 따라서 반응에서 몰비는 A : B = 1 : 1이므로 A 1몰이 완전히 반응하면 B 1몰이 생성된다.

오답 피하기 ㄷ. B 100 g을 얻기 위해 필요한 A의 양(mol)은 B 100 g의 양(mol)과 같으므로 $\frac{100 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = \frac{25}{11} \text{ mol}$ 이다. 따라서 필요한 A의 질량은 $\frac{25}{11} \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = \frac{2500}{11} \text{ g}$ 이다.

08

답 ②

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 부피비는 기체 분자 수 비에 비례한다. 제시된 모형에서 분자 수는 반응 전이 4, 반응 후가 3이므로 기체의 부피비는 반응 전 : 반응 후 = 4 : 3이다.

오답 피하기 ㄱ. X_2 2분자와 Y_2 1분자가 반응하여 X_2Y 2분자를 생성하였으므로 화학 반응식은 $2X_2 + Y_2 \rightarrow 2X_2Y$ 이다.

ㄷ. 반응에서 몰비는 $X_2Y : Y_2 = 2 : 1$ 이므로 X_2Y 1몰이 생성될 때 반응한 Y_2 의 양은 0.5몰이다.

09

답 ⑤

반응한 Na $w \text{ g}$ 은 $\frac{w \text{ g}}{M \text{ g/mol}} = \frac{w}{M} \text{ mol}$ 이고 반응에서 몰비는 $Na : H_2 = 2 : 1$ 이므로 생성된 H_2 의 양은 $\frac{w}{M} \text{ mol} \times \frac{1}{2} = \frac{w}{2M} \text{ mol}$ 이다. $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 24 L이므로 H_2 의 부피는 $\frac{w}{2M} \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = \frac{12w}{M} \text{ L}$ 이다.

10

답 ③

ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다. 제시된 자료에서 반응 전 전체 기체의 양이 0.5몰일 때 부피가 5V L이고, 반응 후 부피는 4V L이므로 반응 후 전체 기체의 양은 0.4몰이다. 만약 B 0.3몰이 모두 반응한다면 반응에서 몰비는 B : C = 1 : 2이므로 생성되는 C의 양이 0.6몰로 제시된 조건과 맞지 않는다. 따라서 A 0.2몰이 B 0.1몰과 반응하여 C 0.2몰을 생성하고, 반응하지 않은 B 0.2몰이 남는 반응이므로 $a=2$ 이다.

ㄴ. 질량비는 몰비에 몰질량을 곱해서 구할 수 있으므로 몰질량비는 질량비를 몰비로 나눠서 구할 수 있다. 반응 전 기체의 몰비는 A : B = 2 : 3이고, 질량비는 A : B = 1 : 2이므로 몰질량 비는 $A : B = \frac{1}{2} : \frac{2}{3} = 3 : 4$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 반응 후 생성된 C의 양은 0.2몰, 남은 B의 양은 0.2몰이므로 반응 후 $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{C(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{0.2}{0.2} = 1$ 이다.

자료 분석 반응 전후 기체의 양적 관계

반응 전		반응 후	
기체의 질량(g)		전체 기체의 부피(L)	남은 기체의 종류
A(g)	B(g)		전체 기체의 부피(L)
2w	23w	3V	B(g)
			2V

- 반응 전 A와 B의 양을 각각 a mol, b mol이라고 하고 A가 모두 반응할 때 반응의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

화학 반응식	A(g)	+	4B(g)	→	2C(g)
반응 전(mol)	a		b		0
반응(mol)	$-a$		$-4a$		$+2a$
반응 후(mol)	0		$b-4a$		$2a$

→ 반응 전 전체 기체의 양(mol)은 $a+b$ 이고, 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $b-2a$ 이다.

- 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다.
→ $a+b : b-2a = 3 : 2$ 이므로 $a : b = 1 : 8$ 이다.

㉑. 반응 전 기체의 질량비는 $A : B = 2 : 23$ 이고, 몰비는 $A : B = 1 : 8$ 이므로 물질량 비는 $A : B = \frac{2}{1} : \frac{23}{8} = 16 : 23$ 이다.

㉒. 반응 몰비는 $A : B = 1 : 4$ 이고 물질량 비는 $A : B = 16 : 23$ 이므로 반응 질량비는 $A : B = 4 : 23$ 이다. 따라서 A 2w g과 B 11.5w g이 반응하여 생성된 C의 질량은 13.5w g이다.

오답 피하기 ㉓. 반응 후 남은 B의 양(mol)은 $b-4a=4a$, 생성된 C의 양(mol)은 $2a$ 이므로 반응 후 몰비는 $B : C = 4a : 2a = 2 : 1$ 이다.

12

답 ②

B의 양은 반응 전 3몰, 반응 후 0.5몰이므로 반응한 B의 양은 2.5몰이다. 따라서 A 5몰과 B 2.5몰이 모두 반응했으므로 반응 몰비는 $A : B = 2 : 1$ 이고 화학 반응식에서 A의 계수 $a=2$ 이다. 기체의 부피비는 몰비에 비례하므로 반응 전 : 반응 후 = $16 : 11 = 5+3 : 0.5+x$, $x=5$ 이다. 즉, A 5몰과 B 2.5몰이 반응하여 C 5몰이 생성되었으므로 화학 반응식에서 C의 계수 $c=2$ 이다. A와 B의 반응 몰비는 $A : B = 2 : 1$ 이고, 물질량 비는 $A : B = 2 : 1$ 이므로 반응 질량비는 $A : B = 4 : 1$ 이다. 질량 보존 법칙에 따라 A~C의 반응 질량비는 $A : B : C = 4 : 1 : 5$ 이고, 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이므로 물질량 비는 $A : B : C = 4 : 2 : 5$ 이다. 따라서 $\frac{x}{a} \times \frac{A \text{의 물질량}}{C \text{의 물질량}} = \frac{5}{2} \times \frac{4k}{5k} = 2$ 이다.

13

(1) CH_4 연소 반응의 화학 반응식은 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 이고, C_8H_{18} 연소 반응의 화학 반응식은 $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$ 이다. 따라서 1몰이 연소할 때의 CO_2 배출량은 CH_4 이 1몰, C_8H_{18} 이 8몰이다.

(2) 화석 연료의 과다한 사용으로 온실 가스인 이산화 탄소 배출량이 증가하면 지구의 평균 기온이 높아지게 된다. 따라서 지구 환경을 위해서는 연소 시 이산화 탄소 배출량이 낮은 것이 더 낫다.

예시 답안 1몰이 연소할 때 CH_4 은 1몰, C_8H_{18} 은 8몰의 CO_2 가 배출되므로 CO_2 배출량이 적은 CH_4 이 주성분인 천연가스를 선택하는 것이 더 낫다.

채점 기준	배점(%)
1몰이 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양(mol)을 근거로 하여 천연가스를 선택하는 것이 더 낫다고 옳게 설명한 경우	100
천연가스를 선택하는 것이 더 낫다고만 설명한 경우	50

14

(1) HCl과 Mg 중에서 모두 반응해야 하는 반응물은 Mg이다.

예시 답안 ㉑, 생성된 H_2 의 부피에서 그 양(mol)을 구하고, 반응한 Mg의 양(mol)을 알아내어 Mg의 질량으로부터 Mg의 물질량을 구해야 하므로 넣어 준 Mg이 모두 반응해야 한다. 따라서 충분한 양의 HCl을 반응시켜야 한다.

채점 기준	배점(%)
㉑을 고르고, Mg이 모두 반응해야 하기 때문임을 옳게 설명한 경우	100
㉑만 옳게 고른 경우	50

(2) 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 생성된 H_2 의 양(mol)과 반응한 Mg의 양(mol)은 같다.

예시 답안 반응에서 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이고, 생성된 H_2 V L는 $\frac{V}{24}$ 몰이므로 반응한 Mg의 양도 $\frac{V}{24}$ 몰이다. 따라서 $\frac{V}{24} = \frac{0.01}{\text{Mg의 물질량}}$ 이므로 Mg의 물질량은 $\frac{0.24}{V}$ g/mol이다.

채점 기준	배점(%)
Mg의 물질량을 V로 나타내고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
Mg의 물질량만 V로 옳게 나타낸 경우	50

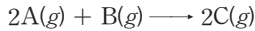
15

(1) 암모니아와 이산화 탄소가 반응하면 요소와 물이 생성된다.
(2) 질량을 알고 있는 물질의 양(mol)을 구하려면 물질량이 필요하고, 양(mol)을 알고 있는 물질의 질량을 구하려면 그 물질의 물질량 자료가 필요하다.

예시 답안 1년에 소비되는 요소의 질량(70만 톤)으로부터 요소의 양(mol)을 구하기 위해 요소의 물질량이 필요하다. 그다음 화학 반응식의 계수비로부터 필요한 암모니아의 양(mol)을 알아내고, 이로부터 암모니아의 질량을 구하기 위해 암모니아의 물질량이 필요하다.

채점 기준	배점(%)
필요한 자료를 모두 옳게 설명한 경우	100
필요한 자료 중 일부만 설명한 경우	50

자료 분석 반응 전후 기체의 질량과 부피



실험	반응 전 기체의 질량(g)		반응 후 전체 기체의 부피(L)
	A(g)	B(g)	
I	4w	6w	V ₁
II	9w	2w	V ₂

- 반응에서 몰비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이다.
- 물질량 비는 A : C = 4 : 5이다.
 - A와 C의 반응 질량비는 몰비 × 물질량이므로 A : C = 4 : 5이고, 질량 보존 법칙에 따라 A : B : C = 4 : 1 : 5이다.
 - A ~ C의 물질량 비는 A : B : C = 4 : 2 : 5이다.
- I에서 A 4w g과 B 6w g을 반응시킨다.
 - A 4w g과 B w g이 반응하여 C 5w g을 생성하고, 반응하지 않은 B 5w g이 남는다.
- II에서 A 9w g과 B 2w g을 반응시킨다.
 - A 8w g과 B 2w g이 반응하여 C 10w g을 생성하고, 반응하지 않은 A w g이 남는다.

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 화학 반응식의 계수비로부터 반응 몰비를 알 수 있고, 반응 전 기체의 질량 자료가 제시되어 있으므로 기체의 물질량을 구해 기체의 양(mol)을 알아낼 수 있다.

예시 답안 A와 C의 물질량을 각각 4M g/mol, 5M g/mol이라고 하면 반응에서 몰비가 A : B : C = 2 : 1 : 2이므로 반응 질량비는 A : B : C = 4 : 1 : 5이고, B의 물질량은 2M g/mol이다. 따라서 I에서는 A 4w g과 B w g이 반응하여 C 5w g을 생성하고 B 5w g이 남으며, II에서는 A 8w g과 B 2w g이 반응하여 C 10w g을 생성하고 A w g이 남는다. 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 I에서 $\frac{5w}{5M} + \frac{5w}{2M} = \frac{3.5w}{M}$, II에서 $\frac{10w}{5M} + \frac{w}{4M} = \frac{2.25w}{M}$ 이고 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{2.25}{3.5} = \frac{9}{14}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
반응의 질량비와 물질량 비를 알아내어 반응 후 전체 기체의 양(mol)으로부터 $\frac{V_2}{V_1}$ 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
$\frac{V_2}{V_1}$ 만 옳게 쓴 경우	50

II 물질의 구조와 성질

01 화학 결합과 결합의 극성

10 ~ 13쪽

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

단답형·서술형 문제

13 해설 참조 14 해설 참조 15 해설 참조
16 (1) 무극성 공유 결합: ㉠, 극성 공유 결합: ㉡, ㉢, ㉣, ㉤ (2) 해설 참조

01

답 ⑤

공유 결합은 비금속 원소로 이루어지고 이온 결합은 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진다. A, C, D는 비금속 원소이고 B는 금속 원소이므로 AD, CD는 공유 결합 물질이고 B₂C와 BD는 이온 결합 물질이다.

02

답 ④

ㄴ. X ~ Z는 각각 Mg, O, F이다. X(Mg)는 금속 원소이고, Z(F)는 비금속 원소이므로 X와 Z가 이온 결합을 형성할 때 X는 전자를 잃어 양이온이 되고, Z는 전자를 얻어 음이온이 된다.

ㄷ. YZ₂(OF₂)에서 Y(O)와 Z(F) 원자 주위에 전자 수가 8이므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

오답 피하기 ㄱ. X(Mg)는 금속 원소, Y(O)는 비금속 원소이므로 X와 Y는 이온 결합을 형성한다.

03

답 ②

ㄴ. 물을 전기 분해 하면 (-)극과 (+)극에서 각각 수소 기체(H₂)와 산소 기체(O₂)가 H₂ : O₂ = 2 : 1의 부피비로 생성된다. (가)에서 발생하는 기체의 부피가 더 크므로 수소 기체(H₂)이고, (나)에서 발생하는 기체는 산소 기체(O₂)이다.

오답 피하기 ㄱ. 순수한 물에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 물에 황산 나트륨 같은 전해질을 녹이지 않고 실험하면 물에 전류가 흐르지 않아 전기 분해 할 수 없다.

ㄷ. (나)에서 발생하는 산소 기체(O₂)는 연소를 도와 주는 성질인 조연성이 있어서 꺼져 가는 성냥의 불씨를 가져다 대면 불꽃이 살아날 것이다. 성냥의 불꽃을 가져다 대면 ‘퍽’ 소리를 내며 타는 성질은 가연성이다.

04

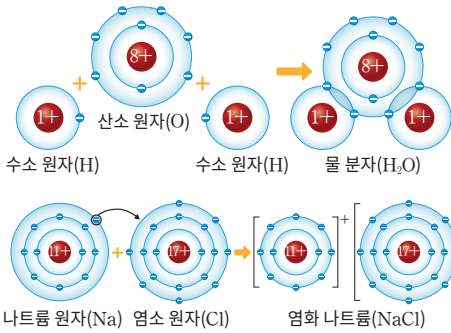
답 ⑤

ㄱ. 염화 나트륨을 가열하여 용융액으로 만들면 양이온과 음이온이 분리되므로 염화 나트륨 용융액에는 이온이 존재한다.

ㄷ. 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 반응의 화학 반응식은 2NaCl(l) → 2Na(s) + Cl₂(g)이므로 생성된 물질의 양(mol)은 A(Na)가 B(Cl₂)의 2배이다.

오답 피하기 ㄴ. 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (-)극에서는 나트륨(Na) 금속이 생성되고 (+)극에서는 염소 기체(Cl₂)가 생성된다. 따라서 A는 나트륨(Na)이다.

자료 분석 물(H_2O)과 염화 나트륨($NaCl$)의 화학 결합



- 물(H_2O)은 공유 결합을 형성하고, 염화 나트륨($NaCl$)은 이온 결합을 형성한다.
- 물(H_2O)과 염화 나트륨($NaCl$)의 화학 결합에는 모두 전자가 관여해 각각 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 분해된다.

ㄱ. H_2O 의 구성 원소인 비금속 원소는 공유 결합을 형성한다.
 ㄴ. $NaCl$ 을 구성하는 이온은 나트륨 이온(Na^+)과 염화 이온(Cl^-)이다. Na^+ 과 Cl^- 사이에는 정전기적 인력이 작용하여 이온 결합을 형성한다.
 ㄷ. H_2O 의 화학 결합은 공유 결합이고, $NaCl$ 의 화학 결합은 이온 결합이다. 공유 결합은 원자들이 전자를 공유하여 이루어지고, 이온 결합은 원자가 전자를 잃거나 얻어 형성된 이온에 의해 이루어진다. 따라서 H_2O 과 $NaCl$ 의 화학 결합에는 모두 전자가 관여한다.

06

답 ②

ㄴ. Z는 전기음성도가 4.0으로 가장 크므로 XZ에서 구성 원자의 전기음성도 차로부터 X의 전기음성도는 2.2임을 알 수 있다. X_2Y 에서 전기음성도가 $X > Y$ 이면 Y의 전기음성도는 1.0이고 YZ_2 에서 구성 원소의 전기음성도 차는 $3.0(=4.0-1.0)$ 이어야 하는데 그렇지 않으므로 X_2Y 에서 전기음성도는 $Y > X$ 이고, Y의 전기음성도는 3.4이다.

오답 피하기 ㄱ. 전기음성도는 $Z > X$ 이므로 XZ에서 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 치우친다.

ㄷ. 전기음성도는 $Y > X$ 이므로 X_2Y 에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 X이다.

07

답 ③

ㄱ. H와 H의 결합은 같은 종류의 원자 사이의 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이다.

ㄷ. HCl에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 Cl이므로 전기음성도는 Cl가 H보다 크다.

오답 피하기 ㄴ. H와 Cl의 공유 결합은 극성 공유 결합이므로 H와 Cl의 결합에서 쌍극자 모멘트 값은 0보다 크다.

08

답 ①

ㄱ. OF_2 에서 O-F 결합, NH_3 에서 N-H 결합, N_2H_2 에서 N-H 결합은 모두 극성 공유 결합이다. 따라서 극성 공유 결합이 있는 분자는 3가지이다.

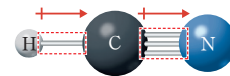
오답 피하기 ㄴ. O_2 에서 $O=O$ 결합, N_2H_2 에서 $N=N$ 결합은 무극성 공유 결합이다. 따라서 무극성 공유 결합이 있는 분자는 2가지이다.

ㄷ. 극성 공유 결합을 이루는 원자는 공유 전자쌍의 치우침에 따라 부분적인 양전하(δ^+)와 부분적인 음전하(δ^-)가 생긴다. 따라서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 있는 분자는 3가지이다.

09

답 ②

자료 분석 사이안화 수소(HCN)의 결합의 극성



- H-C, C≡N 결합은 극성 공유 결합이다.
- 전기음성도가 큰 N 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를, 작은 H 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
- 분자 내 결합의 쌍극자 모멘트의 합은 0이 아니다.

ㄴ. 전기음성도는 $N > C$ 이므로 HCN에서 N는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

오답 피하기 ㄱ. C≡N 결합은 다른 종류의 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

ㄷ. 전기음성도는 $N > C > H$ 이므로 H-C 결합에서 쌍극자 모멘트는 C 원자 쪽으로 향하도록 나타내고, C≡N 결합에서 쌍극자 모멘트는 N 원자 쪽으로 향하도록 나타낸다. 따라서 HCN에서 결합의 쌍극자 모멘트의 합은 0이 아니다.

10

답 ③

ㄱ. (나)는 구성 원자 수가 2이고 공유 전자쌍 수가 1이므로 H_2 이고, Y는 H이다. (라)는 H가 구성 원소이고 공유 전자쌍 수가 4이므로 CH_4 이다. (라)의 구성 원자 수는 5이므로 $x=5$ 이다.

ㄷ. X와 Z는 각각 O, C이므로 (가)는 O_2 이고 공유 전자쌍 수 $y=2$ 이다. (다)는 H와 O로 이루어지고 구성 원자 수가 4이므로 H_2O_2 이다. $H_2O_2(H-O-O-H)$ 는 공유 전자쌍 수 $z=3$ 이다. (가)~(라) 중 쌍극자 모멘트가 0인 결합, 즉 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가)(O_2), (나)(H_2), (다)(H_2O_2) 3가지이다.

오답 피하기 ㄴ. $y=2, z=3$ 이다.

11

답 ③

WX는 HF이고, XYZ는 FNO이다. 원자가 전자 수는 $X > Z > Y > W$ 이므로 W~Z는 각각 H, F, N, O이다. 따라서 전기음성도는 $X(F) > Z(O) > Y(N) > W(H)$ 이다.

ㄱ. WX(HF)에서 W와 X는 극성 공유 결합을 형성하므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

ㄴ. 전기음성도는 $X > Z > Y$ 이므로 X와 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

오답 피하기 ㄷ. $ZX_2(OF_2)$ 에는 Z와 X의 결합만 있으므로 극성 공유 결합만 있다.

12

답 ②

(가)는 NH_3 이고, (나)는 H_2 이다. 제시된 화학 반응식은 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ 이므로 ㉠과 ㉡은 각각 (나)와 (가)이다.

ㄷ. ㉠의 결합은 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이고, ㉡의 결합은 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. 무극성 공유 결합은 결합을 이루는 원자의 전기음성도 차이가 0이므로 ㉠(H_2)에서 구성 원자의 전기음성도 차는 0이다. ㄴ. ㉡(NH_3)에는 극성 공유 결합이 있다.

13

물 분자를 이루는 원자들이 전자를 공유하여 이룬 공유 결합은 전류를 흘려주었을 때 끊어지고 성분 물질로 분해된다.

예시 답안 공유 결합에 전자가 관여하기 때문에 물에 전류를 흘려 주면 수소 원자와 산소 원자 사이의 공유 결합이 끊어지면서 물이 분해된다. 따라서 물을 전기 분해 하면 수소 기체와 산소 기체로 분해된다.

채점 기준	배점(%)
공유 결합에 전자가 관여하기 때문이라고 설명한 경우	100
화합 결합에 전자가 관여하기 때문이라고만 설명한 경우	50

14

쌍극자 모멘트는 전기음성도가 작은 원자에서 큰 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 나타낸다.

예시 답안 전기음성도가 $C > H$ 이므로 C-H 결합의 쌍극자 모멘트가 C 원자 쪽을 향하고, 전기음성도가 $O > C$ 이므로 C=O 결합의 쌍극자 모멘트가 O 원자 쪽을 향한다.

채점 기준	배점(%)
C와 H의 전기음성도, O와 C의 전기음성도를 모두 옮겨 비교하여 설명한 경우	100
C와 H의 전기음성도, O와 C의 전기음성도 중 1가지만 옮겨 비교하여 설명한 경우	50

15

전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-), 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

예시 답안 (가): A, (나): B, (다): D, 전기음성도는 $C > B > D > A$ 이므로 (가)~(다)에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자는 각각 A, B, D이다.

채점 기준	배점(%)
(가)~(다)에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자를 옮겨 쓰고, 그 까닭을 전기음성도를 옮겨 비교하여 설명한 경우	100
(가)~(다) 중 2가지만 옮겨 쓴 경우	60

16

(1) 같은 원자 사이의 공유 결합인 ㉠은 무극성 공유 결합이고, 다른 원자 사이의 공유 결합인 ㉡, ㉢, ㉣, ㉤은 극성 공유 결합이다.

(2) 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차이가 0인 공유 결합은 무극성 공유 결합이고, 0이 아닌 공유 결합은 극성 공유 결합이다.

예시 답안 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차이가 0인 결합은 공유 전자쌍이 어느 원자로도 치우치지 않으므로 무극성 공유 결합이고, 두 원자의 전기음성도 차이가 0이 아닌 결합은 공유 전자쌍이 전기음성도가 큰 원자로 치우치므로 극성 공유 결합이다.

채점 기준	배점(%)
무극성 공유 결합과 극성 공유 결합을 모두 전기음성도와 관련지어 옮겨 설명한 경우	100
무극성 공유 결합과 극성 공유 결합 중 1가지만 전기음성도와 관련지어 옮겨 설명한 경우	50

02 분자의 구조와 성질

14~17쪽

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

단답형·서술형 문제

14 (1) 180° (2) 해설 참조 15 해설 참조 16 해설 참조
17 (1) 물 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

01

답 ③

A와 B는 각각 O, S 중 하나이고, C는 F 또는 Cl이다. 전기음성도는 $A > B$ 이므로 A는 O, B는 S이다. F은 A(O)보다 전기음성도가 크므로 A보다 전기음성도가 작은 C는 Cl이다.

ㄱ. A(O)의 원자가 전자 수는 6이다.

ㄷ. 원자 번호는 $C(Cl) > B(S) > A(O)$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. B(S)는 3주기 원소이다.

02

답 ①

2주기 원자 X~Z의 원자가 전자 수가 각각 4, 6, 7이므로 X~Z는 각각 C, O, F이다.

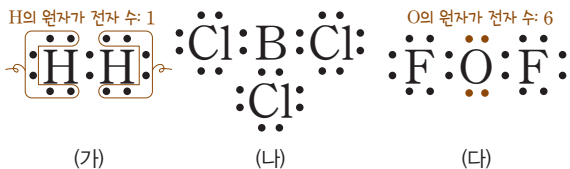
ㄱ. $Y_2(O_2)$ 에는 이중 결합이 있다.

오답 피하기 ㄴ. $XZ_4(CF_4)$ 의 공유 전자쌍 수와 $XY_2(CO_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 모두 4로 같다.

ㄷ. $X_2Z_2(C_2F_2)$ 에서 비공유 전자쌍은 2개의 Z(F)에 3쌍씩 있고, $YZ_2(OF_2)$ 에서 비공유 전자쌍은 Y(O)에 1쌍, 2개의 Z(F)에 3쌍씩 있다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 X_2Z_2 가 6이고, YZ_2 가 8이다.

자료 분석

분자의 루이스 전자점식



H와 O의 원자가 전자 수는 각각 1, 6이므로 (가)는 H 주변에 비공유 전자쌍이 없어야 하고, (다)는 O 주변에 2개의 비공유 전자쌍이 있어야 한다.

04

답 ②

ㄴ. (가)는 CO_2 , (나)는 O_2F_2 이고, X~Z는 각각 C, O, F이다. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (나)가 3이다.

오답 피하기 ㄱ. X(C)의 원자가 전자 수는 4이다.

ㄷ. 전기음성도는 $\text{F} > \text{O} > \text{C}$ 이므로 (나)(O_2F_2)에서 Y(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

05

답 ①

ㄱ. X는 옥텟 규칙을 만족하고, 분자에서 공유 전자쌍 수가 3이므로 N이다. (가)는 N_2H_2 이고, (나)는 N_2H_4 이며, (가)와 (나)에서 X(N)에는 비공유 전자쌍이 1개 있다.

오답 피하기 ㄴ. (가)에서 N에는 비공유 전자쌍이 있으므로 (가)의 분자 구조는 선형이 아니다.

ㄷ. (나)에서 N와 공유 결합 한 3개의 원자는 삼각뿔 구조를 이루므로 (나)는 입체 구조이다.

06

답 ③

분자에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 C, Y는 O, Z는 F이다.

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이므로 (가)에 이중 결합이 있다.



ㄷ. (가)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각 $\alpha = 180^\circ$ 이다. (나)(O_2F_2)에서 Y(O)에는 비공유 전자쌍이 있으므로 (나)의 분자 구조는 선형이 아니고 결합각 $\beta < 180^\circ$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. (가)(CO_2)의 비공유 전자쌍 수는 4이고, (나)(O_2F_2)의 비공유 전자쌍 수는 10이다.

07

답 ⑤

⑤ BCl_3 의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각이 120° 이다.

오답 피하기 ① 전자쌍 반발 이론에서 중심 원자를 둘러싼 전자쌍들은 전기적 반발력이 최소가 되도록 배치된다.

② 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.

③ 이원자 분자의 분자 구조는 선형이다.

④ NH_3 의 분자 구조는 삼각뿔이다.

08

답 ④

ㄴ. (가)~(다)는 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O 이고, X~Z는 각각 C, N, O이다. (가)~(다) 중 무극성 분자는 CH_4 1가지이다.

ㄷ. 결합각은 (가)가 109.5° , (나)가 107° , (다)가 104.5° 이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)~(다) 중 입체 구조인 분자는 정사면체 구조인 CH_4 , 삼각뿔 구조인 NH_3 2가지이다.

09

답 ①

ㄱ. (가)에서 Be의 원자가 전자 수는 2이고, 원자가 전자가 모두 공유 결합을 형성하므로 (가)의 중심 원자인 Be에는 비공유 전자쌍이 없다.

오답 피하기 ㄴ. (나)에서 B 원자 주위에 있는 전자 수는 6이므로 (나)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

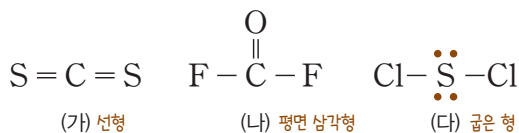
ㄷ. 전기음성도는 $\text{Cl} > \text{C} > \text{H}$ 이고 (다)의 분자 구조가 사면체이므로 (다)는 극성 분자이다. 따라서 (다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

10

답 ③

자료 분석

분자의 루이스 구조



(가)의 분자 구조는 선형, (나)의 분자 구조는 평면 삼각형, (다)의 분자 구조는 굽은 형이다.

ㄱ. (가)~(다) 중 분자 구조가 선형인 (가)의 결합각이 가장 크다.

ㄷ. 무극성 분자는 선형 구조인 (가) 1가지이다.

오답 피하기 ㄴ. (가)~(다)는 모두 평면 구조이다.

11

답 ②

C_2H_2 과 F_2 은 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, 모든 원자가 동일 평면에 있는 분자이며, $\text{C}_2\text{H}_2(\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H})$ 에는 삼중 결합이 있고, F_2 에는 단일 결합만 있다. CH_2O 와 NH_3 는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, CH_2O 는 모든 원자가 동일 평면에 있지만 NH_3 는 분자 구조가 삼각뿔로 입체 구조이다. 따라서 (가)로 '분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.'가 적절하고, (나)로 '다중 결합이 있다.'가 적절하며, (다)로 '모든 원자가 동일 평면에 있다.'가 적절하다.

12

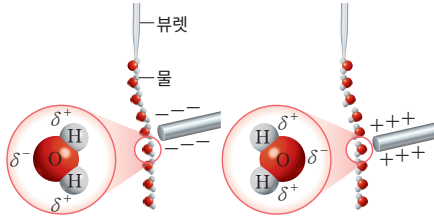
답 ④

(가)에서 구성 원자 수는 5이고, 공유 전자쌍 수가 4이므로 (가)는 CF_4 이다. (나)에서 구성 원자 수는 4이고, 공유 전자쌍 수는 3이므로 (나)는 NF_3 이다. 따라서 X와 Y는 각각 C, N이다.

ㄴ, ㄷ. (다)는 구성 원소가 X(C), Y(N), F이고, 구성 원자 수가 3이므로 $\text{FCN}(\text{F}-\text{C}\equiv\text{N})$ 이다. (다)의 공유 전자쌍 수(㉠)은 4이고, 중심 원자는 X(C)이다.

오답 피하기 ㄱ. 원자가 전자 수는 X(C)가 4, Y(N)가 5이다.

자료 분석 대전체를 가까이 가져갔을 때 물(H₂O) 분자의 배열



극성 분자인 물에 (-)대전체를 가까이 하면 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소(H) 부분이 대전체에 끌려오고, (+)대전체를 가까이 하면 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 산소(O) 부분이 대전체에 끌려온다.

전기음성도는 $O > H$ 이므로 물(H₂O) 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 원자는 O이고, 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자는 H이다. (-)전하를 띤 대전체를 물줄기에 가까이 가져가면 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 H 원자가 대전체를 향하고, 대전체 쪽으로 끌리게 된다. 이에 해당하는 물 분자 모형은 ②이다.

14

- (1) (가)는 선형 구조이므로 결합각이 180°이다.
 (2) 전자쌍 종류에 따라 반발력의 크기가 다르고 이로 인해 분자 구조가 달라져 결합각에 차이가 생긴다.

예시 답안 (다)의 결합각이 (나)보다 크다, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에 중심 원자에 비공유 전자쌍이 적은 (다)의 결합각이 (나)보다 크다.

채점 기준	배점(%)
(나)와 (다)의 결합각의 크기를 옳게 비교한 후 그 까닭을 비공유 전자쌍 사이의 반발력과 공유 전자쌍 사이의 반발력의 크기 차이를 언급해 설명한 경우	100
(나)와 (다)의 결합각의 크기를 옳게 비교했지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

15

결합의 쌍극자 모멘트의 값이 0이 아니어도 그 값이 분자 내에서 상쇄되면 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 될 수 있다.

예시 답안 B와 Cl의 결합의 쌍극자 모멘트는 0보다 크지만, BCl₃를 이루는 모든 결합의 쌍극자 모멘트를 합하면 0이 되기 때문에 BCl₃는 무극성 분자이다.

채점 기준	배점(%)
B와 Cl의 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다는 것을 설명한 후 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이라는 것을 설명한 경우	100
분자의 쌍극자 모멘트가 0이라는 것만 설명한 경우	50

16

전기장 속에서 극성 분자는 일정한 방향으로 배열되고, 무극성 분자는 무질서하게 배열된다.

예시 답안 (가), 전기장에서 일정한 방향으로 배열되는 기체 분자는 극성 분자이고, 방향성이 없이 무질서하게 배열되는 기체 분자는 무극성 분자인데 NH₃는 극성 분자이므로 (가)와 암모니아(NH₃)의 극성이 같다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나) 중 암모니아와 극성이 같은 분자를 옳게 쓰고 전기장에서 배열에 따른 분자의 극성을 비교하여 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나) 중 암모니아와 극성이 같은 분자를 옳게 썼지만 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	50

17

- (1) 설탕은 극성 분자이므로 무극성 분자인 헥세인에 녹지 않고, 극성 분자인 물에 녹는다.
 (2) 극성 분자와 무극성 분자는 서로 잘 섞이지 않는다.

예시 답안 물은 극성 분자이고, 헥세인은 무극성 분자이기 때문에 서로 섞이지 않는다.

채점 기준	배점(%)
물과 헥세인의 극성을 모두 옳게 설명한 경우	100
물과 헥세인 중 1가지 분자의 극성만 옳게 설명한 경우	50

- (3) 염화 구리(II)는 이온 결합 물질, 아이오딘은 무극성 분자이다.

예시 답안 극성 분자는 이온 결합 물질을 녹이고, 무극성 분자는 무극성 분자를 녹인다.

채점 기준	배점(%)
극성 분자와 무극성 분자의 용해성을 모두 옳게 설명한 경우	100
극성 분자와 무극성 분자의 용해성 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50

III 화학 평형

01 화학 평형

18~21쪽

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

단답형·서술형 문제

- 14 실험 I: 가역 반응, 실험 II: 비가역 반응 15 100
 16 해설 참조 17 (1) 3 (2) 역반응 (3) 2 M, 2 M, 2 M
 18 해설 참조

01

답 ④

가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로, 석회 동굴, 증유석, 석순의 생성 반응은 가역 반응이다. 비가역 반응은 한 방향으로만 일어나는 반응이며 충분한 시간이 지나도 동적 평형 상태에 도달하지 않는다. 물의 증발과 응축은 가역 반응이고, 산과 염기의 중화 반응은 비가역 반응이다.

02

답 ③

일정한 온도에서 물의 증발 속도는 일정하고, 수증기의 응축 속도는 용기 속 수증기의 분자 수에 비례한다. 따라서 ㉠은 증발, ㉡은 응축이다.

ㄱ. t_1 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로 물의 증발 속도는 수증기의 응축 속도보다 빠르다.

ㄴ. 수증기의 응축 속도는 시간이 지남에 따라 점점 빨라지다가 t_3 이후에는 일정해진다. 따라서 수증기의 응축 속도는 t_3 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

오답 피하기 ㄷ. 물의 증발 속도는 일정하고 수증기의 응축 속도는 점점 빨라지다가 일정해지므로, 용기 속 수증기의 양(mol)은 t_3 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

03

답 ②

ㄴ. 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

오답 피하기 ㄱ. 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉으로 보기에 반응이 멈춘 것처럼 보인다.

ㄷ. 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되지만 그 양이 항상 같은 것은 아니다.

04

답 ④

암모니아의 합성과 석회 동굴의 생성 반응은 가역 반응이고, 연소 반응과 기체 생성 반응은 비가역 반응이다.

05

답 ④

시험관에 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣고 반응시키면 정반응이 우세하게 진행되다가 충분한 시간이 지나면 평형에 도달한다. 따라서 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 시험관 속 기체는 적갈색이 점점 없어지다가 일정하게 유지되므로 (가)~(다)를 시간 순서로 나열하면 (나) → (다) → (가)이다.

06

답 ③

ㄱ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 농도보다 생성된 B(g)의 농도가 크므로 $a < b$ 이다.

ㄷ. t 이후 A(g)와 B(g)의 농도(M)가 일정하므로 $\frac{[B]^b}{[A]^a}$ 은 일정하다.

오답 피하기 ㄴ. t 일 때는 화학 평형 상태이므로 B(g)의 생성 반응은 일어난다.

07

답 ②

ㄷ. 평형 상수(K)가 1보다 매우 작으므로 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 충분한 시간이 지나 화학 평형 상태일 때 물질의 양(mol)은 $\text{NO}_2(g)$ 가 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 보다 크다.

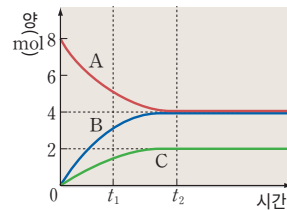
오답 피하기 ㄱ. 반응 초기에 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣고 반응시켜 평형에 도달하므로 $[\text{NO}_2]$ 는 감소하다가 일정해지고, $[\text{N}_2\text{O}_4]$ 는 증가하다가 일정해진다. 따라서 시간에 따라 $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}$ 는 증가하다가 일정해진다.

ㄴ. 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 전체 기체 분자 수는 반응 초기보다 감소하다가 일정해진다.

08

답 ①

자료 분석 화학 평형과 물질의 양(mol)



- 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)의 양(mol)은 4만큼 감소하고 B(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 4, 2만큼 증가한다.
- 화학 반응식을 완성하면 $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ 이므로, 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2[C]}{[A]^2}$ 이다.

ㄱ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응 몰비는 A : B : C = 2 : 2 : 1이므로 $a : b : c = 2 : 2 : 1$ 이다. 따라서 $\frac{b+c}{a} > 1$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. t_1 일 때는 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

ㄷ. t_1 일 때는 정반응이 우세하게 진행되고 t_2 일 때는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. t_1 일 때는 반응 지수(Q) < 평형 상수(K)이고, t_2 일 때는 반응 지수(Q) = 평형 상수(K)이므로 $\frac{[B]^b[C]^c}{[A]^a}$ 은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

09

답 ④

반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응 농도비는 A : B = 2 : 1이므로 $a : b = 2 : 1$ 이다. A(g)와 B(g)의 평형 농도(M)는 각각 1, 2.5이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{2.5}{1^2} = \frac{5}{2}$ 이다.

10

답 ⑤

반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 반응 농도비는 A : B = 1 : 2이다. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A(g)의 농도(M)는 0.5만큼 감소하고, B(g)의 농도(M)는 1만큼 증가하므로 B(g)의 평형 농도(M)인 y 는 2이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{0.5} = 8$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

11

답 ④

ㄴ. t_2 일 때 평형에 도달하므로 t_2 에서 전체 기체 분자 수는 일정하다.

ㄷ. 반응 몰비는 X : Y = 1 : 2인데, 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 Y(g)의 농도(M)가 0.4만큼 증가하므로 X(g)의 농도(M)는 0.2만큼 감소한다. X(g)와 Y(g)의 평형 농도(M)는 각각 0.8, 0.4이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[Y]^2}{[X]} = \frac{0.4^2}{0.8} = 0.2$ 이다.

오답 피하기 7. 반응 초기에 반응물인 $X(g)$ 를 넣고 반응시키므로 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작으므로 t_1 일 때 $\frac{[Y]^2}{[X]} < x$ 이다.

12 **㉠** ①
반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 농도(M)는 각각 0.4만큼 감소하고, $C(g)$ 의 농도(M)는 0.4만큼 증가하므로 반응 몰비는 $A:B:C=1:1:1$ 이며, $a:b:c=1:1:1$ 이다. 따라서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.4}{0.2 \times 0.2} = 10$ 이다.
 $A(g) \sim C(g)$ 의 초기 농도(M)가 모두 1이면 반응 지수(Q)는 1이며, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

13 **㉠** ⑤
7. ㄴ. 반응 초기에 반응물인 $A(g)$ 를 넣고 반응시키므로 정반응이 우세하게 진행된다. 반응 지수(Q)는 반응 초기에는 평형 상수(K)보다 작지만 평형에 도달할 때까지 점점 증가하다가 평형 상수와 같아진다. t_3 일 때 반응 지수(Q)가 18이고 이후 일정한 값을 가지므로 평형 상수(K)인 x 는 18이다.
ㄷ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 A 의 양(mol)을 y 라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$\rightleftharpoons$	$2B(g)$
초기 양(mol)	2		0
반응 양(mol)	$-y$		$+2y$
평형 양(mol)	$2-y$		$+2y$

평형 상수(K)는 $\frac{[B]^2}{[A]} = \frac{(2y)^2}{2-y} = 18$ 이므로 $y = \frac{3}{2}$ 이다. 따라서 평형에 도달했을 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{2}$, 3이므로 t_3 일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{3}{\frac{1}{2}} = 6$ 이다.

14 **㉠** 실험 I: 가역 반응, 실험 II: 비가역 반응
실험 I의 반응은 가역 반응이고, 실험 II의 반응은 비가역 반응이다. 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있지만 비가역 반응은 한 방향으로만 반응이 일어난다.

15 **㉠** 100
반응 몰비는 $A:B:C=1:3:2$ 이고, 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 $A(g)$ 의 농도(M)는 0.2만큼 감소한다. 따라서 $B(g)$ 의 농도(M)는 0.6만큼 감소하고, $C(g)$ 의 농도(M)는 0.4만큼 증가하므로 $x=0.2$, $y=0.4$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{0.4^2}{0.2 \times 0.2^3} = 100$ 이다.

16
순수한 고체는 평형 상수식에 나타나지 않는다. 따라서 평형 상수(K)= $[B][C]^2$ 이다.

예시 답안 반응이 평형에 도달했을 때 B 의 농도(M)를 x 라고 하면 C 의 농도(M)는 $2x$ 이다. 평형 상수(K)는 $[B][C]^2 = x \times (2x)^2 = 4x^3 = 4 \times 10^{-6}$ 이므로 $x=0.01$ 이다. 따라서 수용액 속 B 와 C 의 농도(M)는 각각 0.01, 0.02이다.

채점 기준	배점(%)
B 와 C 의 농도를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100
B 와 C 의 농도만 옳게 쓴 경우	50

17 **㉠** (1) 3 (2) 역반응 (3) 2 M, 2 M, 2 M
(1) 초기 상태의 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{x}{1 \times 1} = 3$ 이므로 $x=3$ 이다.
(2) 평형 상수(K)는 $\frac{1}{2}$ 이고, t_1 일 때 $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.
(3) 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 평형에 도달할 때까지 반응한 C 의 양(mol)을 y 라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+$	$B(g)$	$\rightleftharpoons$	$C(g)$
초기 양(mol)	1		1		3
반응 양(mol)	$+y$		$+y$		$-y$
평형 양(mol)	$1+y$		$1+y$		$3-y$

용기의 부피가 1 L이므로 $A(g) \sim C(g)$ 의 평형 농도(M)는 각각 $1+y$, $1+y$, $3-y$ 이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{3-y}{(1+y)^2} = \frac{1}{2}$ 이므로 $y=1$ 이다. 따라서 t_2 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 농도(M)는 모두 2이다.

18
온도가 일정하면 평형 상수(K)는 처음 농도에 관계없이 일정한 값을 가진다. (가)와 (나)에서 평형 상수가 같으므로 이를 이용하여 x 를 구한다.

예시 답안 평형 상수(K)=반응 지수(Q), 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서의 평형 상수(K)는 같다. (나)에서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.2}{0.2^2} = 5$ 이다. (가)에서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.4}{0.2 \times \frac{x}{2}} = 5$ 이므로 $x=0.8$ 이다. 꼭지를 연 직후 $A(g) \sim C(g)$ 의 양(mol)은 각각 0.6, 1, 1인데, 용기의 부피는 3 L이므로, $A(g) \sim C(g)$ 의 농도(M)는 각각 0.2, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$ 이다. 따라서 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{1}{3}}{0.2 \times \frac{1}{3}} = 5$ 이다.

채점 기준	배점(%)
평형 상수(K)와 반응 지수(Q)의 크기를 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
평형 상수(K)와 반응 지수(Q)의 크기만 옳게 비교한 경우	50

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ② 06 ② 07 ③
08 ① 09 ④ 10 ④

단답형·서술형 문제

11 해설 참조 12 (1) 5 (2) 역반응
13 (1) 정반응 (2) (가)=(나)<(다) 14 해설 참조

01

답 ③

ㄱ. $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 넣는 것은 반응물인 H^+ 을 첨가하는 것과 같으므로 X로 H_2SO_4 이 적절하다.

ㄷ. $\text{NaOH}(aq)$ 을 넣으면 반응물인 H^+ 이 OH^- 과 반응하여 물을 생성하므로 H^+ 이 제거된다. 따라서 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 용액의 색은 점점 노란색을 띤다.

오답 피하기 ㄴ. 수용액이 주황색을 띠는 것은 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 이 CrO_4^{2-} 보다 많기 때문이다.

02

답 ③

ㄱ. t 일 때 $\text{Y}(g)$ 의 농도가 급격히 증가하고 (나)에서는 $\text{X}(g)$ 와 $\text{Y}(g)$ 의 농도는 감소하고, $\text{Z}(g)$ 의 농도는 증가한다. 따라서 X와 Y는 반응물인 N_2 , H_2 중 하나이고, Z는 NH_3 이다. (나)에서 (다)에 도달할 때까지 반응한 양(mol)은 $\text{X} > \text{Y}$ 이므로 X는 H_2 , Y는 N_2 이다. 따라서 t 일 때 $\text{N}_2(g)$ 를 첨가하였다.

ㄴ. (나)에서는 정반응이 우세하게 진행되므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

오답 피하기 ㄷ. (가)와 (다)에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

03

답 ⑤

ㄱ, ㄴ. 반응물인 $\text{O}_2(g)$ 를 첨가하거나 생성물인 $\text{SO}_3(g)$ 을 제거하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

04

답 ③

ㄱ. 평형 I에서 II에 도달할 때까지 C(g)의 양이 증가하므로 정반응이 우세하게 진행되며, 생성된 C(g)의 양(mol)이 0.25이므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$\text{A}(g)$	$\rightleftharpoons$	$\text{B}(g)$	+	$\text{C}(g)$
초기 양(mol)	2.25		x		0.75
반응 양(mol)	-0.25		+0.25		+0.25
평형 양(mol)	y		1		1

따라서 $x=0.75$, $y=2$ 이다.

ㄷ. 평형 I에서 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 각각 2.25, 0.75, 0.75이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[\text{B}][\text{C}]}{[\text{A}]} = \frac{0.75 \times 0.75}{2.25} = \frac{1}{4}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. $x+y=0.75+2=2.75$ 이다.

05

답 ②

ㄴ. t 에서 $\text{H}_2(g)$ 의 농도가 급격히 증가하므로 (나)에서 $\text{H}_2(g)$ 의 농도가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 평형 상수(K)는 반응 지수(Q)보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. (가)는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 (가)와 (다)에서 평형 상수(K)는 같다.

06

답 ②

ㄷ. 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 평형 상수(K)는 같다.

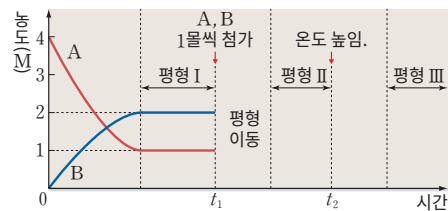
오답 피하기 ㄱ. (가)에서 압력을 가하면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. 정반응은 반응물인 $\text{NO}_2(g)$ 가 반응하여 생성물인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 되는 것이므로, NO_2 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

07

답 ③

자료 분석 ③ 반응의 진행 방향 예측



• 평형 I에서 평형 상수(K)는 $\frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]^3} = \frac{2^2}{1^3} = 4$ 이다.

• A(g)와 B(g)를 각각 1몰씩 첨가할 때 반응 지수(Q)는 $\frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]^3} = \frac{3^2}{2^3} = \frac{9}{8}$ 이다. $\rightarrow Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

• 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄱ. 평형 I에서 평형 상수(K)는 4이고, A(g)와 B(g)를 각각 1몰씩 첨가할 때 반응 지수(Q)는 $\frac{9}{8}$ 이다. 평형 I에서 II에 도달할 때까지 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으므로 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. t_2 에서 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 생성물의 농도는 감소하고 반응물의 농도가 증가한다. 따라서 평형 상수(K)는 평형 I일 때보다 작아지므로 평형 III에서 평형 상수(K)는 4보다 작다.

오답 피하기 ㄴ. 평형 I에서 II에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로, 생성물인 B(g)의 농도(M)는 평형 II에서가 평형 I에서보다 크다.

08

답 ①

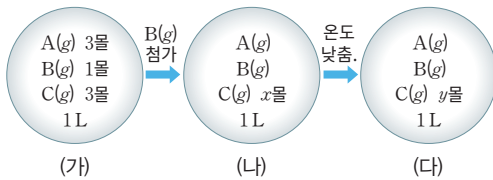
ㄱ. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 역반응이 우세하게 진행된다.

오답 피하기 ㄴ. 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 생성물인 B(g)의 양(mol)이 증가한다.
 ㄷ. 피스톤을 고정하고 비활성 기체인 Ar(g)을 첨가해도 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않으므로 평형이 이동하지 않는다. 따라서 A(g)의 양(mol)은 일정하다.

09

④

자료 분석 화학 평형 이동



- (가)에서 평형 상수(K)는 $\frac{[C]}{[A][B]} = \frac{3}{3 \times 1} = 1$ 이다.
- (가)에 B(g)를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- (나)에서 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. (가)에 반응물인 B(g)를 첨가하면 (나)에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. (나)에서 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 C(g)의 양은 감소한다. 따라서 $x > y$ 이다.

오답 피하기 ㄱ. (가)에서 평형 상수(K)는 1이고, (가)와 (나)에서 평형 상수는 같다. (다)에서는 (나)에서보다 평형 상수가 작으므로 (다)에서 평형 상수는 1보다 작다.

10

④

ㄴ. 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이고, 평형 I에서 A(g)와 C(g)의 평형 농도(M)는 각각 2, 4이므로 B(g)의 평형 농도(M)는 2이다. 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{4^2}{2 \times 2} = 4$ 이다. 평형 I에서 B(g)를 첨가하면 정반응이 우세하게 진행되는데 평형 I에서 II에 도달할 때까지 A(g)의 농도(M)가 1만큼 감소하므로 C(g)의 농도(M)는 2만큼 증가한다. 따라서 평형 II에서 C(g)의 평형 농도(M)는 6이다.

ㄷ. 반응 초기 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 x이고, 평형 I에 들어 있는 C(g)의 양(mol)을 4a라고 하면 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 2a이고, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftharpoons$	2C(g)
초기 양(mol)	x		x		0
반응 양(mol)	-2a		-2a		+4a
평형 양(mol)	x-2a		x-2a		4a

평형 I에서 A(g)와 C(g)의 평형 농도비가 1 : 2이므로 $(x-2a) : 4a = 1 : 2$ 에서 $x = 4a$ 이다. 따라서 평형 I에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 2a, 2a, 4a이다.

평형 II에서 A(g)의 평형 농도(M)가 1이므로, 평형 I에서 II에 도달할 때까지 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftharpoons$	2C(g)
초기 양(mol)	2a		2a+y		4a
반응 양(mol)	-a		-a		+2a
평형 양(mol)	a		a+y		6a

평형 II에서 실린더의 부피(L)를 V라고 하면 평형 상수(K)는

$$\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{\left(\frac{6a}{V}\right)^2}{\frac{a}{V} \times \frac{a+y}{V}} = 4 \text{이므로 } y = 8a \text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = \frac{8a}{4a} = 2 \text{이다.}$$

오답 피하기 ㄱ. 평형 III에서 C(g)의 평형 농도(M)가 5이므로 온도를 높이면 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 역반응은 에너지를 흡수하는 반응이므로 정반응은 에너지를 방출하는 반응이다.

11

(가)의 실린더에 Ar(g)을 첨가하면 기체의 부피가 증가하여 A(g)와 B(g)의 농도가 감소한다. 이때 $\frac{[B]^2}{[A]}$ 은 첨가하기 전보다 작아져 $Q < K$ 가 되므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. (나)의 실린더는 부피가 변하지 않으므로 Ar(g)을 첨가해도 A(g)와 B(g)의 농도가 변하지 않는다. 따라서 평형은 이동하지 않는다.

예시 답안 (가)는 정반응 쪽으로 평형이 이동하고, (나)는 평형이 이동하지 않는다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 실린더에서 평형 이동 방향을 모두 옳게 쓴 경우	100
(가)와 (나)의 실린더에서 평형 이동 방향 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	50

12

㉡ (1) 5 (2) 역반응

(1) (가)에서 A(g)~C(g)의 평형 농도(M)는 모두 0.2이므로 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.2^2}{0.2^2 \times 0.2} = 5$ 이다.

(2) (나)에서 부피를 증가시키면 압력이 낮아지므로 (나)에서 (다)에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 진행된다.

13

㉡ (1) 정반응 (2) (가)=(나)<(다)

(1) (가)에서 반응물인 A(g)를 첨가하면 A(g)의 농도가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다.

(2) (가)와 (나)는 온도가 같으므로 평형 상수는 같다. (나)에서 (다)에 도달할 때까지 에너지를 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 (다)에서의 평형 상수는 (가)와 (나)에서보다 크다.

14

온도를 낮추면 에너지를 방출하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하고, 온도를 높이면 에너지를 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

예시 답안 온도를 낮추면 에너지를 방출하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 $\text{NO}_2(g)$ 의 농도는 감소하고 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 증가하므로 적갈색은 점점 연해진다.

채점 기준	배점(%)
얼음물이 담긴 비커에 넣을 때 나타나는 현상을 옳게 설명한 경우	100
얼음물이 담긴 비커에 넣을 때 반응의 방향만 옳게 쓴 경우	50

IV 역동적인 화학 반응

01 물의 자동 이온화와 pH

26~28쪽

01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ⑤ 05 ① 06 ② 07 ①
08 ⑤ 09 ① 10 ②

단답형·서술형 문제

11 해설 참조 12 (1) 10 (2) 해설 참조

01 답 ③
ㄱ, ㄴ. 물의 자동 이온화 반응에서 H^+ 이 이동하므로 ㉗은 H^+ 이며, 생성물인 H_3O^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 같다.

오답 피하기 ㄷ. 순수한 물에 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣으면 생성물인 H_3O^+ 의 농도가 증가하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02 답 ③
ㄱ. (가)에는 NaOH 4 g이 들어 있으므로 NaOH 의 양(mol)은

$$\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol이다.}$$

ㄴ. (나)에는 NaOH 0.05몰이 들어 있으므로 NaOH 의 질량은 NaOH 의 양(mol) $\times$ NaOH 의 몰질량(g/mol) = 0.05 mol $\times$ 40 g/mol = 2 g이다. 따라서 (가)와 (나)에서 NaOH 의 질량은 각각 4 g, 2 g이다.

오답 피하기 ㄷ. (다)에는 NaOH 6 g이 들어 있으므로 NaOH 의 양은 0.15몰이며, 용액의 부피는 0.5 L이므로 몰농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.15 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.3 \text{ M}$ 이다. 따라서 몰농도 비는 (나) : (다) = 0.5 : 0.3 = 5 : 3이다.

03 답 ①
ㄱ. 25 °C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. K_w 는 60 °C에서가 0 °C에서보다 크므로 $[\text{OH}^-]$ 는 60 °C에서가 0 °C에서보다 크다.

ㄷ. K_w 는 온도가 높을수록 증가하므로 물의 자동 이온화 반응은 정반응이 흡열 반응이다.

04

답 ⑤

ㄱ. 부피가 10 mL로 정해진 실험 기구이므로 ㉗은 '부피 플라스크'가 적절하다.

ㄴ, ㄷ. 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 을 10배 희석하면 몰농도가 $\frac{1}{10}$ 로 감소하므로 0.01 M $\text{HCl}(aq)$ 이 된다. 따라서 $x = 0.01$ 이다. 0.01 M $\text{HCl}(aq)$ 을 10배 희석하면 0.001 M $\text{HCl}(aq)$ 이 되므로 $y = 0.001$ 이다.

05

답 ①

$$\text{수용액에 녹아 있는 A의 양(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}} = \frac{w \text{ g}}{40 \text{ g/mol}}$$

$$\text{이고, A 수용액의 몰농도(M)} = \frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{\frac{w}{40} \text{ mol}}{\frac{V}{1000} \text{ L}} =$$

$$\frac{25w}{V} \text{ M이다. 따라서 } a = \frac{25w}{V} \text{이므로 } w = \frac{aV}{25} \text{이다.}$$

06

답 ②

$\text{NaOH}(aq)$ 의 pH는 12이므로 pOH는 2이다. 따라서 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도는 0.01 M이다.

ㄴ. $\text{NaOH}(aq)$ 에서 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고 부피가 1 L이므로 H^+ 의 양은 1.0×10^{-12} 몰이다.

오답 피하기 ㄱ. $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도는 0.01 M이므로 1 L에 들어 있는 NaOH 의 양은 0.01몰이다. NaOH 의 몰질량은 40 g/mol이므로 NaOH 의 질량(g)인 $w = 0.4$ 이다.

ㄷ. $\text{NaOH}(aq)$ 에 증류수를 첨가하여 부피가 2 L가 되면 몰농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.005 \text{ M}$ 이므로 pH는 11보다 크다.

07

답 ①

ㄱ. A에서 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, B에서 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. B에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고, C에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 C가 B의 10^5 배이다.

$$\text{ㄷ. C에서 } \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ M}}{1.0 \times 10^{-12} \text{ M}} = 1.0 \times 10^{10} \text{이다.}$$

08

답 ⑤

ㄱ. $a > b$ 이므로 OH^- 의 양(mol)은 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 (가)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이고, (나)는 $\text{HCl}(aq)$ 이다.

ㄴ. 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol) = 몰농도(M) $\times$ 용액의 부피(L)이므로 (나)에 들어 있는 HCl 의 양 = $10^{-4} \text{ M} \times 10^{-3} \text{ L} = 10^{-7} \text{ mol}$ 이다.

ㄷ. (가)에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이므로 pOH는 6이고, pH는 8이다. (나)에서 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 pH는 4이고, pOH는 10이다. 따라서 $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$ 이다.

09

답 ①

ㄱ. 몰농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 (가)에 들어 있는 NaOH의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. NaOH의 질량은 NaOH의 양(mol) $\times$ NaOH의 몰질량(g/mol)이므로, $0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. (가)에 증류수를 첨가하므로 NaOH(aq)의 몰농도가 감소한다. 따라서 pOH는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. (나)에서 NaOH(aq)의 몰농도는 0.05 M 이므로 $[\text{OH}^-] = 5.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, $[\text{H}^+] = 2.0 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다. 수용액의 부피는 1 L 이므로 H^+ 의 양은 $2.0 \times 10^{-13} \text{ mol}$ 이다.

10

답 ②

ㄴ. A~D에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 같으며, HCl의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. B의 몰농도는 $1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 B의 부피는 100 L 이다.

오답 피하기 ㄱ. A의 pH는 2이므로 $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이다.

ㄷ. C는 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이고, D는 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-6} \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-8} \text{ M}$ 이다. 따라서 C와 D의 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]}$ 는 각각 $\frac{1.0 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^{-5}} = 10^{-4}$, $\frac{1.0 \times 10^{-8}}{1.0 \times 10^{-6}} = 10^{-2}$ 이므로 C가 D의 $\frac{1}{100}$ 이다.

11

물의 이온화 상수(K_w)는 물이 자동 이온화하여 동적 평형 상태를 이루었을 때 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱이다.

예시 답안 25°C 에서 순수한 물의 이온화 상수(K_w)는 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 따라서 순수한 물의 pH는 7이다.

채점 기준	배점(%)
25°C 에서 순수한 물의 pH가 7인 까닭을 물의 이온화 상수를 이용하여 옳게 설명한 경우	100
순수한 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이라고만 설명한 경우	50

12

(1) 실험 결과에서 pH는 B가 A보다 1만큼 크므로 B는 A를 10배 희석한 것이다. 따라서 $x = 10$ 이다.

(2) pH가 1만큼 증가하면 $[\text{H}^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 이 된다. 용액 A와 C는 pH가 2만큼 차이가 나므로 100배 희석하면 된다.

예시 답안 용액 A 1 mL를 100 mL 부피 플라스크에 넣은 후 표시선까지 증류수를 채운다.

채점 기준	배점(%)
용액 A를 이용하여 용액 C를 만드는 방법을 옳게 설명한 경우	100
100배 희석하면 된다고만 설명한 경우	50

02 중화 반응

29 ~ 32쪽

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

단답형·서술형 문제

14 (1) H^+ , A^- , B^+ , OH^- (2) 해설 참조

15 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 16 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

답 ⑤

ㄱ. 산과 염기의 중화 반응으로 생성되는 ㉠은 H_2O 이다.

ㄴ. 중화 반응에서 H^+ 과 OH^- 의 반응 몰비는 1 : 1이다.

ㄷ. 반응 전에는 H^+ , Cl^- , Na^+ , OH^- 이 들어 있고, 반응 후에는 Na^+ 과 Cl^- 만 남아 있으므로 반응 후 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 감소한다.

02

답 ④

ㄱ. (가)에서 Na^+ 수와 Cl^- 수가 같고, HCl(aq)과 NaOH(aq)의 몰농도가 같으므로 혼합 전 두 수용액의 부피는 같다.

ㄴ. (나)는 OH^- 이 존재하므로 염기성이고, (다)는 H^+ 이 존재하므로 산성이다. 따라서 pH는 (나) > (다)이다.

오답 피하기 ㄷ. (가)에서 생성된 H_2O 의 양(mol)은 산 또는 염기의 구경꾼 이온 수에 비례하고, (나)와 (다)에서 생성된 H_2O 의 양(mol)은 소량으로 들어 있는 구경꾼 이온 수에 비례한다. 따라서 생성된 H_2O 의 몰비는 (가) : (나) : (다) = 2 : 1 : 1이므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 (가)가 가장 많다.

03

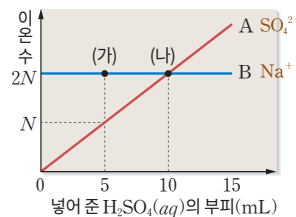
답 ⑤

중화 반응이 일어나면 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 H_2O 이 생성되어야 하므로 (나)와 (다)는 중화 반응이다. (가)는 금속과 산의 산화·환원 반응이다.

04

답 ③

자료 분석 NaOH(aq)과 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 의 중화 반응



• NaOH(aq) 10 mL에 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 을 넣을 때 A 수는 넣어 준 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 의 부피에 비례하여 증가하고, B 수는 일정하다.

→ A는 SO_4^{2-} 이고, B는 Na^+ 이다.

→ NaOH(aq) 10 mL 속 Na^+ 과 OH^- 수는 각각 2N이다.

• $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 5 mL에 들어 있는 SO_4^{2-} 수는 N이다.

→ (가)에서 OH^- 과 반응한 H^+ 수는 2N이다.

→ (가)에서 산과 염기가 완전히 중화된다.

ㄱ. A는 넣어 준 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 부피에 비례하여 그 수가 일정하게 증가하므로 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 구경꾼 이온인 SO_4^{2-} 이다.

ㄴ. $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 수는 각각 2N으로 일정하고, $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 들어 있는 SO_4^{2-} 수는 (가)에서 N, (나)에서 2N이므로 반응 전과 후 (가)와 (나)에 들어 있는 각 이온 수는 다음과 같다.

구분		H^+	SO_4^{2-}	Na^+	OH^-
(가)	전	2N	N	2N	2N
	후	0	N	2N	0
(나)	전	4N	2N	2N	2N
	후	2N	2N	2N	0

반응 후 전체 이온 수는 (가)에서 3N, (나)에서 6N이다. 따라서 전체 이온 수는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

오답 피하기 ㄴ. 혼합 용액의 액성은 (가)가 중성, (나)가 산성이다.

05

답 ②

Na^+ 과 OH^- 수는 2N으로 일정하고, $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 15 mL에 들어 있는 H^+ 수는 6N, SO_4^{2-} 수는 3N이므로 혼합 용액의 이온 수는 Na^+ 2N, H^+ 4N, SO_4^{2-} 3N이다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 $\frac{\text{총 음이온 수}}{\text{총 양이온 수}} = \frac{3N}{6N} = \frac{1}{2}$ 이다.

06

답 ①

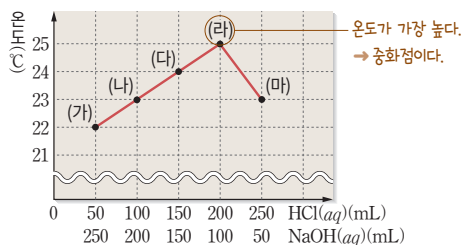
ㄱ. (가)에 들어 있는 HA 수는 4, (나)에 들어 있는 $\text{B}(\text{OH})_2$ 수는 2이므로 수용액의 몰농도는 (가)가 (나)의 2배이다.

오답 피하기 ㄴ, ㄷ. 같은 부피의 (가)와 (나)에 들어 있는 H^+ 수와 OH^- 수가 각각 4로 같으므로 완전히 중화되는 부피비는 (가) : (나) = 1 : 1이다. 반응 후 남아 있는 구경꾼 이온 수는 A^- 4, B^{2+} 2이므로 양이온과 음이온 수 비는 양이온 : 음이온 = 1 : 2이다.

07

답 ②

자료 분석 ● 중화반응에서 혼합 용액의 최고 온도



- 혼합 용액의 온도는 (라)에서 가장 높다.
→ 전체 부피가 같을 때 중화 반응을 한 H^+ 과 OH^- 수가 많을수록 중화열이 많이 발생하므로 온도가 높아진다.
- (라)는 중화점이다.
- (라)에서 반응한 두 수용액의 부피비는 $\text{HCl} : \text{NaOH} = 2 : 1$ 이다.
→ 두 수용액의 몰농도 비는 $a : b = 1 : 2$ 이다.

ㄴ. (나)와 (마)에서 혼합 용액의 전체 부피가 같고 최고 온도가 같으므로 중화 반응을 한 H^+ 과 OH^- 수가 같다. 따라서 생성된 물의 양(mol)은 (나)에서와 (마)에서가 같다.

오답 피하기 ㄱ. 전체 부피가 같을 때 혼합 용액의 온도가 가장 높은 (라)가 중화점이고, 중화점에서 두 수용액의 부피비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = 2 : 1$ 이므로 몰농도 비는 $a : b = 1 : 2$ 이다.

ㄷ. 단위 부피당 이온 수는 $\text{NaOH}(aq)$ 이 $\text{HCl}(aq)$ 의 2배이다. $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 수를 50N이라고 하면 반응 전과 후 (가)와 (라)에 들어 있는 각 이온 수는 다음과 같다.

구분		H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
(가)	전	50N	50N	500N	500N
	후	0	50N	500N	450N
(라)	전	200N	200N	200N	200N
	후	0	200N	200N	0

반응 후 혼합 용액의 전체 부피가 같으므로 전체 이온의 몰농도는 전체 이온 수에 비례하고, (가)의 전체 이온 수는 1000N, (라)의 전체 이온 수는 400N이다. 따라서 전체 이온의 몰농도 비는 (가) : (라) = 1000N : 400N = 5 : 2이다.

08

답 ③

ㄱ. 전체 부피가 같을 때 생성된 물 분자 수가 가장 많은 (나)가 중화점이고, 중화점에서 두 수용액의 부피비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = 1 : 2$ 이므로 몰농도 비는 $a : b = 2 : 1$ 이다.

ㄴ. (가)는 반응 후 OH^- 이 남아 있으므로 염기성, (다)는 반응 후 H^+ 이 남아 있으므로 산성이다. 따라서 pH는 (가) > (다)이다.

오답 피하기 ㄷ. $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 들어 있는 Cl^- 수를 40N이라고 하면 (나)에서 Cl^- 수는 40N, Na^+ 수는 40N이고, (라)에서 Cl^- 수는 80N, Na^+ 수는 20N이다. 따라서 $\frac{\text{Cl}^- \text{ 수}}{\text{Na}^+ \text{ 수}}$ 는 (나) :

$$(라) = \frac{40N}{40N} : \frac{80N}{20N} = 1 : 4 \text{이다.}$$

09

답 ②

0.5 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 $0.5 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이고 이를 완전히 중화시키기 위해 필요한 $\text{NaOH}(s)$ 의 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이므로 $x = 2$ 이다.

0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 25 mL를 y M $\text{KOH}(aq)$ 30 mL로 중화시킬 때 중화 반응의 양적 관계는 $2 \times 0.1 \times 25 = 1 \times y \times 30$, $y = \frac{1}{6}$ 이다. 따라서 $x \times y = 2 \times \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$ 이다.

10

답 ③

$\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL를 넣었을 때 X 수가 0이 되었으므로 X는 H^+ 이고, $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도는 같다.

③ (가)에서 HCl(aq) 10 mL에 NaOH(aq) 5 mL를 넣었으므로 반응 후 H^+ 이 남아 있어 산성이다. 따라서 (가)에 가장 많이 들어 있는 이온은 산의 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.

오답 피하기 ① X는 H^+ 이다.

② 몰농도는 HCl(aq) 과 NaOH(aq) 이 같다.

④ 혼합 용액의 최고 온도는 중화점인 (나)에서 가장 높다.

⑤ (나)에 들어 있는 양이온은 염기의 구경꾼 이온인 Na^+ , 음이온은 산의 구경꾼 이온인 Cl^- 이므로 양이온과 음이온 수 비는 양이온 : 음이온 = 1 : 1이다.

11

답 ④

생성된 물 분자 수가 최대인 지점이 중화점이므로 NaOH(aq) 20 mL를 넣었을 때 산과 염기가 완전히 중화된다.

ㄴ. 중화점에서 두 수용액의 부피비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 1 : 2$ 이므로 몰농도 비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 2 : 1$ 이다. 따라서 단위 부피당 전체 이온 수는 HCl(aq) 이 NaOH(aq) 의 2배이다.

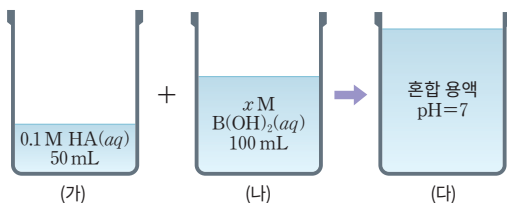
ㄷ. (가)는 산성, (나)는 중성, (다)는 염기성이다. 따라서 Mg 조각을 넣으면 기체가 발생하는 것은 (가)이다.

오답 피하기 ㄱ. (나)에 남아 있는 이온은 Na^+ , Cl^- 이고 Cl^- 수 = Na^+ 수 = 넣어 준 OH^- 수이다. (다)에 남아 있는 이온은 Na^+ , Cl^- , OH^- 이고, Cl^- 수 = 감소한 OH^- 수이다. 따라서 (나)와 (다)의 전체 이온 수는 넣어 준 NaOH(aq) 의 전체 이온 수, 즉 NaOH(aq) 의 부피에 비례하므로 전체 이온 수 비는 (나) : (다) = 2 : 3이다.

12

답 ③

자료 분석 HA(aq)과 B(OH)₂(aq)의 중화반응



- 25 °C에서 혼합 용액 (다)의 pH가 7이므로 중성이다.
→ 0.1 M HA(aq) 50 mL와 x M $\text{B(OH)}_2(\text{aq})$ 100 mL를 혼합했을 때 산과 염기가 완전히 중화된다.
- 중화 반응의 양적 관계는 $1 \times 0.1 \times 50 = 2 \times x \times 100$, $x = 0.025$ 이다.
- (가)에서 $[\text{H}^+] = 0.1$ M이다.
→ $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이다.
- (다)에 들어 있는 A^- 의 양(mol)은 (가)와 같고, (다)의 부피는 150 mL이다.
→ (다)에서 $[\text{A}^-] = \frac{0.1 \text{ M} \times 0.05 \text{ L}}{0.15 \text{ L}} = \frac{1}{30}$ M이다.

ㄱ. 중화 반응의 양적 관계는 $1 \times 0.1 \times 50 = 2 \times x \times 100$, $x = 0.025$ 이다.

ㄴ. (가)에서 $[\text{H}^+] = 0.1$ M이고 25 °C에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이다. (가)의 부피는 50 mL = 0.05 L이므로 (가)에 들어 있는 OH^- 의 양은 $1.0 \times 10^{-13} \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 5.0 \times 10^{-15} \text{ mol}$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. (다)에서 A^- 의 양(mol)은 (가)에서와 같고, (다)의 부피는 150 mL이므로 $[\text{A}^-] = \frac{0.1 \text{ M} \times 0.05 \text{ L}}{0.15 \text{ L}} = \frac{1}{30}$ M이다.

13

답 ①

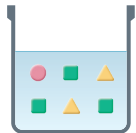
적정에 사용한 식초 수용액의 몰농도를 M' 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 $1 \times M' \times 50 = 1 \times 0.1 \times 12$, $M' = 0.024 \text{ (M)}$ 이다. 적정에 사용한 식초 수용액은 식초를 50배로 묽힌 것이므로 식초 속 아세트산의 몰농도는 $50 \times 0.024 \text{ M} = 1.2 \text{ M}$ 이다.

14

(1) 중화 반응에 참여하는 $\bullet$ 는 H^+ 이고, 반응에 참여하지 않아 그 수가 3으로 일정한 $\blacksquare$ 는 A^- 이다. 또 반응에 참여하지 않아 BOH(aq) 을 넣을 때마다 그 수가 증가하는 $\blacktriangle$ 는 B^+ , 중화 반응에 참여하는 $\star$ 은 OH^- 이다.

(2) 중화 반응에서 H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

예시 답안 (다)에 들어 있는 이온 중 $\blacksquare$ (A^-)를 제외한 이온의 종류와 수는 $\blacktriangle$ (B^+) 4, $\star$ (OH^-) 1이므로 BOH(aq) 10 mL에는 $\blacktriangle$ 와 $\star$ 이 각각 2개씩 들어 있다. 따라서 (나)에 들어 있는 이온의 종류와 수는 $\bullet$ (H^+) 1, $\blacksquare$ (A^-) 3, $\blacktriangle$ (B^+) 2이다.



채점 기준	배점(%)
이온 모형을 나타내고, 염기 수용액에 들어 있는 이온의 종류와 수를 바탕으로 하여 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
이온 모형만 옳게 나타낸 경우	50

15

(1) 1가 산과 염기의 중화 반응에서 혼합 용액의 전체 음이온 수는 혼합 용액이 산성이면 산 수용액에 들어 있는 H^+ 수와 같고, 염기성이면 염기 수용액에 들어 있는 OH^- 수와 같다.

예시 답안 산성, 산성인 (가)의 전체 음이온 수가 2N이므로 HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 H^+ 수는 2N이다. 염기성인 (나)의 전체 음이온 수가 N이므로 NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^- 수는 N이다. 따라서 (다)에서 HCl(aq) 40 mL에 들어 있는 H^+ 수는 N, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 0.5N이므로 ㉠은 산성이다.

채점 기준	배점(%)
산성을 쓰고, HCl(aq) 과 NaOH(aq) 에 각각 들어 있는 H^+ , OH^- 수를 알아내어 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
산성만 옳게 쓴 경우	50

(2) H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 생성된 물 분자 수는 H^+ 과 OH^- 중 소량으로 들어 있는 것과 같다.

예시 답안 (가)에서 혼합 전 H^+ 수는 $2N$, OH^- 수는 $1.5N$ 이고, (나)에서 혼합 전 H^+ 수는 $0.75N$, OH^- 수는 N 이며, (다)에서 혼합 전 H^+ 수는 N , OH^- 수는 $0.5N$ 이다. 따라서 생성된 물 분자 수는 (가):(나):(다) = $1.5N : 0.75N : 0.5N = 6 : 3 : 2$ 이다.

채점 기준	배점(%)
H^+ 과 OH^- 수로부터 생성된 물 분자 수 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
생성된 물 분자 수 비만 옳게 쓴 경우	50
생성된 물 분자 수를 일부만 옳게 구한 경우	30

16

자료 분석 ④ 혼합 용액의 전체 양이온 수

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		전체 양이온 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	
(가)	30	10	$2N$
(나)	20	30	$3N$

- (가)가 염기성이라면 (가)의 양이온은 Na^+ 뿐이므로 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $2N$ 이다.
 → HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $2N$ 미만이다.
 → (나)에서 NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $6N$, HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $\frac{4}{3}N$ 미만이므로 혼합 용액의 전체 양이온 수가 $3N$ 보다 커서 조건을 만족하지 않는다.
- (가)가 산성이라면 (가)의 양이온은 H^+ 과 Na^+ 이고 그 수는 Cl^- 수와 같으므로 HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $2N$ 이다.
 → NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $2N$ 미만이다.
 → (나)가 염기성이고 NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수가 $3N$ 이라면 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $\frac{4}{3}N$ 이므로 제시된 조건을 만족한다.
 → 단위 부피당 전체 이온 수 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = \frac{4N}{30} : \frac{6N}{30} = 2 : 3$ 이다.
- 반응 전과 후 (가)와 (나)에 들어 있는 각 이온 수는 다음과 같다.

구분		H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
(가)	전	$2N$	$2N$	N	N
	후	N	$2N$	N	0
(나)	전	$\frac{4}{3}N$	$\frac{4}{3}N$	$3N$	$3N$
	후	0	$\frac{4}{3}N$	$3N$	$\frac{5}{3}N$

(1) 1가 산과 염기의 중화 반응에서 혼합 용액의 전체 양이온 수는 혼합 용액의 액성이 산성이면 산 수용액에 들어 있는 H^+ 수와 같고, 염기성이면 염기 수용액에 들어 있는 OH^- 수와 같다.

예시 답안 (가)가 산성이라면 HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $2N$ 이고 (나)에서 NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $3N$ 으로 제시된 조건을 만족한다. 따라서 단위 부피당 전체 이온 수 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = \frac{4N}{30} : \frac{6N}{30} = 2 : 3$ 이다.

채점 기준	배점(%)
(가)가 산성임을 알아내어 단위 부피당 전체 이온 수 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
단위 부피당 전체 이온 수 비만 옳게 쓴 경우	50

(2) 반응 후 전체 이온 수는 (가)가 $4N$, (나)가 $6N$ 이다.

예시 답안 반응 후 전체 이온 수는 (가)가 $4N$, (나)가 $6N$ 이므로 전체 이온의 몰농도 비는 (가):(나) = $\frac{4N}{40} : \frac{6N}{50} = 5 : 6$ 이다.

채점 기준	배점(%)
반응 후 전체 이온 수를 알아내어 전체 이온의 몰농도 비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
전체 이온의 몰농도 비만 옳게 쓴 경우	50

17

(1) 표준 용액을 담아 농도를 모르는 용액에 조금씩 떨어뜨리는 데 사용하는 실험 도구는 뷰렛이다.

예시 답안 뷰렛, 뷰렛에 넣는 수용액은 농도를 정확하게 아는 표준 용액이어야 한다.

채점 기준	배점(%)
뷰렛을 쓰고, 농도를 정확하게 아는 표준 용액이어야 한다고 설명한 경우	100
뷰렛만 옳게 쓰거나 표준 용액이어야 하는 것만 옳게 설명한 경우	50

(2) 과정 (가)에서 x M $CH_3COOH(aq)$ 10 mL를 100 mL로 묽혔으므로 적정에 사용한 $CH_3COOH(aq)$ 의 몰농도는 x 의 $\frac{1}{10}$ 이다.

예시 답안 x M $CH_3COOH(aq)$ 10 mL를 100 mL로 묽힌 후 40 mL를 취했으므로 $1 \times x \times \frac{1}{10} \times 40 = 1 \times 0.2 \times 20$, $x = 1$ 이다.

채점 기준	배점(%)
$CH_3COOH(aq)$ 을 $\frac{1}{10}$ 로 묽혀서 사용한 것을 이용하여 x 를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 설명한 경우	100
x 만 옳게 쓴 경우	50