

와자

정답친해



와
와

화학의 언어

1 화학과 우리 생활

01 / 화학과 우리 생활

개념 확인 문제

13쪽

- ① 암모니아 ② 아스피린 ③ 합성 섬유 ④ 반도체 ⑤ 화학 전지 ⑥ 신소재

- 1 암모니아, NH_3 2 (1) ○ (2) × (3) × 3 (1) 페니실린 (2) 아스피린 4 (1) ㄱ (2) ㄷ 5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 20세기 초 독일의 화학자 하버는 공기 중의 질소(N_2) 기체를 수소(H_2) 기체와 반응시켜 질소 비료의 원료인 암모니아(NH_3)를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.

2 (2) 합성 섬유는 질기고 잘 구겨지지 않으며, 대량 생산이 가능하여 천연 섬유를 대체하여 널리 쓰이게 되었다.

(3) 유리는 모래에 포함된 이산화 규소를 원료로 만들며, 투명하기 때문에 건물의 외벽, 창 등에 이용된다. 시멘트는 산화 칼슘 등의 칼슘 화합물과 모래에 철이나 알루미늄을 섞어 만들며, 물과 반응하여 단단하게 굳기 때문에 건물 외벽 제작에 이용된다.

5 (1) 화학은 반도체의 연구와 개발, 생산 공정에서 중요한 역할을 한다.

(4) 화학은 사람의 피부 및 생체 조직과 비슷한 특성을 갖춘 물질을 만드는 데 기여하며, 이를 통해 인공장기, 인공관절 등이 개발되었다.

내신 만점 문제

14쪽~16쪽

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

01 중세 유럽에서 행해진 연금술은 구리, 주석, 납 등을 이용하여 귀금속 등을 만들려고 한 기술이다. 현대 화학의 관점에서

볼 때 연금술은 불가능한 시도였지만, 연금술사의 실험으로 새로운 물질과 화학 반응이 발견되었고, 다양한 실험 기술과 도구도 개발되었다. 이는 화학이 발전하는 계기가 되었다.

02 **바로알기** ㄷ. 암모니아의 대량 생산으로 저렴한 질소 비료가 공급되어 식량 생산량이 증가하였고, 식량 부족 문제를 해결할 수 있었다.

03 ㄴ. 버드나무 껍질에 들어 있는 살리실산은 수천 년 전부터 진통제로 사용되었지만, 떼은맛이 나고 위장 장애를 일으키는 부작용이 있었다. 호프만이 아세틸 살리실산을 합성하는 데 성공하면서 살리실산의 부작용을 줄일 수 있었다.

바로알기 ㄱ. 페니실린은 최초의 항생제이고, 최초의 합성 의약품은 아스피린이다.

04 천연 섬유는 촉감과 흡습성이 좋지만, 쉽게 닳고 대량 생산이 어렵다. 합성 섬유는 질기고 잘 구겨지지 않으며, 대량 생산이 가능하다.

06 ㄱ. 암모니아의 대량 생산으로 저렴한 질소 비료가 공급되어 식량 생산량이 증가하였다.

바로알기 ㄷ. (다)는 나일론이다. 합성 섬유는 천연 섬유에 비해 대량 생산이 쉽다.

07 ㄱ. 석탄의 연소 반응을 이용하여 물을 끓이면 실린더 안은 물이 수증기로 변하면서 부피가 늘어나고, 수증기가 가득 찬 실린더 안의 온도가 내려가면 수증기가 물로 변하면서 부피가 줄어드는데, 이러한 현상을 이용하여 증기 기관이 움직인다.

ㄴ. 홀과 에루는 전기 분해법을 이용하여 산화 알루미늄을 환원시켜 알루미늄을 얻는 기술을 개발하였고, 이후 다양한 알루미늄 제품을 저렴하게 이용할 수 있게 되었다.

ㄷ. 암모니아를 대량으로 합성하는 방법이 개발되어 저렴한 질소 비료가 공급되면서 식량 생산량이 증가하였다.

10 **바로알기** ㄱ. 과거에는 돌, 나무 등과 같은 천연 재료를 이용하여 건물을 지었기 때문에 건축 시간이 오래 걸리고 대규모로 건축하기 어려웠다.

11 **바로알기** ④ 합성 섬유는 대량으로 생산할 수 있고 섬유의 수명도 길어서 천연 섬유를 대체하여 널리 쓰이게 되었고, 신축성이 좋고 튼튼한 의류를 만들 수 있게 되었다.

14 ㄷ. 화석 연료의 사용은 이산화 탄소 배출량을 늘려 기후 변화의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하는 데 화학이 중요한 역할을 한다.

실력 UP 문제

16쪽

01 ③ 02 ③

01 ㄱ. Haber는 공기 중의 질소(N_2) 기체를 수소(H_2) 기체와 반응시켜 질소 비료의 원료인 암모니아(NH_3)를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.

ㄷ. 질소 비료의 원료인 암모니아를 대량으로 생산하게 되면서 식량 생산량이 증가하였고 식량 부족 문제를 해결할 수 있었다.

바로알기 ㄴ. 화학 반응식을 나타낼 때는 반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 계수를 맞춘다. 암모니아 생성 반응의 화학 반응식은 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ 이다.

02 ㄱ. 반도체는 전기적 성질이 도체와 부도체의 중간 정도인 물질이다. 반도체는 조건에 따라 전기 전도성을 조절할 수 있어서 다양한 전자 제품에 이용된다.

ㄷ. 화석 연료의 사용은 이산화 탄소 배출량을 늘려 기후 변화의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술에 이산화 탄소와 관련된 화학 반응이 이용된다.

바로알기 ㄴ. 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치는 화학 전지이며, 노트북, 휴대 전화, 전기 자동차에는 충전이 가능한 리튬 이온 전지가 사용된다.

중단원 핵심 정리

17쪽

- ① 암모니아
- ② 아스피린
- ③ 나일론
- ④ 플라스틱
- ⑤ 반도체
- ⑥ 리튬 이온 전지
- ⑦ 디스플레이
- ⑧ 신소재
- ⑨ 이산화 탄소

중단원 마무리 문제

18쪽~19쪽

- 01 ②
- 02 ③
- 03 ⑤
- 04 ⑤
- 05 ②
- 06 ③
- 07 ④
- 08 ④
- 09 해설 참조
- 10 해설 참조

01 Haber는 공기 중의 질소 기체를 수소 기체와 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다. 이렇게 생산된 암모니아를 이용하여 질소 비료를 대량으로 생산할 수 있었다.

02 **바로알기** ③ 천연 섬유는 쉽게 닳고 대량 생산이 어렵지만, 합성 섬유는 질기고 잘 구겨지지 않으며 대량 생산이 가능하다.

04 ㄱ, ㄴ, ㉠은 페니실린이고, ㉡은 아스피린이다. ㄷ. 과거에는 의약품이 천연 물질에 한정되어 있었지만 화학의 발달로 다양한 의약품이 개발되어 인류의 평균 수명이 연장되었다.

06 학생 A: 와트는 많은 석탄이 필요했던 기존의 증기 기관을 개선하여 섬유 생산을 기계화하는 데 기여하였다.

바로알기 학생 B: 과거에는 알루미늄을 생산하는 데 비용이 많이 들어 알루미늄의 가격이 비쌌다. 전기 분해법을 이용하여 알루미늄을 얻는 기술이 개발된 이후 다양한 알루미늄 제품을 이용할 수 있게 되었다.

07 **바로알기** ㄱ. ㉠은 반도체이고, ㉡은 디스플레이이다.

08 **바로알기** ④ 화석 연료의 사용은 이산화 탄소 배출량을 늘려 기후 변화의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 화석 연료의 사용을 줄이고 대체 에너지를 개발하는 데 화학이 이용된다.

09 **모범 답안** 질소 비료의 원료인 암모니아를 대량으로 합성하는 방법이 개발되어 저렴한 질소 비료가 공급되면서 식량 생산량이 증가하였다.

채점 기준	배점
암모니아를 합성하는 방법의 개발로 질소 비료가 공급되어 식량 생산량이 증가하였다고 서술한 경우	100 %
암모니아를 합성하여 식량 생산량이 증가하였다고만 서술한 경우	50 %

10 **모범 답안** (1) 화학 전지
(2) 전기 자동차는 화석 연료를 사용하는 기존의 자동차보다 환경오염 물질의 발생을 줄일 수 있기 때문이다.

채점 기준	배점
(1) 화학 전지를 옳게 쓴 경우	50 %
(2) 전기 자동차는 기존의 자동차보다 환경오염 물질의 발생을 줄일 수 있다고 서술한 경우	50 %

2 물과 화학 반응식

01 / 물

개념 확인 문제

25쪽

- 1 원자량 2 분자량 3 화학식량 4 물 5 아보가드로수
6 물질량 7 22.4

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 2 (1) 2 (2) 16 (3) 44 (4) 100
3 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 4 ㉠ 부피 ㉡ 22.4 ㉢ 6.02 × 10²³
5 ㄱ, ㄴ 6 (1) 9 g (2) 10 g (3) 8 g (4) 34 g

1 (4) 분자량은 분자를 이루는 원자들의 원자량을 합한 값이다. 염화 나트륨(NaCl)과 같은 이온 결합 물질은 분자로 존재하지 않으므로 화학식량으로 나타낸다.

2 화학식량은 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값이므로 다음과 같다.

- (1) 수소(H₂): 2 × 1 = 2
(2) 메테인(CH₄): 12 + (4 × 1) = 16
(3) 이산화 탄소(CO₂): 12 + (2 × 16) = 44
(4) 탄산 칼슘(CaCO₃): 40 + 12 + (3 × 16) = 100

3 (2) 염소(Cl₂) 분자 1 mol에 들어 있는 염소 원자는 2 mol이다.

- (3) 물질량은 물질 1 mol의 질량이며, 단위는 g/mol로 나타낸다.
(4) 기체 1 mol의 부피가 22.4 L인 것은 0 °C, 1기압에서만 적용된다.

4 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 기체의 종류와 관계없이 22.4 L로 일정하다.

5 물질의 양(mol), 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{물질의 양(mol)} &= \frac{\text{입자 수(개)}}{6.02 \times 10^{23}(\text{개/mol})} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{물질량(g/mol)}} \\ &= \frac{\text{기체의 부피(L)}}{22.4(\text{L/mol})} \quad (0 \text{ } ^\circ\text{C}, 1\text{기압}) \end{aligned}$$

6 (1) 수소 원자 1 mol이 포함된 물(H₂O) 분자는 0.5 mol이다. H₂O의 분자량은 18이므로 0.5 mol의 질량은 9 g(=0.5 mol × 18 g/mol)이다.

(2) 수소(H₂)의 분자량은 2이므로 5 mol의 질량은 10 g(=5 mol × 2 g/mol)이다.

(3) 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 산소(O₂) 기체 5.6 L는 0.25 mol(= $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}}$)이다. O₂의 분자량은 32이므로 0.25 mol의 질량은 8 g(=0.25 mol × 32 g/mol)이다.

(4) 암모니아(NH₃) 분자 12.04 × 10²³개는 2 mol(= $\frac{12.04 \times 10^{23} \text{ 개}}{6.02 \times 10^{23} \text{ 개/mol}}$)이다. NH₃의 분자량은 17이므로 2 mol의 질량은 34 g(=2 mol × 17 g/mol)이다.

완자샘 비법 특강

26쪽~27쪽

- Q1 ㉠ 0.5 ㉡ 16 ㉢ 11 ㉣ 5.6 ㉤ 44 ㉥ 44.8
Q2 55 : 12 Q3 16 Q4 32

Q1 ㉠ 산소(O₂)의 물질량은 32 g/mol이므로 O₂ 16 g의 양은 0.5 mol(= $\frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}}$)이다.

㉡ 메테인(CH₄) 1 mol의 질량이 16 g이므로 물질량은 16 g/mol이다.

㉢ 이산화 탄소(CO₂)의 물질량은 44 g/mol이므로 0.25 mol의 질량은 11 g(=0.25 mol × 44 g/mol)이다.

㉣ 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 CO₂ 기체 0.25 mol의 부피는 5.6 L(=0.25 mol × 22.4 L/mol)이다.

㉤ 프로페인(C₃H₈) 2 mol의 질량이 88 g이므로 1 mol의 질량은 44 g이다. 즉, 물질량은 44 g/mol이다.

㉥ 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 C₃H₈ 기체 2 mol의 부피는 44.8 L(=2 mol × 22.4 L/mol)이다.

Q2 메테인(CH₄)과 이산화 탄소(CO₂)의 분자량은 각각 16, 44이고, 분자당 원자 수는 각각 5, 3이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 다음과 같다.

$$\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = \frac{1}{16} \times 5 : \frac{1}{44} \times 3 = 55 : 12$$

Q3 같은 온도와 압력에서 부피가 같은 두 기체의 질량비는 분자량비와 같다. 기체 X와 이산화 탄소(CO₂) 기체의 부피가 같고 질량비가 4 : 11이므로 기체 X의 분자량을 x 라고 하면 4 : 11 = x : 44이고 $x = 16$ 이다.

Q4 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, 같은 온도와 압력에서 두 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. 기체 Y의 분자량을 y 라고 하면 $\frac{8}{6} : \frac{22}{12} = y : 44$ 이므로 $y=32$ 이다.

대표 자료 분석 1

28쪽

- 1 ㉠ 0.5 ㉡ $1.25N_A$ ㉢ 5.6 ㉣ 11.2 2 ㉠, ㉡, ㉣
 3 (1) C_3H_8 (2) C_3H_8 (3) CH_4
 4 (1) \times (2) \times (3) \circ (4) \times (5) \circ (6) \circ

꼼꼼 문제 분석

기체	분자식	양(mol)	질량(g)	전체 원자 수	부피(L)
(가)	CH_4	0.25	4	㉠ $1.25N_A$ ㉡ 5.6	
(나)	C_3H_8	㉢ 0.5	22	$5.5N_A$	㉣ 11.2

- CH_4 의 분자량은 16이다.
- (가)의 양은 $\frac{4 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, 부피는 $0.25 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$ 이다.
- CH_4 1 mol의 전체 원자 수는 $5N_A$ 이다.
- (가)는 0.25 mol이므로 전체 원자 수는 $1.25N_A$ 이다.
- C_3H_8 1 mol의 전체 원자 수는 $11N_A$ 이다.
- (나)는 전체 원자 수가 $5.5N_A$ 이므로 양은 0.5 mol이다.
- C_3H_8 의 분자량은 44이다.
- (나)의 질량은 $0.5 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 22 \text{ g}$ 이고, 부피는 $0.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 11.2 \text{ L}$ 이다.

2 ㉠, ㉣. (가)와 (나)의 양은 각각 0.25 mol, 0.5 mol이므로 분자 수와 기체의 부피는 (가)보다 (나)에서 값이 더 크다. ㉡. (가)와 (나)의 전체 원자 수는 각각 $1.25N_A$, $5.5N_A$ 이므로 전체 원자 수는 (가)보다 (나)에서 값이 더 크다.

3 (1), (2) CH_4 와 C_3H_8 의 분자량은 각각 16, 44이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. (3) CH_4 와 C_3H_8 의 분자량은 각각 16, 44이고, 분자당 원자 수는 각각 5, 11이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 $CH_4 : C_3H_8 = \frac{5}{16} : \frac{11}{44} = 5 : 4$ 이다.

4 (1) C_3H_8 의 분자량은 44이므로 몰질량은 44 g/mol이다. (2) CH_4 32 g은 2 mol이므로 전체 원자 수는 $10N_A$ 이다. (3) C_3H_8 44 g은 1 mol이므로 0 °C, 1기압에서 부피는 22.4 L이다.

(4) (가)와 (나)의 양은 각각 0.25 mol, 0.5 mol이므로 분자 수비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.

(5) CH_4 와 C_3H_8 에서 분자당 수소 원자 수는 각각 4, 8이고, (가)와 (나)의 양은 각각 0.25 mol, 0.5 mol이다. 따라서 (가)와 (나)에서 전체 수소 원자 수는 각각 N_A , $4N_A$ 이므로 (나)가 (가)의 4배이다.

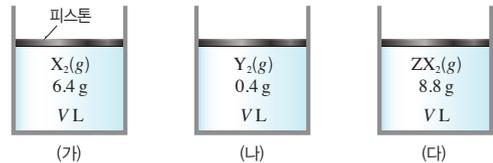
(6) CH_4 와 C_3H_8 에서 분자당 탄소 원자 수는 각각 1, 3이고, (가)와 (나)의 양은 각각 0.25 mol, 0.5 mol이다. 따라서 (가)와 (나)에서 전체 탄소 원자 수는 각각 $0.25N_A$, $1.5N_A$ 이므로 (나)가 (가)의 6배이다.

대표 자료 분석 2

29쪽

- 1 (가)=(나)=(다) 2 16 : 1 : 22 3 16 : 1 : 12
 4 (1) \circ (2) \circ (3) \circ (4) \circ (5) \times

꼼꼼 문제 분석



같은 온도와 압력에서 기체의 부피가 모두 같으므로 (가)~(다)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 모두 같다. → 기체의 질량비는 분자량비와 같다.

2 같은 온도와 압력에서 기체의 부피가 모두 같으므로 기체의 질량비는 분자량비와 같다. 따라서 분자량비는 다음과 같다.

$$X_2 : Y_2 : ZX_2 = 6.4 : 0.4 : 8.8 = 16 : 1 : 22$$

3 분자량비는 $X_2 : Y_2 : ZX_2 = 16 : 1 : 22$ 이다. X_2 , Y_2 , ZX_2 의 분자량을 각각 $16k$, k , $22k$ 라고 하면 X의 원자량은 $8k$, Y의 원자량은 $0.5k$ 이고, Z의 원자량은 $6k$ 이다. 따라서 원자량비는 $X : Y : Z = 16 : 1 : 12$ 이다.

4 (1) (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같으므로 분자 수도 같다. (2) X_2 와 ZX_2 에서 분자당 X 원자 수는 2로 같다. (가)와 (다)에서 기체의 양(mol)이 같으므로 X 원자의 양(mol)도 같다. (3) X_2 , Y_2 , ZX_2 에서 분자당 원자 수는 각각 2, 2, 3이다. (가)~(다)에서 기체의 양(mol)이 같으므로 전체 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = 2 : 2 : 3이다.

(4) (가)와 (다)에 들어 있는 X 원자의 양(mol)이 같으므로 (가)와 (다)에서 X가 차지하는 질량이 같다. 따라서 (다)에서 X가 차지하는 질량은 (가)의 질량과 같은 6.4 g이다.

(5) 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, 기체의 부피가 모두 같으므로 기체의 밀도는 질량에 비례한다. 따라서 밀도가 가장 큰 기체는 질량이 가장 큰 ZX₂이다.

내신 만점 문제

30쪽~33쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 해설 참조 04 ③ 05 ④
 06 해설 참조 07 ② 08 ① 09 해설 참조 10 ③
 11 ③ 12 ③ 13 ③ 14 ③ 15 ⑤ 16 ③
 17 ③ 18 ⑤ 19 ③

01 **바로알기** 학생 B: 원자량은 상대적인 값이므로 단위 없이 숫자로만 나타낸다.

02 ④ 포도당(C₆H₁₂O₆): (6×12)+(12×1)+(6×16)=180

- 바로알기** ① 질소(N₂): 2×14=28
 ② 암모니아(NH₃): 14+(3×1)=17
 ③ 염화 나트륨(NaCl): 23+35.5=58.5
 ⑤ 탄산수소 나트륨(NaHCO₃): 23+1+12+(3×16)=84

03 Y 원자 1개의 질량은 X 원자 1개의 질량의 $\frac{1}{12}$ 에 해당한다. Z 원자 1개의 질량은 X 원자 1개의 질량의 $\frac{4}{3}$ 에 해당한다.

모범 답안 X의 원자량이 12이면 Y의 원자량은 1이고, Z의 원자량은 16이므로 X₂Y₆Z의 분자량은 46이다.

채점 기준	배점
분자량을 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
분자량만 옳게 쓴 경우	50 %

04 **ㄷ.** 에탄올(C₂H₅OH) 1 mol에 들어 있는 수소 원자와 탄소 원자의 양은 각각 6 mol, 2 mol이다.

바로알기 **ㄱ.** 산소(O₂) 1 mol에 들어 있는 전체 원자의 양은 2 mol이므로 전체 원자 수는 12.04×10^{23} 개이다.

ㄴ. 물(H₂O) 1 mol에 들어 있는 수소 원자와 산소 원자의 양은 각각 2 mol, 1 mol이다.

05 물질의 양(mol)이 클수록 입자 수가 크다.

④ 메테인(CH₄) 분자 3.01×10^{23} 개는 0.5 mol이므로 수소 원자는 2 mol이다.

바로알기 ① 수소(H₂)의 분자량은 2이므로 수소(H₂) 0.2 g은 0.1 mol이고, 수소 원자는 0.2 mol이다.

② 물(H₂O) 0.5 mol에 들어 있는 산소 원자는 0.5 mol이다.

③ 일산화 탄소(CO) 0.5 mol에 들어 있는 전체 원자는 1 mol이다.

⑤ 암모니아(NH₃) 분자 6.02×10^{23} 개는 1 mol이므로 질소 원자는 1 mol이다.

06 수소(H₂)의 분자량은 2이므로 수소 기체 1 g의 양은

$$\frac{1 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol이다.}$$

모범 답안 같은 온도와 압력에서 기체의 부피가 같으면 기체의 양(mol)이 같다. 수소 기체 1 g의 양은 0.5 mol이므로 기체 A 23 g의 양도 0.5 mol이다. 따라서 기체 A의 몰질량은 46 g/mol이다.

채점 기준	배점
몰질량을 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
몰질량만 옳게 쓴 경우	50 %

07 **꼭꼭 문제 분석**

기체	몰질량(g/mol)	질량(g)	부피(L)	양(mol)
(가)	44	11	x 5.6	0.25
(나)	28	y 14	11.2	0.5
(다)	z 32	32	22.4	1

0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다. ←

(가)의 몰질량은 44 g/mol이므로 (가) 11 g은 0.25 mol이고, 부피는 5.6 L이다.

0 °C, 1기압에서 (나)의 부피가 11.2 L이므로 0.5 mol이고, 몰질량이 28 g/mol이므로 질량은 14 g이다.

0 °C, 1기압에서 (다)의 부피가 22.4 L이므로 1 mol이고, 질량이 32 g이므로 몰질량은 32 g/mol이다.

08 이산화 탄소(CO₂)의 분자량은 44이므로 11 g은 0.25 mol이고, 그 속에 들어 있는 산소 원자는 0.5 mol이다.

ㄱ. 물(H₂O)의 분자량은 18이므로 9 g은 0.5 mol이다.

바로알기 **ㄴ.** 에탄올(C₂H₅OH) 0.1 mol에 들어 있는 수소 원자는 0.6 mol이다.

ㄷ. 0 °C, 1기압에서 메테인(CH₄) 기체 5.6 L는 0.25 mol이므로 그 속에 들어 있는 수소 원자는 1 mol이다.

09 **모범 답안** 물 0.5 mol의 질량은 $0.5 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$ 이고, 7일 동안 필요한 물의 질량은 63 g이다. 물의 밀도가 $a \text{ g/mL}$ 이므로 물의 부피는 $\frac{63}{a} \text{ mL}$ 이다.

채점 기준	배점
물의 부피를 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
물의 부피만 옳게 쓴 경우	50 %

10 **꼼꼼 문제 분석**

기체	O ₂	CO ₂
양(mol)	0.25	㉠ 0.5
질량(g)	8	
분자 수	㉡ 1.505×10^{23}	3.01×10^{23}
부피(L)	㉢ 5.6	㉣ 11.2

- 산소(O₂)의 분자량은 32이다. → 산소 기체 8 g은 0.25 mol이다.
- 1 mol은 입자 6.02×10^{23} 개이다. → 이산화 탄소(CO₂) 분자 3.01×10^{23} 개는 0.5 mol이다.

ㄱ. CO₂는 0.5 mol이므로 ㉠은 0.5이다.
 ㄴ. O₂는 0.25 mol이므로 5.6 L이고, CO₂는 0.5 mol이므로 11.2 L이다. ㉢+㉣=5.6+11.2=16.8이다.
바로알기 ㄴ. 입자 3.01×10^{23} 개는 0.5 mol에 해당한다. O₂는 0.25 mol이므로 ㉡는 3.01×10^{23} 보다 작다.

11 ㄱ. 메테인(CH₄) 0.25 mol에 들어 있는 수소 원자는 1 mol이므로 수소 원자 수는 6.02×10^{23} 이다. ㉠은 CH₄이다.
 ㄴ. 수소(H₂) 2 g은 1 mol이므로 분자 수는 6.02×10^{23} 이다. 따라서 '2 g에 들어 있는 분자 수는 6.02×10^{23} 인가?'는 (가)로 적절하다.
바로알기 ㄴ. ㉡는 물(H₂O)이다. H₂O는 분자당 원자 수가 3이므로 H₂O 1 mol에 들어 있는 전체 원자의 양은 3 mol이다.

12 **꼼꼼 문제 분석**

기체	H ₂	O ₂	CH ₄
질량(g)	4	32	4
분자 수		㉠ 6.02×10^{23}	
부피(L)	㉡ 44.8		㉢ 5.6
밀도(g/L)		㉣ $\frac{32}{22.4}$	㉤ $\frac{4}{5.6}$
양(mol)	2	1	0.25

- 수소(H₂)의 분자량은 2이다. → H₂ 4 g은 2 mol이다.
- 산소(O₂)의 분자량은 32이다. → O₂ 32 g은 1 mol이다.
- 메테인(CH₄)의 분자량은 16이다. → CH₄ 4 g은 0.25 mol이다.

ㄱ. O₂ 32 g은 1 mol이므로 ㉠은 6.02×10^{23} 이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 0 °C, 1기압에서 밀도비는 O₂ : CH₄ = 32 : 16 = 2 : 1이므로 ㉢은 ㉤의 2배이다.

바로알기 ㄴ. 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다. H₂ 4 g은 2 mol이므로 ㉡는 44.8이고, CH₄ 4 g은 0.25 mol이므로 ㉢은 5.6이다.

13 (가) 에텐(C₂H₄)의 분자량은 28이므로 7 g은 0.25 mol이다.

(나) 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 메테인(CH₄) 16.8 L는 $0.75 \text{ mol} \left(= \frac{16.8 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \right)$ 이다.

(다) 1 mol은 입자 6.02×10^{23} 개이므로 산소(O₂) 분자 3.01×10^{23} 개는 0.5 mol이다.

ㄱ. C₂H₄는 분자당 원자 수가 6이므로 0.25 mol에 들어 있는 전체 원자는 1.5 mol이다. CH₄는 분자당 원자 수가 5이므로 0.75 mol에 들어 있는 전체 원자는 3.75 mol이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 1.5 : 3.75 = 2 : 5이다.

다른 풀이 몰비는 (가) : (나) = 1 : 3이고 C₂H₄와 CH₄의 분자당 원자 수는 각각 6, 5이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 1 × 6 : 3 × 5 = 2 : 5이다.

ㄴ. CH₄의 분자량은 16이므로 0.75 mol은 12 g이다. O₂의 분자량은 32이므로 0.5 mol은 16 g이다. 따라서 기체의 질량비는 (나) : (다) = 12 : 16 = 3 : 4이다.

바로알기 ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. C₂H₄와 O₂의 분자량은 각각 28, 32이므로 0 °C, 1기압에서 밀도비는 (가) : (다) = 28 : 32 = 7 : 8이다.

14

구분	(가)	(나)	(다)
분자식	CH ₂ O	C ₂ H ₄ O ₂	C ₂ H ₆ O
분자량	30	60	46

ㄱ. (가)의 분자량은 30이고, 분자당 원자 수가 4이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 $\frac{4}{30} N_A = \frac{2}{15} N_A$ 이다.

ㄴ. (나)와 (다)의 분자량은 각각 60, 46이므로 물질량은 (나)가 (다)보다 크다.

바로알기 ㄴ. (가)와 (나)에서 수소 원자 수는 각각 $\frac{2}{1}$, $\frac{4}{2}$ 이므로 2로 같다.

15 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 메테인(CH₄) 기체 2.24 L와 이산화 탄소(CO₂) 기체 2.24 L는 모두 0.1 mol이다.

ㄱ. CH₄의 분자량은 16이므로 0.1 mol의 질량은 1.6 g이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 두 기체의 양이 0.1 mol로 같으므로 분자 수도 같다.

ㄷ. CO₂의 분자량은 44이므로 0.1 mol의 질량은 4.4 g이다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, 두 기체는 부피가 같으므로 질량이 더 큰 CO₂의 밀도가 더 크다. 따라서 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

다른 풀이 같은 온도와 압력에서 두 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. CH₄와 CO₂의 분자량은 각각 16, 44이므로 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

16 ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 분자 수는 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄴ. 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이고, 수소(H₂)와 메테인(CH₄)의 분자량은 각각 2, 16이다. 따라서 질량비는 (가) : (나) = 2 × 2 : 1 × 16 = 1 : 4이다.

바로알기 ㄷ. 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이고, H₂와 CH₄의 분자당 원자 수는 각각 2, 5이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 2 × 2 : 1 × 5 = 4 : 5이다.

17 **꼼꼼 문제 분석**

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	X ₂ Y	XZ ₃	Z ₂ Y
분자량	44	⊖ 17	18
질량(g)	⊖ 22	34	3
부피(L)	12	48	4
양(mol)	0.5	2	$\frac{1}{6}$

↪ t °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

→ (가)는 0.5 mol, (나)는 2 mol, (다)는 $\frac{1}{6}$ mol이다.

ㄱ. XZ₃ 34 g이 2 mol이므로 분자량은 17이다. X₂Y의 분자량은 44이므로 0.5 mol의 질량은 22 g이다. ⊖ + ⊖ = 17 + 22 = 39이다.

ㄴ. X₂Y, XZ₃, Z₂Y의 분자량은 각각 44, 17, 18이므로 X ~ Z의 원자량을 각각 x ~ z라고 하면 2x + y = 44, x + 3z = 17, 2z + y = 18이고, x = 14, y = 16, z = 1이다. 원자량비는 X : Y = 7 : 8이다.

바로알기 ㄷ. X₂Y 0.5 mol과 XZ₃ 2 mol에 들어 있는 X 원자는 각각 1 mol, 2 mol이므로 X 원자 수비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.

18 X ~ Z의 원자량 합이 29이고, YX₂Z의 분자량이 30이므로 X의 원자량은 1이다. YX₄의 분자량이 16이므로 Y의 원자량은 12이고, 이에 따라 Z의 원자량은 16이다.

ㄴ. 원자량비는 Y : Z = 12 : 16 = 3 : 4이다.

ㄷ. YX₄와 YX₂Z의 분자량은 각각 16, 30이고, 분자당 원자 수는 각각 5, 4이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는

$$(나) : (다) = \frac{5}{16} : \frac{4}{30} = 75 : 32 \text{이다.}$$

바로알기 ㄱ. X₂의 분자량은 2이고, YX₂Z의 분자량은 30이다.

따라서 분자 1개의 질량비는 (가) : (다) = $\frac{1}{4} : a = 2 : 30$ 이고, $a = \frac{15}{4}$ 이다.

19 ㄱ. 같은 온도와 압력에서 분자 수비는 기체의 부피비와 같으므로 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

ㄴ. 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이고, AB와 A₂B의 분자당 원자 수는 각각 2, 3이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 2 × 2 : 1 × 3 = 4 : 3이다.

바로알기 ㄷ. 1 g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. A와 B의 원자량을 각각 a, b라고 하면 AB와 A₂B의 분자량은 각각 a + b, 2a + b이다. 따라서 1 g에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{a+b} : \frac{1}{2a+b} = 2a+b : a+b$ 이므로 2 : 1이 아니다.

실력 UP 문제

34쪽~35쪽

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

구분	(가)	(나)	(다)
분자식	CH ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
분자량	16	44	58

ㄱ. (다)의 물질량이 58 g/mol로 가장 크다.

ㄴ. (가)~(다)의 분자량은 각각 16, 44, 58이고, 분자당 수소 원자 수는 각각 4, 8, 10이다. 따라서 (가)~(다)에서 수소 원자가 차지하는 질량비는 각각 $\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$, $\frac{8}{44} = \frac{2}{11}$, $\frac{10}{58} = \frac{5}{29}$ 이므로 (가)가 가장 크다.

ㄷ. (나)와 (다)의 분자량은 각각 44, 58이고, 분자당 원자 수는 각각 11, 14이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는

$$(나) : (다) = \frac{11}{44} : \frac{14}{58} = 29 : 28 \text{이므로 (나)가 (다)보다 크다.}$$

02 ㄱ. A_2B_4 와 A_2B_5 의 분자량은 각각 92, 108이므로 A와 B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 $2a+4b=92, 2a+5b=108$ 이고, $a=14, b=16$ 이다. 따라서 원자량은 B가 A보다 크다.

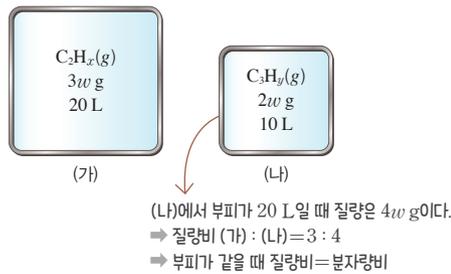
ㄴ. A_2B_4 와 A_2B_5 의 분자량은 각각 92, 108이고, 분자당 원자 수는 각각 6, 7이다. 따라서 1g에 들어 있는 전체 원자 수비는

$$(가) : (나) = \frac{6}{92} : \frac{7}{108} = 162 : 161 \text{이므로 (가)가 (나)보다 크다.}$$

바로알기 ㄴ. 분자량이 작을수록 같은 질량에 들어 있는 분자 수가 크다. 분자량은 (가) < (나)이므로 같은 질량에 들어 있는 분자 수는 (가) > (나)이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

같은 온도와 압력에서 부피가 같은 두 기체의 질량비는 분자량비와 같다.



(가)와 (나)의 부피가 모두 20 L일 때 질량비는 3 : 4이므로 분자량비도 $C_2H_x : C_3H_y = 3 : 4$ 이다. 따라서 $(24+x) : (36+y) = 3 : 4$ 이고, $4x-3y=12$ 를 만족하는 자연수 x 와 y 는 6과 4이다. 부피비는 (가) : (나) = 2 : 1이므로 분자 수비도 (가) : (나) = 2 : 1이고, C_2H_6 와 C_3H_4 에서 분자당 원자 수는 각각 8, 7이다. 따라서 (가)에 들어 있는 전체 원자 수 = $\frac{2 \times 8}{7} = \frac{16}{7}$ 이다.

다른 풀이 (가)와 (나)의 부피비가 2 : 1이므로 몰비도 2 : 1이다. 분자량비는 기체의 질량비를 몰비로 나눈 값과 같으므로 분자량비는 $C_2H_x : C_3H_y = \frac{3w}{2} : \frac{2w}{1} = 3 : 4$ 이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석

분자	성분 원소의 질량비	분자식
(가)	A : B = 3 : 4	AB
(나)	A : B = 3 : 8	AB ₂

- 분자량은 (나) > (가)이고, (나)의 분자당 원자 수는 3이다.
 - ➔ (가)의 분자당 원자 수는 2이고, 분자식은 AB이다.
- 일정량의 A와 결합한 B 원자 수비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.
 - ➔ (나)의 분자식은 AB₂이다.

ㄱ. (가)는 분자식이 AB이고 성분 원소의 질량비가 A : B = 3 : 4이므로 원자 1 mol의 질량비도 A : B = 3 : 4이다.

ㄴ. 성분 원소의 질량비는 (가)에서 A : B = 3 : 4, (나)에서 A : B = 3 : 8이고 (가)의 분자식이 AB이므로 (나)의 분자식은 AB₂이다.

바로알기 ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 1g의 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$ 에 비례하면서 동시에 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. 성분 원소의 질량비로부터 분자량비는 (가) : (나) = 7 : 11이므로 0 °C, 1기압에서 1g의 부피비는 (가) : (나) = $\frac{1}{7} : \frac{1}{11} = 11 : 7$ 이다.

05 — 꼼꼼 문제 분석

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	AB	A ₂ B	A ₂ B _x A ₂ B ₅
질량(g)	y 15	66	27
부피(L)		36	
분자 수	0.5N _A		0.25N _A
전체 원자 수 (상댓값)	4	z 18	7
양(mol)	0.5	1.5	0.25

- (가)와 (다)는 분자 수가 각각 0.5N_A, 0.25N_A이다.
 - ➔ (가)는 0.5 mol, (다)는 0.25 mol이다.
- t °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.
 - ➔ (나)는 부피가 36 L이므로 1.5 mol이다.
- (나)와 (다)는 각각 1.5 mol, 0.25 mol이고, 질량은 각각 66 g, 27 g이다. ➔ 분자량은 A₂B는 44, A₂B₅는 108이다.

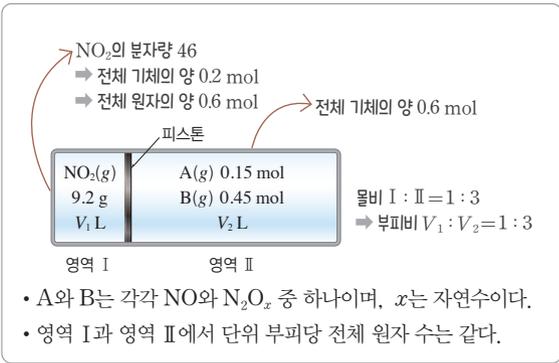
(가)~(다)는 각각 0.5 mol, 1.5 mol, 0.25 mol이고, AB, A₂B, A₂B_x에서 분자당 원자 수는 각각 2, 3, (2+x)이다. 전체 원자 수비는 (가) : (다) = 4 : 7이므로 $0.5 \times 2 : 0.25 \times (2+x) = 4 : 7$ 에서 $x=5$ 이다.

또한 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 4 : z이므로 $0.5 \times 2 : 1.5 \times 3 = 4 : z$ 에서 $z=18$ 이다.

A₂B와 A₂B₅의 분자량은 각각 44, 108이므로 A와 B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 $2a+b=44, 2a+5b=108$ 이고, $a=14, b=16$ 이다. 따라서 AB의 분자량은 30이고, (가)는 0.5 mol이므로 질량은 15 g이다. $y=15$ 이다.

$x=5, y=15, z=18$ 이므로 $x+y+z=38$ 이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 영역 I과 영역 II에서 전체 기체의 양은 각각 0.2 mol, 0.6 mol이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 전체 기체의 양은 영역 I에서 0.2 mol, 영역 II에서 0.6 mol이므로 V_2 는 V_1 의 3배이다.

바로알기 ㄷ. 영역 I에서 NO_2 의 양은 0.2 mol이고, 분자당 원자 수는 3이므로 전체 원자의 양은 0.6 mol이다.

영역 II에서 A와 B의 양은 각각 0.15 mol, 0.45 mol이고 만약 A가 N_2O_x , B가 NO이면 분자당 원자 수는 각각 $(2+x)$, 2이므로 전체 원자의 양은 $(0.15x + 1.2)$ mol이다.

영역 I과 영역 II에서 부피비는 1 : 3이고, 단위 부피당 전체 원자 수가 같으므로 $0.6 = \frac{0.15x + 1.2}{3}$ 에서 $x = 4$ 이다.

만약 A가 NO, B가 N_2O_x 이면 x 는 $\frac{4}{3}$ 로 자연수가 아니므로 적합하지 않다.

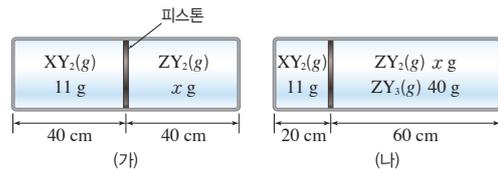
07 ㄱ. (가)의 부피가 V , (나)의 부피가 $2V$ 일 때 전체 원자 수비가 1 : 1이므로 (가)와 (나)의 부피가 모두 $2V$ 일 때 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이다. 이때 분자 수가 같으므로 전체 원자 수비는 $(n+m) : 2n = 2 : 1$ 에서 $m = 3n$ 이다.

다른 풀이 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례한다. 부피비가 (가) : (나) = 1 : 2이므로 분자 수비도 (가) : (나) = 1 : 2이다. 이때 전체 원자 수비가 (가) : (나) = 1 : 1이므로 분자당 원자 수비는 (가) : (나) = 2 : 1이 된다. 따라서 분자당 원자 수비는 $(n+m) : 2n = 2 : 1$ 에서 $m = 3n$ 이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 부피가 모두 $2V$ 일 때 질량비는 분자량비와 같으므로 분자량비는 $X_n Y_{3n} : Y_{2n} = 2w_1 : w_2$ 이다. 원자량은 X가 Y보다 크므로 $X_n Y_{3n}$ 의 분자량은 Y_{2n} 의 분자량의 2배보다 크다. 따라서 $2w_1 > 2w_2$ 이므로 $w_1 > w_2$ 이다.

바로알기 ㄷ. 원자량은 X가 Y보다 크므로 $X_n Y_{3n}$ 에서 X의 질량 백분율은 25 %보다 크다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



• (가)에서 기체의 부피가 같으므로 분자의 몰비는 $\text{XY}_2 : \text{ZY}_2 = 1 : 1$ 이다. (나)에서 기체의 부피비가 1 : 3이므로 분자의 몰비도 1 : 3이다. 따라서 ZY_3 40 g에 포함된 분자의 양(mol)은 ZY_2 x g에 포함된 분자의 양(mol)의 2배이므로 분자의 몰비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 1 : 2$ 이다.

• 원자량은 Z가 Y의 2배이므로 Y의 원자량을 a 라고 하면 Z의 원자량은 $2a$ 이며 분자량비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 4a : 5a = 4 : 5$ 이다.

• (나)에서 ZY_2 x g과 ZY_3 40 g의 몰비가 1 : 2이므로 $\frac{x}{4} : \frac{40}{5} = 1 : 2$ 에서 $x = 16$ 이다.

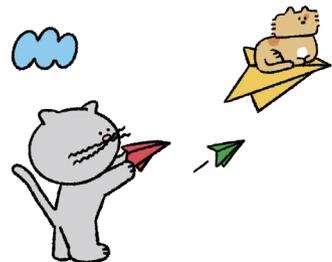
• (가)에서 XY_2 11 g과 ZY_2 16 g에 포함된 분자의 양(mol)이 같으므로 분자량비는 $\text{XY}_2 : \text{ZY}_2 = 11 : 16$ 이다.

• X의 원자량을 M_X 라고 하면 $(M_X + 2a) : 4a = 11 : 16$ 에서 $M_X = \frac{3}{4}a$ 이다.

ㄱ. $x = 16$ 이다.

ㄴ. Y의 원자량이 a 일 때 X의 원자량은 $\frac{3}{4}a$ 이므로 원자량비는 $X : Y = 3 : 4$ 이다.

ㄷ. (나)에서 분자의 몰비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 1 : 2$ 이므로 전체 원자 수비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 3 : 8$ 이다. 따라서 (나)에서 전체 원자 수는 ZY_2 가 ZY_3 의 $\frac{3}{8}$ 배이다.



02 / 화학 반응식

개념 확인 문제

40쪽

① 화학 반응식 ② 계수비 ③ 부피비 ④ 물질량

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) × 2 (가) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ (나) $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$
 3 $2A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2A_2B(g)$ 4 ▽ 5 (1) 16 g
 (2) 44.8 L (3) 12.04×10^{23}

1 (1) 화학 반응식을 나타낼 때 화살표(→)를 기준으로 반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓴다.

(2) 상태 기호 's'는 고체 상태, 'l'은 액체 상태, 'g'는 기체 상태, 'aq'는 수용액 상태를 의미한다.

(3) 화학 반응이 일어날 때 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 이를 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다.

(4) 화학 반응식을 나타낼 때 반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 계수를 맞춘다.

(5) 일정한 온도와 압력에서 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 몰비, 기체의 부피비와 같지만, 각 물질의 물질량에 따라 질량이 달라지므로 화학 반응식의 계수비는 질량비와 같지 않다.

2 (가) $C(s)$ 와 $O_2(g)$ 가 반응하여 $CO_2(g)$ 가 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ 이다.

(나) $C_2H_5OH(l)$ 과 $O_2(g)$ 가 반응하여 $CO_2(g)$ 와 $H_2O(l)$ 이 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ 이다. 이때 반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 계수를 맞춘다.

3 $A_2(g)$ 4개와 $B_2(g)$ 2개가 반응하여 $A_2B(g)$ 4개가 생성되었으므로 화학 반응식으로 나타내면 $2A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2A_2B(g)$ 이다.

4 암모니아(NH_3) 합성 반응의 계수비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.

ㄱ. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같다.

바로알기 ㄴ. N_2 , H_2 , NH_3 의 분자량이 각각 28, 2, 17이므로 질량비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = (1 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol}) : (3 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol}) : (2 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol}) = 14 : 3 : 17$ 이다.

ㄷ. 원자 수비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 2 : 6 : 8 = 1 : 3 : 4$ 이다.

5 0 °C, 1기압에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 생성된 이산화 탄소(CO_2)의 양은 1 mol이며, 메테인 연소 반응의 계수비는 $CH_4 : O_2 : CO_2 : H_2O = 1 : 2 : 1 : 2$ 이다.

(1) 반응한 메테인(CH_4)의 양은 1 mol이며, 메테인의 분자량은 16이므로 반응한 메테인의 질량은 $1 \text{ mol} \times 16 \text{ g/mol} = 16 \text{ g}$ 이다.

(2) 반응한 산소(O_2)의 양은 2 mol이므로 0 °C, 1기압에서 반응한 산소 기체의 부피는 $2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 44.8 \text{ L}$ 이다.

(3) 생성된 물(H_2O)의 양은 2 mol이므로 생성된 물 분자 수는 12.04×10^{23} 이다.

완자샘 비법 특강

41쪽

Q1 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$ Q2 72 g

Q3 6 L Q4 11.2 L Q5 72 g Q6 6.02×10^{23}

Q1 반응물 $C_3H_8(g)$ 과 $O_2(g)$ 가 반응하여 $CO_2(g)$ 와 $H_2O(l)$ 이 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$ 이다. 이때 반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 계수를 맞춘다.

Q2 C_3H_8 의 양은 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이다. C_3H_8 과 H_2O 의 계수비가 1 : 4이므로 H_2O 의 양은 4 mol이다. 따라서 생성된 H_2O 의 질량은 $4 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 72 \text{ g}$ 이다.

Q3 O_2 와 CO_2 의 계수비가 5 : 3이므로 생성된 CO_2 기체의 부피는 6 L이다.

Q4 CO_2 의 양은 $\frac{66 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 1.5 \text{ mol}$ 이다. C_3H_8 과 CO_2 의 계수비가 1 : 3이므로 C_3H_8 의 양은 0.5 mol이다. 따라서 CO_2 66 g이 생성되는 데 필요한 C_3H_8 기체의 최소 부피는 $0.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 11.2 \text{ L}$ 이다.

Q5 C_3H_8 22.4 L는 1 mol이다. C_3H_8 과 H_2O 의 계수비가 1 : 4이므로 H_2O 의 양은 4 mol이다. 따라서 H_2O 의 질량은 $4 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 72 \text{ g}$ 이다.

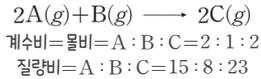
Q6 O_2 의 양은 $\frac{160 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$ 이다. C_3H_8 과 O_2 의 계수비가 1 : 5이므로 C_3H_8 의 양은 1 mol이다. 따라서 O_2 160 g이 모두 반응하는 데 필요한 C_3H_8 의 최소 분자 수는 6.02×10^{23} 이다.

대표 자료 분석 1

42쪽

- 1 16 g 2 (1) A (2) 크다 3 $y > x > z$
 4 (1) ○ (2) × (3) ×

꼼꼼 문제 분석



실험	반응 전		반응 후		전체 기체의 질량(g)
	A의 질량(g)	B의 질량(g)	B의 질량(g)	C의 질량(g)	
I	x 15	x 15	7	y 23	30
II	x 15	z 8	0	23	y 23

1 $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{16}{15}$ 이므로 A의 분자량을 15라고 할 때 A 1 mol의 질량은 15 g이고, B 1 mol의 질량은 16 g이다.

2 (1) 실험 I에서 반응 후 B(g)가 남았으므로 A(g)는 모두 반응하였고, A(g)가 한계 반응물이다.

(2) $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{16}{15}$ 이므로 A의 분자량을 15k라고 하면 B의 분자량은 16k이다. 화학 반응식은 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이므로 $(2 \times A \text{의 분자량}) + B \text{의 분자량} = (2 \times C \text{의 분자량})$ 이고, C의 분자량은 23k이다. 따라서 C 1 mol의 질량은 B 1 mol의 질량보다 크다.

3 화학 반응식에서 계수비는 A : B = 2 : 1이고 $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{16}{15}$ 이므로 질량비는 A : B = $(2 \times 15) : (1 \times 16) = 15 : 8$ 이다. 실험 I에서 반응 후 B(g) 7g만 남았으므로 A(g)는 모두 반응하였다. 따라서 질량비는 A : B = $x : (x - 7) = 15 : 8$ 이고, x 는 15이다. 질량 보존 법칙에 따라 실험 I에서 반응 전과 후 전체 기체의 질량은 30 g으로 같으므로 y 는 23이다. 실험 II에서 전체 기체의 질량은 $15 + z = 23$ 이므로 z 는 8이다. 따라서 $y > x > z$ 이다.

4 (1) 화학 반응식에서 계수비가 A : B = 2 : 1이므로 몰비도 2 : 1이다.

(2) 화학 반응식의 계수비는 몰비, 기체의 부피비와 같다. 반면 각 물질의 몰질량(분자량)에 따라 질량이 달라지므로 화학 반응식의 계수비는 질량비와 같지 않다. A와 B는 15 : 8의 질량비로 반응한다.

(3) 실험 II에서는 A(g) 15 g과 B(g) 8 g이 모두 반응하여 C(g) 23 g이 생성되었고, 반응 후 남은 물질은 없다. 반응 후 전체 기체는 실험 I에서 B(g) 7 g과 C(g) 23 g이고, 실험 II에서 C(g) 23 g이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 물질의 양(mol)에 비례한다. A ~ C의 분자량은 각각 15k, 16k, 23k이므로 반응 후 전체 기체의 부피비는 $I : II = \left(\frac{7}{16k} + \frac{23}{23k} \right) : \frac{23}{23k} = 23 : 16$ 이다.

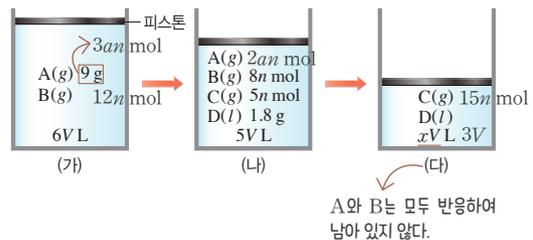
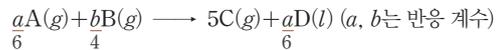
즉, $\frac{\text{실험 II에서 반응 후 전체 기체의 부피(L)}}{\text{실험 I에서 반응 후 전체 기체의 부피(L)}} = \frac{16}{23}$ 이다.

대표 자료 분석 2

43쪽

- 1 an 2 (1) 같다 (2) 다르다 (3) 같다
 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

꼼꼼 문제 분석



1 (나)에서 생성된 C의 양(mol)이 5n이고, A(g)와 C(g)의 계수비가 a : 5이므로 (가)에서 반응한 A의 양(mol)은 an이다.

2 (1), (2) 화학 반응식에서 A(g)와 D(l)의 계수가 같으므로 (가)에서 반응한 A(g)의 양(mol)과 생성된 D(l)의 양(mol)은 an으로 같다. 하지만 A(g)와 D(l)의 분자량이 다르므로 질량은 다르다.

(2) (다)에서 D는 액체이므로 실린더 속 기체의 부피는 C(g)의 부피와 같다.

- 3** (1) (가)에서 반응한 A(g)의 양(mol)과 생성된 D(l)의 양(mol)은 an 으로 같다. 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}$ 이므로 양(mol)이 같을 때 분자량과 질량은 비례한다. $\frac{D\text{의 분자량}}{A\text{의 분자량}} = \frac{3}{5}$ 이고, (나)에서 D(l) an mol의 질량이 1.8 g이므로 A(g) an mol의 질량은 3 g이다. 따라서 (가)에 들어 있는 A(g) 9 g의 양(mol)은 $3an$ 이다.
- (2) (나)에 들어 있는 A(g)의 질량이 6 g이고, (나)에서 (다)로 될 때 A(g) 6 g(= $2an$ mol)과 B(g) 8n mol이 모두 반응한다. 따라서 (가)에 들어 있는 B(g)의 양(mol)은 $12n$ 이다.
- (3) 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 양(mol)에 비례한다. (가)와 (나)의 실린더 속 기체의 부피비는 $\frac{3an+12n}{2an+8n+5n} = \frac{6}{5}$ 이므로 a 는 6이다.
- (4) (나)에 들어 있는 A(g)의 양(mol)은 $2an$ 이고, B(g)의 양(mol)은 $8n$ 이다. (나)에서 (다)로 될 때 A(g)와 B(g)가 모두 반응했으므로 $a : b = 2an : 8n$ 이고 b 는 4이다.
- (5) 화학 반응식의 계수비가 A : C = 6 : 5이므로 A(g) 18n mol이 모두 반응하여 C(g) 15n mol이 생성된다. (다)에서 D가 액체이므로 실린더 속 기체의 부피는 C(g)가 차지하는 부피와 같다. (가)와 (다)의 실린더 속 기체의 부피비는 $\frac{18n+12n}{15n} = \frac{6}{x}$ 이므로 x 는 3이다.

내신 만점 문제

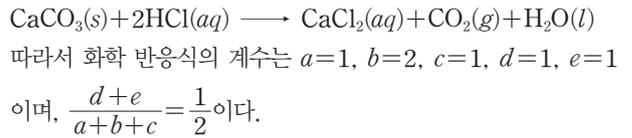
44쪽~48쪽

- 01 ③ 02 ② 03 Cl₂ 04 ④ 05 ③ 06 해설 참조
 07 ⑤ 08 ③ 09 ③ 10 ③ 11 해설 참조
 12 ⑤ 13 ③ 14 ⑤ 15 ④ 16 ③ 17 ⑤
 18 ㄱ, ㄴ, ㄷ 19 ⑤ 20 해설 참조 21 ② 22 ⑤
 23 0.048 24 해설 참조

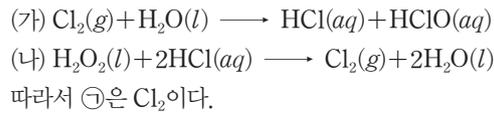
01 학생 A. 화학 반응이 일어날 때 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 이를 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 학생 C. 반응물이나 생성물이 2가지 이상일 경우에는 각 물질을 ‘+’로 연결한다.

바로알기 학생 B. 화학 반응식을 나타낼 때에는 화살표(→)를 기준으로 반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓴다.

02 탄산 칼슘(CaCO₃)과 염산(HCl(aq))의 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

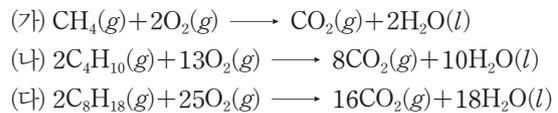


03 화학 반응이 일어날 때 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 이를 이용하여 (가)와 (나)의 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



- 04** **바로알기** ① $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$
 ② $2\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{MgO}(s)$
 ③ $2\text{NaHCO}_3(s) \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$
 ⑤ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) + 6\text{O}_2(g) \longrightarrow 6\text{CO}_2(g) + 6\text{H}_2\text{O}(l)$

05 3가지 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



ㄱ. 화학 반응이 일어날 때 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 ㉠은 O₂이다.

ㄴ. 화학 반응식의 계수는 $a=2, b=10, c=2, d=16$ 이므로 a 와 c 는 같다.

바로알기 ㄷ. $\frac{a+c+d}{b} = 2$ 이다.

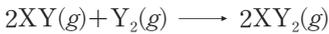
06 **모범 답안** N 원자 수는 $a=c+b$, O 원자 수는 $2a+b=3c+b$, H 원자 수는 $2b=c$ 이다. 이 식에서 $a=10$ 이라고 하면 $b=\frac{1}{3}, c=\frac{2}{3}$ 이다. 이를 가장 간단한 정수로 나타내면 $a=3, b=1, c=2$ 이다.

채점 기준	배점
미정 계수법을 이용하여 반응 계수를 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
반응 계수만 모두 옳게 쓴 경우	40 %

07 화학 반응식에서 계수비는 H₂O : H₂ : O₂ = 2 : 2 : 1이다. ⑤ H₂O와 O₂의 계수비가 2 : 1이므로 H₂O 1 mol이 분해될 때 생성되는 O₂ 기체의 부피는 $\frac{1}{2} \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 12 \text{ L}$ 이다.

- 바로알기** ① 생성물의 몰비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 이다.
 ② H_2O 과 H_2 의 계수비가 1 : 1이므로 H_2O 1 mol이 분해될 때 생성되는 H_2 의 양은 1 mol이다.
 ③ H_2O 과 H_2 의 계수비가 1 : 1이므로 H_2O 1 mol이 분해될 때 생성되는 H_2 의 질량은 $1 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이다.
 ④ H_2O 과 O_2 의 계수비가 2 : 1이므로 H_2O 1 mol이 분해될 때 생성되는 O_2 의 양은 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이며, 분자 수는 3.01×10^{23} 이다.

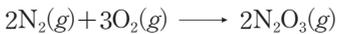
08 반응 모형에서 반응 후 XY 1개가 남아 있으므로 XY 2개와 Y_2 1개가 반응하여 XY_2 2개가 생성된다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



- ㄱ. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 몰비는 $XY : Y_2 = 2 : 1$ 이다.
 ㄴ. 반응물의 반응 계수 합이 생성물의 반응 계수보다 크므로 반응이 끝나면 전체 분자 수는 감소한다.

바로알기 ㄷ. Y_2 가 모두 반응하여 남아 있지 않으므로 XY를 더 넣어 주어도 생성물의 양(mol)은 변하지 않는다.

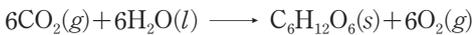
09 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



- 학생 A. 화학 반응식에서 계수비는 기체의 부피비와 같으므로 부피비는 $N_2 : O_2 = 2 : 3$ 이다.
 학생 C. O_2 와 N_2O_3 의 계수비가 3 : 2이므로 질량비는 $(3 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}) : (2 \text{ mol} \times 76 \text{ g/mol}) = 12 : 19$ 이다.

바로알기 학생 B. N_2 와 N_2O_3 의 계수비가 1 : 1이므로 전체 원자 수비는 $N_2 : N_2O_3 = 2 : 5$ 이다.

10 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



- 따라서 화학 반응식의 계수는 $a=6, b=6, c=6$ 이다.
 ㄱ. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 몰비는 $CO_2 : H_2O = 1 : 1$ 이다.
 ㄷ. 화학 반응식에서 계수비는 기체의 부피비와 같으므로 부피비는 $CO_2 : O_2 = 1 : 1$ 이다.

바로알기 ㄴ. $C_6H_{12}O_6$ 과 O_2 의 계수비가 1 : 6이므로 질량비는 $C_6H_{12}O_6 : O_2 = (1 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol}) : (6 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}) = 15 : 16$ 이다.

11 **모범 답안** CO_2 22 g의 양은 $\frac{22 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다. CO_2 와 $C_6H_{12}O_6$ 의 계수비가 6 : 1이므로 $C_6H_{12}O_6$ 의 양은 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 이다. 따라서 생성되는 $C_6H_{12}O_6$ 의 질량은 $\frac{1}{12} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 15 \text{ g}$ 이다.

채점 기준	배점
$C_6H_{12}O_6$ 의 질량을 풀이 과정과 함께 옳게 쓴 경우	100 %
$C_6H_{12}O_6$ 의 질량만 옳게 쓴 경우	40 %

12 에탄올(C_2H_5OH)의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

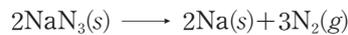


따라서 화학 반응식의 계수는 $a=3, b=2, c=3$ 이다.

- ㄴ. 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}$ 이므로 (나)에서 x 는 CO_2 의 분자량이다. 즉, $x=44$ 이다.
 ㄷ. 몰비는 계수비와 같으므로 몰비는 $O_2 : CO_2 = a : b$ 이다. 따라서 (다)에서 $y = \frac{a}{b}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 $2a > b + c$ 이다.

13 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 화학 반응식의 계수는 $a=2, b=2, c=3$ 이다.

NaN_3 65 g의 양은 $\frac{65 \text{ g}}{65 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이다. NaN_3 과 N_2 의 계수비가 2 : 3이므로 생성되는 N_2 는 1.5 mol이다. 따라서 NaN_3 65 g이 모두 분해될 때 생성되는 N_2 기체의 부피는 $1.5 \text{ mol} \times 25 \text{ L/mol} = 37.5 \text{ L}$ 이다.

14 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



- ㄱ. 화학 반응식의 계수는 $a=3, b=2, c=3$ 이므로 $a+b+c=8$ 이다.
 ㄷ. Fe_2O_3 과 Fe 의 계수비가 1 : 2이므로 Fe_2O_3 2 mol이 완전히 반응하면 생성되는 Fe 의 양은 4 mol이다. 따라서 Fe 의 질량은 $4 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol} = 224 \text{ g}$ 이다.

바로알기 ㄴ. Fe_2O_3 과 CO_2 의 계수비가 1 : 3이므로 Fe_2O_3 1 mol이 완전히 반응할 때 생성되는 CO_2 의 양은 3 mol이다. 따라서 CO_2 분자 수는 18.06×10^{23} 이다.

15 화학 반응식에서 계수비는 $H_2 : N_2 : NH_3 = 3 : 1 : 2$ 이다.

ㄴ. NH_3 34 g의 양은 $\frac{34 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$ 이므로 반응한 H_2 는 3 mol이다.

ㄷ. $0^\circ C$, 1기압에서 11.2 L의 N_2 기체는 0.5 mol이므로 이 기체를 충분한 양의 H_2 기체와 반응시켰을 때 생성되는 NH_3 기체는 1 mol이다. 따라서 NH_3 분자 수는 6.02×10^{23} 이다.

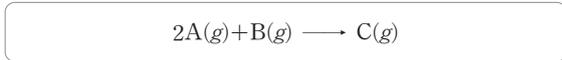
바로알기 ㄱ. 반응물의 반응 계수 합이 생성물의 반응 계수보다 크므로 반응이 끝나면 전체 기체의 양(mol)은 감소한다.

16 ㄱ. CH_3OH 과 CO_2 의 계수비가 1 : 1이므로 CH_3OH 1 mol이 완전 연소 할 때 생성되는 CO_2 는 1 mol이고, 분자 수는 N_A 이다.

ㄴ. CH_3OH 과 O_2 의 계수비가 2 : 3이므로 질량비는 $CH_3OH : O_2 = (2 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}) : (3 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}) = 2 : 3$ 이다. 따라서 CH_3OH 6 g과 O_2 10 g이 반응하면 CH_3OH 은 모두 반응하고 O_2 는 1 g 남는다.

바로알기 ㄷ. 온도와 압력이 일정할 때 화학 반응식에서 계수비는 기체의 부피비와 같으므로 부피비는 $O_2 : CO_2 = 3 : 2$ 이다.

17 **꼼꼼 문제 분석**



$t^\circ C$, 1기압에서 기체 1 mol의 부피 V L이므로 생성된 C의 양은 1 mol이다.

반응	반응물의 질량(g)		생성물의 부피(L)
	A(g)	B(g)	C(g)
(가)	w	w	V
(나)	2w	8w	$\times 3$ 7V
(다)	3w	3w	V_1

A(g)가 모두 반응하여 C(g) 7 mol이 생성되었다.
 \rightarrow A 2w g: 14 mol

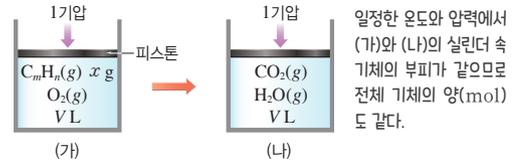
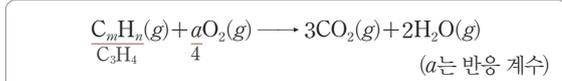
B(g)가 모두 반응하여 C(g) 1 mol이 생성되었다.
 \rightarrow B w g: 1 mol

ㄱ. (가)에서 반응 후 B가 남을 경우 (나)에서도 B가 남는다. 그런데 (가)와 (나)에서 반응 후 남은 반응물의 종류는 다르므로 (가)에서 반응 후 남은 반응물은 A이고, (나)에서 반응 후 남은 반응물은 B이다.

ㄷ. (다)에서 A와 B의 양은 각각 21 mol과 3 mol이므로 B가 모두 반응하여 C 3 mol이 생성된다. 따라서 $V_1 = 3V$ 이다.

바로알기 ㄴ. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : 1$ 이다. (가)에서 B w g이 1 mol이므로 B의 분자량(y)은 w이다. (나)에서 A 2w g이 14 mol이므로 A의 분자량(x)은 $\frac{2w}{14}$ 이다. 즉, $\frac{x}{y} = \frac{1}{7}$ 이다.

18 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 기체의 온도와 압력이 일정할 때 (가)와 (나)의 부피는 변함이 없으므로 반응 전과 후 전체 기체의 양(mol)이 일정하다. 따라서 반응 계수 $a = 4$ 이다.

다른 풀이 반응 전후 원자의 종류와 수가 같으므로 O 원자 수는 $2a = 6 + 2$ 이다. 따라서 $a = 4$ 이다.

ㄴ. 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같으며 $C_m H_n$ 1 mol이 연소하면 3 mol의 이산화 탄소(CO_2)와 2 mol의 수증기(H_2O)가 생성되므로 $m = 3$, $n = 4$ 이다. 따라서 $m + n = 7$ 이다.

ㄷ. $C_3 H_4$ 의 양은 $\frac{x \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{x}{40}$ mol이다. $C_3 H_4$ 와 H_2O 의 계수비가 1 : 2이므로 $C_3 H_4$ $\frac{x}{40}$ mol이 완전 연소 하면 H_2O

$\frac{x}{20}$ mol이 생성된다. 따라서 생성되는 H_2O 의 질량은 $\frac{x}{20} \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 0.9x$ g이다.

19 그림에서 Zn의 질량이 증가하여도 생성되는 H_2 의 최댓값은 72 mL($= 3 \times 10^{-3}$ mol)이다. 이를 통해 $HCl(aq)$ 이 먼저 소모되어 더 이상 반응이 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

화학 반응식에서 HCl 와 H_2 의 계수비가 2 : 1이므로 $HCl(aq)$ 0.2 L에 녹아 있는 HCl 의 양은 6×10^{-3} mol이고, Cl^- 의 양도 6×10^{-3} mol이다.

20 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



모범 답안 H_2 18 L의 양은 $\frac{18 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = \frac{3}{4}$ mol이고, Mg과 H_2 의 계수

비가 1 : 1이므로 H_2 18 L를 얻기 위해 필요한 Mg의 최소 양은 $\frac{3}{4}$ mol이다.

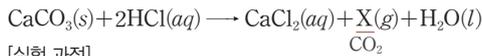
또한 Mg의 원자량은 24이므로 Mg $\frac{3}{4}$ mol의 질량은 $\frac{3}{4} \text{ mol} \times 24 \text{ g/mol} = 18$ g이다.

채점 기준	배점
Mg의 최소 양(mol)과 질량을 모두 풀이 과정과 함께 옳게 쓴 경우	100 %
Mg의 최소 양(mol)과 질량 중 하나만 풀이 과정과 함께 옳게 쓴 경우	60 %
Mg의 최소 양(mol)과 질량만 옳게 쓴 경우	40 %

21 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 몰비는 Mg : HCl : H₂ = 1 : 2 : 1이다. 따라서 HCl 0.2 mol과 반응하는 Mg의 양은 0.1 mol이므로 질량은 0.1 mol × 24 g/mol = 2.4 g이고, 생성된 H₂의 양은 0.1 mol이므로 질량은 0.1 mol × 2 g/mol = 0.2 g이다. (라)에서 측정한 반응 후 비커의 질량은 (나)에서 측정한 반응 전 비커의 질량 + Mg의 질량 (= 4.8 g) - 생성된 H₂의 질량 (= 0.2 g)이다. 따라서 $w = 254.6$ 이고, $n = 0.1$ 이며, $w \times n = 25.46$ 이다.

[22~24] **꼼꼼 문제 분석**

[화학 반응식]



[실험 과정]

- (가) 전자저울을 이용하여 CaCO₃ 1 g을 측정한다.
- (나) HCl a mol이 녹아 있는 HCl(aq)이 담긴 삼각 플라스크의 질량(w_1)을 측정한다.
- (다) (가)의 CaCO₃을 (나)의 삼각 플라스크에 넣어 반응시킨다.
- (라) 반응이 완전히 끝나면 삼각 플라스크의 질량(w_2)을 측정한다.
- (마) 발생한 X의 질량($w_1 - w_2$)을 계산하여 반응물과 생성물 사이의 양적 관계를 파악한다.
- (바) CaCO₃ 2 g, 3 g, 4 g을 사용하여 과정 (나)~(마)를 반복한다.

[실험 결과]

질량 변화가 없으므로 더 이상 반응이 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

넣어 준 CaCO ₃ 의 질량(g)	1	2	3	4
발생한 X의 질량(g)	w	$2w$	$2.4w$	$2.4w$

- 반응 몰비 CaCO₃ : X(CO₂) = 1 : 1
- CaCO₃의 화학식량이 100이므로 CaCO₃ 1 g은 0.01 mol이다.
- ⇒ 발생한 X(CO₂)의 양도 0.01 mol이다. 따라서 X w g은 0.01 mol이다.

22 가. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 몰비는 CaCO₃ : X(CO₂) = 1 : 1이다. CaCO₃의 화학식량이 100이므로 CaCO₃ 1 g은 0.01 mol이고, 이때 발생하는 X(CO₂)의 양도 0.01 mol이다. 따라서 X w g은 0.01 mol이다.
 나. X $2w$ g은 0.02 mol이므로 0 °C, 1기압에서 기체의 부피는 0.02 mol × 22.4 L/mol = 0.448 L (= 448 mL)이다.

다. 넣어 준 CaCO₃의 질량이 3 g과 4 g일 때 발생한 X(CO₂)의 질량 변화가 없으므로 HCl(aq)이 먼저 소모되어 더 이상 반응이 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 반응한 CaCO₃의 양(mol)은 같다.

23 HCl a mol이 완전히 반응했을 때 발생한 X의 질량은 $2.4w$ g이다. X w g은 0.01 mol이므로 X $2.4w$ g은 0.024 mol이다. 화학 반응식에서 HCl과 X의 계수비가 2 : 1이므로 $a = 0.048$ 이다.

24 **모범 답안** CaCO₃의 양은 $\frac{6 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.06 \text{ mol}$ 이고, CaCO₃과 X(CO₂)의 계수비가 1 : 1이므로 발생하는 X(CO₂)의 양은 0.06 mol, 즉 6w g이다. 또한 HCl과 X(CO₂)의 계수비가 2 : 1이므로 X(CO₂) 6w g이 발생하는 데 필요한 HCl의 최소 양은 0.12 mol이다.

채점 기준	배점
HCl의 양(mol)을 풀이 과정과 함께 옳게 쓴 경우	100 %
HCl의 양(mol)만 옳게 쓴 경우	40 %

실력 UP 문제

49쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 ①

01 **꼼꼼 문제 분석**



계수비 = 몰비

AgNO₃ : NaCl : NaNO₃ : AgCl = 1 : 1 : 1 : 1

- AgNO₃ 0.01 mol과 NaCl 0.02 mol이 반응하면 NaCl 0.01 mol이 남는다.

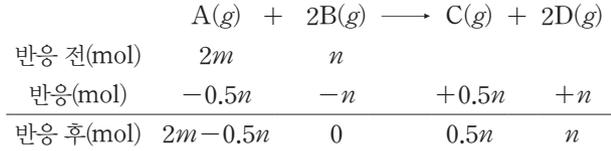
가. 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 생성된 AgCl의 양은 0.01 mol이다.

나. 반응이 완결된 후 혼합 수용액 속에 존재하는 염화 이온(Cl⁻)의 양은 반응 후 남은 NaCl에 들어 있는 0.01 mol이다.

[바로알기] 다. 반응이 완결된 후 혼합 수용액 속에 존재하는 양이온은 Na⁺뿐이다. 반응 후 남은 NaCl에 들어 있는 Na⁺의 양은 0.01 mol이고, 반응 후 생성된 NaNO₃에 들어 있는 Na⁺의 양은 0.01 mol이므로 전체 양이온의 양은 0.02 mol이다.

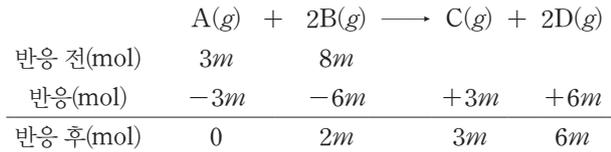
02 실험 I에서 반응 후 B(g)가 남을 경우 실험 II에서도 B(g)가 남는다. 그런데 실험 I과 실험 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류는 서로 다르므로 실험 I과 실험 II에서 반응 후 남은 기체는 각각 A와 B이다. 실험 I에서 반응 전 A와 B의 양(mol)을 각각 $2m$ 과 n 이라 하고 실험 I과 실험 II의 반응을 정리하면 다음과 같다.

(실험 I)



실험 I에서 반응 후 $\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{D(g)의 양(mol)}} = \frac{2m+n}{n} = 3$ 이므로 $m=n$ 이다.

(실험 II)



실험 II에서 반응 후 $\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{D(g)의 양(mol)}} = \frac{11m}{6m} = \frac{11}{6}$ 이므로 x 는 $\frac{11}{6}$ 이다.

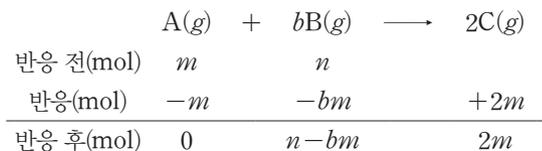
실험 I과 실험 II에서 반응 후 남은 반응물의 몰비는 $A : B = \frac{3}{2}m : 2m = 3 : 4$ 이고, 질량비는 $A : B = 1 : 8$ 이므로 A와 B의 분자량비는 $A : B = \frac{1}{3} : \frac{8}{4} = 1 : 6$ 이다.

B m mol의 질량이 8 g이고, 실험 II에서 반응 후 생성된 D $6m$ mol의 질량이 24 g이므로 B와 D의 분자량비는 $B : D = \frac{8}{m} : \frac{24}{6m} = 2 : 1$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : B : D = 1 : 6 : 3$ 이다.

즉, $x \times \frac{\text{D의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = \frac{11}{6} \times 3 = \frac{11}{2}$ 이다.

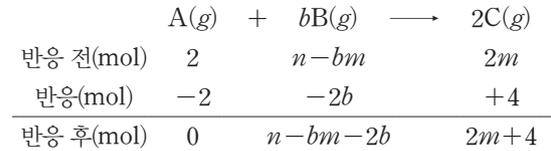
03 A(g)가 모두 반응한다고 가정하고 실험을 정리하면 다음과 같다.

(가) \rightarrow (나)



질량 보존 법칙에 따라 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 질량은 같으므로 기체 1 g당 분자 수비는 전체 기체의 분자 수비(=몰비)와 같다. 따라서 몰비는 (가) : (나) = 5 : 4이므로 $N=4$ 이다. (가)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $(m+n)=5$ 이고, (나)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $(n-bm)+2m=4$ 이다. 또한 (나)와 (다)에 들어 있는 기체의 종류가 같아야 하므로 (나)에 추가한 \ominus 2 mol은 A(g)이며, 실험을 정리하면 다음과 같다.

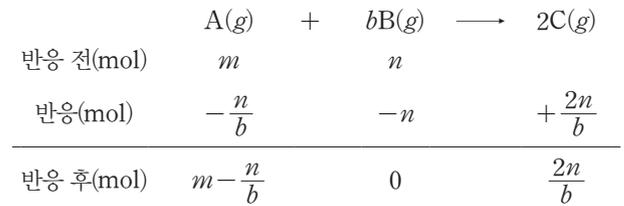
(나) \rightarrow (다)



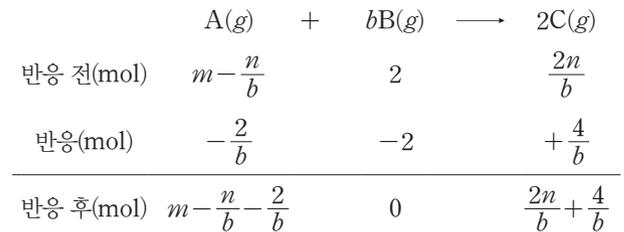
(다)에 들어 있는 기체의 양은 5 mol이므로 $(n-bm-2b) + (2m+4) = 5$ 이다. $(n-bm)+2m=4$ 이므로 두 식에서 $b = \frac{3}{2}$ 이다. 이때 반응 계수인 b 는 자연수여야 하므로 적합하지 않다.

즉, B(g)가 모두 반응하고 추가한 \ominus 도 B(g)이다. 이에 따라 실험을 정리하면 다음과 같다.

(가) \rightarrow (나)



(나) \rightarrow (다)



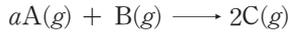
(가)~(다)에 들어 있는 기체의 양은 각각 5 mol, 4 mol, 5 mol이므로 $m+n=5$, $(m-\frac{n}{b})+\frac{2n}{b}=4$, $(m-\frac{n}{b}-\frac{2}{b})+(\frac{2n}{b}+\frac{4}{b})=5$ 이다. 따라서 $b=2$, $m=3$, $n=2$ 이다.

(가)에서 A 3x g이 3 mol이고, B 4x g이 2 mol이고, (나)에서 반응 후 A 2 mol(=2x g)이 남고 C 2 mol(=5x g)이 생성되었으므로 분자량비는 $A : B : C = \frac{3x}{3} : \frac{4x}{2} : \frac{5x}{2} = 2 : 4 : 5$

이다. 즉, $\frac{b}{N} \times \frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}} = \frac{2}{4} \times \frac{4}{5} = \frac{2}{5}$ 이다.

04 실험 I에서 남은 반응물이 7 g이므로 B는 모두 반응하고 A가 남는다. 즉, A 7 g과 B 4 g이 모두 반응하고, A 7 g이 남았으므로 반응 전 B의 양(mol)을 n 이라 하면, A의 양(mol)은 $2an$ 이며, 실험 I의 반응을 정리하면 다음과 같다.

(실험 I)



반응 전(mol)	$2an$	n	
반응(mol)	$-an$	$-n$	$+2n$
반응 후(mol)	an	0	$2n$

밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이며, 온도와 압력이 같고 기체의 질량이 같을 때 기

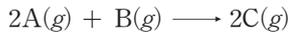
체의 밀도는 부피 또는 기체의 양(mol)에 반비례한다.

즉, $\frac{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}} = \frac{\text{반응 후 전체 기체의 부피}}{\text{반응 전 전체 기체의 부피}}$
 $= \frac{\text{반응 후 전체 기체의 양(mol)}}{\text{반응 전 전체 기체의 양(mol)}}$ 이다.

따라서 $\frac{4d_1}{5d_1} = \frac{an+2n}{2an+n}$ 이므로 $a=2$ 이다.

A 14 g이 $4n$ mol이고, B 4 g이 n mol이므로 실험 II의 반응을 정리하면 다음과 같다.

(실험 II)



반응 전(mol)	$6n$	$\frac{15n}{4}$	
반응(mol)	$-6n$	$-3n$	$+6n$
반응 후(mol)	0	$\frac{3n}{4}$	$6n$

$\frac{xd_2}{39d_2} = \frac{\frac{3n}{4} + 6n}{6n + \frac{15n}{4}}$ 이므로 $x=27$ 이다. 즉, $\frac{x}{a} = \frac{27}{2}$ 이다.



중단원 핵심정리

50쪽

- ① 탄소 ② 원자량 ③ 물 ④ 6.02×10^{23} ⑤ 1
 ⑥ 부피 ⑦ 22.4 ⑧ 화학식 ⑨ 물질량 ⑩ 몰비

중단원 마무리 문제

51쪽~55쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ① 06 ③
 07 ⑤ 08 ⑤ 09 ② 10 ③ 11 ③ 12 ④
 13 ③ 14 11 15 $\frac{1}{11}$ 16 ⑤ 17 ③ 18 ④
 19 ③ 20 ① 21 ② 22 ② 23 해설 참조
 24 해설 참조 25 해설 참조

02 ④ NaCl: $23 + 35.5 = 58.5$

바로알기 ① CO_2 : $12 + (2 \times 16) = 44$

② NH_3 : $14 + (3 \times 1) = 17$

③ CH_4 : $12 + (4 \times 1) = 16$

⑤ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$: $(2 \times 12) + (4 \times 1) + 16 = 44$

03 XY, XZ_3 , Z_2Y 의 분자량이 각각 30, 17, 18이고, X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 $x+y=30$, $x+3z=17$, $2z+y=18$ 이므로 $x=14$, $y=16$, $z=1$ 이다.

04 ㄱ. 분자량은 $(2 \times 1) + 12 + 16 = 30$ 이다.

ㄴ. 구성 원소의 종류는 H, C, O 3가지이다.

바로알기 ㄷ. X를 구성하는 각 원소의 질량비는 H : C : O = $2 \times 1 : 12 : 16 = 1 : 6 : 8$ 이다. 따라서 가장 큰 질량을 차지하는 원소는 산소(O)이다.

05 ㄱ. C(s) 1 mol과 Hg(l) 1 mol에서 원자의 양은 1 mol로 같으므로 원자 수가 같다.

바로알기 ㄴ. C(s) 1 mol과 He(g) 1 mol의 질량은 각각 12 g, 4 g이다.

ㄷ. 같은 온도와 압력에서 기체 1 mol의 부피는 모두 같다. 그런데 Hg(l)은 액체이고 He(g)은 기체이므로 1 mol의 부피는 다르며, He(g)의 부피가 Hg(l)의 부피보다 크다.

06 물질의 양(mol)이 클수록 입자 수가 크다.

③ C_2H_2 0.4 mol \Rightarrow C 원자 0.8 mol

바로알기 ① NH_3 6.8 g (= 0.4 mol) \Rightarrow N 원자 0.4 mol

② O_2 5.6 L (= 0.25 mol) \Rightarrow O 원자 0.5 mol

④ H_2 0.5 g (= 0.25 mol) \Rightarrow H 원자 0.5 mol

⑤ C_2H_6 분자 3.01×10^{22} 개 (= 0.05 mol) \Rightarrow H 원자 0.3 mol

07 ⑤ 0 °C, 1기압에서 수소(H₂) 분자 9.03×10²³개는 1.5 mol이므로 부피는 33.6 L이고, 산소(O₂) 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.

바로알기 ① 아보가드로 법칙은 기체에 적용되는 법칙이다.

② 같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있으며, 질량은 기체의 종류에 따라 다르다.

③ 수소(H₂) 기체 1 g은 0.5 mol($=\frac{1\text{g}}{2\text{g/mol}}$)이므로 0 °C, 1기압에서 부피는 11.2 L이다.

④ 0 °C, 1기압에서 산소(O₂) 기체 4.48 L는 0.2 mol이므로 질량은 6.4 g(=0.2 mol×32 g/mol)이다.

08 ⑤ 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 암모니아(NH₃)와 질소(N₂)의 분자량은 각각 17, 28이므로 밀도는 NH₃ 기체가 N₂ 기체보다 작다.

바로알기 ① NH₃의 분자량은 17이므로 NH₃ 0.25 mol의 질량은 4.25 g이다.

②, ③ 1 mol의 분자 수가 N_A이므로 NH₃ 0.25 mol의 분자 수는 0.25N_A이다. NH₃의 분자당 원자 수는 4이므로 전체 원자 수는 N_A이다.

④ 0 °C, 1기압에서 NH₃ 기체 0.25 mol의 부피는 5.6 L이다.

09 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다.

따라서 1 g당 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$ 에 비례하면서 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에도 비례한다.

1 g당 부피비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{a}$ 이고, b=9, ac=36이다.

X₂와 Y의 분자량은 각각 2, 4이고, 분자당 원자 수는 각각 2, 1이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{2}{2} : \frac{1}{4} = 4 : 1$ 이므로 d : 3 = 4 : 1이고, d=12이다.

따라서 $\frac{a \times c}{b \times d} = \frac{36}{9 \times 12} = \frac{1}{3}$ 이다.

10 ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 분자 수비는 (가) : (나) = 4 : 3이다.

ㄴ. 분자 수비는 (가) : (나) = 4 : 3이고, 이산화 탄소(CO₂)와 메테인(CH₄)의 분자당 원자 수는 각각 3, 5이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 4×3 : 3×5 = 4 : 5이다.

바로알기 ㄷ. 분자 수비는 (가) : (나) = 4 : 3이고, CO₂와 CH₄의 분자량은 각각 44, 16이다. 따라서 질량비는 (가) : (나) = 4×44 : 3×16 = 11 : 3이다.

11 — 품평 문제 분석

분자	분자당 구성 원자 수	분자량(상댓값)
(가) AB	2	15
(나) A ₂ B	3	22

- (가)와 (나)의 분자당 구성 원자 수는 각각 2, 3이다.
→ (가)의 분자식은 AB이고, (나)의 분자식은 A₂B 또는 AB₂이다.
- 분자량비는 (가) : (나) = 15 : 22이다.
→ A와 B의 원자량을 각각 a, b라고 하면 a+b=15k이다.
- (나)의 분자식이 A₂B라면 2a+b=22k이므로 a=7k, b=8k이고, 원자량이 B>A인 조건을 만족한다.
- (나)의 분자식이 AB₂인 경우에는 원자량 조건에 어긋난다.

ㄱ. (나)의 분자식은 A₂B이므로 구성 원자 수는 A가 B보다 크다.

ㄴ. 분자량비는 (가) : (나) = 15 : 22이고, AB와 A₂B에서 분자당 A 원자 수는 각각 1, 2이다. 따라서 1 g에 들어 있는 A 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{15} : \frac{2}{22} = 11 : 15$ 이다.

바로알기 ㄷ. AB와 A₂B₃의 분자량은 각각 15k, 54k이므로 A₂B₃의 분자량은 (가)의 $\frac{18}{5}$ 배이다.

12 — 품평 문제 분석

	X ₂ W ₆	Y ₂ W ₄	ZW ₂
분자	(가)	(나)	(다)
성분 원소	X, W	Y, W	Z, W
$\frac{W\text{의 질량}}{\text{전체 질량}}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{W\text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
분자당 원자 수	8	6	3
질량비	X : W = 4 : 1	Y : W = 7 : 1	Z : W = 8 : 1
원자 수비	X : W = 1 : 3	Y : W = 1 : 2	Z : W = 1 : 2

- (가)는 원자 수비가 X : W = 1 : 3이고, 분자당 원자 수가 8이므로 분자식은 X₂W₆이다.
- (나)는 원자 수비가 Y : W = 1 : 2이고, 분자당 원자 수가 6이므로 분자식은 Y₂W₄이다.
- (다)는 원자 수비가 Z : W = 1 : 2이고, 분자당 원자 수가 3이므로 분자식은 ZW₂이다.
- 원자량비는 X : W = $\frac{4}{1} : \frac{1}{3} = 12 : 1$ 이고, Y : W = $\frac{7}{1} : \frac{1}{2} = 14 : 1$ 이며, Z : W = $\frac{8}{1} : \frac{1}{2} = 16 : 1$ 이다.
→ 원자량비 W : X : Y : Z = 1 : 12 : 14 : 16
- 분자량비는 (가) : (나) : (다) = 30 : 32 : 18 = 15 : 16 : 9이다.

ㄴ. 분자량비는 (나) : (다) = 16 : 9이고 분자당 원자 수는 (나)가 6, (다)가 3이므로 1 g에 들어 있는 원자 수비는 (나) : (다) = $\frac{6}{16} : \frac{3}{9} = 9 : 8$ 이다.

ㄷ. 분자식은 (가) X_2W_6 , (나) Y_2W_4 이므로 같은 질량의 W를 포함하는 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

바로알기 ㄱ. 분자량비는 (가) : (나) : (다) = 15 : 16 : 9이므로 분자량은 (나)가 가장 크다.

13 ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 1 g당 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$ 에 비례하면서 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에도 비례한다. 분자량비는 (가) : (나) = $\frac{1}{23} : \frac{1}{14} = 14 : 23$ 이다.

ㄴ. ZY_2 , Z_2 의 분자당 원자 수는 각각 3, 2이고, 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (다) = 21 : 23이다. 따라서 1 g당 분자 수비는 (나) : (다) = $\frac{21}{3} : \frac{23}{2} = 14 : 23$ 이므로 1 g당 분자 수는 (다) > (나)이다.

바로알기 ㄷ. 1 g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. 1 g당 분자 수비는 (나) : (다) = 14 : 23이므로 분자량비는 (나) : (다) = $\frac{1}{14} : \frac{1}{23} = 23 : 14$ 이다. 따라서 분자량비는 (가) : (나) : (다) = 14 : 23 : 14이다. X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 $x + y = 14k$, $z + 2y = 23k$, $2z = 14k$ 이고, $x = 6k$, $y = 8k$, $z = 7k$ 이다. 따라서 원자량비는 X : Y : Z = 6 : 8 : 7이다.

14 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.
 $3Ag_2S(s) + 2Al(s) \longrightarrow 6Ag(s) + Al_2S_3(s)$
 따라서 화학 반응식의 계수는 $a = 3$, $b = 2$, $c = 6$ 이므로 $a + b + c = 11$ 이다.

15 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같으므로 Cu는 $a = d$ 이고, O는 $a = cn$ 이고, N는 $bn = 2$ 이고, H는 $3b = 2c$ 이다. n 과 $a \sim d$ 는 모두 자연수이므로 이를 만족하는 자연수는 $n = 1$ 이고, $a = 3$, $b = 2$, $c = 3$, $d = 3$ 이다.
 즉, 화학 반응식은 다음과 같다.

$3CuO(s) + 2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2O(g) + 3Cu(s)$
 따라서 $\frac{n}{a+b+c+d} = \frac{1}{11}$ 이다.

16 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같으므로 화학 반응식은 다음과 같다.

$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$
 따라서 화학 반응식의 계수 a 는 2이고, X는 CO_2 이다.

ㄴ. 화학식량은 $CaCl_2$ 이 111이고, $CaCO_3$ 이 100이다.

ㄷ. $CaCO_3$ 의 양은 $\frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. $CaCO_3$ 과 $X(CO_2)$ 의 계수비가 1 : 1이므로 $CaCO_3$ 10 g이 충분한 양의 $HCl(aq)$ 과 모두 반응할 때 생성되는 $X(CO_2)$ 의 양은 0.1 mol이다. 따라서 $X(CO_2)$ 의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 4.4 \text{ g}$ 이다.

17 프로페인(C_3H_8)의 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

따라서 화학 반응식의 계수는 $a = 5$, $b = 3$, $c = 4$ 이다.

ㄱ. $a + b + c = 12$ 이므로 10보다 크다.

ㄴ. C_3H_8 의 양은 $\frac{2.2 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. C_3H_8 과 H_2O 의 계수비가 1 : 4이므로 생성되는 H_2O 의 양은 0.2 mol이다.

바로알기 ㄷ. C_3H_8 과 CO_2 의 계수비가 1 : 3이다. C_3H_8 과 CO_2 의 몰질량은 같으므로 C_3H_8 과 CO_2 의 질량비는 1 : 3이다.

18 ㄱ. N_2 의 양은 $\frac{5.6 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. N_2 와 NH_3 의 계수비가 1 : 2이므로 N_2 5.6 g이 충분한 양의 H_2 와 모두 반응할 때 생성되는 NH_3 의 양은 0.4 mol이다. 따라서 NH_3 기체의 부피는 $0.4 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 8.96 \text{ L}$ 이다.

ㄴ. NH_3 의 양은 $\frac{34 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$ 이다. H_2 와 NH_3 의 계수비가 3 : 2이므로 H_2 의 양은 3 mol이다. 따라서 NH_3 34 g이 생성되는 데 필요한 H_2 의 최소 질량은 $3 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 6 \text{ g}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 화학 반응식에서 계수비가 $H_2 : N_2 : NH_3 = 3 : 1 : 2$ 이므로 N_2 0.1 mol을 모두 반응시키면 NH_3 0.2 mol이 생성되고, 이때 필요한 H_2 는 0.3 mol이다. 따라서 H_2 에 들어 있는 최소 원자 수는 3.612×10^{23} 이다.

19 광합성 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$

따라서 화학 반응식의 계수는 $a = 6$, $b = 6$, $c = 6$ 이다.

ㄱ. $\frac{a+b}{2c} = 1$ 이다.

ㄴ. 화학 반응식에서 계수비는 기체의 부피비와 같다. O_2 와 CO_2 의 계수비가 1 : 1이므로 O_2 기체 1 L가 생성되는 데 필요한 CO_2 기체의 최소 부피는 1 L이다.

바로알기 ㄷ. CO_2 와 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 계수비가 6 : 1이므로 CO_2 1 mol이 모두 반응할 때 생성되는 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 양은 $\frac{1}{6}$ mol이다. 따라서 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 질량은 $\frac{1}{6} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 30 \text{ g}$ 이다.

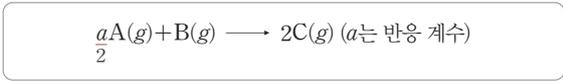
20 (가) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$ 과 CO_2 의 계수비가 1 : 2이므로 C_2H_4 0.25 mol이 완전 연소 할 때 생성되는 CO_2 의 양은 0.5 mol이다. 따라서 기체의 부피는 $0.5 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 12 \text{ L}$ 이다.

(나) $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$
 $\Rightarrow \text{NH}_3$ 36 L의 양은 $\frac{36 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 1.5 \text{ mol}$ 이다. N_2 와 NH_3 의 계수비가 1 : 2이므로 NH_3 1.5 mol을 생성하려면 N_2 는 최소 0.75 mol이 필요하다.

(다) $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 $\Rightarrow \text{H}_2$ 와 H_2O 의 계수비가 1 : 1이므로 H_2 3 mol이 충분한 O_2 와 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양도 3 mol이다. 따라서 H_2O 의 질량은 $3 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 54 \text{ g}$ 이다.

즉, $x=12$, $y=0.75$, $z=54$ 이므로 $\frac{x \times y}{z} = \frac{12 \times 0.75}{54} = \frac{1}{6}$ 이다.

21 **품평 문제 분석**

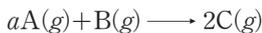


A(g)가 모두 반응한다.

실험	반응 전		반응 후
	A(g)의 부피(L)	B(g)의 부피(L)	C(g)의 질량(상댓값)
I	30	60	1
II	150	45	3

B(g)가 모두 반응한다. ← 질량비 I : II = 1 : 3

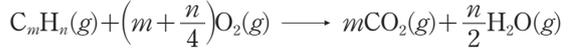
화학 반응식에서 계수비는 $\text{A} : \text{B} = a : 1$ 이고 $a \geq 1$ 이다. 실험 I에서 A의 부피가 더 작으므로 A는 모두 반응하고 B가 남는다. 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 실험 II에서는 B가 모두 반응하고 A가 남는다. 이를 이용하여 실험 I과 실험 II에서 양적 관계를 정리하면 다음과 같다.



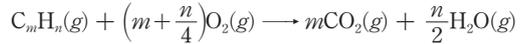
실험	반응한 반응물의 부피(L)		생성된 C(g)의 부피(L)
	A(g)	B(g)	
I	30	$\frac{30}{a}$	$2 \times \frac{30}{a}$
II	$45a$	45	2×45

반응 후 생성된 C의 질량비는 I : II = 1 : 3이다. C의 질량비는 부피비와 같으므로 $I : II = \frac{60}{a} : 90 = 1 : 3$ 이다. 따라서 a 는 2이다.

22 C_mH_n 의 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



화학 반응의 양적 관계를 정리하면 다음과 같다.



반응 전 (mol)	1	5		
반응 (mol)	-1	$-\left(m + \frac{n}{4}\right)$	+m	$+\frac{n}{2}$
반응 후 (mol)	0	x	2	2x

따라서 $5 - \left(m + \frac{n}{4}\right) = x$, $m=2$, $\frac{n}{2} = 2x$ 이고, 이를 풀면 $n=6$, $x=1.5$ 이다.

ㄴ. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이며, 온도와 압력이 같고 기체의 질량이 같을 때 기체의 밀도는 부피 또는 기체의 양(mol)에 반비례한다.

즉, $\frac{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} = \frac{\text{반응 전 전체 기체의 부피}}{\text{반응 후 전체 기체의 부피}} = \frac{\text{반응 전 전체 기체의 양(mol)}}{\text{반응 후 전체 기체의 양(mol)}}$ 이다. 반응 전과 반응 후에 전체 기체의 양이 각각 6 mol, 6.5 mol이므로

$$\frac{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} = \frac{6}{6.5} = \frac{12}{13} \text{이다.}$$

바로알기 ㄱ. $m=2$, $n=6$ 이므로 $\frac{m}{n} = \frac{1}{3}$ 이다.

ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 화학 반응이 일어날 때 반응 전과 후 전체 기체의 질량은 일정하다.

23 N_2 와 O_2 의 분자량은 각각 28, 32이므로 (가)의 양은 $\frac{7w \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = \frac{7w}{28} \text{ mol}$ 이고, (나)의 양은 $\frac{6w \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{6w}{32} \text{ mol}$ 이다.

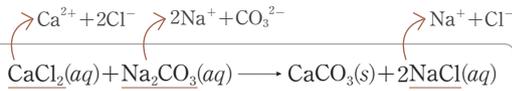
모범 답안 $\frac{3}{4}$, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 몰비는 (가) : (나) = $\frac{7w}{28} : \frac{6w}{32} = 4 : 3$ 이므로 부피비는 $V_1 : V_2 = 4 : 3$ 이다.

채점 기준	배점
부피비를 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
부피비만 옳게 쓴 경우	50 %

24 **모범 답안** (1) $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(l)$
 (2) O_2, C_4H_{10} 의 양은 $\frac{5.8 \text{ g}}{58 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, O_2 의 양은 $\frac{15.68 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.7 \text{ mol}$ 이다. C_4H_{10} 과 O_2 의 계수비가 2 : 13이므로 C_4H_{10} 0.1 mol과 O_2 0.65 mol이 반응하고, O_2 0.05 mol이 남는다.

채점 기준	배점
(1) 화학식, 반응 계수, 상태 표시를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
그 외의 경우	0 %
(2) 남은 반응물을 옳게 쓰고, 남은 반응물의 양(mol)을 풀이 과정과 함께 옳게 쓴 경우	60 %
남은 반응물의 양(mol)만 옳게 쓴 경우	30 %

25 **꼼꼼 문제 분석**



반응 전 (mol)	0.045	0.025		
반응 (mol)	-0.025	-0.025	+0.025	+0.05
반응 후 (mol)	0.02	0	0.025	0.05

모범 답안 $\frac{21}{16}$, 반응 전 모든 반응물의 총 이온 수는 Ca^{2+} 0.045 mol + Cl^{-} 0.09 mol + Na^{+} 0.05 mol + CO_3^{2-} 0.025 mol = 0.21 mol이다. 반응 후 혼합 용액 속의 총 이온 수는 Ca^{2+} 0.02 mol + Cl^{-} 0.09 mol + Na^{+} 0.05 mol = 0.16 mol이다.

따라서 $\frac{\text{반응 전 모든 반응물의 총 이온 수}}{\text{반응 후 혼합 용액 속의 총 이온 수}} = \frac{21}{16}$ 이다.

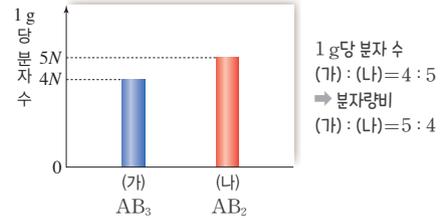
채점 기준	배점
반응 전 모든 반응물의 총 이온 수 반응 후 혼합 용액 속의 총 이온 수 를 구하고, 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	100 %
반응 전 모든 반응물의 총 이온 수 반응 후 혼합 용액 속의 총 이온 수 만 옳게 쓴 경우	40 %

중단원 고난도 문제

56쪽~57쪽

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

01 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- Ⓐ (가)는 AB_3 이다.
- Ⓑ 원자량비는 $A : B = 1 : 2$ 이다. $2 : 1$
- Ⓒ 1g에 들어 있는 전체 원자 수는 (나) > (가)이다. (가) > (나)

전략적 풀이 ① 1g당 분자 수를 이용하여 분자량비를 결정하고, (가)와 (나)의 분자식을 구한다.

ㄱ. 1g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. 1g당 분자 수비가 (가) : (나) = 4 : 5이므로 분자량비는 (가) : (나) = 5 : 4이다. 분자량은 (가) > (나)이므로 (가)와 (나)의 가능한 조합은 (AB_2, AB) , (AB_3, AB) , (AB_3, AB_2) 3가지이다. A와 B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 (AB_2, AB) 인 경우 $(a + 2b) : (a + b) = 5 : 4$ 에서 $a = 3b$ 이다. 이와 마찬가지로 풀면 (AB_3, AB) 인 경우 $a = 7b$ 이고, (AB_3, AB_2) 인 경우 $a = 2b$ 이다.

$a = 2b$ 일 때만 $\frac{A \text{의 원자량}}{B \text{의 원자량}} < 3$ 을 만족하므로 (가)와 (나)는 각각 AB_3 와 AB_2 이다.

② (가)와 (나)의 분자량비를 이용하여 원자량비를 구한다.

ㄴ. A와 B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 AB_3 와 AB_2 의 분자량은 각각 $a + 3b, a + 2b$ 이다. 따라서 분자량비는 (가) : (나) = $(a + 3b) : (a + 2b) = 5 : 4$ 이므로 $a = 2b$ 이다. 원자량비는 $A : B = 2 : 1$ 이다.

③ 1g당 분자 수와 분자당 원자 수를 이용하여 1g에 들어 있는 전체 원자 수비를 구한다.

ㄷ. 1g당 분자 수비는 (가) : (나) = 4 : 5이고, AB_3 와 AB_2 의 분자당 원자 수는 각각 4, 3이다. 따라서 1g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $4 \times 4 : 5 \times 3 = 16 : 15$ 이므로 1g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가) > (나)이다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

	X_2Y_4	X_3Y_6	X_2Y_6
분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자 수	6	9	8
Y의 질량 X의 질량 (상댓값)	2	2	3

일정량의 X와 결합한 Y 원자 수비는
(가) : (나) : (다) = 2 : 2 : 3이다.

선택지 분석

- 분자량비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.
- (다)의 분자식은 X_3Y_6 이다. X_2Y_6
- $\frac{Y \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}} = \frac{1}{6}$ 이다. $\frac{1}{12}$

전략적 풀이 ① $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 의 비와 (가)~(다)의 구성 원자 수를 이용

하여 분자식을 결정하고, (가)와 (나)의 분자량비를 구한다.

ㄱ. $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 의 비가 (가) : (나) : (다) = 2 : 2 : 3이므로 일정량의 X와 결합한 Y 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = 2 : 2 : 3이다.

(가)와 (나)의 구성 원자 수가 각각 6, 9이면서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 의 비가 1 : 1인 경우는 (가)는 X_2Y_4 , (나)는 X_3Y_6 뿐이고, 이에 따라 (다)는 X_2Y_6 이다. 따라서 분자량비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

ㄴ. (다)의 분자식은 X_2Y_6 이다.

② 기체 1 g의 부피비를 이용하여 (나)와 (다)의 분자량비를 결정하고, 원자량비를 구한다.

ㄷ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 1 g당 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$ 에 비례하면서 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에도 비례한다. 기체 1 g의 부피비가 (나) : (다) = 5 : 7이므로 분자량비는 (나) : (다) = 7 : 5이다.

X와 Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면 X_3Y_6 와 X_2Y_6 의 분자량은 각각 $3x + 6y, 2x + 6y$ 이다. 따라서 분자량비는 (나) : (다) = $(3x + 6y) : (2x + 6y) = 7 : 5$ 이므로 $x = 12y$ 이고,

$\frac{Y \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}} = \frac{1}{12}$ 이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

$X_aY_b(g)$
VL
(가) XY_3

$X_cY_d(g)$
VL
(나) XY_2

- 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 4 : 3이다.
- 밀도비는 (가) : (나) = 5 : 4이다.
- $\frac{X \text{의 양(mol)}}{Y \text{의 양(mol)}}$ 의 비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

밀도비 = 분자량비
(가) : (나) = 5 : 4

선택지 분석

- $\frac{b}{d} = \frac{2}{3}$ 이다. $\frac{3}{2}$
- 원자량비는 X : Y = 2 : 1이다.
- 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가) > (나)이다.

전략적 풀이 ① 전체 원자 수비와 $\frac{X \text{의 양(mol)}}{Y \text{의 양(mol)}}$ 의 비를 이용하여 $a \sim d$ 를 구한다.

ㄱ. 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 4 : 3이고, X_aY_b 와 X_cY_d 의 분자당 원자 수는 모두 4 이하이므로 $a + b = 4$ 이고, $c + d = 3$ 이다. 또한 $\frac{X \text{의 양(mol)}}{Y \text{의 양(mol)}}$ 의 비는 (가) : (나) = 2 : 3이므로 $\frac{a}{b} :$

$\frac{c}{d} = 2 : 3$ 이다. 이를 만족하는 자연수는 $a = 1, b = 3, c = 1, d = 2$ 이다. 따라서 $\frac{b}{d} = \frac{3}{2}$ 이다.

② 기체의 밀도비를 이용하여 분자량비를 결정하고, 원자량비를 구한다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량비는 (가) : (나) = 5 : 4이다. (가)와 (나)의 분자식은 각각 XY_3, XY_2 이므로 X와 Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면 분자량은 각각 $x + 3y, x + 2y$ 이다. 따라서 분자량비는 $(x + 3y) : (x + 2y) = 5 : 4$ 이므로 $x = 2y$ 이고, 원자량비는 X : Y = 2 : 1이다.

③ (가)와 (나)의 분자량비와 분자당 원자 수를 이용하여 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비를 구한다.

ㄷ. 분자량비는 (가) : (나) = 5 : 4이고, XY_3 와 XY_2 의 분자당 원자 수는 각각 4, 3이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{4}{5} : \frac{3}{4} = 16 : 15$ 이므로 (가) > (나)이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석

실린더		(가) 양(mol)	(나) 양(mol)
기체의 질량(g)	X_aY_b	$15w\ m$	$22.5w\ 1.5m$
	X_aY_c	$16w\ n$	$8w\ 0.5n$
Y 원자 수(상댓값)		6	5
전체 원자 수(상댓값)		10	9
기체의 부피(L)		V	V

부피가 같으므로 기체의 양(mol)이 같다.
 $m+n=(1.5m+0.5n)$
 $\rightarrow m=n$

선택지 분석

- Ⓐ $\frac{1}{14}$ Ⓑ $\frac{1}{7}$ Ⓒ 1 Ⓓ 7 Ⓔ 14

전략적 풀이 ① (가)와 (나)에서 기체의 질량과 부피를 이용하여 기체의 양(mol)의 관계를 찾는다.

(가)에서 X_aY_b 15w g의 양(mol)을 m, X_aY_c 16w g의 양(mol)을 n이라고 하면 (나)에서 X_aY_b 22.5w g의 양(mol)은 1.5m, X_aY_c 8w g의 양(mol)은 0.5n이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피가 같으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 같다. 따라서 $m+n=1.5m+0.5n$ 이므로 $m=n$ 이다.

② Y 원자 수비와 전체 원자 수비를 이용하여 a~c의 관계를 결정한다.

실린더	(가)	(나)
Y 원자의 양(mol)	$nb+nc$	$1.5nb+0.5nc$
전체 원자의 양(mol)	$2na+nb+nc$	$2na+1.5nb+0.5nc$

Y 원자 수비는 (가) : (나) = 6 : 5이므로 $n(b+c) : n(1.5b+0.5c) = 6 : 5$ 이고, $2b=c$ 이다. 또한 전체 원자 수비는 (가) : (나) = 10 : 9이므로 $n(2a+b+c) : n(2a+1.5b+0.5c) = 10 : 9$ 이고, $a=b$ 이다. 따라서 $a : b : c = 1 : 1 : 2$ 이다.

③ (가)에서 두 기체의 분자량비를 이용하여 원자량비를 구한다.

(가)에서 X_aY_b n mol과 X_aY_c n mol의 질량이 각각 15w g, 16w g이므로 X_aY_b 와 X_aY_c 의 분자량비는 15 : 16이다. X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 X_aY_b 의 분자량은 $ax+by$ 이고, X_aY_c 의 분자량은 $ax+cy$ 이다. $a : b : c = 1 : 1 : 2$ 이므로 분자량비는 $(x+y) : (x+2y) = 15 : 16$ 이며, $x=14y$ 이다. 따라서 $\frac{X\text{의 원자량}}{Y\text{의 원자량}} = 14$ 이다.

05 — 꼼꼼 문제 분석

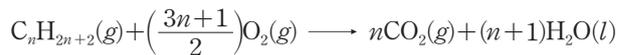
실린더에 C_nH_{2n+2} 기체 V_1 L와 산소(O_2) 기체 V_2 L를 넣고 완전 연소 반응을 시켰더니 반응이 완결되고 C_nH_{2n+2} 가 남았다. 이때 생성된 $H_2O(l)$ 의 부피를 제외하고, 실린더에 들어 있는 C_nH_{2n+2} 기체와 이산화 탄소(CO_2) 기체의 부피 합은 $(V_1 + \frac{2}{5}V_2)$ L였다.

선택지 분석

- ㉠ $n=3$ 이다.
 ㉡ $V_1=V_2$ 일 경우, 반응이 완결되었을 때 기체의 부피비는 $C_nH_{2n+2} : CO_2 = 3 : 4$ 이다. $C_3H_8 : CO_2 = 4 : 3$
 ㉢ O_2 20 g이 모두 반응할 때 $H_2O(l)$ 은 9 g이 생성된다.

전략적 풀이 ① 화합물 C_nH_{2n+2} 의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 화학 반응의 양적 관계를 정리한다.

㉠. 화합물 C_nH_{2n+2} 의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



화학 반응의 양적 관계를 정리하면 다음과 같다.

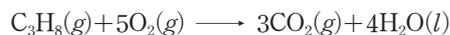
(단, $H_2O(l)$ 은 액체이므로 부피 값은 생략)

	C_nH_{2n+2}	$\left(\frac{3n+1}{2}\right)O_2$	nCO_2	$(n+1)H_2O$
반응 전(L)	V_1	V_2		
반응 후(L)	$-\frac{2}{3n+1}V_2$	$-V_2$	$+\frac{2n}{3n+1}V_2$	
반응 후(L)	$V_1 - \frac{2}{3n+1}V_2$	0	$\frac{2n}{3n+1}V_2$	

반응 후 남은 기체의 부피 합은 $(V_1 + \frac{2}{5}V_2)$ 이므로 $\frac{2n-2}{3n+1} = \frac{2}{5}$ 이다. 따라서 $n=3$ 이다.

② 화학 반응식을 이용하여 양적 관계를 확인한다.

㉠. n은 3이므로 화학 반응식은 다음과 같다.



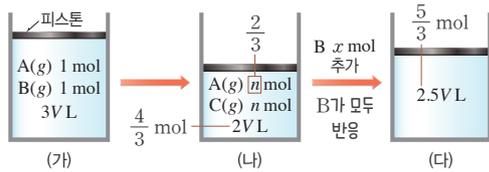
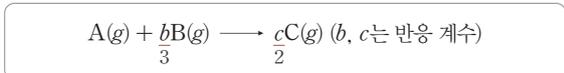
계수비는 $C_3H_8 : O_2 = 1 : 5$ 이므로 $V_1=V_2$ 이면 O_2 가 모두 반응한다. 양적 관계는 다음과 같다.

	$C_3H_8(g)$	$5O_2(g)$	$3CO_2(g)$	$4H_2O(l)$
반응 전(L)	V_1	V_1		
반응 후(L)	$-\frac{1}{5}V_1$	$-V_1$	$+\frac{3}{5}V_1$	
반응 후(L)	$\frac{4}{5}V_1$	0	$\frac{3}{5}V_1$	

따라서 반응이 완결되었을 때 기체의 부피비는 $C_3H_8 : CO_2 = 4 : 3$ 이다.

ㄷ. O_2 의 양은 $\frac{20 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{5}{8}$ mol이다. 화학 반응식에서 O_2 와 H_2O 의 계수비가 5 : 4이므로 O_2 20 g이 모두 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다. 따라서 H_2O 의 질량은 $\frac{1}{2} \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$ 이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ $n = \frac{2}{3}$ 이다.
- ㉡ $b + c = 5$ 이다.
- ㉢ $x = 2$ 이다. 1

전략적 풀이 ① 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례함을 이용하여 n 을 구한다.

ㄱ. (가)에서 전체 기체 2 mol의 부피가 3V L이므로 (나)에서 전체 기체 2V L의 양은 $\frac{4}{3}$ mol이다. (나)에서 실린더에 A n mol, C n mol이 있으므로 $n = \frac{2}{3}$ 이다.

② 화학 반응식의 계수비로부터 몰비를 이용하여 반응 계수를 구한다.
ㄴ. (가) → (나)에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g)$		
반응 전(mol)	1	1	
반응(mol)	$-\frac{1}{3}$	-1	$+\frac{2}{3}$
반응 후(mol)	$\frac{2}{3}$	0	$\frac{2}{3}$

A $\frac{1}{3}$ mol과 B 1 mol 반응하여 C $\frac{2}{3}$ mol이 생성되므로 반응 계수비는 A : B : C = 1 : 3 : 2이다. $b = 3$, $c = 2$ 이므로 $b + c = 5$ 이다.

③ (나) → (다)에서 A 또는 B가 모두 반응했을 때의 양적 관계를 비교하여 x 를 구한다.

ㄷ. (다)에서 전체 기체 2.5V L의 양은 $\frac{5}{3}$ mol이다.

(나) → (다)에서 A가 모두 반응할 경우 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

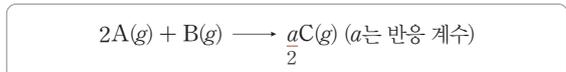
	$A(g) + 3B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	$\frac{2}{3}$	x	$\frac{2}{3}$
반응(mol)	$-\frac{2}{3}$	-2	$+\frac{4}{3}$
반응 후(mol)	0	$(x-2)$	2

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $(x-2) + 2 = \frac{5}{3}$ 이므로 $x = \frac{5}{3}$ 이다. 이 경우 반응 후 B의 양(mol)이 0보다 작으므로 모순이다. 따라서 (나) → (다)에서 B가 모두 반응한다. 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 3B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	$\frac{2}{3}$	x	$\frac{2}{3}$
반응(mol)	$-\frac{x}{3}$	$-x$	$+\frac{2x}{3}$
반응 후(mol)	$\frac{2}{3} - \frac{x}{3}$	0	$\frac{2}{3} + \frac{2x}{3}$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $(\frac{2}{3} - \frac{x}{3}) + (\frac{2}{3} + \frac{2x}{3}) = \frac{5}{3}$ 이므로 $x = 1$ 이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



추가한 B의 총량(mol)	0	0.5	1	1.5
전체 기체의 부피(L)	3V	3V	3.5V	4V

선택지 분석

- ㉠ $\frac{1}{3}$
- ㉡ $\frac{2}{3}$
- ㉢ 1
- ㉣ $\frac{4}{3}$
- ㉤ $\frac{5}{3}$

전략적 풀이 ① 화학 반응의 양적 관계를 정리한다

A m mol과 B n mol을 반응시킬 때 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) + B(g) \longrightarrow aC(g)$		
반응 전(mol)	m	n	$\rightarrow 4V \text{ L}$
반응(mol)	$-2n$	$-n$	an
반응 후(mol)	$m-2n$	0	$an \rightarrow 3V \text{ L}$

기체 1 mol의 부피가 V L이므로 반응 전 기체의 양(mol)은 $m+n=4$, 반응 후 기체의 양(mol)은 $m+n(a-2)=3$ 이 성립하며, 반응 후 부피가 줄었으므로 이를 만족하는 a 는 1 또는 2이다.

② 추가한 B의 양(mol)과 전체 기체의 부피를 이용하여 반응 계수 a 를 구하고, m, n 을 구한다.

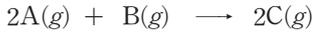
a 가 1이면 $m=\frac{7}{2}, n=\frac{1}{2}$ 이다. 이 경우 추가한 B의 총량이 0.5

mol일 때 양적 관계를 계산하면 전체 기체의 부피가 $\frac{5}{2}V$ L이

므로 문제에서 주어진 조건이 성립하지 않는다.

a 가 2이면 $m=3, n=1$ 이다.

이 경우 추가한 B의 총량이 0.5 mol일 때 전체 기체의 부피가 $3V$ L이므로 성립한다.



반응 전(mol)	1	0.5	2
반응(mol)	-1	-0.5	+1
반응 후(mol)	0	0	3

따라서 $a=2$ 이고, $m=3, n=1$ 이므로 $\frac{an}{m}=\frac{2}{3}$ 이다.

08 품평 문제 분석

• 화학 반응식: $A(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g)$ (b, c 는 반응 계수)

실험	반응 전 물질의 양		전체 기체의 부피(L)		
	A(g)	B(g)	반응 전	반응 후	
I	$2n$ mol	n mol	$3V$	$\frac{5}{2}V$	$\frac{5}{2}n$ mol
II	n mol	$4n$ mol	$5V$	$4V$	$4n$ mol
III	x g	x g		$\frac{10}{3}V$	$\frac{10}{3}n$ mol

• 실험 III에서 반응 후 A(g)는 $\frac{1}{3}x$ g이 남았다.

선택지 분석

Ⓐ $b=2$ 이다.

Ⓑ 분자량은 C가 A의 $\frac{4}{5}$ 배이다. $\frac{5}{4}$

Ⓒ 반응 후 생성된 C의 몰비는 II : III = 3 : 4이다.

전략적 풀이 ① 화학 반응의 양적 관계를 이용하여 반응 계수를 구한다. 화학 반응식에서 계수비는 $A : B = 1 : b$ 이고, $b \geq 1$ 이다. 실험 I에서 B의 양(mol)이 더 작으므로 B는 모두 반응하며 양적 관계는 다음과 같다.

(실험 I)

	A(g)	+	bB(g)	→	cC(g)
반응 전(mol)	$2n$		n		
반응(mol)	$-\frac{n}{b}$		$-n$		$+\frac{cn}{b}$
반응 후(mol)	$2n - \frac{n}{b}$		0		$\frac{cn}{b}$

(실험 II)

	A(g)	+	bB(g)	→	cC(g)
반응 전(mol)	n		$4n$		
반응(mol)	$-n$		$-bn$		$+cn$
반응 후(mol)	0		$4n - bn$		cn

ㄱ. 온도와 압력이 일정할 때 몰비는 기체의 부피비와 같으므로

반응 후 전체 기체의 양은 실험 I에서는 $\frac{5}{2}n$ mol, 실험 II에서는

$4n$ mol이다. 따라서 실험 I에서 $2 + \frac{(c-1)}{b} = \frac{5}{2}$ 이고, 실험 II에서

$4 - b + c = 4$ 이므로 $b = c = 2$ 이다.

② 반응 질량비와 반응 몰비를 이용하여 분자량비를 구한다.

ㄴ. 실험 III에서 반응 후 A는 $\frac{1}{3}x$ g 남았으므로 A $\frac{2}{3}x$ g과

B x g이 반응하여 C $\frac{5}{3}x$ g이 생성된다. 따라서 반응 질량비는

$A : B : C = \frac{2x}{3} : x : \frac{5x}{3}$ 이며, A~C의 분자량을 $M_A \sim M_C$

라고 하면 반응 몰비(=계수비)는 $A : B : C = \frac{2x}{M_A} : \frac{x}{M_B} : \frac{5x}{M_C}$

$= 1 : 2 : 2$ 이다. 따라서 분자량비는 $M_A : M_B : M_C = 4 : 3 : 5$

이므로 분자량은 C가 A의 $\frac{5}{4}$ 배이다.

③ 반응 후 생성된 C의 몰비를 구한다.

ㄷ. 화학 반응식에서 A와 C의 계수비가 1 : 2이다. 따라서 실험 II에서는 A n mol이 반응했으므로 C는 $2n$ mol이 생성된다.

실험 III에서 반응 후 전체 기체는 A $\frac{x}{3}$ g과 C $\frac{5x}{3}$ g이다. 분자

량비는 $A : C = 4 : 5$ 이므로 몰비는 $\frac{x}{3} : \frac{5x}{3} = 1 : 4$ 이다. 반응

후 전체 기체의 부피가 $\frac{10}{3}V$ 이므로 전체 기체 양은 $\frac{10n}{3}$ mol

이고, A는 $\frac{2n}{3}$ mol, C는 $\frac{8n}{3}$ mol이다. 따라서 반응 후 생성

된 C의 몰비는 II : III = $2n : \frac{8n}{3} = 3 : 4$ 이다.

물질의 구조와 성질

1 화학 결합과 결합의 극성

01 / 화학 결합의 전기적 성질

개념 확인 문제

62쪽

- 1 공유 2 이온 3 전해질 4 수소(H₂) 5 산소(O₂)
6 나트륨(Na) 7 염소(Cl₂) 8 전자

- 1 (1) × (2) × (3) ○ 2 ⊕ 수소(H₂) ⊖ 산소(O₂) ⊖ 2 : 1
3 (1) × (2) ○ (3) ○ 4 (1) (-)극: 나트륨(Na), (+)극: 염소(Cl₂) (2) 2NaCl(l) → 2Na(s) + Cl₂(g)

1 (1) 물(H₂O) 분자와 같이 공유 결합 물질을 구성하는 원소는 비금속 원소이다.

(2), (3) 물(H₂O) 분자는 수소(H) 원자 2개와 산소(O) 원자 1개가 전자쌍을 공유하여 생성된 화합물로 공유 결합 물질이다. 전자를 주고받아 정전기적 인력으로 형성되는 결합은 이온 결합이다.

2 황산 나트륨(Na₂SO₄)과 같은 전해질을 소량 녹인 물(H₂O)을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 물의 전기 분해에서 화학 반응식은 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이므로 발생한 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.

3 (1) (가)는 이온들이 강하게 결합하고 있어 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없다. (나)는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

(2), (3) (나)를 전기 분해 하면 (-)극에서는 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성되고, (+)극에서는 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

4 (1) 염화 나트륨(NaCl) 용융액을 전기 분해 하면 (-)극에서는 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성되고, (+)극에서는 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

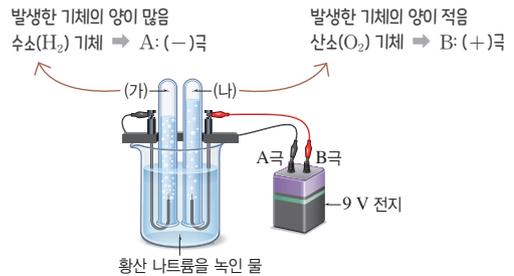
(2) 염화 나트륨 용융액의 전기 분해에서 화학 반응식은 2NaCl(l) → 2Na(s) + Cl₂(g)이다.

대표 자료 분석 1

63쪽

- 1 (가) 수소(H₂) (나) 산소(O₂) 2 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)
3 (1) 많다 (2) 얻는 (3) (+)극 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○
(5) × (6) ○

꼼꼼 문제 분석



• 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이므로 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.

1 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 이때 발생한 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다. 따라서 발생한 기체의 양이 많은 (가)에 수소 기체가, 기체의 양이 적은 (나)에 산소 기체가 모였다는 것을 알 수 있다.

2 (-)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 얻어 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어 산소(O₂) 기체가 발생한다. 물의 전기 분해 반응을 화학 반응식으로 나타내면 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이다.

3 (1) 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 이때 발생한 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.

(2) (-)극에서는 전자를 얻는 반응이 일어나고, (+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어난다.

(3) (+)극에 모인 산소 기체에 불씨만 있는 향을 가져가면 불씨가 커진다.

4 (1) 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 이때 발생한 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이므로 A극은 (-)극이고, B극은 (+)극임을 알 수 있다. 즉, A((-)극에서 발생한 기체는 수소이다.

- (2) B(+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어나고, A(-)극에서 전자를 얻는 반응이 일어난다.
- (3) (가)에 모인 기체는 수소이다. 수소 기체에 불꽃을 가까이 가져가면 '퍽' 소리가 나며 탄다.
- (4) (나)에 모인 기체는 산소이다.
- (5) (+)극과 (-)극에서 발생하는 기체는 각각 산소(O₂) 기체와 수소(H₂) 기체이다. 이때 발생한 기체의 부피비는 O₂ : H₂ = 1 : 2이다.
- (6) 화합물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다. 따라서 이 실험으로 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.

나신 만점 문제

64쪽~65쪽

- 01 ㄱ, ㄷ 02 ② 03 해설 참조 04 ③ 05 ④
06 ⑤ 07 ③ 08 해설 참조

- 01** ㄱ. 1개의 산소(O) 원자가 2개의 수소(H) 원자와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하여 공유 결합을 형성한다.
 ㄷ. 물(H₂O) 분자에서 산소(O) 원자는 2개의 수소(H) 원자로부터 각각 전자 1개씩 공유하여 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이룬다.
 [바로알기] ㄴ. 물(H₂O) 분자는 산소(O) 원자가 2개의 수소(H) 원자와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하므로 공유 전자쌍은 2개이다.

- 02** ① 순수한 물은 전류가 잘 흐르지 않지만, 물에 황산 나트륨과 같은 전해질을 소량 녹이면 이온이 생겨 전류가 흐를 수 있게 된다.
 ③ (+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어나고, (-)극에서는 전자를 얻는 반응이 일어난다.
 ④ (-)극에서 발생하는 수소(H₂) 기체와 (+)극에서 발생하는 산소(O₂) 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.
 ⑤ 화합물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다. 따라서 이 실험으로 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.
 [바로알기] ② (-)극에서 수소(H₂) 기체가 발생한다.

- 03** 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 얻어 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어 산소(O₂) 기체가 발생한다. 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이다. 이때 생성되는 수소(H₂) 기체와 산소(O₂) 기체의 계수비가 2 : 1이므로 기체의 부피비도 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.

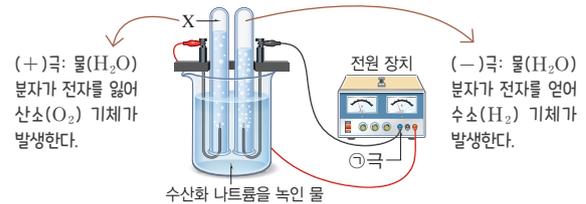
[모범 답안] (1) A: 수소, B: 산소

- (2) $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$, 수소(H₂) 기체와 산소(O₂) 기체의 부피비는 2 : 1이다.

채점 기준	배점
(1) A, B를 모두 옳게 쓴 경우	40%
(2) 화학 반응식과 생성되는 기체의 부피비를 모두 옳게 쓴 경우	60%
(2) 화학 반응식과 생성되는 기체의 부피비 중 1가지만 옳게 쓴 경우	30%

04 - 꼼꼼 문제 분석

$2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이므로 수소(H₂) 기체와 산소(O₂) 기체의 계수비(=몰비)가 2 : 1이다. 따라서 부피비도 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.
 → 기체의 양이 적은 X가 산소(O₂) 기체이다.



- ㄱ. 물을 전기 분해 할 때 생성된 수소(H₂) 기체와 산소(O₂) 기체의 부피비는 2 : 1이다. 따라서 ㉠과 연결된 시험관에는 수소(H₂) 기체가 모인 것이다. 수소(H₂) 기체는 (-)극에서 생성되므로 ㉠은 (-)극이다.
 ㄷ. 화합물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다. 따라서 이 실험으로 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.
 [바로알기] ㄴ. X는 산소(O₂) 기체이다. 산소(O₂) 기체는 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어서 생성된다.

- 05** 기포가 발생하는 양이 전극 A가 전극 B보다 많으므로 전극 A에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, 전극 B에서는 산소(O₂) 기체가 발생하였음을 알 수 있다. 수소 기체가 발생하는 전극은 (-)극이고, 산소 기체가 발생하는 전극은 (+)극이다. 즉, A는 (-)극, B는 (+)극이다.
 ㄴ. B에서 발생한 기체는 산소이다. 산소는 사람이 호흡할 때 꼭 필요한 기체이다.

ㄷ. A에서 발생하는 기체(H₂)와 B에서 발생한 기체(O₂)의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.

바로알기 ㄱ. A는 (-)극이다.

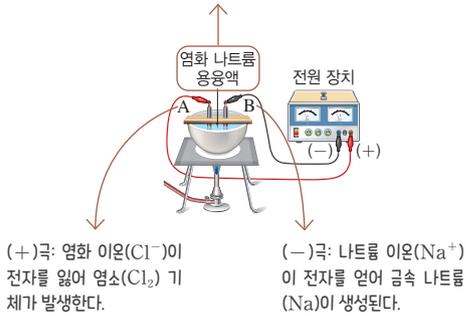
06 ㄱ. 나트륨(Na) 원자는 전자를 잃어 양전하를 띤 나트륨 이온(Na⁺)이 된다.

ㄴ. 나트륨(Na)이 잃은 전자를 염소(Cl)가 얻어 염화 이온(Cl⁻)이 된다.

ㄷ. 염화 나트륨(NaCl)을 구성하는 나트륨 이온(Na⁺)은 양전하를 띠고, 염화 이온(Cl⁻)은 음전하를 띠므로 구성 이온 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

염화 나트륨(NaCl)은 고체 상태일 때에는 양이온과 음이온이 강하게 결합하고 있어 이온이 자유롭게 이동할 수 없으므로 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태(용융액)일 때에는 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전류가 흐른다.



ㄱ, ㄴ. (+)극과 연결된 A에서는 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생하고, (-)극과 연결된 B에서는 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.

바로알기 ㄷ. 염화 나트륨 용융액의 전기 분해에서 화학 반응식은 $2\text{NaCl}(l) \rightarrow 2\text{Na}(s) + \text{Cl}_2(g)$ 이므로 생성되는 물질의 몰비는 A(Cl₂) : B(Na) = 1 : 2이다.

08 공유 결합 물질인 물(H₂O)과 이온 결합 물질인 염화 나트륨(NaCl)의 용융액을 전기 분해 하면 각각 성분 원소로 분해된다. 이는 화학 결합(공유 결합, 이온 결합)이 형성될 때 전자가 관여하였기 때문이다.

모범 답안 화학물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다.

채점 기준	배점
공유 결합과 이온 결합 또는 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
그 외의 경우	0 %

실력 UP 문제

65쪽

01 ① **02** ⑤

01 물의 전기 분해에서 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이고, (+)극과 (-)극에서는 각각 산소(O₂) 기체와 수소(H₂) 기체가 발생한다. 즉, A에 모인 기체는 산소이고, B에서 모인 기체는 수소이다.

ㄱ. B에 모인 기체는 수소이다. 수소 기체에 성냥불을 가까이 가져가면 '퍽' 소리가 나며 탄다.

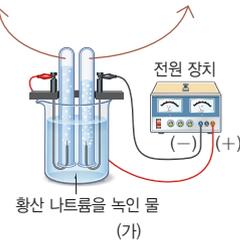
바로알기 ㄴ. A와 B에서 발생하는 기체는 각각 산소(O₂)와 수소(H₂)이고, 화학 반응식에서 산소 기체와 수소 기체의 계수비는 1 : 2이다. 따라서 A와 B에서 발생하는 기체의 몰비는 A(O₂) : B(H₂) = 1 : 2이다.

ㄷ. A와 B에서 발생하는 O₂와 H₂의 질량비는 A(O₂) : B(H₂) = (1 mol × 32 g/mol) : (2 mol × 2 g/mol) = 8 : 1이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

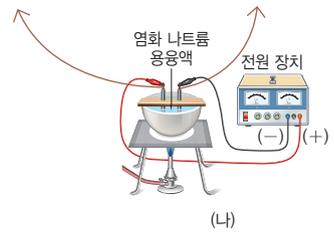
(+)극: 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어 산소(O₂) 기체가 발생한다.

(-)극: 물(H₂O) 분자가 전자를 얻어 수소(H₂) 기체가 발생한다.



(+)극: 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

(-)극: 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.



ㄱ. 전기 분해 하면 (-)극에서는 전자를 얻는 반응이 일어나고, (+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어난다.

ㄴ. (가)의 (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생하고, (나)의 (+)극에서는 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

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

02 / 결합의 극성

개념 확인 문제

69쪽

1 전기음성도 2 주기 3 족 4 무극성 5 극성

6 쌍극자 모멘트

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

3 (가) δ^- , δ^- (나) δ^- , δ^- 4 (1) 없음 (2) δ^+ δ^- (3) δ^+ δ^-

(4) δ^+ δ^- (5) δ^- δ^+ (6) 없음 5 (나), (가), (다) 6 (1) ×
(2) ○ (3) ×

1 (1) 전기음성도는 공유 결합을 형성할 때 각 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적으로 비교하여 정한 값으로, 전기음성도가 클수록 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

(2) 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 원자이므로 전기음성도가 가장 크다. 플루오린(F)의 전기음성도를 4.0으로 정하고, 이를 기준으로 다른 원자들의 전기음성도를 상대적으로 정하였다.

(3) 전기음성도는 상대적인 값이므로 단위가 없다.

(4) 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 커지지만, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 작아진다. 즉, 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 대체로 커진다.

2 (1) 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합은 전기음성도 차이가 없으므로 무극성 공유 결합이다.

(2) 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합은 두 원자의 전기음성도가 다르므로 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우친다.

(3) 무극성 공유 결합은 두 원자의 전기음성도가 같아 공유 전자쌍이 한 원자 쪽으로 치우치지 않으므로 부분적인 전하를 띠는 원자가 없다.

(4) 극성 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우친다. 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

3 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하고, 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합을 극성 공유 결합이라고 한다.

4 무극성 공유 결합은 부분적인 전하를 띠는 원자가 없고, 극성 공유 결합에서 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠

며, 전기음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

5 결합한 두 원자의 전기음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 결합한 두 원자의 전기음성도 차이가 (가)는 1.2, (나)는 1.8, (다)는 0.8이므로 결합의 극성은 (나) > (가) > (다)이다.

6 (1) 쌍극자 모멘트를 나타낼 때에는 전기음성도가 작아 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 전기음성도가 커 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

(2) 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니며, 쌍극자 모멘트가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다.

(3) 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다.

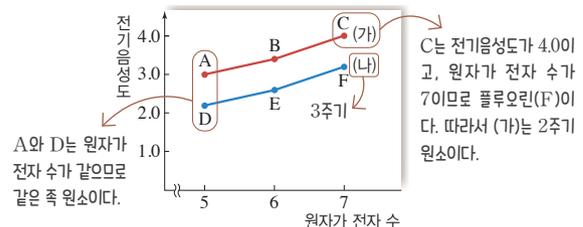
대표 자료 분석 1

70쪽

1 작아진다. 2 커진다. 3 (1) B (2) C (3) C 4 C-D

5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

꼼꼼 문제 분석



1 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 작아진다.

2 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 커진다.

3 전기음성도는 공유 결합을 형성할 때 각 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적으로 비교하여 정한 값으로, 전기음성도가 클수록 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

(1) 전기음성도가 $B > A$ 이므로 A-B 결합에서 공유 전자쌍은 B 원자 쪽으로 치우친다.

(2) 전기음성도가 $C > F$ 이므로 C-F 결합에서 공유 전자쌍은 C 원자 쪽으로 치우친다.

(3) 전기음성도가 $C > E$ 이므로 E-C 결합에서 공유 전자쌍은 C 원자 쪽으로 치우친다.

4 결합한 두 원자의 전기음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 즉, 결합의 극성은 $C-D > E-F > A-B$ 이다.

5 (1) 같은 족에서는 원자 번호(주기)가 커질수록 전기음성도가 작아진다. 따라서 (가)는 2주기 원소이고, (나)는 3주기 원소이다.

(2) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다.

(3) A와 D는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소이다. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 작아지므로 원자 번호는 $D > A$ 이다.

(4) B와 C가 결합을 형성할 때 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 C 원자 쪽으로 치우친다.

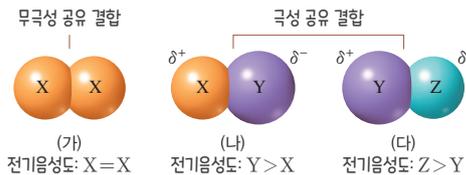
(5) 전기음성도가 $C > A$ 이므로 AC_3 에서 C는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, A는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

대표자료분석 2

71쪽

- 1 $Z > Y > X$ 2 무극성 공유 결합: (가), 극성 공유 결합: (나), (다)
3 (다) > (가) 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

꼼꼼 문제 분석



1 극성 공유 결합에서 전기음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. (나)에서 Y 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이고, (다)에서 Z 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 X~Z의 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다.

2 (가)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이고, (나)의 결합과 (다)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다.

3 (가)에서 X와 X 사이의 결합은 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이고, (다)에서 Y와 Z 사이의 결합은 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트 크기는 (다) > (가)이다.

4 (1) (나)에서 Y 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이고, (다)에서 Z 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 X~Z 중 전기음성도가 가장 큰 원소는 Z이다.

(2) (가)에서 X와 X 사이의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

(3) (나)에서 Y 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이다. 따라서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 Y 원자 쪽으로 치우친다.

(4) (다)에서 Y와 Z 사이의 결합은 극성 공유 결합이므로 원자 사이의 전기음성도 차이는 0이 아니다.

(5) 무극성 공유 결합은 결합의 쌍극자 모멘트가 0이고, 극성 공유 결합은 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 (가) 1가지이다.

내신 만점 문제

72쪽~75쪽

- 01 ② 02 ㄱ, ㄷ 03 해설 참조 04 ⑤ 05 ③
06 $Y > Z > X$ 07 X: 2주기, Y: 3주기 08 ①
09 무극성 공유 결합: (가), 극성 공유 결합: (나), (다) 10 ②
11 ⑤ 12 ③ 13 해설 참조 14 ④ 15 ⑤
16 ③ 17 ② 18 ③ 19 ① 20 ⑤

01 ② 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 원소이므로 전기음성도가 가장 크다.

바로알기 ① 플루오린(F)의 전기음성도를 4.0으로 정하고, 이 값을 기준으로 다른 원소들의 전기음성도를 정하였다.

③ 18족 원소는 다른 원자와 결합을 하지 않으므로 전기음성도를 나타내지 않는다.

④ 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 작아진다.

⑤ HCl은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다. 극성 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우친다. 즉, HCl에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 Cl 원자 쪽으로 치우친다.

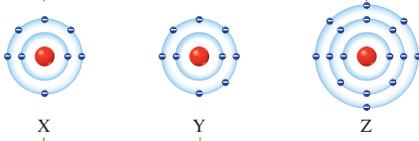
02 ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 $B > A$ 이다.

ㄷ. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 $C > D$ 이다.

바로알기 ㄴ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아지므로 전기음성도는 $B > D$ 이다.

03 - 꼼꼼 문제 분석

- 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소 \Rightarrow 16족 원소
- 전자 껍질 수가 커질수록 주기가 커지므로 원자 번호가 커진다.
- 같은 족에서 원자번호가 커질수록 전기음성도가 작아진다.
- \Rightarrow 전기음성도: $X > Z$



- 전자 껍질 수가 같으므로 같은 주기 원소 \Rightarrow 2주기 원소
- 원자가 전자 수가 커질수록 원자 번호가 커진다.
- 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다.
- \Rightarrow 전기음성도: $Y > X$

구분	X	Y	Z
원소	산소(O)	플루오린(F)	황(S)
전자 껍질 수	2	2	3
원자가 전자 수	6	7	6

모범 답안 $Y > X > Z$, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 $Y > X$ 이다. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아지므로 전기음성도는 $X > Z$ 이다. 따라서 전기음성도는 $Y > X > Z$ 이다.

채점 기준	배점
전기음성도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
전기음성도를 옳게 비교하였으나, 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	60%
전기음성도만 옳게 비교한 경우	30%

04 - 꼼꼼 문제 분석

- 같은 족일 때 2주기 원소가 3주기 원소보다 전기음성도가 크다.
 \Rightarrow 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아진다.

원소	C	Si	N	P	O	S
족	14	14	15	15	16	16
주기	2	3	2	3	2	3
전기음성도	2.6	1.9	3.0	2.1	3.4	2.6
원자 번호	6	14	7	15	8	16

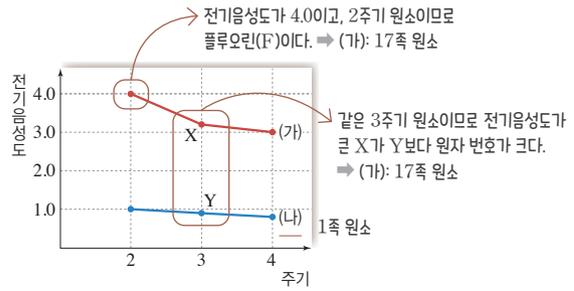
\Rightarrow 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다.

ㄱ. 탄소(C)와 규소(Si), 산소(O)와 황(S)의 전기음성도를 비교하면 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아진다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 탄소(C), 질소(N), 산소(O)의 전기음성도를 비교하면 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 같은 3주기 원소인 규소(Si), 황(S)의 전기음성도와 비교하면 인(P)의 전기음성도는 1.9보다 크고, 2.6보다 작다.

05 - 꼼꼼 문제 분석



ㄱ, ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다. 같은 주기에서 원자 번호는 17족 원소가 1족 원소보다 크므로 (가)는 17족 원소이고, (나)는 1족 원소이며, 원자 번호는 $X > Y$ 이다.

바로알기 ㄷ. 같은 족에서 주기가 커질수록 전기음성도가 작아진다.

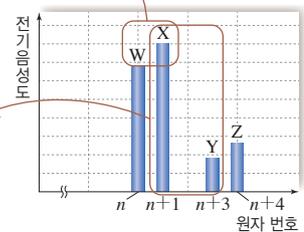
06 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 커지므로 전기음성도는 $Y > Z$ 이다. $|x - y|$ 가 가장 크므로 $X \sim Z$ 중 X와 Y의 전기음성도는 각각 최댓값 또는 최솟값 중 하나이다. Y의 전기음성도는 최솟값이 될 수 없으므로 최댓값이고, X의 전기음성도는 최솟값이다. 따라서 전기음성도는 $Y > Z > X$ 이다.

07 주기율표의 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 원자가 전자 수가 커지고 전기음성도가 커진다. 하지만 주기가 다르다면 아래쪽에 있는 원소일수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵이 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 감소하므로 전기음성도가 작아진다. 그림에서 원자가 전자 수는 $Y > X$ 이고, 전기음성도는 $X > Y$ 이므로 X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다.

08 - 꼼꼼 문제 분석

- 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다. \Rightarrow W와 X는 2주기 원소이고, Y와 Z는 3주기 원소이다.

원자 번호가 커졌는데 전기음성도가 작아진다. \Rightarrow X와 Y는 다른 주기 원소이다. \Rightarrow 주기율표의 아래쪽에 있는 원소일수록 전자 껍질 수가 증가하여 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 감소한다. \Rightarrow X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다.



ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 W와 X는 같은 주기 원소이고, Y와 Z는 같은 주기 원소이다.

바로알기 나. Y는 X보다 원자 번호가 크지만, X보다 전기음성도가 작으므로 X와 Y는 다른 주기 원소이다. X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다. 같은 주기에서 금속 원소는 원자 번호가 작고, 비금속 원소는 원자 번호가 크므로 X는 2주기 비금속 원소이고, Y는 3주기 금속 원소이다.

다. W는 16족, X는 17족, Y는 1족, Z는 2족이므로 원자가 전자 수는 $X > W > Z > Y$ 이다.

09 (가)는 전기음성도 차이가 0이므로 무극성 공유 결합이고, (나)와 (다)는 전기음성도 차이가 0이 아니므로 극성 공유 결합이다.

10 (가)는 전기음성도 차이가 0이므로 X는 H이고, (다)는 전기음성도가 차이가 가장 크므로 Z는 F이다. 따라서 Y는 Cl이다.

- ① X~Z 중 전기음성도가 가장 큰 원소는 F인 Z이다.
- ③ 극성 공유 결합에서는 결합한 두 원자의 전기음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 커진다. 따라서 결합의 극성은 (다) > (나)이다.
- ④ X는 H이므로 X-Z 결합에서 원자 사이의 전기음성도 차이는 (다)와 같은 1.8이다.

⑤ Y_2 는 같은 원자가 결합한 분자이므로 전기음성도 차이가 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

바로알기 ② (다)에서 전기음성도가 $Z > H$ 이므로 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

11 나. A_2 의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

나. 전기음성도가 $C > A$ 이므로 A와 C가 결합을 형성하면 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 C 원자 쪽으로 치우친다.

다. 전기음성도가 $C > B$ 이므로 BC_2 에서 C는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

12 나. F_2 의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

나. 극성 공유 결합에서 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 전기음성도가 $F > H$ 이므로 HF에서 F는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

바로알기 다. 극성 공유 결합에서는 결합한 두 원자의 전기음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 따라서 결합의 극성은 $HF > HCl$ 이다.

13 극성 공유 결합에서 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. (가)에서 X가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는

$X > Y$ 이고, (나)에서 X가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $X > Z$ 이다. (다)에서 Z가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 전기음성도는 $X > Z > Y$ 이다.

모범 답안 $X > Z > Y$, 이원자 분자에서 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $X > Z > Y$ 이다.

채점 기준	배점
전기음성도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
전기음성도를 옳게 비교하였으나, 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	60 %
전기음성도만 옳게 비교한 경우	30 %

14 나. 극성 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우치고, 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. (가)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 공유 전자쌍은 Y 원자 쪽으로 치우친다.

다. (가)에서 Y가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이다. (나)에서 Z가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다.

바로알기 나. (나)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다.

15 X는 원자가 전자 수가 5인 질소(N)이고, Y는 원자가 전자 수가 7인 플루오린(F)이다.

나. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 $Y(F) > X(N)$ 이다.

나. X와 Y의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다.

다. 전기음성도가 $Y > X$ 이므로 XY_3 에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

16 나. (가)의 결합과 (나)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다.

다. 쌍극자 모멘트는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다. 따라서 (가)에서 F는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, (나)에서 N는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

바로알기 나. 쌍극자 모멘트의 표시로 (나)에서 전기음성도가 $C > H$ 이고, $N > C$ 인 것을 알 수 있다.

17 $H_2O_2(H-O-O-H)$ 에는 무극성 공유 결합인 O-O 결합과 극성 공유 결합인 H-O 결합이 있다. $H_2(H-H)$ 에는 무극성 공유 결합이 있고, HF(H-F)에는 무극성 공유 결합이 없다. 무극성 공유 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도 차이는 0이고, 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다. 따라서 (가)로 '쌍극자 모멘트가 0인 결합이 있는가?'가 적절하다.

H₂O₂에는 극성 공유 결합이 있으므로 부분적인 전하를 띠는 원자가 있지만, H₂에는 극성 공유 결합이 없으므로 부분적인 전하를 띠는 원자가 없다. 따라서 (나)로 '극성 공유 결합이 있는가?'가 적절하다.

18 X는 원자가 전자 수가 4인 탄소(C), Y는 원자가 전자 수가 6인 산소(O), Z는 원자가 전자 수가 7인 플루오린(F)이다.

ㄱ. XY₂(CO₂)와 YZ₂(OF₂)에 있는 공유 결합은 서로 다른 원자가 결합한 극성 공유 결합이다.

ㄴ. XY₂와 YZ₂에서 구성 원자는 각각 다른 원소이므로 구성 원자의 전기음성도 차이가 0보다 크다.

바로알기 ㄷ. 전기음성도는 Z(F) > Y(O) > X(C)이므로 XY₂에서 Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠지만, YZ₂에서 Y는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

19 전자 배치 모형으로부터 X는 1주기 1족 원소인 수소(H), Y는 2주기 14족 원소인 탄소(C), Z는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)임을 알 수 있다.

ㄱ. (가)의 결합과 (다)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이고, (나)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

바로알기 ㄴ. (나)는 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

ㄷ. Y(C)와 Z(F)는 같은 주기 원소이고 원자 번호는 Z(F) > Y(C)이므로 전기음성도는 Z(F) > Y(C)이다. 따라서 (다)에서 Z는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

20 ㄱ. 반응물 X₂와 Y₂에는 같은 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 모두 무극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. X₂Y에서 Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠므로 전기음성도는 Y > X이다.

ㄷ. Y-Y 결합은 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이고, X-Y 결합은 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

실력 UP 문제 76쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ① 04 ③

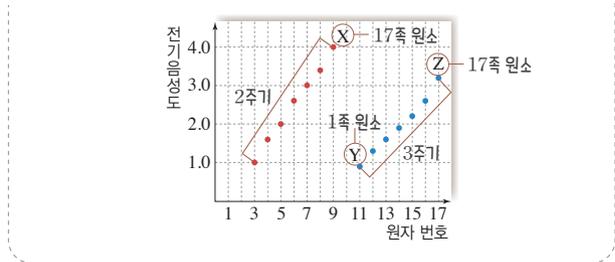
01 ㄱ. X와 Y의 전기음성도 차이가 1.8로 가장 크므로 X와 Y의 전기음성도는 각각 최댓값 또는 최솟값 중 하나이다. Y의 전기음성도가 최댓값이면 Y의 전기음성도는 4.0이고, X의 전기음성도는 2.2이다. Y와 Z의 전기음성도 차이가 0.4이므로 Z의 전기음성도는 3.6이고, X와 Z의 전기음성도 차이는 1.4이다.

W와 Y의 전기음성도 차이가 1.2이므로 W의 전기음성도는 2.8이고, W와 Z의 전기음성도 차이가 0.8이므로 Z의 전기음성도는 3.6이다. 그러면 전기음성도가 두 번째로 큰 원소가 Z가 되므로 제시된 자료에 부합하지 않아 모순이다. 따라서 X의 전기음성도가 최댓값이므로 X의 전기음성도는 4.0이고, Y의 전기음성도는 2.2이다.

ㄴ. Y와 Z의 전기음성도 차이가 0.4이므로 Z의 전기음성도는 2.6이고, W와 Y의 전기음성도 차이가 1.2이므로 W의 전기음성도는 3.4이다.

ㄷ. 전기음성도는 Z > Y이므로 Y-Z 결합에서 Z는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다.
 ㄷ. X와 Z의 전기음성도를 비교하면 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아진다는 것을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. 원자 번호는 Y > X이고, 전기음성도는 X > Y이므로 X와 Y는 다른 주기 원소이다.

03 ㄱ. 쌍극자 모멘트(μ) = 전하량(q) × 두 전하 사이의 거리(r)이다. 두 전하 사이의 거리는 (나) > (가)이므로 쌍극자 모멘트는 (나) > (가)이다.

바로알기 ㄴ. 쌍극자 모멘트는 결합의 극성 정도를 나타낸다. (다)는 (나)보다 전하량이 크므로 쌍극자 모멘트는 (다) > (나)이고, 결합의 극성도 (다) > (나)이다.

ㄷ. 쌍극자 모멘트는 양전하에서 음전하 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다. 따라서 (다)에서 쌍극자 모멘트는 ⊖이다.

04 ㄱ. 전기음성도는 X > W이고, Y > W이므로 (가)와 (나)에서 W는 모두 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

ㄴ. (다)에서 Z는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠므로 전기음성도는 Z > Y이다. 따라서 ⊖은 3.2보다 크다.

바로알기 ㄷ. 무극성 공유 결합은 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다. (가)~(다)에는 모두 극성 공유 결합만 있으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 없다.

중단원 핵심정리

77쪽

- ① 수소(H₂) ② 산소(O₂) ③ 나트륨(Na) ④ 염소(Cl₂)
 ⑤ 전자 ⑥ 공유 ⑦ 커진다 ⑧ 작아진다 ⑨ 무극성
 ⑩ 극성 ⑪ 쌍극자 모멘트 ⑫ 양전하(δ⁺) ⑬ 음전하(δ⁻)

중단원 마무리 문제

78쪽~81쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ㉠ 1 ㉡ 2 ㉢ 전자
 05 ④ 06 ② 07 ⑤ 08 B>A>C 09 ①
 10 ③ 11 ⑤ 12 ④ 13 ③ 14 ② 15 ④
 16 ⑤ 17 해설 참조 18 해설 참조 19 해설 참조

01 — 꼼꼼 문제 분석

산소(O) 원자가 2개의 수소(H) 원자와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하여 결합을 형성한다.
 → 공유 결합

나트륨 이온(Na⁺)과 염화 이온(Cl⁻)은 정전기적 인력에 의해 결합을 형성한다.
 → 이온 결합

나트륨(Na) 원자가 전자 1개를 잃어 나트륨 이온(Na⁺)이 된다.

염소(Cl) 원자가 나트륨(Na) 원자로부터 전자 1개를 얻어 염화 이온(Cl⁻)이 된다.

㉠. A₂B(H₂O)는 전자를 공유하여 화학 결합을 형성하므로 A₂B에는 공유 결합이 있다.

㉡. CD(NaCl)가 형성될 때 전자가 C(Na)에서 D(Cl)로 이동하여 C는 C⁺(Na⁺)이 되고, D(Cl)는 D⁻(Cl⁻)이 된다.

바로알기 ㉢. B(O)는 비금속 원소이고, C(Na)는 금속 원소이다.

02 ⑤ 물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.

바로알기 ①, ② 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 얻는 환원 반응이 일어나 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 물(H₂O) 분자가 전자를 잃는 산화 반응이 일어나 산소(O₂) 기체가 발생한다.

③ 물을 전기 분해 할 때 전체 화학 반응식은 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이다.

④ 물을 전기 분해 하면 물(H₂O) 분자를 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 결합이 끊어지므로 물을 구성하는 원소는 2가지임을 알 수 있다.

03 ㉣. 순수한 물은 전류가 잘 흐르지 않지만, 물에 전해질을 소량 녹이면 이온이 생겨 전류가 흐를 수 있다. 전해질로는 황산 나트륨과 수산화 나트륨 등을 사용한다.

㉤. 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다.

바로알기 ㉥. (-)극에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 이때 발생하는 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다. 따라서 발생하는 기체의 양은 (-)극이 (+)극보다 많다.

04 물에 전류를 흘려 주면 (-)극에 연결된 A에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에 연결된 B에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 이때 발생하는 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이므로 ㉠은 1이고, ㉡은 2이다. 이 실험을 통해 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.

05 ㉥. 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (-)극에서는 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성되고, (+)극에서는 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

㉦. 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 이온이 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이 실험을 통해 화학 결합(이온 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.

바로알기 ㉧. 염화 나트륨 용융액을 전기 분해 하면 (+)극과 연결된 전극에서 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.

06 물에 전류를 흘려 주면 (-)극에 연결된 A에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에 연결된 B에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다.

㉠. 물의 전기 분해에서 화학 반응식은 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이므로 발생하는 기체의 몰비는 A(H₂) : B(O₂) = 2 : 1이다.

바로알기 ㉢. (-)극에 연결된 A에는 물(H₂O) 분자가 전자를 얻어서 발생하는 수소(H₂) 기체가 모이고, (+)극에 연결된 B에는 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어서 발생하는 산소(O₂) 기체가 모인다.

㉤. 기체의 질량 = 양(mol) × 물질량이므로

$$\frac{B \text{에 모인 기체의 질량}(g)}{A \text{에 모인 기체의 질량}(g)} = \frac{1 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}}{2 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol}} = 8 \text{이다.}$$

07 ① 전기음성도는 상대적인 값이므로 단위가 없다.

② 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 원자로, 전기음성도는 4.0으로 가장 크다.

③ 전기음성도는 공유 결합을 형성할 때 각 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적으로 비교하여 정한 값으로, 전기음

성도가 클수록 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

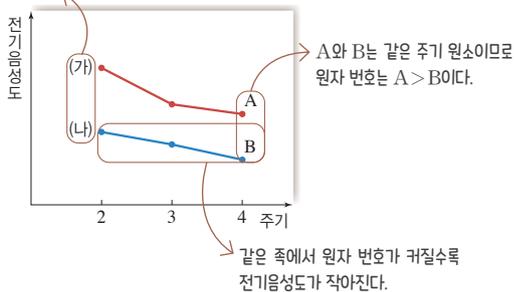
④ 주기율표에서 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 즉, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 커진다.

바로알기 ⑤ 금속 원소는 전자를 잃는 성질이 크고, 비금속 원소는 전자를 얻는 성질이 크다. 따라서 일반적으로 비금속 원소가 금속 원소보다 전기음성도가 크다.

08 A~C의 전자 수가 각각 8, 9, 15이므로 A는 2주기 16족 원소인 산소(O)이고, B는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이며, C는 3주기 15족 원소인 인(P)이다. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 대체로 커진다. 따라서 전기음성도는 B(F) > A(O) > C(P)이다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커진다.
 → 원자가 전자 수는 (가) > (나)이다.



ㄱ. 그림에서 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 작아지는 것을 확인할 수 있다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지고, 원자가 전자 수가 커진다. 따라서 $m > n$ 이고, 원자 번호는 $A > B$ 이다.

10 ㄱ. $y > x$ 이고, $|x - y| = 1.2$ 이므로 $y = x + 1.2$ 이다. $z > y$ 이면 $z = x + 1.6$ 이다. 이 경우 $|z - x| = 1.6$ 이므로 제시된 자료에 부합하지 않아 모순이다. 따라서 $y > z$ 이고, $z = x + 0.8$ 이다.

ㄴ. 질소(N)와 산소(O)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 $O > N$ 이므로 전기음성도는 $O > N$ 이다. 질소(N)와 인(P)은 같은 족 원소이고, 원자 번호는 $P > N$ 이므로 전기음성도는 $N > P$ 이다. 전기음성도는 $O > N > P$ 이고, $y > z > x$ 이므로 N, O, P의 전기음성도는 각각 z, y, x 이다.

바로알기 ㄷ. 전기음성도가 $z > x$ 이므로 X-Z 결합에서 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

11 ㄱ. (가)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이고, 전기음성도 차이가 0이다.

ㄴ. (나)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다. HF의 결합도 극성 공유 결합이다.

ㄷ. (나)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다.

12 ㄱ. (가)~(다)는 서로 다른 원자가 결합한 공유 결합이므로 모두 극성 공유 결합이다.

ㄷ. (가)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 Y이므로 전기음성도는 $Y > X$ 이다. (나)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 Z이므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이므로 (다)에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

바로알기 ㄴ. 전기음성도는 $Y > X$ 이다.

13 ㄷ. 쌍극자 모멘트(μ) = 전하량(q) × 두 전하 사이의 거리(r)이고, 쌍극자 모멘트가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 따라서 ㉠과 ㉡의 전하량이 커질수록 쌍극자 모멘트가 커지므로 결합의 극성이 커진다.

바로알기 ㄱ. 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표는 양전하에서 음전하를 향하므로 ㉠의 전하는 $-q$ 이고, ㉡의 전하는 $+q$ 이다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트(μ) = 전하량(q) × 두 전하 사이의 거리(r)이므로 두 전하 사이의 거리(r)가 작아지면 쌍극자 모멘트도 작아진다.

14 쌍극자 모멘트는 전기음성도가 작아 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 전기음성도가 커 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

학생 B. 쌍극자 모멘트의 표시로부터 (가)에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 $X > Y$ 이다. (나)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Z가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 $Y > Z$ 이다. 따라서 전기음성도는 $X > Y > Z$ 이다.

바로알기 학생 A. 전기음성도가 $X > Y$ 이므로 (가)에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

학생 C. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 대체로 전기음성도가 커진다. X와 Z는 2주기 원소이고, 전기음성도는 $X > Z$ 이므로 원자 번호는 $X > Z$ 이다.

15 전자 배치 모형으로부터 X는 2주기 14족 원소인 탄소(C), Y는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)임을 알 수 있다. 따라서 X_2Y_4 는 C_2F_4 이다.

ㄴ. $X_2Y_4(C_2F_4)$ 에는 X-X(C-C) 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. 전기음성도가 $Y(F) > X(C)$ 이므로 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

바로알기 ㄱ. X_2Y_4 에서 X와 X 사이에 있는 공유 전자쌍 수는 2이고, X와 Y 사이에 있는 공유 전자쌍 수는 4이므로 X_2Y_4 에 있는 공유 전자쌍 수는 6이다.

16 HCl에는 H—Cl 사이에 극성 공유 결합이 있고, CH_4 에는 C—H 사이에 극성 공유 결합이 있다. Cl_2 에는 Cl 원자 사이에 무극성 공유 결합만 있고, C_2H_4 에는 C—C 사이에 무극성 공유 결합이 있고, C—H 사이에 극성 공유 결합이 있다.

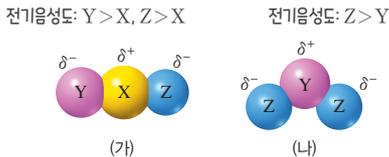
- ㄱ. ‘극성 공유 결합이 있는가?’는 (가)로 적합하다.
 ㄴ. 무극성 공유 결합이 있는 분자(㉠)는 Cl_2 , C_2H_4 이다.
 ㄷ. 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 결합은 극성 공유 결합이므로 ㉡은 Cl_2 1가지이다.

17 공유 결합 물질인 물(H_2O)을 전기 분해 하면 수소(H_2)와 산소(O_2)로 분해된다. 이는 화학 결합(공유 결합)이 형성될 때 전자가 관여하였기 때문이다.

모범 답안 물을 전기 분해 하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 원소로 분해된다. 이를 통해 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다.

채점 기준	배점
공유 결합 또는 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
그 외의 경우	0 %

18 **품명 문제 분석**



같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자 수가 커지고 전기음성도가 커진다.
 ⇒ 전기음성도, 원자 번호, 원자가 전자 수: $Z > Y > X$

(가)의 X—Y 결합에서 Y가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이고, X—Z 결합에서 Z가 부분적인 전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > X$ 이다. (나)에서 Z가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Z > Y$ 이다. 따라서 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다.

모범 답안 (1) $Z > Y > X$, (가)와 (나)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 원자의 전기음성도가 더 크기 때문에 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다.
 (2) $Z > Y > X$, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지고, 원자가 전자 수가 커진다. 따라서 원자가 전자 수는 $Z > Y > X$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 전기음성도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
전기음성도만 옳게 비교한 경우	20 %
(2) 원자가 전자 수를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
원자가 전자 수만 옳게 비교한 경우	20 %

19 결합 (가)는 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이고, 결합 (나)는 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

모범 답안 (가) > (나). 결합 (가)는 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, 결합 (나)는 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.

채점 기준	배점
결합의 쌍극자 모멘트를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
결합의 쌍극자 모멘트만을 옳게 비교한 경우	40 %

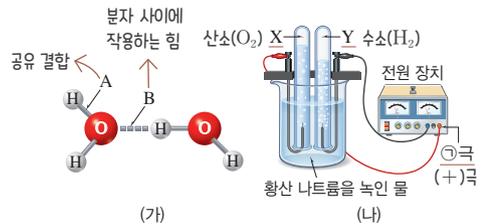
중단원 고난도 문제

82쪽~83쪽

- 01** ② **02** ㄱ, ㄴ, ㄷ **03** ④ **04** ② **05** ① **06** ③
07 ⑤ **08** ④

01 **품명 문제 분석**

물의 전기 분해 반응에서 화학 반응식은 $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ 이므로 X가 산소(O_2) 기체이고, Y가 수소(H_2) 기체이다.
 ⇒ 산소(O_2) 기체는 (+)극에서 발생한다.



선택지 분석

- (나)에서 ㉠극은 (-)극이다. (+)극
- (나)에서 X와 Y가 생성되는 것은 (가)에서 B가 없어지기 때문이다. A가 끊어지기
- 물의 전기 분해 실험을 통해 (가)에서 A에 전자가 관여함을 알 수 있다.

전략적 풀이 ① 발생하는 기체의 부피비로부터 X와 Y가 각각 어떤 기체인지 파악하고, 전원 장치에 연결된 전극을 알아낸다.

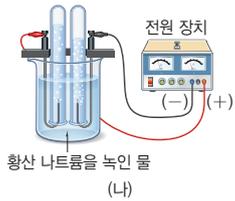
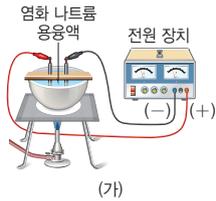
ㄱ. 물을 전기 분해 하면 발생하는 기체의 부피비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 이므로 X는 산소(O_2) 기체이고, Y는 수소(H_2) 기체이다. O_2 는 (+)극인 X에서 발생하고, H_2 는 (-)극인 Y에서 발생하므로 ㉠극은 (+)극이다.

② 전기 분해 실험으로부터 화학 결합의 전기적 성질을 알고, 물 분자 모형과 연관 지어 이해한다.

- ㄴ. 물에 전류를 흘려 주면 물(H₂O) 분자를 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 결합이 끊어지고 새로운 결합이 형성되어 수소(H₂) 기체와 산소(O₂) 기체가 발생한다. 즉, X와 Y가 생성되는 것은 (가)에서 A(공유 결합)가 끊어지기 때문이다.
- ㄷ. (가)에서 A는 공유 결합이다. 이 실험으로 물을 구성하는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여함을 알 수 있다.

02 — 품oom 문제 분석

- (-)극: 나트륨 이온(Na⁺)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.
- (+)극: 염화 이온(Cl⁻)이 전자를 잃어 염소(Cl₂) 기체가 발생한다.
- 전체 화학 반응식: 2NaCl(l) → 2Na(s) + Cl₂(g)
- (-)극: 물(H₂O) 분자가 전자를 얻어 수소(H₂) 기체가 발생한다.
- (+)극: 물(H₂O) 분자가 전자를 잃어 산소(O₂) 기체가 발생한다.
- 전체 화학 반응식: 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)



선택지 분석

- ㉠. 염화 나트륨(NaCl) 용융액과 황산 나트륨(Na₂SO₄)을 녹인 물에는 모두 이온이 존재한다.
- ㉡. (가)와 (나)의 (+)극에서 모두 기체가 발생한다.
- ㉢. (가)와 (나)에서 $\frac{(-)극에서 생성된 물질의 양(mol)}{(+)극에서 생성된 물질의 양(mol)}$ 은 같다.

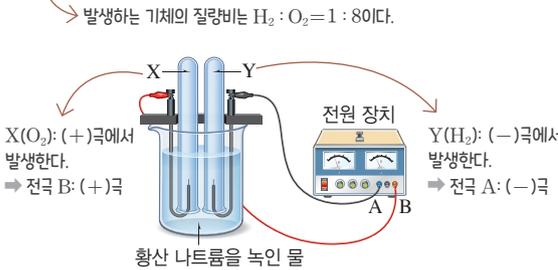
전략적 풀이 ① 전기 분해 하는 물질에 대한 구성 입자를 파악한다.

- ㄱ. 염화 나트륨(NaCl) 용융액에는 나트륨 이온(Na⁺)과 염화 이온(Cl⁻)이 존재한다. 전해질인 황산 나트륨(Na₂SO₄)을 물에 녹이면 수용액에 나트륨 이온(Na⁺)과 황산 이온(SO₄²⁻)이 존재한다.
- ② 전기 분해 할 때 각 극에서 생성되는 물질과 전체 화학 반응식을 이해한다.
- ㄴ. (가) 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 (+)극에서 염소(Cl₂) 기체가 발생하고, (나) 물에 전류를 흘려 주면 (+)극에서 산소(O₂) 기체가 발생한다.
- ㄷ. (가)에서 (-)극에서 생성된 Na의 양(mol)은 (+)극에서 생

성된 Cl₂의 양(mol)의 2배이다. (나)에서 (-)극에서 생성된 H₂의 양(mol)은 (+)극에서 생성된 O₂의 양(mol)의 2배이다. 따라서 $\frac{(-)극에서 생성된 물질의 양(mol)}{(+)극에서 생성된 물질의 양(mol)} = \frac{2}{1}$ 로 같다.

03 — 품oom 문제 분석

시간		t ₁	t ₂
기체의 질량(g)	X O ₂	w	㉠ 8w
	Y H ₂	㉡ $\frac{1}{8}w$	w



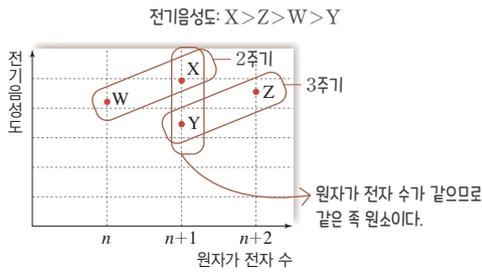
선택지 분석

- ㉠. A극에 연결된 시험관에 모인 기체에 불꽃을 가까이 가져가면 '퍽' 소리가 나며 탄다.
- ㉡. B극은 (-)극이다. (+)극
- ㉢. $\frac{㉠}{㉡} = 64$ 이다.

전략적 풀이 ① 발생한 기체의 질량으로부터 기체 X와 기체 Y의 종류를 알아낸다.

- ㄴ. t₁ < t₂이므로 발생한 기체의 질량은 t₂일 때가 t₁일 때보다 크다. X가 수소(H₂) 기체라면 ㉡은 8w가 되어야 하는데, ㉡은 t₂일 때의 질량인 w보다 작아야 하므로 모순이다. 따라서 X는 산소(O₂) 기체이며, (+)극에서 발생하므로 B극은 (+)극이다.
- ② 물을 전기 분해 할 때 발생하는 기체의 성질을 이해한다.
- ㄱ. 물을 전기 분해 하면 (-)극에서는 수소(H₂) 기체가 발생하고, (+)극에서는 산소(O₂) 기체가 발생한다. 따라서 A극은 (-)극이며 A극에서 발생하는 기체는 수소 기체이고, 수소 기체에 불꽃을 가까이 가져가면 '퍽' 소리가 나며 탄다.
- ③ 화학 반응식의 몰비와 물질량을 이용하여 ㉠과 ㉡을 구한다.
- ㄷ. 물의 전기 분해에서 화학 반응식은 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)이므로 발생한 기체의 몰비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다. 질량비는 H₂ : O₂ = (2 mol × 2 g/mol) : (1 mol × 32 g/mol) = 1 : 8이다. 따라서 ㉠ = 8w, ㉡ = $\frac{1}{8}w$ 이고, $\frac{㉠}{㉡} = 64$ 이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ✗ 원자 번호는 $X > Y$ 이다. $Y > X$
- W~Z 중 2주기 원소는 2가지이다.
- ✗ X-Z 결합에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. 양전하(δ^+)

전략적 풀이 ① 같은 족과 같은 주기에서 전기음성도의 주기성을 이해하여 W~Z의 주기를 파악한다.

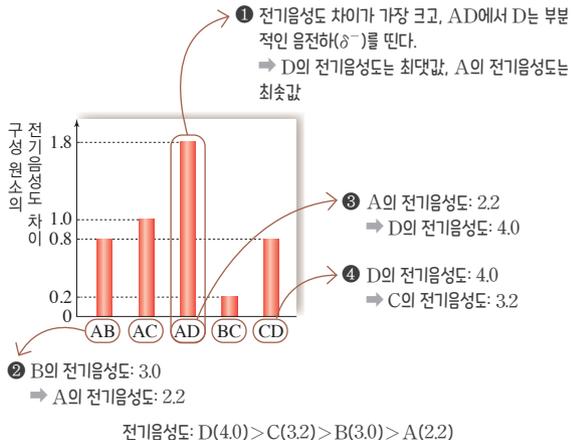
ㄱ. X와 Y는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소이다. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 작아지므로 X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다. 원자 번호는 $Y > X$ 이다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자가 전자 수가 커질수록 원자 번호가 크고, 전기음성도가 커진다. 원자가 전자 수는 $X > W, Z > Y$ 이고, 전기음성도는 $X > W, Z > Y$ 이므로 W와 X는 2주기 원소이고, Y와 Z는 3주기 원소이다. W~Z 중 2주기 원소는 W와 X 2가지이다.

② 결합을 이루는 두 원자의 전기음성도를 비교하여 결합의 극성을 파악한다.

ㄷ. 전기음성도가 $X > Z$ 이므로 X-Z 결합에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

05 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- A의 전기음성도는 2.2이다.
- ✗ AC에서 공유 전자쌍은 A 원자 쪽으로 치우친다. C 원자
- ✗ BD에서 D는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 음전하(δ^-)

전략적 풀이 ① AD와 AB의 전기음성도 차이로부터 A와 D의 전기음성도를 구한다.

ㄱ. AD에서 전기음성도 차이가 가장 크므로 A와 D의 전기음성도는 각각 최댓값 또는 최솟값 중 하나이다. AD에서 D는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 D의 전기음성도가 최댓값, A의 전기음성도가 최솟값이다.

B의 전기음성도는 3.0이고 AB에서 구성 원소의 전기음성도 차이는 0.8이므로 A의 전기음성도는 2.2이다. 따라서 D의 전기음성도는 4.0이다.

② A, B, D의 전기음성도로 C의 전기음성도를 구한다.

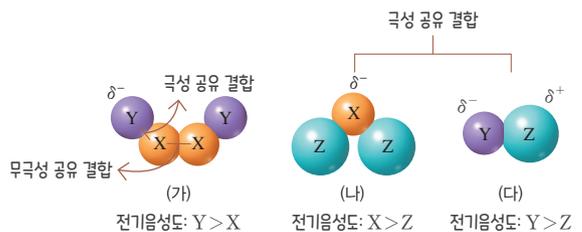
CD에서 D의 전기음성도가 4.0이므로 C의 전기음성도는 3.2이다.

③ 분자를 구성하는 두 원자의 전기음성도를 비교하여 결합의 극성을 파악한다.

ㄴ. 전기음성도가 $C > A$ 이므로 AC에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 C 원자 쪽으로 치우친다.

ㄷ. 전기음성도가 $D > B$ 이므로 BD에서 D는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

06 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- (가)에는 무극성 공유 결합이 있다.
- (나)에서 X-Z 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.
- ✗ (다)에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. 양전하(δ^+)

전략적 풀이 ① 결합의 극성으로부터 공유 결합의 종류를 파악한다.

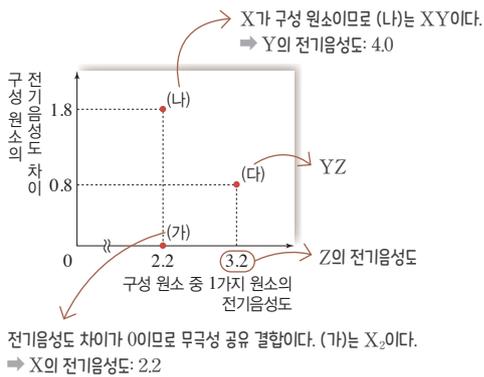
ㄱ. (가)에서 X-X 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이고, X-Y 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다.

ㄴ. (나)에서 X-Z 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다. 극성 공유 결합은 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

② (가)와 (나)에 표시된 부분적인 전하로부터 X~Z의 전기음성도를 비교한다.

ㄷ. (가)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $Y > X$ 이다. (나)에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 $X > Z$ 이다. 전기음성도가 $Y > X > Z$ 이므로 (다)에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

07 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)는 X_2 이다.
- ㉡ 전기음성도는 $Y > Z$ 이다.
- ㉢ (나)에서 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

전략적 풀이 ① (가)에서 구성 원소의 전기음성도 차이로부터 (가)의 분자식과 X의 전기음성도를 구한다.

ㄱ. (가)는 구성 원소의 전기음성도 차이가 0이므로 무극성 공유 결합이 있다. 따라서 (가)는 X_2 이고, X의 전기음성도는 2.2이다.

② (나)와 (다)에서 Y와 Z의 전기음성도를 구한다.

ㄴ. (나)에는 전기음성도가 2.2인 원자가 있으므로 (나)는 XY이고, (다)는 YZ이다. (나)에서 구성 원소의 전기음성도 차이는 1.8이므로 Y는 전기음성도가 0.4 또는 4.0이다. (다)(YZ)에서 구성 원소 중 1가지 원소의 전기음성도가 3.2이므로 Z의 전기음성도는 3.2이다. (다)에서 구성 원소의 전기음성도 차이는 0.8이므로 Y의 전기음성도는 2.4 또는 4.0이다. 따라서 Y의 전기음성도는 4.0이다. 즉, 전기음성도는 $Y > Z > X$ 이다.

ㄷ. 전기음성도가 $Y > X$ 이므로 (나)(XY)에서 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

08 — 꼼꼼 문제 분석

분자	구성 원소	구성 원소의 전기음성도 차이	쌍극자 모멘트 (상댓값)	결합의 극성
(가)	X, X_2	0		무극성 공유 결합
(나)	Y, Y_2		0	
(다)	X, Y		1.77	극성 공유 결합
(라)	X, Z		1	

쌍극자 모멘트가 클수록 대체로 결합의 극성이 크다.
→ 결합의 극성: (다) > (라)

선택지 분석

- ㉠ ㉠과 ㉡은 같다.
- ㉡ (나)와 (다)에는 극성 공유 결합이 있다. (다)에는 극성 공유 결합이 있지만, (나)에는 극성 공유 결합이 없다
- ㉢ 결합의 극성은 (다) > (라)이다.

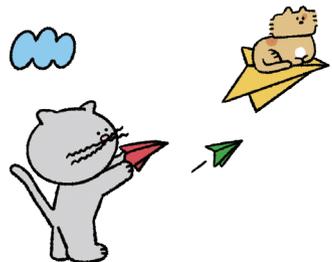
전략적 풀이 ① 분자에 있는 구성 원소의 가지수로부터 결합의 극성을 파악한다.

ㄱ. (가)와 (나)는 구성 원소가 1가지이고, 구성 원자 수가 2이므로 분자식이 각각 X_2 , Y_2 이다. (가)의 결합과 (나)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이므로 구성 원자의 전기음성도 차이와 결합의 쌍극자 모멘트는 모두 0이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 0으로 같다.

ㄴ. (나)는 무극성 공유 결합이다. (다)의 결합과 (라)의 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 극성 공유 결합이다. 따라서 (다)에는 극성 공유 결합이 있지만, (나)에는 극성 공유 결합이 없다.

② 쌍극자 모멘트로부터 결합의 극성을 비교한다.

ㄷ. 쌍극자 모멘트는 결합의 극성 정도를 나타낸다. 쌍극자 모멘트가 클수록 대체로 결합의 극성이 크다. 즉, 쌍극자 모멘트(상댓값)가 (다) > (라)이므로 결합의 극성도 (다) > (라)이다.

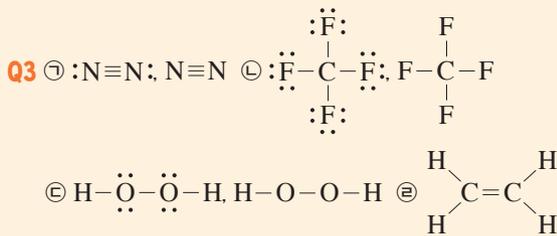
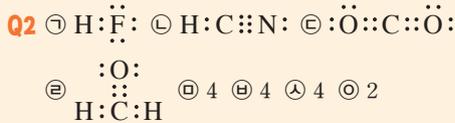
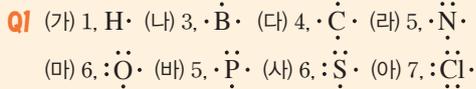


2 분자의 구조와 물질의 성질

01 / 분자의 구조

완자샘 비법 특강

88쪽-89쪽



Q4 해설 참조

Q1 수소(H), 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 인(P), 황(S), 염소(Cl)의 원자가 전자 수는 각각 1, 3, 4, 5, 6, 5, 6, 7이므로 루이스 전자점식으로 나타내면 원소 기호 주위의 점의 개수는 각각 1, 3, 4, 5, 6, 5, 6, 7이다.

Q2 분자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 두 원자의 원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호 주위에 표시한다.

Q3 분자의 루이스 구조에서 공유 전자쌍을 결합선(-)으로 나타낸다. 이때 단일 결합은 결합선 1개, 이중 결합은 결합선 2개, 삼중 결합은 결합선 3개로 나타낸다. 비공유 전자쌍은 점 2개를 한 쌍으로 표시하거나, 생략할 수 있다.

Q4 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족할 때 구성 원자 수, 구성 원자의 원자가 전자 수의 합, 공유 전자쌍 수의 관계는 다음과 같다.

$8 \times (\text{구성 원자 수})$

$= (\text{구성 원자의 원자가 전자 수의 합}) + 2 \times (\text{공유 전자쌍 수})$

모범 답안 O₂에서는 $8 \times 2 = (2 \times 6) + (2 \times 2)$ 로 성립하고, F₂에서는 $8 \times 2 = (2 \times 7) + (2 \times 1)$ 로 성립한다.

개념 확인문제

90쪽

- ① 원자가 전자 ② 홀전자 ③ 공유 전자쌍 ④ 비공유 전자쌍
⑤ 루이스 구조

- 1** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **2** (1) A: 1, B: 5, C: 6 (2) A (3) 3 (4) B₂: 3, C₂: 2 **3** ㄱ, ㄷ, ㄹ **4** (1) ○ (2) × (3) ×
5 해설 참조

1 (1) 원자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 표시한다.

(2) 원자의 루이스 전자점식으로 원자가 전자 수를 알 수 있으므로 족을 알 수 있지만, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수를 알 수 없으므로 주기는 알 수 없다.

(3) 홀전자는 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자로, 원자가 화학 결합을 할 때 쌍을 이룬다.

(4) 분자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 두 원자의 원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호 주위에 표시하므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 모두 알 수 있다.

2 (1) 루이스 전자점식에서는 원자가 전자 1개를 점 1개로 나타낸다.

(2) A~C는 각각 원자가 전자 수가 1, 5, 6이다. A~C는 1, 2주기 비금속 원소이므로 A는 수소(H), B는 질소(N), C는 산소(O)이다.

(3) B(N)는 원자가 전자가 5개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 전자 3개가 필요하다. 따라서 A(H) 원자가 3개 필요하다.

(4) B(N)의 홀전자는 3개로, B₂(N₂)는 삼중 결합을 이루므로 공유 전자쌍은 3개이다. C(O)의 홀전자는 2개로 C₂(O₂)는 이중 결합을 이루므로 공유 전자쌍은 2개이다.

3 분자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 두 원자의 원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호 주위에 표시한다.



4 (1), (3) 루이스 구조를 나타낼 때 공유 전자쌍은 결합선(-)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 점 2개를 한 쌍으로 표시하거나 생략할 수 있다.

(2) 루이스 구조에서 공유 전자쌍 1개를 결합선 1개로 나타낸다. 따라서 이중 결합은 결합선 2개, 삼중 결합은 결합선 3개로 나타낸다.

5 C₂H₂에서 C는 원자가 전자가 4개, H는 원자가 전자가 1개이다. C와 C 사이에는 삼중 결합이 있고, C와 H 사이에는 단일 결합이 있다. 이를 루이스 전자점식으로 나타내면 H:C≡C:H이다.

N₂H₂에서 N는 원자가 전자가 5개, H는 원자가 전자가 1개이다. N와 N 사이에는 이중 결합이 있고, N와 H 사이에는 단일 결합이 있다. 이를 루이스 전자점식으로 나타내면 H:N=N:H이다.

모범 답안

분자	C ₂ H ₂	N ₂ H ₂
루이스 구조	H-C≡C-H	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{N}}=\ddot{\text{N}}-\text{H} \\ \text{또는} \\ \text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H} \end{array}$

개념 확인 문제

94쪽

- ① 전자쌍 반발 이론 ② 비공유 ③ 비공유 ④ 공유 ⑤ 180°
 ⑥ 109.5° ⑦ 평면 삼각형 ⑧ 굽은 형

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 2 A > B > C
 3 (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㅅ (2) ㄴ, ㅅ (3) ㄹ, ㅁ 4 (1) ○ (2) × (3) ×

1 (1) 전자쌍 반발 이론은 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 같은 전하를 띠고 있으므로 반발력이 작용하여 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다는 이론이다.

(3) 중심 원자에 공유 전자쌍이 4개 있는 경우, 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다.

(4) 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위에서 차지하는 공간이 크므로 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.

2 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위에서 차지하는 공간이 크므로 비공유 전자쌍-비공유 전자쌍 사이의 반발력(반발력 A)이 가장 크다. 반대로 공유 전자쌍-공유 전자쌍 사이의 반발력(반발력 C)은 가장 작다. 따라서 전자쌍 사이 반발력의 크기는 반발력 A > 반발력 B > 반발력 C이다.

구분	ㄱ. H ₂	ㄴ. N ₂	ㄷ. HCl
(1) 분자 구조	선형	선형	선형
(2) 결합의 종류	단일 결합	삼중 결합	단일 결합
(3) 평면 또는 입체 구조	평면 구조	평면 구조	평면 구조

구분	ㄹ. NH ₃	ㅁ. CH ₄	ㅂ. CO ₂
(1) 분자 구조	삼각뿔	정사면체	선형
(2) 결합의 종류	단일 결합	단일 결합	이중 결합
(3) 평면 또는 입체 구조	입체 구조	입체 구조	평면 구조

4 (1) (가)에서 중심 원자인 O는 원자가 전자 6개 중 홀전자가 2개이므로 공유 전자쌍은 2개이고, 비공유 전자쌍도 2개이다.

(2) (나)와 (다)의 중심 원자인 C에는 각각 공유 전자쌍만 4개씩 있다. 하지만 (나)에는 C와 H 사이에 단일 결합이 2개, C와 O 사이에 이중 결합이 있으므로 분자 구조는 평면 삼각형이고, (다)에는 C와 H 사이에 단일 결합, C와 N 사이에 삼중 결합이 있으므로 분자 구조는 선형이다.

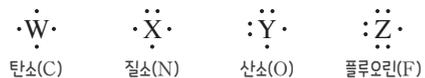
(3) (다)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다.

대표 자료 분석 1

95쪽

- 1 X₂ > Y₂ > Z₂ 2 XZ₃: 10, YZ₂: 8 3 WY₂: W, XWZ: W, YXZ: X 4 WZ₄: 정사면체, WY₂: 선형
 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○

꼼꼼 문제 분석



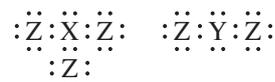
• W, X, Y, Z는 각각 원자가 전자 수가 4, 5, 6, 7이고, 2주기 원소이므로 W는 탄소(C), X는 질소(N), Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다.

1 X₂(N₂), Y₂(O₂), Z₂(F₂)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



X₂(N₂)는 삼중 결합으로 공유 전자쌍이 3개이고, Y₂(O₂)는 이중 결합으로 공유 전자쌍이 2개이며, Z₂(F₂)는 단일 결합으로 공유 전자쌍이 1개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 X₂ > Y₂ > Z₂이다.

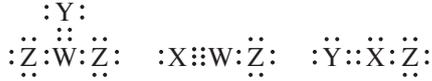
2 XZ₃(NF₃), YZ₂(OF₂)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



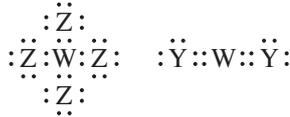
XZ₃에는 비공유 전자쌍이 X에 1개, Z에 각각 3개 있으므로 총 10개이고, YZ₂에는 비공유 전자쌍이 Y에 2개, Z에 각각 3개씩 있으므로 총 8개이다.

3 W(C), X(N), Y(O), Z(F)의 원자가 전자 수가 각각 4, 5, 6, 7이다. 중심 원자는 다른 여러 개의 원자와 결합하여 구성 원자를 서로 연결해 주는 역할을 하므로 대부분 홀전자 수가 많다. 따라서 WY₂(COF₂), XWZ(NCF), YXZ(ONF)의 중심 원자는 각각 W, W, X이다.

WY₂(COF₂), XWZ(NCF), YXZ(ONF)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



4 WZ₄(CF₄)와 WY₂(CO₂)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



WZ₄와 WY₂는 모두 중심 원자에 공유 전자쌍이 4개씩 있다. 분자 구조를 예측할 때에는 다중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 WY₂에 있는 이중 결합은 단일 결합으로 취급한다. 따라서 WZ₄와 WY₂의 분자 구조는 각각 정사면체와 선형이다.

- 5 (1) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 Z(F) > Y(O) > X(N) > W(C)이다.
 (2) Y₂(O₂)에는 O에 비공유 전자쌍이 2개씩 있으므로 비공유 전자쌍이 총 4개이고, X₂(N₂)에는 N에 비공유 전자쌍이 1개씩 있으므로 비공유 전자쌍이 총 2개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 Y₂(O₂)가 X₂(N₂)의 2배이다.
 (3) 전기음성도가 Z(F) > Y(O) > W(C)이므로 YZ₂(OF₂)에서 Y는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠지만, WY₂(CO₂)에서 Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.
 (4) WZ₄(CF₄)와 XZ₃(NF₃)의 분자 구조는 각각 정사면체와 삼각뿔이므로 입체 구조이다.
 (5) WY₂(CO₂)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, YZ₂(OF₂)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이다. 따라서 결합각은 WY₂(CO₂) > YZ₂(OF₂)이다.
 (6) WY₂(COF₂)에는 W(C)와 Y(O) 사이에 이중 결합이 있고, YXZ(ONF)에는 Y(O)와 X(N) 사이에 이중 결합이 있다.

대표 자료 분석 2

96쪽

- 1 W: 6, X: 5, Y: 4, Z: 7 2 (가) 굽은 형 (나) 삼각뿔
 (다) 평면 삼각형 3 (가) > (나) > (다) 4 Z₂ > W₂ > X₂
 5 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

꼼꼼 문제 분석

	OF ₂	NF ₃	COF ₂
분자	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	$\text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}-\ddot{\text{W}}\text{:}-\ddot{\text{Z}}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}-\ddot{\text{X}}\text{:}-\ddot{\text{Z}}\text{:} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{W}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}-\ddot{\text{Y}}\text{:}-\ddot{\text{Z}}\text{:} \end{array}$
비공유 전자쌍 수 공유 전자쌍 수	4 = $\frac{8}{2}$	$\frac{10}{3}$	⊖ 2 = $\frac{8}{4}$
분자 구조	굽은 형	삼각뿔	평면 삼각형

- 1 W~Z는 각각 O, N, C, F이며, 원자가 전자 수는 W(O)가 6, X(N)가 5, Y(C)가 4, Z(F)가 7이다.
- 2 (가)는 WZ₂(OF₂)이고, 중심 원자인 W(O)에 비공유 전자쌍이 있으므로 (가)의 분자 구조는 굽은 형이다. (나)는 XZ₃(NF₃)이고, 중심 원자인 X(N)에 비공유 전자쌍이 있으므로 (나)의 분자 구조는 삼각뿔형이다. (다)는 YWZ₂(COF₂)이고, 중심 원자인 Y(C)에는 비공유 전자쌍이 없고, 2개의 단일 결합과 1개의 이중 결합이 있으므로 (다)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.
- 3 (가)WZ₂(OF₂)의 중심 원자인 W(O)에는 비공유 전자쌍이 2개이고, (나)XZ₃(NF₃)의 중심 원자인 X(N)에는 비공유 전자쌍이 1개이며, (다)YWZ₂(COF₂)의 중심 원자인 Y(C)에는 비공유 전자쌍이 없다. 따라서 (가)~(다)의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나) > (다)이다.
- 4 W₂(O₂), X₂(N₂), Z₂(F₂)의 루이스 구조는 다음과 같다.
- $$\text{:}\ddot{\text{W}}\text{:}=\ddot{\text{W}}\text{:} \quad \text{:}\text{X}\equiv\text{X}\text{:} \quad \text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}-\ddot{\text{Z}}\text{:}$$
- W₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{4}{2}$, X₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{2}{3}$,
 Z₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{1}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 Z₂ > W₂ > X₂이다.
- 5 (1) (가)(OF₂)에는 단일 결합만 있다.
 (2) 분자 구조가 정사면체일 때 결합각은 109.5°이다. 그런데 (나)(NF₃)의 분자 구조가 삼각뿔이므로 결합각은 109.5°보다 작다.
 (3) YWZ₂(COF₂)의 중심 원자는 Y(C)이다.
 (4) YWZ₂(COF₂)의 비공유 전자쌍 수는 8이고, 공유 전자쌍 수는 4이므로 ⊖ = 2이다.
 (5) (가)~(다)의 분자 구조는 각각 굽은 형, 삼각뿔, 평면 삼각형이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가)와 (다) 2가지이다.
 (6) 전기음성도는 Z(F) > W(O) > X(N)이므로 (가)와 (나)에서 Z는 모두 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

내신 만점 문제

97쪽~100쪽

- 01 ① 02 해설 참조 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 5
 07 ⑤ 08 ② 09 ④ 10 ① 11 해설 참조 12 ④
 13 ① 14 ④ 15 ④ 16 ② 17 BE₄: 정사면체, CE₃: 삼각뿔, DE₂: 굽은 형 18 ③ 19 (가) ㄱ (나) ㄷ
 20 ㄱ, ㄴ, ㄷ 21 (가) H₂O (나) PCl₃ (다) CO₂ (라) COF₂
 22 ④

01 - 꼼꼼 문제 분석

루이스 전자점식	$\cdot \ddot{X} \cdot$	$:\ddot{Y}:$	$:\ddot{Z}:$
원소	붕소(B)	산소(O)	플루오린(F)
원자가 전자 수	3	6	7

ㄱ. Y₂(O₂)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

바로알기 ㄴ. XZ₃(BF₃)에서 X(B) 주위에는 전자가 6개 있으므로 X는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.



ㄷ. Y₂(O₂)에서 Y와 Y 사이의 결합은 이중 결합이므로 공유 전자쌍이 2개이고, Z₂(F₂)에서 Z와 Z 사이의 결합은 단일 결합이므로 공유 전자쌍이 1개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 Y₂>Z₂이다.

02 Y(O)는 원자가 전자 수가 6이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 2개의 전자를 공유해야 하고, Z(F)는 원자가 전자 수가 7이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 1개의 전자를 공유해야 한다.

모범 답안 $:\ddot{Z}:\ddot{Y}:\ddot{Z}:$

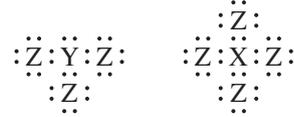
채점 기준	배점
YZ ₂ 의 루이스 전자점식을 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	100 %
그 외의 경우	0 %

03 원자가 전자 수는 X~Z가 각각 4, 5, 7이고 원자 번호는 Y>Z>X이므로 X는 2주기 14족 원소인 탄소(C)이고, Y는 3주기 15족 원소인 인(P)이며, Z는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이다.

ㄴ. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 커진다. 따라서 전기음성도는 Z(F)>Y(P)이다.

바로알기 ㄱ. X~Z 중 3주기 원소는 Y(P) 1가지이다.

ㄷ. YZ₃(PF₃)와 XZ₄(CF₄)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



YZ₃(PF₃)의 비공유 전자쌍은 10개이고, XZ₄(CF₄)의 비공유 전자쌍은 12개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 XZ₄>YZ₃이다.

04 - 꼼꼼 문제 분석

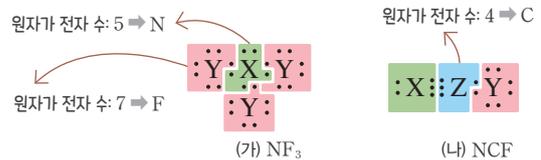
분자	(가)	(나)	(다)
루이스 전자점식	H:F:F	H:O:H	H:N:H H
공유 전자쌍 수	1	2	3
비공유 전자쌍 수	3	2	1
전기음성도	F>H	O>H	N>H

ㄱ. (가)~(다)는 서로 다른 원자가 결합한 공유 결합이므로 모두 극성 공유 결합이다.

ㄴ. 전기음성도는 F>O>N>H이므로 (가)~(다)에서 수소(H)는 모두 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

ㄷ. (가)~(다)에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 합한 값은 모두 4이다.

05 - 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. (가)의 공유 전자쌍은 3개이고, (나)의 공유 전자쌍은 4개이므로 공유 전자쌍 수는 (나)>(가)이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 X~Z는 원자 주위에 전자 수가 모두 8이므로 Ne의 전자 배치와 같다.

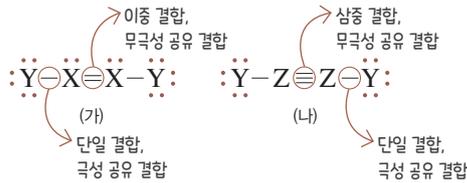
바로알기 ㄱ. X~Z의 원자가 전자 수가 각각 5, 7, 4이므로 X~Z는 각각 질소(N), 플루오린(F), 탄소(C)이다. 따라서 원자 번호는 Y(F)>X(N)>Z(C)이다.

06 - 꼼꼼 문제 분석

분자	BeF ₂	HCN	NH ₃	CH ₂ O
분자 모형				
분자 구조	선형	선형	삼각뿔	평면 삼각형

HCN에는 삼중 결합이 있고, CH₂O에는 이중 결합이 있으므로 $x=2$ 이다. NH₃에만 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있으므로 $y=1$ 이다. BeF₂과 HCN는 선형이므로 $z=2$ 이다. 따라서 $x+y+z=2+1+2=5$ 이다.

07 — **꼼꼼 문제 분석**



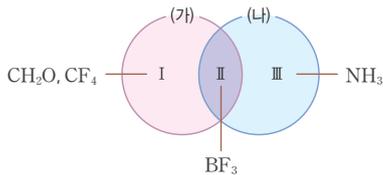
ㄱ. (가)에서 X와 X 사이의 결합은 이중 결합이고, (나)에서 Z와 Z 사이의 결합은 삼중 결합이다. 이중 결합과 삼중 결합은 다중 결합이므로 (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.

ㄴ. (가)에서 X와 X 사이의 결합과 (나)에서 Z와 Z 사이의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

ㄷ. (가)의 공유 전자쌍 수는 4이고 비공유 전자쌍 수는 8이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이다. (나)의 공유 전자쌍 수는 5이고, 비공유 전자쌍 수는 6이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{5}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가) > (나)이다.

08 — **꼼꼼 문제 분석**

분자	$\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$ H NH ₃	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{H}$ CH ₂ O	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}-\text{B}-\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$ BF ₃	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}-\text{C}-\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$ CF ₄
분류 기준	(가) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없다. → CH ₂ O, BF ₃ , CF ₄ (나) 공유 전자쌍이 3개이다. → NH ₃ , BF ₃			



- NH₃에는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있고, 공유 전자쌍이 3개 있다.
- CH₂O와 CF₄에는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 4개 있다.
- BF₃에는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 3개 있다.

ㄴ. BF₃는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 3개이므로 II 영역에 속한다.

바로알기 ㄱ. I 영역에 속하는 분자는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 3개가 아닌 분자이므로 CH₂O와 CF₄로 2가지이다.

ㄷ. CH₂O는 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 4개이므로 I 영역에 속한다.

09 ①, ② 전자쌍은 음전하를 띠므로 서로 반발력이 작용한다. ③ 이중 결합과 삼중 결합은 단일 결합으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.

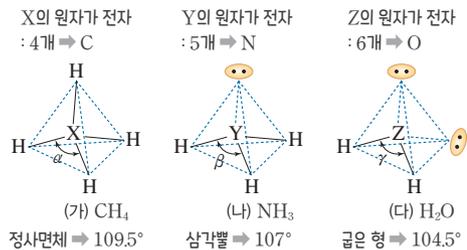
바로알기 ④ 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위에서 차지하는 공간이 크므로 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.

10 ㄱ. 전자쌍 반발 이론에 따르면 전자쌍은 가능한 한 멀리 떨어져 배치된다. (가)에서는 전자쌍이 서로 반대 방향에 있을 때 가장 멀리 떨어지므로 반발력이 가장 작다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되므로 결합각은 120°이고, (다)에서 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치되므로 결합각은 109.5°이다. 따라서 결합각은 (나) > (가)이다.

ㄷ. NF₃에서 중심 원자인 N에는 공유 전자쌍이 3개 있고, 비공유 전자쌍이 1개 있다. N에는 전자쌍이 4개이므로 (다)와 같이 전자쌍이 배치되지만, 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 반발력에 따라 분자 구조는 삼각뿔이다.

11 — **꼼꼼 문제 분석**



모범 답안 $\alpha > \beta > \gamma$, 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위의 공간을 더 많이 차지하므로 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다. 따라서 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각은 작아진다.

채점 기준	배점
α, β, γ 의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력과 공유 전자쌍 사이의 반발력을 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
α, β, γ 의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각이 작아지기 때문이라고만 서술한 경우	60 %
α, β, γ 의 크기만 옳게 비교한 경우	30 %

12 — **꼼꼼 문제 분석**

분자	분자 모형	분자 구조
① BeF ₂		선형
② BCl ₃		평면 삼각형
③ CCl ₄		정사면체
④ CH ₂ O		평면 삼각형
⑤ FCN		선형

[바로알기] ④ CH₂O에서 중심 원자인 C에는 단일 결합이 2개, 이중 결합이 1개 있다. 다중 결합은 단일 결합으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 CH₂O의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

13 ① (가)의 분자 구조는 굽은 형이므로 (가)의 중심 원자에는 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있다.

[바로알기] ② (나)의 분자 구조는 삼각뿔이므로 입체 구조이고, (다)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 평면 구조이다.

③ (가)와 (라)는 모두 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있다. 하지만 (가)에는 2개의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 2개 있고, (라)에는 4개의 공유 전자쌍만 있다. 따라서 결합각은 (라) (109.5°) > (가) (104.5°)이다.

④ (나)와 (다)의 중심 원자에 3개의 공유 전자쌍이 있다. 하지만 (나)의 중심 원자에는 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 (나)의 중심 원자에 있는 전자쌍 수는 4이다.

⑤ 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 (가)와 (나)이므로 2가지이다.

14 (가)의 전자 배치로 구성 원자는 전자 수가 8인 산소(O)와 전자 수가 9인 플루오린(F)임을 알 수 있고, (나)의 전자 배치로 구성 원자는 전자 수가 6인 탄소(C)와 전자 수가 8인 산소(O)임을 알 수 있다. 따라서 X~Z는 각각 산소(O), 플루오린(F), 탄소(C)이며, (가)는 OF₂, (나)는 CO₂이다.

나. (가)는 중심 원자인 산소(O)에 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다. (나)는 중심 원자인 탄소(C)에 비공유 전자쌍이 없고, 이중 결합만 2개 있다. 다중 결합은 단일 결합으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 (나)의 분자 구조는 선형이다.

다. (가)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 180°보다 작고, (나)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다. 따라서 결합각은 (나) > (가)이다.

[바로알기] ㄱ. 원자가 전자 수는 Y(F) > Z(C)이다.

15 — **꼼꼼 문제 분석**

	OF ₂	CF ₄	COF ₂
분자	(가)	(나)	(다)
분자식	XY ₂	ZY ₄	ZXY ₂
비공유 전자쌍 수	8	12	⊖ 8
루이스 전자점식			

(나)는 ZY₄이므로 중심 원자인 Z에는 공유 전자쌍이 4개 있고, 비공유 전자쌍이 없다. (나)의 비공유 전자쌍 수는 12이므로 Z와 Y는 각각 C, F이고, Y에는 비공유 전자쌍이 3개 있다. (가)는 XY₂이고, 비공유 전자쌍 수가 8이므로 X에 있는 비공유 전자쌍 수는 2이고, X는 O이다.

나. X~Z가 각각 O, F, C이므로 (다)는 ZXY₂(COF₂)이며, 중심 원자는 Z(C)이다.

다. (다)(ZXY₂)의 비공유 전자쌍은 8개이므로 ⊖ = 8이다.

[바로알기] ㄱ. (가)에는 단일 결합만 있다.

16 X에는 공유 전자쌍만 3개 있으므로 X는 원자가 전자 수가 3인 붕소(B)이다. Y에는 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 Y는 원자가 전자 수가 5인 질소(N)이다. Z에는 공유 전자쌍만 4개 있으므로 Z는 원자가 전자 수가 4인 탄소(C)이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 BF₃, NF₃, CF₄이다.

나. (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

[바로알기] ㄱ. 분자에 포함된 F 원자는 (가)가 3개, (나)가 3개, (다)가 4개이다.

다. (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 평면 구조이고, (나)와 (다)의 분자 구조는 각각 삼각뿔과 정사면체이므로 입체 구조이다. 따라서 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가)이므로 1가지이다.

[17~18] — **꼼꼼 문제 분석**

루이스 전자점식	$\dot{\text{A}}$	$\cdot\dot{\text{B}}\cdot$	$\cdot\ddot{\text{C}}\cdot$	$:\ddot{\text{D}}:$	$:\ddot{\text{E}}:$
원자가 전자 수	1	4	5	6	7
원소	수소 (H)	탄소 (C)	질소 (N)	산소 (O)	플루오린 (F)

17 B의 원자가 전자는 4개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 B 원자 1개와 E 원자 4개가 총 4개의 전자쌍을 공유하여 분자를 생성한다.

➔ 분자식: BE₄

C의 원자가 전자는 5개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 C 원자 1개와 E 원자 3개가 총 3개의 전자쌍을 공유하여 분자를 생성한다. 이때 중심 원자인 C에는 비공유 전자쌍이 1개 있다.

→ 분자식: CE₃

D의 원자가 전자는 6개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 D 원자 1개와 E 원자 2개가 총 2개 전자쌍을 공유하여 분자를 생성한다. 이때 중심 원자인 D에는 비공유 전자쌍이 2개 있다.

→ 분자식: DE₂

중심 원자	분자식	루이스 구조	분자 구조
B	BE ₄	$\begin{array}{c} \text{E} \\ \\ \text{E}-\text{B}-\text{E} \\ \\ \text{E} \end{array}$	정사면체
C	CE ₃	$\begin{array}{c} \text{E}-\ddot{\text{C}}-\text{E} \\ \\ \text{E} \end{array}$	삼각뿔
D	DE ₂	$\text{E}-\ddot{\text{D}}-\text{E}$	굽은 형

18 ㄱ. B의 원자가 전자는 4개이고, D의 원자가 전자는 6개이므로 B 원자는 2개의 D 원자와 각각 이중 결합을 하여 BD₂(D=B=D)를 생성한다. 따라서 BD₂에는 이중 결합이 2개 있다.

ㄷ. A의 원자가 전자는 1개이고, B의 원자가 전자는 4개이므로 B 원자 1개와 A 원자 4개가 총 4개의 전자쌍을 공유하여 BA₄를 생성한다. 이때 BA₄의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있으므로 BA₄의 구조는 정사면체이며 결합각은 109.5°이다.

바로알기 ㄴ. CE₃의 중심 원자에는 공유 전자쌍이 3개 있고, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 C는 옥텟 규칙을 만족한다.

19 NH₃와 CH₄은 입체 구조이고, CH₂O는 평면 구조이다. NH₃는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있지만, CH₄과 CH₂O는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없다. CH₂O는 다중 결합이 있지만, NH₃와 CH₄은 다중 결합이 없다. 따라서 (가)의 분류 기준으로 적절한 것은 ㄱ이고, (나)의 분류 기준으로 적절한 것은 ㄷ이다.

20 ㄱ. O₂(O=O)와 ONF(O=N-F)는 이중 결합이 있지만, BF₃와 CF₄는 단일 결합만 있다. 따라서 '다중 결합이 있는가?'는 (가)로 적절하다.

ㄴ. BF₃에서 B 원자 주위에 전자가 6개 있으므로 B 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠에 해당하는 분자는 O₂, CF₄, ONF이고, ㉡에 해당하는 분자는 BF₃이다.

ㄷ. 분자 구조는 O₂가 선형, BF₃가 평면 삼각형, CF₄가 정사면체, ONF가 굽은 형이므로 평면 구조인 ㉡에 해당하는 분자는 O₂, BF₃, ONF이다. 따라서 ㉠과 ㉡에 공통으로 해당하는 분자는 O₂, ONF이므로 2가지이다.

21

분자	H ₂ O	PCl ₃	CO ₂	COF ₂
루이스 전자점식	$\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{O}}: \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{Cl}}:\ddot{\text{P}}:\ddot{\text{Cl}}: \\ \\ \ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	$\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$	$\begin{array}{c} :\text{O}: \\ \\ :\text{F}:\text{C}:\text{F}: \\ \\ :\text{F}: \end{array}$
중심 원자에 결합한 원자 수	2	3	2	3
공유 전자쌍 수	2	3	4	4

중심 원자에 결합한 원자 수는 H₂O이 2, CO₂가 2, PCl₃가 3, COF₂가 3이다. 공유 전자쌍 수는 H₂O이 2, CO₂가 4, PCl₃가 3, COF₂가 4이다. a=2, b=2이다.

따라서 (가)는 H₂O, (나)는 PCl₃, (다)는 CO₂, (라)는 COF₂이다.

22 ㄱ. HF의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{3}{1} = 3$ 이므로 (나)는 HF이고,

b=1이며 Y는 F이다. H₂O의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{2}{2} = 1$

이므로 (가)는 H₂O이고, a=2이며 X는 O이다. Z는 N이고,

N₂H_c로 가능한 분자식은 N₂H₂, N₂H₄이다. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$

는 N₂H₂가 $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이고, N₂H₄가 $\frac{2}{5}$ 이므로 (다)는 N₂H₂이고,

c=2이다. 따라서 a+b+c=2+1+2=5이다.

ㄴ. (다)는 H-Z=Z-H(H-N=N-H)이므로 Z와 Z 사이의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

바로알기 ㄷ. (가)(H₂O)의 분자 구조는 굽은 형이고, (나)(HF)의 분자 구조는 선형이므로 모두 평면 구조이다.

실력 UP 문제

101쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤

01 (가)의 루이스 전자점식에서 X와 Y의 원자가 전자 수가 각각 6과 4이므로 X는 산소(O)이고, Y는 탄소(C)이다. (나)의 루이스 전자점식에서 Z의 원자가 전자 수가 1이므로 Z는 수소(H)이다.

ㄴ. (나)에서 X(O)와 X(O) 사이의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

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

바로알기 ㄱ. 원자 번호는 X(O) > Y(C) > Z(H)이다.

02 분자 (가)와 (나)에서 X에는 공유 전자쌍이 1개 있으므로 X는 F이고, Y에는 공유 전자쌍이 3개 있으므로 Y는 N이며, Z에는 공유 전자쌍이 2개 있으므로 Z는 O이다. 따라서 (가)는 XYZ(FNO)이고, (나)는 $Y_2X_2(N_2F_2)$ 이다.

ㄱ. (가)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{3} = 2$ 이고, (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다. 따라서 ㉠ = a이다.

ㄴ. 전기음성도는 X(F) > Z(O) > Y(N)이므로 (가)와 (나)에서 X(F)는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

ㄷ. $ZX_2(O_2)$ 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

03 (가)는 분자식이 XZ_2 이다. 2주기 원소 중 2가지 원소로 이루어진 분자는 CO_2 또는 OF_2 이다. 비공유 전자쌍은 CO_2 가 4개, OF_2 가 8개이므로 (가)는 CO_2 이고, X와 Z는 각각 C, O이다. (나)는 분자식이 XY_4 이다. (나)에서 X(C)에는 비공유 전자쌍이 없으므로 4개의 Y에는 비공유 전자쌍이 12개 있다. 1개의 Y에는 비공유 전자쌍이 3개 있으므로 Y는 F이다. (다)는 Y(F)와 Z(O)로 이루어진 분자이다. (다)에서 비공유 전자쌍 수가 8인데, 2개의 Y에는 비공유 전자쌍이 6개 있으므로 Z에 있는 비공유 전자쌍은 2개이어야 한다. 따라서 (나)는 CF_4 이고, (다)는 OF_2 이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 Y(F)가 7, Z(O)가 6이다.

ㄷ. 분자 구조는 (가)(CO_2)가 선형, (나)(CF_4)가 정사면체, (다)(OF_2)가 굽은 형이다. 따라서 입체 구조인 분자는 (나)이므로 1가지이다.

바로알기 ㄴ. (다)는 OF_2 이므로 Y(F)와 Z(O)로 이루어진 분자이며, $x=1$ 이다.

04 ㄱ. 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족할 때 구성 원자 수, 구성 원자의 원자가 전자 수의 합, 공유 전자쌍 수의 관계는 다음과 같다.

$8 \times (\text{구성 원자 수})$

$= (\text{구성 원자의 원자가 전자 수의 합}) + 2 \times (\text{공유 전자쌍 수})$

즉, (가)는 구성 원자 수가 4이고, 모든 구성 원자의 원자가 전자 수의 합이 22이므로 $8 \times 4 = 22 + 2 \times (\text{공유 전자쌍 수})$ 가 성립하며, 공유 전자쌍 수는 5이다.

ㄴ. 모든 구성 원자의 원자가 전자 중 공유 전자를 제외하면 나머지 전자는 비공유 전자에 해당한다. 비공유 전자 수는 $22 - (2 \times 5) = 12$ 이므로 비공유 전자쌍 수는 6이다.

ㄷ. (가)는 2가지 원소로 구성되고, 구성 원자 수가 4이므로 가능한 분자식은 C_2F_2 , NF_3 , N_2F_2 , O_2F_2 이다. 이 중 공유 전자쌍 수가 5이고, 비공유 전자쌍 수가 6인 분자는 C_2F_2 이다. (가)는 $C_2F_2(F-C \equiv C-F)$ 이므로 삼중 결합이 있다.

02 / 분자의 극성과 물질의 성질

원자쌍 비법 특강

106쪽

01 (가) 무극성 (나) 무극성 (다) 극성 (라) 극성

개념확인문제

107쪽

① 무극성 ② 극성 ③ 극성 ④ 극성 ⑤ 무극성 ⑥ 극성
⑦ 무극성 ⑧ 높다

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** HCl, HCN **3** (1) ○ (2) × (3) ×
4 (1) (가), (나), (다), (라) (2) (가), (나) (3) (다), (라) (4) (다), (라)
5 에탄올, 염화 나트륨

1 (1) 각 결합은 극성 공유 결합이지만, 분자 구조가 대칭이면 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 되므로 무극성 분자이다.

(2) 종류가 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자는 무극성 분자이고, 종류가 서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자는 극성 분자이다.

(3) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있거나 중심 원자에 결합한 원자들이 같은 종류가 아닌 경우 분자 구조가 비대칭이다. 분자 구조가 비대칭이면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

2 O_2 는 무극성 공유 결합이 있는 이원자 분자이므로 무극성 분자이고, CO_2 는 두 결합의 쌍극자 모멘트가 서로 반대 방향이므로 무극성 분자이다. HCl과 HCN는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

3 (1) 물 분자는 극성 분자로, 한 분자 안에 서로 다른 부분적인 전하를 띠고 있으므로 대전체가 띠는 전하의 종류와 관계없이 물 줄기에 대전체를 가까이 대면 물줄기는 대전체 쪽으로 끌려간다.
(2) 극성 물질인 물과 무극성 물질인 헥세인은 잘 섞이지 않는다.
(3) 일반적으로 분자량이 비슷할 때 극성 분자는 무극성 분자에 비해 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 극성 분자인 물(H_2O)이 무극성 분자인 메테인(CH_4)보다 녹는점과 끓는점이 높다.

4 (가)(BCl_3)와 (나)(CH_4)는 무극성 분자이고, (다)(NH_3)와 (라)(H_2O)는 극성 분자이다.

(1) (가)~(라)는 서로 다른 원자가 결합한 공유 결합이므로 모두 극성 공유 결합이다.

- (2) 분자 내 전하가 고르게 분포하는 분자는 무극성 분자이므로 (가)(BCl₃)와 (나)(CH₄)이다.
 (3) 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 극성 분자이므로 (다)(NH₃)와 (라)(H₂O)이다.
 (4) 기체 상태의 물질을 전기장에 넣었을 때 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자이므로 (다)(NH₃)와 (라)(H₂O)이다.

5 극성 물질이나 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해된다. 헥세인(C₆H₁₄)은 무극성 물질이고, 에탄올(C₂H₅OH)은 극성 물질이며, 염화 나트륨(NaCl)은 이온 결합 물질이다.

대표자료분석 1

108쪽

- 1** Z > X > Y **2** (가) 선형 (나) 정사면체 (다) 평면 삼각형
3 (1) (가), (나) (2) (가), (다) (3) (가), (다) **4** (1) ○ (2) ○ (3) ×
 (4) × (5) ○ (6) ×

꼼꼼 문제 분석

	O ₂	CH ₄	COF ₂
구분	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	X=X	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{Y}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{X} \\ \\ \text{Z}-\text{Y}-\text{Z} \end{array}$
실제 루이스 구조	:Ö=Ö:	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \\ \text{:F}-\text{C}-\text{F:} \\ \\ \text{F} \end{array}$
분자 구조	선형	정사면체	평면 삼각형
분자의 극성 여부	무극성	무극성	극성
비공유 전자쌍 수	4	0	8
공유 전자쌍 수	2	4	4

- 1** (가)~(다)에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 원자가 전자 수가 6인 산소(O), Y는 원자가 전자 수가 4인 탄소(C), Z는 원자가 전자 수가 7인 플루오린(F)이다. 따라서 전기음성도는 Z(F) > X(O) > Y(C)이다.
2 (가)는 이원자 분자이므로 선형이고, (나)는 중심 원자 주위에 공유 전자쌍이 4개 있는 구조로 정사면체이다. (다)에서 이중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 분자 구조는 평면 삼각형이다.
3 (1) 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이므로 (가)와 (나)이다.

- (2) (가)와 (다)에는 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 분자는 (가)와 (다)이다.
 (3) 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 평면 구조이므로 분자 구조가 선형인 (가)와 평면 삼각형인 (다)이다.

- 4** (1) (가)~(다)에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 원자가 전자 수가 6, Y는 원자가 전자 수가 4, Z는 원자가 전자 수가 7이다. 따라서 원자가 전자 수는 Z > X > Y이다.
 (2) (나)와 (다)의 공유 전자쌍 수는 모두 4이다.
 (3) (가)의 비공유 전자쌍 수는 4이고, (다)의 비공유 전자쌍 수는 8이므로 (다)가 (가)의 2배이다.
 (4) (나)의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이고, (다)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 약 120°이다. 따라서 결합각은 (다) > (나)이다.
 (5) H₂X₂(H-X-X-H)에는 무극성 공유 결합인 X-X 결합이 있다.
 (6) YZ₄(CF₄)의 분자 구조는 정사면체이므로 무극성 분자이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

대표자료분석 2

109쪽

- 1** 해설 참조 **2** H₂S, CO₂ **3** H₂S, CH₃Cl **4** (1) ○
 (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1 모범 답안

분자	H ₂ S	CO ₂	CF ₄	CH ₃ Cl
루이스 구조	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{S}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>또는</p> $\begin{array}{c} \text{H}-\text{S}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$ <p>또는</p> $\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{F}}-\text{C}-\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$ <p>또는</p> $\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>또는</p> $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
공유 전자쌍 수	2	4	4	4
비공유 전자쌍 수	2	4	12	3

- 2** H₂S는 굽은 형, CO₂는 선형이므로 평면 구조이고, CF₄는 정사면체, CH₃Cl은 사면체이므로 입체 구조이다.

3 무극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, 극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. CO_2 와 CF_4 는 무극성 분자이고, H_2S 와 CH_3Cl 은 극성 분자이다.

4 (1) CH_3Cl 에는 비공유 전자쌍이 3개, 공유 전자쌍이 4개이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{3}{4}$ 이다.

(2) ㉠은 평면 구조이면서 무극성 분자이므로 CO_2 이고, ㉡은 입체 구조이면서 극성 분자이므로 CH_3Cl 이다.

(3) ㉠(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180° 이고, ㉡(CH_3Cl)의 분자 구조는 사면체이므로 결합각은 약 109.5° 이다. 따라서 ㉠ > ㉡이다.

(4) 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이므로 CO_2 와 CF_4 이다.

(5) 전기음성도는 $\text{F} > \text{O} > \text{C}$ 이므로 CO_2 와 CF_4 에서 C는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

대표 자료 분석 3

110쪽

1 밀도는 물이 헥세인보다 크다. 2 A: 황산 구리(II)(CuSO_4), B: 아이오딘(I_2) 3 헥세인, B 4 물 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

1 시험관에서 물이 헥세인보다 아래층에 있으므로 밀도는 물이 헥세인보다 크다.

2 A는 물에 녹아 푸른색을 나타내므로 이온 결합 물질인 황산 구리(II)(CuSO_4)이고, B는 헥세인에 녹아 보라색을 나타내므로 무극성 물질인 아이오딘(I_2)이다.

3 물은 극성 물질이고 헥세인은 무극성 물질이다. 극성 물질이나 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 물질에 잘 용해된다. 따라서 헥세인에 잘 용해된 B는 무극성 물질이다.

4 물은 극성 물질이므로 기체 상태로 전기장에 넣으면 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 부분은 (+)극을 향하고, 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 부분은 (-)극을 향한다. 헥세인은 무극성 물질이므로 기체 상태로 전기장에 넣어도 영향을 받지 않으므로 무질서하게 배열된다.

5 (1) A는 황산 구리(II)(CuSO_4)로 이온 결합 물질이다. (2) $\text{B}(\text{I}_2)$ 의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

(3) $\text{B}(\text{I}_2)$ 는 무극성 분자이므로 기체 상태로 전기장에 넣어도 영향을 받지 않으므로 무질서하게 배열된다.

(4) 물은 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0보다 크고, $\text{B}(\text{I}_2)$ 는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 물이 $\text{B}(\text{I}_2)$ 보다 크다.

내신 만점 문제

111쪽~114쪽

01 ⑤ 02 ㄱ 03 해설 참조 04 ③ 05 ② 06 ①
07 ② 08 ⑤ 09 ① 10 ⑤ 11 ① 12 ③
13 ④ 14 ⑤ 15 ⑤ 16 해설 참조 17 ③

01 ① (가)(HCN)와 (다)(H_2O)는 극성 분자이고, (나)(BCl_3)는 무극성 분자이다.

② (가)(HCN)의 질소(N)에 비공유 전자쌍이 있고, (나)(BCl_3)의 염소(Cl)에 비공유 전자쌍이 있으며, (다)(H_2O)의 산소(O)에 비공유 전자쌍이 있다.

③ (가)~(다)의 분자 구조는 각각 선형, 평면 삼각형, 굽은 형이므로 모두 평면 구조이다.

④ (가)~(다)는 서로 다른 원자가 결합한 공유 결합이므로 모두 극성 공유 결합이다.

바로알기 ⑤ (가)(HCN)의 분자 구조는 선형이고, (나)(BCl_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이며, (다)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 분자 구조가 모두 다르다.

02 W~Z의 원자가 전자 수가 각각 4~7이므로 W~Z는 각각 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 플루오린(F)이다.

ㄱ. $\text{XZ}_3(\text{NF}_3)$ 는 분자 구조가 비대칭이어서 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

바로알기 ㄴ. $\text{WZ}_4(\text{CF}_4)$ 의 분자 구조는 정사면체이므로 무극성 분자이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

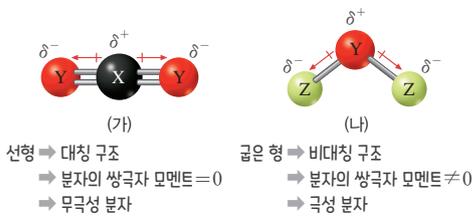
ㄷ. $\text{WYZ}_2(\text{COF}_2)$ 의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 약 120° 이다. $\text{XWZ}(\text{NCF})$ 의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180° 이다. 따라서 결합각은 $\text{XWZ} > \text{WYZ}_2$ 이다.

03 A~D는 각각 수소(H), 탄소(C), 질소(N), 산소(O)이다. 따라서 (가)(A_2D)는 H_2O , (나)(BA_4)는 CH_4 , (다)(BD_2)는 CO_2 , (라)(CA_3)는 NH_3 이다.

모범 답안 (가)와 (라)의 분자 구조는 각각 굽은 형과 삼각뿔이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다. (나)와 (다)의 분자 구조는 각각 정사면체와 선형이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다.

채점 기준	배점
(가)~(라) 분자의 극성을 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 분자의 구조 및 분자의 쌍극자 모멘트와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(라) 분자의 극성을 모두 옳게 썼으나, 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	60 %
(가)~(라) 분자의 극성만 모두 옳게 쓴 경우	30 %

04 품평 문제 분석

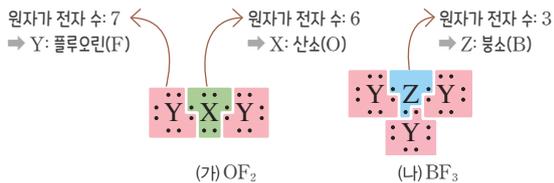


ㄱ. 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표는 전기음성도가 작아 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 전기음성도가 커 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 향한다. 따라서 (가)에서 전기음성도는 $Y > X$ 이고, (나)에서 전기음성도는 $Z > Y$ 이므로 전기음성도는 $Z > Y > X$ 이다.

ㄴ. (가)는 두 결합의 쌍극자 모멘트가 서로 반대 방향이므로 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. 따라서 (가)는 무극성 분자이다.

바로알기 ㄷ. (나)는 두 결합의 쌍극자 모멘트가 같은 방향이므로 상쇄되지 않고 한 방향으로 합해진다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니며, (나)는 극성 분자이다.

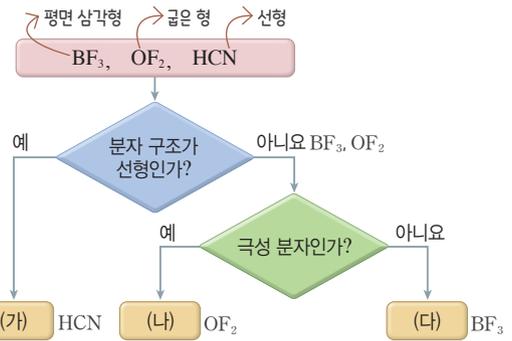
05 품평 문제 분석



ㄴ. (나)(BF_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.

바로알기 ㄱ. (가)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이다.
 ㄷ. (가)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, (나)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.

06 품평 문제 분석



(가)는 분자 구조가 선형이므로 HCN이고, (나)는 극성 분자이므로 OF_2 이며, (다)는 무극성 분자이므로 BF_3 이다.

ㄱ. (가)는 HCN($H-C\equiv N$)이므로 공유 전자쌍이 4개이고, (나)는 OF_2 ($F-O-F$)이므로 공유 전자쌍이 2개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.

바로알기 ㄴ. (나)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5° 이고, (다)(BF_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 120° 이다. 따라서 결합각은 (다) > (나)이다.

ㄷ. (다)(BF_3)의 중심 원자인 B 주위에는 전자가 6개 있으므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

07 CH_4 의 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍 수는 0이다. NH_3 의 공유 전자쌍 수는 3이고, 비공유 전자쌍 수는 1이다. H_2O 의 공유 전자쌍 수는 2이고, 비공유 전자쌍 수는 2이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O 이다.

ㄴ. (가)(CH_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

바로알기 ㄱ. ①은 공유 전자쌍 수이고, ②은 비공유 전자쌍 수이다.

ㄷ. (나)(NH_3)의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107° 이고, (다)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (나) > (다)이다.

08 ㄱ. H, C, O 중 2가지 원소로 이루어진 삼원자 분자는 H_2O 이거나 CO_2 이다. (가)는 무극성 분자이므로 CO_2 이고, (나)는 H_2O 이다. (가)에서 구성 원자 수비가 $X : Y = 1 : 2$ 이므로 X는 C이고, Y는 O이다. (나)에서 구성 원자 수비가 $Y : Z = 1 : 2$ 이므로 Z는 H이다.

ㄴ. (나)(H_2O)는 극성 분자이므로 ①은 극성이다.
 ㄷ. (가)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180° 이고, (나)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (가) > (나)이다.

09

분자	CH ₂ Cl ₂	CH ₄	NH ₃	CH ₂ O
중심 원자의 비공유 전자쌍 유무	없음	없음	있음	없음
분자의 극성 여부	극성	무극성	극성	극성

- 바로알기** ②, ③ NH₃는 중심 원자(N)에 비공유 전자쌍이 있다.
 ④ CH₄은 무극성 분자이고, CH₂O는 극성 분자이다.
 ⑤ CH₂O와 CH₂Cl₂는 모두 극성 분자이다.

10 CO₂와 CF₄는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, H₂O과 NF₃는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. H₂O과 CO₂의 분자 구조는 각각 굽은 형과 선형이므로 평면 구조이고, NF₃와 CF₄의 분자 구조는 각각 삼각뿔과 정사면체이므로 입체 구조이다.

- (가)는 H₂O, NF₃ 중 하나이고, (나)와 (다)는 각각 H₂O, CO₂ 중 하나이다. 따라서 (가)는 NF₃이고, (라)는 CF₄이다. 공유 전자쌍 수는 (라) > (나)이므로 (나)는 H₂O, (다)는 CO₂이다.
 ㄱ. (가)(NF₃)는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있다.
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (나)(H₂O)가 2이고, (다)(CO₂)가 4이다.
 ㄷ. (다)(CO₂)와 (라)(CF₄)는 무극성 분자이다.

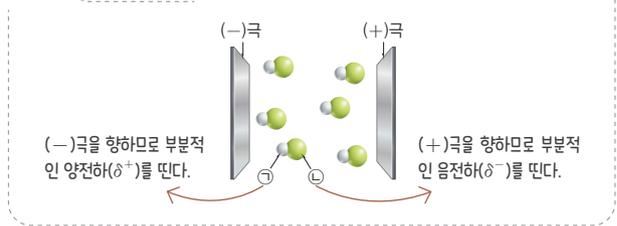
11 2주기 원소 중 2가지 원소로 이루어진 삼원자 분자는 CO₂이거나 OF₂이다. 공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이므로 (가)는 OF₂이고, (나)는 CO₂이며 n=2이다. X~Z는 각각 F, O, C이다. (다)는 C, O, F으로 구성되고 구성 원자 수가 4이며, 공유 전자쌍 수가 4이므로 COF₂이다.
 ㄱ. (가)(OF₂)의 분자 구조는 굽은 형이다.

- 바로알기** ㄴ. (가)(OF₂)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. (나)(CO₂)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.
 ㄷ. 분자당 X(F) 원자 수는 (가)와 (다)가 모두 2이다.

12 ㄱ. 에탄올은 물과 마찬가지로 극성 물질이므로 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.
 ㄷ. 물(H₂O)은 극성 분자이므로 기체 상태의 H₂O은 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열된다.

- 바로알기** ㄴ. 물줄기에 음전하를 띤 대전체를 가까이 대면 물(H₂O) 분자에서 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤 수소(H) 원자가 대전체 쪽으로 끌려가고, 양전하를 띤 대전체를 가까이 대면 물(H₂O) 분자에서 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤 산소(O) 원자가 대전체 쪽으로 끌려간다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 극성 분자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤 부분과 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤 부분이 있으므로 전기장에 넣으면 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤 부분이 (-)극을 향하고, 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤 부분이 (+)극을 향한다. 따라서 기체 상태의 X는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되므로 X는 극성 분자이다.

- ㄷ. X는 극성 분자이므로 극성 물질인 물에 잘 녹는다.
바로알기 ㄴ. 원자 ㉠은 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠고, 원자 ㉡은 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠므로 전기음성도는 ㉡ > ㉠이다.

14 ㄱ. 물(H₂O)은 극성 물질이고, 물과 섞이지 않는 사염화 탄소(CCl₄)와 헥세인(C₆H₁₄)은 무극성 물질이다.

- ㄴ. 극성 물질이나 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해된다. 황산 구리(II)(CuSO₄)는 이온 결합 물질이므로 극성 물질인 물에는 잘 용해되지만, 무극성 물질인 사염화 탄소와 헥세인에는 잘 용해되지 않는다.
 ㄷ. 시험관 속 액체를 흔들면 무극성 물질인 헥세인과 사염화 탄소가 혼합되어 같은 액체 층이 되고, 이 층은 물과 혼합되지 않으므로 2개의 액체 층으로 분리된다.

15 ㄱ, ㄴ, ㄷ. (가)(CH₂Cl₂)와 (나)(CH₃Cl)는 중심 원자에 결합한 원자들이 서로 다른 종류이므로 분자가 비대칭 구조를 이루어 모두 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니며, 무극성 물질인 헥세인과 잘 섞이지 않는다. 또한 기체 상태로 전기장 속에 넣으면 일정한 방향으로 배열된다.

16 XH₃(g)는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되므로 극성 분자이고, YH₄(g)는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되지 않으므로 무극성 분자이다.

모범 답안 XH₃ > YH₄. 일반적으로 분자량이 비슷할 때 끓는점은 극성 분자가 무극성 분자보다 높기 때문이다.

채점 기준	배점
XH ₃ 와 YH ₄ 의 끓는점을 옮겨 비교하고, 그 끼움을 옮겨 서술한 경우	100 %
XH ₃ 와 YH ₄ 의 끓는점만 옮겨 비교한 경우	40 %

17 (가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다. CH₄, NH₃, H₂O 중 무극성 분자는 CH₄이므로 (가)는 CH₄이다. 전기음성도는 O > N이므로 구성 원소의 전기음성도 차이는 H₂O > NH₃이다. (나)와 (다)는 각각 NH₃, H₂O이다.

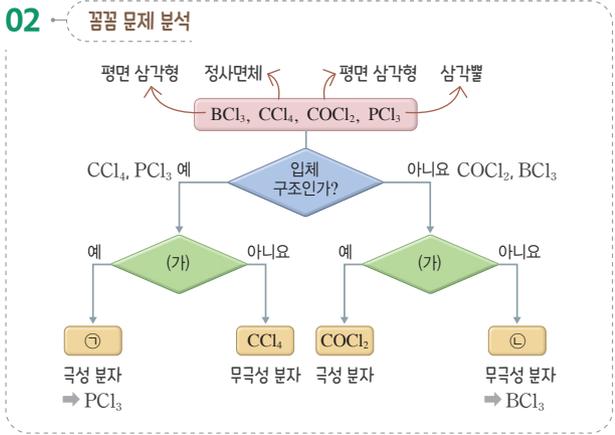
ㄱ. 일반적으로 분자량이 비슷할 때 극성 분자는 무극성 분자에 비해 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 끓는점이 높다. 따라서 극성 분자인 (다)(H₂O)가 무극성 분자인 (가)(CH₄)보다 끓는점이 높다.
 ㄴ. 극성 물질은 극성 물질에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 물질에 잘 용해된다. 따라서 극성 분자인 (나)(NH₃)는 액체 상태의 (다)(H₂O)에 잘 녹지만, 무극성 분자인 (가)(CH₄)는 액체 상태의 (다)(H₂O)에 잘 녹지 않는다.

바로알기 ㄷ. (다)(H₂O)는 극성 물질이므로 액체 줄기에 음전하를 띤 대전체를 가까이 가져가면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.

실력 UP 문제 115쪽
 01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ㄴ, ㄷ

01 ㄱ. (가)는 구성 원자 수비가 X : Y = 1 : 1이므로 가능한 분자식은 C₂F₂(F-C≡C-F)이거나 N₂F₂(F-N=N-F)이다. C₂F₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{5} = 1.2$ 이고, N₂F₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다. 따라서 (가)는 C₂F₂이다. X와 Y는 각각 C, F 중 하나이고, Z는 N이다. (나)의 구성 원자 수는 5 이하이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 이므로 (나)는 CF₄이다. 따라서 X와 Y는 각각 C, F이고, $x = 4$ 이다. (다)는 NF₃이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{10}{3} = y$ 이다. 즉, $\frac{x}{y} = \frac{4}{\frac{10}{3}} = 1.2$ 이다.

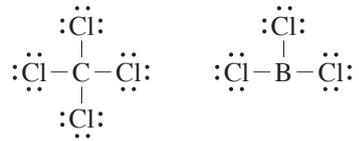
ㄴ. (가)(C₂F₂)와 (나)(CF₄)는 모두 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.
바로알기 ㄷ. (가)에서 C와 C 사이의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.



ㄱ. PCl₃과 COCl₂는 극성 분자이고, CCl₄와 BCl₃는 무극성 분자이므로 '극성 분자인가?'는 (가)로 적절하다.

ㄴ. ㉠과 ㉡은 각각 PCl₃과 BCl₃ 중 하나이다. PCl₃의 분자 구조는 삼각뿔이므로 입체 구조이고 극성 분자이며, BCl₃의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 평면 구조이고 무극성 분자이다. 따라서 ㉠은 PCl₃이고, ㉡은 BCl₃이다.

바로알기 ㄷ. CCl₄와 ㉡(BCl₃)을 루이스 구조로 나타내면 다음과 같다.



CCl₄의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{12}{4} = 3$ 이고, ㉡(BCl₃)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{9}{3} = 3$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 CCl₄ = ㉡(BCl₃)이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

	FCN	CO ₂	FNO
분자	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	W-X-Y	Z-X-Z	W-Y-Z
실제 루이스 구조	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{-C}\equiv\text{N:}$	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{-}\ddot{\text{N}}=\ddot{\text{O}}\text{:}$
결합각	$\alpha \approx 180^\circ$	$\alpha \approx 180^\circ$	㉠
분자의 극성 여부	극성	무극성	극성

- (가)와 (나)는 X에 결합한 원자의 종류는 다른데, 결합각은 같다. 따라서 (가)와 (나)의 분자 구조는 선형이며, 결합각(α)은 180°이다.
 ➔ (가): FCN (나): CO₂
- W~Z가 각각 F, C, N, O이므로 (다)는 FNO이다.

ㄴ. (다)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다. 따라서 (다)의 결합각(㉠)은 180°(α)보다 작다.

바로알기 ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 4로 같다.
 ㄷ. (가)와 (다)는 극성 분자이고, (나)는 무극성 분자이다.

04 ㄴ. (나) 과정 후 ㉠에서 무극성 물질인 흑색인 층이 보라색으로 변했으므로 A는 무극성 물질이다. 따라서 A는 아이오딘(I₂)이다.
 ㄷ. (나) 과정 후 ㉡에서 황산 구리(II)(CuSO₄)가 극성 물질인 물에 용해되어 물 층이 푸른색으로 변했다. 황산 구리(II)는 이온 결합 물질이며, 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해된다.

바로알기 ㄱ. 물이 흑색인보다 아랫부분에 있으므로 밀도는 물이 흑색인보다 크다.

중단원 핵심 정리

116쪽~117쪽

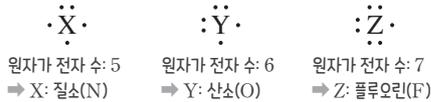
- 1 원자가 전자
- 2 출전자
- 3 공유
- 4 비공유
- 5 전자쌍 반발
- 6 109.5°
- 7 평면 삼각형
- 8 선형
- 9 정사면체
- 10 굽은 형
- 11 무극성
- 12 극성
- 13 극성
- 14 극성
- 15 무극성
- 16 높다

중단원 마무리 문제

118쪽~121쪽

- 01 ④
- 02 ③
- 03 ①
- 04 ⑤
- 05 정사면체
- 06 ㄱ, ㄴ, ㄷ
- 07 ④
- 08 ④
- 09 ②
- 10 ②
- 11 ③
- 12 ⑤
- 13 ②
- 14 ⑤
- 15 ②
- 16 해설 참조
- 17 해설 참조
- 18 해설 참조

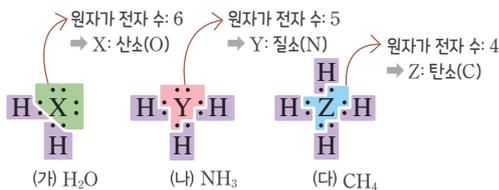
01 — 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 $X_2(N_2)$ 가 2이고, $Z_2(F_2)$ 가 6이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 Z_2 가 X_2 의 3배이다.
 ㄷ. $YXZ(O=N-F)$ 의 공유 전자쌍 수는 3이다.
바로알기 ㄱ. $YZ_2(F-O-F)$ 에서 Y(O)와 Z(F) 사이의 결합은 단일 결합이므로 YZ_2 에는 이중 결합이 없다.

02 ㄷ. (가)와 (나)에는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, (다)에는 중심 원자(N)에 비공유 전자쌍이 1개 있다. 따라서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 (다) 1가지이다.
바로알기 ㄱ. (가)의 중심 원자인 B 주위에는 전자가 6개 있으므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. (나)의 중심 원자인 C 주위에는 전자가 8개 있으므로 C는 옥텟 규칙을 만족한다.
 ㄴ. (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이고, (다)의 분자 구조는 삼각뿔이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 원자가 전자 수는 X(O) > Y(N)이다.

바로알기 ㄴ. (가)의 분자 구조는 굽은 형, (나)의 분자 구조는 삼각뿔, (다)의 분자 구조는 정사면체이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가) 1가지이다.
 ㄷ. $ZX_2(O=C=O)$ 에는 Z(C)와 X(O) 사이의 결합은 이중 결합이므로 ZX_2 의 공유 전자쌍 수는 4이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석

	CO_2	O_2F_2	COF_2
구분	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	$X-Y-X$	$Z-X-X-Z$	$\begin{array}{c} X \\ \\ Z-Y-Z \end{array}$
실제 루이스 구조	$O=C=O$	$F-O-O-F$	$\begin{array}{c} O \\ \\ F-C-F \end{array}$

(가)에서 Y는 옥텟 규칙을 만족하므로 X에 있는 공유 전자쌍 수는 1 또는 2이다. (나)에서 X에 있는 공유 전자쌍 수는 2 이상이어야 하므로 X에 있는 공유 전자쌍 수는 2이고, Y에 있는 공유 전자쌍 수는 4이며, Z에 있는 공유 전자쌍 수는 1이다. X~Z는 각각 O, C, F이다.
 ㄱ. 원자 번호는 Z(F) > X(O) > Y(C)이다.
 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 3으로 (가) > (나)이다.
 ㄷ. (가)와 (다)에는 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.

05 전자쌍 반발 이론에서 중심 원자에 전자쌍이 4개 있으면 전자쌍(자석)이 정사면체의 네 꼭짓점을 향하므로 분자 구조는 정사면체이다.

06 ㄱ. 전자쌍은 음전하를 띠므로 반발력이 작용하여 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다.
 ㄴ. $BeCl_2$ 은 중심 원자인 Be에 공유 전자쌍이 2개 있으므로 $BeCl_2$ 의 분자 구조는 선형인 (가)에 해당한다.
 ㄷ. 중심 원자에 있는 3개의 전자쌍은 삼각형의 꼭짓점을 향해 놓여 전자쌍 사이의 반발력을 최소화 하므로 중심 원자에 같은 원자가 결합되어 있을 때 (나)와 같은 분자의 구조는 평면 삼각형이고, 결합각은 120°이다.

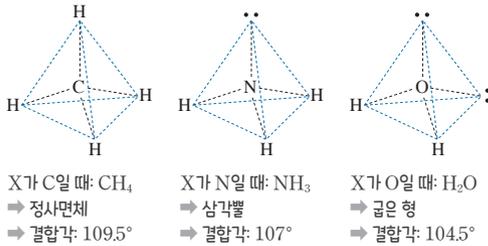
07

분자	Cl_2	OCl_2	NCl_3
분자 구조	선형	굽은 형	삼각뿔
평면 혹은 입체 구조	평면 구조	평면 구조	입체 구조
분자 극성 여부	무극성	극성	극성

분자	CCl ₄	CH ₂ O	CH ₂ Cl ₂
분자 구조	정사면체	평면 삼각형	사면체
평면 혹은 입체 구조	입체 구조	평면 구조	입체 구조
분자 극성 여부	무극성	극성	극성

④ ㉠은 NCl₃, CCl₄, CH₂Cl₂이므로 3가지이고, ㉡는 Cl₂, CCl₄이므로 2가지이다.

08 품평 문제 분석



나. X가 C일 때 분자식은 CH₄이고, 결합각이 109.5°이다. X가 N일 때 분자식은 NH₃이고, 결합각이 107°이다.

다. 비공유 전자쌍은 CH₄일 때 0개, NH₃일 때 1개, H₂O일 때 2개이다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 H₂O이다.

바로알기 ㉠. NH₃의 분자 구조는 삼각뿔이다.

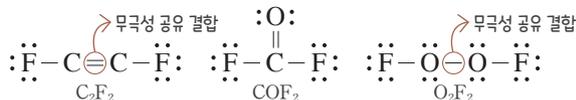
09 2주기 원소 중 2가지 원소로 구성되고 구성 원자 수가 3인 분자는 CO₂와 OF₂이다. CO₂와 OF₂의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2이므로 (나)와 (다)는 각각 OF₂, CO₂이다. X~Z는 각각 F, O, C이다.

나. (나)(OF₂)의 분자 구조는 굽은 형이다.

바로알기 ㉠. (가)는 X₂(F₂)이므로 공유 전자쌍은 1개이다. 따라서 ㉡는 1이다.

다. (다)(CO₂)의 중심 원자는 Z(C)이다.

10 품평 문제 분석



- C₂F₂의 분자 구조는 선형이며, 대칭을 이루므로 쌍극자 모멘트가 상쇄된다. ⇒ 무극성 분자
- COF₂는 중심 원자에 결합한 원자들이 서로 다른 종류이므로 세 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다. ⇒ 극성 분자
- O₂F₂는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있어 분자 구조가 비대칭이므로 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다. ⇒ 극성 분자

② C₂F₂에서 C와 C 사이에 무극성 공유 결합이 있다. O₂F₂에서 O와 O 사이에 무극성 공유 결합이 있다. C₂F₂는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, O₂F₂는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 (가)~(다)는 각각 C₂F₂, O₂F₂, COF₂이다.

11 (가)(WX₂)는 CO₂ 또는 OF₂이다. CO₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 이고, OF₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이므로 (가)는 CO₂이고, W와 X는 각각 C, O이다.

(나)에서 Y와 Z는 각각 N, F 중 하나이다. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{10}{3}$ 이므로 (나)(YZ_n)는 NF₃이다.

X, Y, Z가 각각 O, N, F이므로 (다)(XYZ)는 ONF이다.

㉠. (가)(CO₂)는 무극성 분자이다.

나. (나)는 NF₃이므로 n = 3이다. (다)는 ONF이므로

$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{3} = 2$ 이고, x=2이다. 따라서 n×x=6이다.

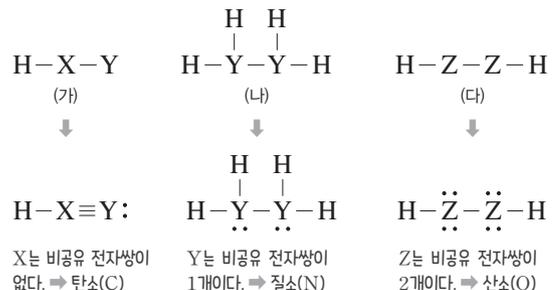
바로알기 ㉠. (가)~(다) 중 이중 결합이 있는 분자는 (가)(O=C=O)와 (다)(O=N-F) 2가지이다.

12 ㉠. 질소(N)와 플루오린(F)으로 이루어지고 분자당 구성 원자 수가 4 이하인 분자는 N₂F₂(F-N=N-F) 또는 NF₃이다. 이들의 구성 원자 수는 각각 4이고, 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3이므로 (가)는 N₂F₂, (나)는 NF₃이다. 따라서 a=4이고, b=3이므로 a=b+1이다.

나. (나)(NF₃)는 중심 원자(N)에 비공유 전자쌍이 있어 분자 구조가 비대칭이므로 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다. 즉, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

다. 산소(O)와 플루오린(F)으로 이루어진 공유 전자쌍 수가 3인 분자는 O₂F₂(F-O-O-F)이므로 (다)의 구성 원자 수는 a(=4)이다.

13 품평 문제 분석



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

바로알기 ㄱ. (가)(HCN)의 분자 구조는 선형이지만, 두 결합의 쌍극자 모멘트가 같은 방향이므로 상쇄되지 않고 한 방향으로 합쳐져 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 극성 분자이다.

ㄷ. (가)에는 삼중 결합이 있고, (나)와 (다)에는 단일 결합만 있다. 따라서 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (가) 1가지이다.

14 기체 상태의 (가)는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되지 않으므로 무극성 분자이고, 기체 상태의 (나)는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되므로 극성 분자이다. XH_3 와 YH_4 는 각각 극성 분자, 무극성 분자이므로 (가)는 YH_4 이고, (나)는 XH_3 이다.

ㄱ. X와 Y는 2주기 원소이고, 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)와 (나)는 각각 CH_4 과 NH_3 이다. (가)(CH_4)의 분자 구조는 정사면체이고, (나)(NH_3)의 분자 구조는 삼각뿔이므로 모두 입체 구조이다.

나. 극성 분자의 액체 줄기에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.

ㄷ. 극성 물질은 극성 물질에 잘 용해되고 무극성 물질은 무극성 물질에 잘 용해된다. 또한 극성 물질과 무극성 물질은 잘 섞이지 않는다. 따라서 극성 분자인 (나)는 무극성 분자인 (가)보다 극성 물질인 H_2O 에 잘 용해된다.

15 일반적으로 분자량이 비슷할 때 극성 분자는 무극성 분자에 비해 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 녹는점과 끓는점이 높다.

나. (가)와 (나)는 분자량이 비슷하지만, (가)는 무극성 분자이고 (나)는 극성 분자이므로 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다. 따라서 $y > x$ 이다.

바로알기 ㄱ. (다)와 (라)는 분자량이 비슷하지만 녹는점과 끓는점은 (다) > (라)이므로 (다)는 극성 분자이고, (라)는 무극성 분자이다. 따라서 ㉠이 극성, ㉡이 무극성이다.

ㄷ. (나)와 (다)는 극성 분자이고, (가)와 (라)는 무극성 분자이므로 기체 상태로 전기장에 넣었을 때, 일정한 방향으로 분자가 배열되는 것은 (나)와 (다)이다.

16 **모범 답안** (1) (가) > (나), (가)(HCN)의 분자 구조는 선형이므로 결합각이 180° 이고, (나)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각이 180° 보다 작다.

(2) (다) > (라). 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍이 있는 (라)(NH_3)의 결합각이 (다)(CH_4)의 결합각보다 작다.

채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)의 결합각을 옳게 비교하고, 그 까닭을 분자 구조와 관련하여 옳게 서술한 경우	50%
(가)와 (나)의 결합각만 옳게 비교한 경우	20%
(2) (다)와 (라)의 결합각을 옳게 비교하고, 그 까닭을 비공유 전자쌍 유무로 인한 반발력 차이와 관련하여 옳게 서술한 경우	50%
(다)와 (라)의 결합각만 옳게 비교한 경우	20%

17 **모범 답안** (가) 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는가?, 평면 구조인가?, 삼원자 분자인가? 등

(나) 극성 분자인가?, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌가? 등

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우	100%
(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50%

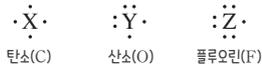
18 극성 물질이나 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 물질에 잘 용해된다. 또한 극성 물질과 무극성 물질은 서로 잘 섞이지 않는다. (다)에서 액체 B에 이온 결합 물질인 황산 구리(II)가 녹아서 푸른색으로 변하므로 액체 B는 극성 물질이고, 액체 B와 섞이지 않는 액체 A와 C는 무극성 물질이다.

모범 답안 (다)에서 액체 A와 C가 서로 섞이고, 황산 구리(II)는 액체 A와 C에 녹지 않았으므로 액체 A와 C는 무극성 물질이다. (가)와 (나)에 각각 무극성 물질인 아이오딘을 넣으면 (가)에서는 액체 A가, (나)에서는 액체 C가 보라색으로 변한다.

채점 기준	배점
액체 A와 C가 모두 무극성 물질이라는 것을 포함하여 (가)와 (나)에서 각각 액체 A와 C가 보라색으로 변한다고 서술한 경우	100%
(가)와 (나)에서 각각 액체 A와 C가 보라색으로 변한다고만 서술한 경우	40%

01 — 꼼꼼 문제 분석

• X~Z의 루이스 전자점식



• (가)~(다)에 대한 자료

	CO ₂	CF ₄	OF ₂
분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자	X, Y	X, Z	Y, Z
공유 전자쌍 수	4	4	2
분자 구조	선형	정사면체	굽은 형

선택지 분석

- (가)의 중심 원자는 Y이다. X
- 구성 원자 수는 (가)와 (다)가 같다.
- 분자의 쌍극자 모멘트는 (나) > (다)이다. (다) > (나)

전략적 풀이 ① 구성 원자와 공유 전자쌍 수로부터 (가)~(다)의 분자식을 알아낸다.

X~Z는 원자가 전자 수가 각각 4, 6, 7이므로 C, O, F이다.
 (가)는 C와 O로 구성되고 공유 전자쌍 수가 4이므로 CO₂이다.
 (나)는 C와 F으로 구성되고 공유 전자쌍 수가 4이므로 CF₄이다.
 (다)는 O와 F으로 구성되고 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF₂이다.
 ㄱ. (가)의 중심 원자는 X(C)이다.

② (가)~(다)의 분자식으로부터 구성 원자 수와 분자의 극성을 파악한다.

ㄴ. (가)와 (다)의 구성 원자 수는 각각 3으로 같다.
 ㄷ. (나)의 분자 구조는 정사면체이므로 (나)는 무극성 분자이고 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. (다)의 분자 구조는 굽은 형이므로 (다)는 극성 분자이고 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (나)이다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

	O ₂	H ₂ S	CH ₄
분자	(가)	(나)	(다)
루이스 전자점식	$\cdot \ddot{W} :: \ddot{W} \cdot$	$X : \ddot{Y} : X$	$\begin{array}{c} X \\ X : \ddot{Z} : X \\ X \end{array}$
분자 1mol에 들어 있는 전자의 양(mol)	16 산소(O): W	18	10

X: 원자가 전자 1개
 ⇒ 수소(H)
 Z: 원자가 전자 4개
 ⇒ 탄소(C) 또는 규소(Si)

W와 Y: 원자가 전자 6개
 ⇒ 산소(O) 또는 황(S)

선택지 분석

- W와 Y는 같은 족 원소이다.
- ①=18이다.
- (가)~(다)는 모두 무극성 분자이다. (가)와 (다)

전략적 풀이 ① 루이스 전자점식과 분자 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)을 이용하여 W~Z를 파악한다.

(다)에서 X의 원자가 전자 수가 1이므로 수소(H)이고, Z의 원자가 전자 수가 4이므로 탄소(C) 또는 규소(Si)이다. 그런데 (다)에서 분자 1 mol에 들어 있는 전자의 양이 10 mol이므로 Z는 탄소(C)이다.

W와 Y의 원자가 전자 수가 6이므로 산소(O) 또는 황(S)이다. 그런데 (가)에서 분자 1 mol에 들어 있는 전자의 양이 16 mol이므로 W는 산소(O)이고, Y는 황(S)이다.

ㄱ. W(O)와 Y(S)는 16족으로 같은 족 원소이다.

② (나)의 분자식으로부터 분자 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)을 구한다.

ㄴ. (나)(H₂S) 1 mol에 들어 있는 전자의 양은 18 mol이다. 따라서 ①=18이다.

③ (가)~(다)에서 분자의 극성을 파악한다.

ㄷ. (가)(O₂)는 무극성 공유 결합이 있는 이원자 분자이므로 무극성 분자이고, (나)(H₂S)의 분자 구조는 굽은 형이므로 극성 분자이며, (다)(CH₄)의 분자 구조는 정사면체이므로 무극성 분자이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

	H ₂ O	COF ₂	C ₂ F ₂
분자	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	W-X-W	$\begin{array}{c} X \\ \\ Y-Z-Y \end{array}$	Y-Z-Z-Y
실제 루이스 구조	$H-\ddot{O}-H$	$\begin{array}{c} :O: \\ \\ :\ddot{F}-C-\ddot{F}: \end{array}$	$:\ddot{F}-C\equiv C-\ddot{F}:$
비공유 전자쌍 수	1	2	6/5
공유 전자쌍 수			

선택지 분석

- W의 원자가 전자 수는 1이다.
- 결합각은 (다) > (가)이다.
- 공유 전자쌍 수는 (다) > (나)이다.

전략적 풀이 ① (가~다)를 이용하여 W~Z를 파악한다.

(나)에서 Z의 원자가 전자 수가 3 이상이므로 Z는 2주기 원소이다. 2주기 원소는 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)에서 X-Z 결합에는 이중 결합이 있고, (다)에서 Z-Z 결합에는 삼중 결합이 있다. 따라서 Z는 C이고 X는 O이다.

Y는 H 또는 F이다. (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이므로 Y는

F이다. (가)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 이므로 (가)는 H₂O이고,

W는 H이다.

ㄱ. W(H)의 원자가 전자 수는 1이다.

② (가~다)의 분자 구조를 파악하여 결합각과 공유 전자쌍 수를 비교한다.

ㄴ. (가)(H₂O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5°이고, (다)(C₂F₂)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다. 따라서 결합각은 (다) > (가)이다.

ㄷ. (나)(COF₂)의 공유 전자쌍 수는 4이고, (다)(C₂F₂)의 공유 전자쌍 수는 5이다.

04 — 곱셈 문제 분석

	NCl ₃	BCl ₃	CCl ₄
분자	(가)	(나)	(다)
분자식	XCl _n	YCl _n	ZCl _{n+1}
평면 또는 입체 구조	㉠ 입체 구조	㉡ 평면 구조	㉢ 입체 구조
분자 구조	삼각뿔	평면 삼각형	정사면체

선택지 분석

- $n=2$ 이다. 3
- ㉠은 평면 구조이다.
- (가)~(다) 중 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 1가지이다.

전략적 풀이 ① (가~다)의 분자식을 이용하여 평면 구조인지 입체 구조인지 알아낸다.

ㄱ. $n=2$ 이면 (가)~(다)는 각각 XCl₂, YCl₂, ZCl₃이다. XCl₂와 YCl₂는 평면 구조이므로 모순이다. $n=3$ 이면 (가)~(다)는 각각 XCl₃, YCl₃, ZCl₄이다. X가 N, Z가 C이면 (가)와 (다)는 입체 구조이고, Y가 B이면 (나)는 평면 구조이다. 이 경우 제시된 자료에 부합한다. 따라서 $n=3$ 이다.

ㄴ. ㉠은 입체 구조이고, ㉡은 평면 구조이다.

② (가~다)의 분자 구조를 파악하여 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자를 찾아낸다.

ㄷ. (가)(NCl₃)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있고, (나)(BCl₃)와 (다)(CCl₄)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없다.

05 — 곱셈 문제 분석

	C ₂ H ₂	N ₂ H ₄	H ₂ O ₂
분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자 수비			
공유 전자쌍 수	\underline{n} 5	\underline{n} 5	3

선택지 분석

- 원자 번호는 X > Y이다. Y > X
- (다)의 공유 전자쌍 수는 $n-2$ 이다.
- (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다. 1가지

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 구성 원자 수의 비율과 공유 전자쌍 수로부터 X~Z를 알아낸다.

(가)의 분자식은 X₂H₂이므로 공유 전자쌍 수는 3 이상이다. (나)는 공유 전자쌍 수가 3 이상이고 (나)를 구성하는 Y와 H의 원자 수비는 1 : 2이므로 (나)의 분자식은 Y₂H₄이다. C₂H₂, N₂H₂, H₂O₂의 공유 전자쌍 수는 각각 5, 4, 3이고, C₂H₄, N₂H₄의 공유 전자쌍 수는 각각 6, 5이므로 X와 Y는 각각 C, N이고, Z는 O이다.

ㄱ. X~Z가 각각 C, N, O이므로 원자 번호는 Z(O) > Y(N) > X(C)이다.

② (가~다)의 분자 구조를 파악하여 (다)의 공유 전자쌍 수와 다중 결합의 유무를 알아낸다.

ㄴ. (다)는 H₂O₂이므로 공유 전자쌍 수가 3이다. $n=5$ 이므로 (다)의 공유 전자쌍 수는 $n-2$ 이다.

ㄷ. (가)(H-C≡C-H)에는 삼중 결합이 있고, (나)(N₂H₄)와 (다)(H₂O₂)에는 단일 결합만 있다.

06 — 곱셈 문제 분석

	FCN	N ₂ F ₂
분자	(가)	(나)
구성 원자 수	X	1
	Y	1
	Z	1
모든 구성 원자의 원자가 전자 수의 합	$\underline{2a}$ 16	$\underline{3a}$ 24
공유 전자쌍 수	\underline{b} 4	\underline{b} 4

선택지 분석

- $a=8$ 이다.
- X는 N이다. C
- 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

전략적 풀이 ① 구성 원자 수, 모든 구성 원자의 원자가 전자 수의 합, 공유 전자쌍 수를 이용하여 (가)와 (나)의 분자식을 알아낸다.

ㄱ. 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족할 때 구성 원자 수, 구성 원자의 원자가 전자 수의 합, 공유 전자쌍 수의 관계는 다음과 같다.

$$8 \times (\text{구성 원자 수})$$

$$= (\text{구성 원자의 원자가 전자 수의 합}) + 2 \times (\text{공유 전자쌍 수})$$

(가)에서 $8 \times 3 = 2a + (2 \times b)$ 이고, (나)에서 $8 \times 4 = 3a + (2 \times b)$ 이므로 $a=8, b=4$ 이다. (가)는 모든 구성 원자의 원자가 전자 수의 합이 16이고, 공유 전자쌍 수가 4이므로 FCN이다. (나)는 모든 구성 원자의 원자가 전자 수의 합이 24이고, 공유 전자쌍 수가 4이므로 N_2F_2 이다.

ㄴ. (가)는 FCN이고, (나)는 N_2F_2 이므로 X는 C이다.

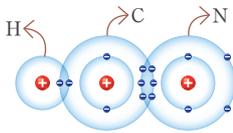
② (가)와 (나)의 루이스 구조를 파악하여 비공유 전자쌍 수를 알아낸다.

ㄷ. (가)(FCN)와 (나)(N_2F_2)의 루이스 구조는 다음과 같다.



따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 8이다.

07 품평 문제 분석



분자	CH ₄ (가)	NH ₃ (나)
구성 원소	X, Y	X, Z
구성 원자 수	5	4
분자의 쌍극자 모멘트	0	㉠ 0이 아님
분자 구조	정사면체	삼각뿔
결합각	109.5°	107°

선택지 분석

- ㄱ (가)와 (나)는 입체 구조이다.
- ㄴ ㉠=0이다. ≠0
- ㄷ 결합각은 (가) > (나)이다.

전략적 풀이 ① 화학 결합 모형에서 X~Z를 파악한 다음 (가)와 (나)의 분자식을 알아낸다.

화학 결합 모형에서 X~Z는 각각 H, C, N이다. (가)는 X(H)와 Y(C)로 구성되고 구성 원자 수가 5이며 중심 원자는 1개이므로 CH₄이다. (나)는 X(H)와 Z(N)로 구성되고 구성 원자 수가 4이며 중심 원자는 1개이므로 NH₃이다.

② (가)와 (나)의 분자 구조를 파악하여 분자의 극성과 결합각을 알아낸다.

ㄱ. (가)(CH₄)의 분자 구조는 정사면체이고, (나)(NH₃)의 분자 구조는 삼각뿔이므로 모두 입체 구조이다.

ㄴ. (나)(NH₃)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

ㄷ. (가)(CH₄)의 결합각은 109.5°이고, (나)(NH₃)의 결합각은 107°이다. 따라서 결합각은 (가) > (나)이다.

08 품평 문제 분석

	CO ₂	NF ₃	COF ₂
분자	(가)	(나)	(다)
분자식	WX ₂	YZ ₃	WX _a Z _b
㉠	<u>n</u> 2	<u>n+1</u> 3	<u>n+1</u> 3
㉡	<u>n+2</u> 4	<u>n+1</u> 3	<u>n+2</u> 4

- 원자 사이에 이중 결합과 삼중 결합이 있을 수 있으므로 공유 전자쌍 수는 중심 원자에 결합한 원자 수보다 크거나 같다.
- ㉠ 중심 원자에 결합한 원자 수
- ㉡ 공유 전자쌍 수

선택지 분석

- ㄱ ㉠은 중심 원자에 결합한 원자 수이다.
- ㄴ (가)는 무극성 분자이다.
- ㄷ $b=2a$ 이다.

전략적 풀이 ① ㉠과 ㉡이 무엇인지 파악한다.

ㄱ. 중심 원자와 다른 원자 사이에 단일 결합만 있으면 중심 원자에 결합한 원자 수와 공유 전자쌍 수가 같다. 중심 원자와 다른 원자 사이에 이중 결합이나 삼중 결합이 있으면 공유 전자쌍 수가 중심 원자에 결합한 원자 수보다 크다. 따라서 ㉠은 중심 원자에 결합한 원자 수이고, ㉡은 공유 전자쌍 수이다.

② ㉠과 ㉡으로부터 (가)~(다)의 분자식을 알아내고, 분자 구조를 파악한다.

(가)는 중심 원자인 W가 2개의 X와 결합한다. (가)는 공유 전자쌍 수가 중심 원자에 결합한 원자 수보다 2만큼 크므로 W와 X 사이에 이중 결합이 있다. 따라서 (가)는 CO₂이고, $n=2$ 이다. W와 X는 각각 C, O이다. (나)는 중심 원자에 결합한 원자 수와 공유 전자쌍 수가 3으로 같으므로 단일 결합만 있다. (나)의 분자식은 NF₃이고, Y와 Z는 각각 N, F이다. (다)는 구성 원소가 C, O, F이고, 중심 원자에 결합한 원자 수가 3이며, 공유 전자쌍 수가 4이므로 COF₂이다.

ㄴ. (가)(CO₂)의 분자 구조는 선형이므로 무극성 분자이다.

ㄷ. (다)는 WXZ₂(COF₂)이므로 $a=1, b=2$ 이다. 따라서 $b=2a$ 이다.

화학 평형

1 화학 평형

01 / 화학 평형

개념 확인 문제

130쪽

- 1 가역 2 동적 평형 3 화학 평형 4 일정 5 동적 계수비

1 (1) 가역 (2) 비가역 (3) 가역 (4) 비가역 (5) 비가역 2 ㉠ 이산화 탄소 ㉡ 가역 3 (1) > (2) = (3) (나) 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 5 가, 나

1 (1), (3) 물의 증발과 응축, 염화 코발트(II)와 물의 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.
(2), (4), (5) 연소 반응, 금속과 산의 반응, 강산과 강염기의 중화 반응은 한쪽 방향으로만 일어나는 비가역 반응이다.

2 석회 동굴에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$$\text{CaCO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \xrightleftharpoons[\text{중유석, 석순 등 생성}]{\text{석회 동굴 생성}} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(aq)$$

3 (1) (가)에서는 증발하는 입자 수가 응축하는 입자 수보다 크므로 증발 속도가 응축 속도보다 크다.
(2), (3) (나)에서는 증발하는 입자 수와 응축하는 입자 수가 같으므로 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다.

4 (1) 반응 초기에는 적갈색의 NO₂가 결합하여 무색의 N₂O₄를 생성하는 정반응이 우세하게 일어나므로 적갈색이 점점 없어진다.
(2) 가역 반응이므로 정반응과 역반응이 모두 일어난다. 0~t₁에서는 역반응 속도가 정반응 속도에 비해 작지만 역반응도 일어난다.
(3) 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도가 일정하므로 t₃에서 화학 평형에 도달하였다.
(4) 화학 평형 상태에서는 NO₂와 N₂O₄가 모두 존재한다.

5 ㄷ. 비가역 반응은 한쪽 방향으로만 일어나므로 화학 평형에 도달할 수 없다.
 ㄹ. 화학 반응식의 계수비는 화학 평형에 도달할 때까지 반응하

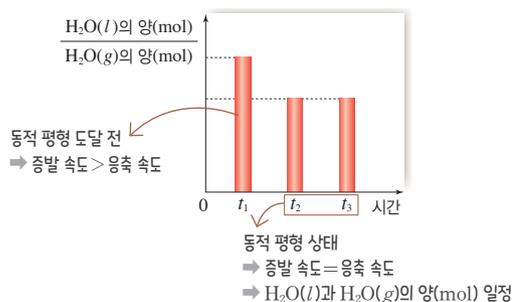
거나 생성된 물질의 농도비에 해당한다. 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도비는 화학 반응식의 계수비와 관계가 없다.

대표 자료 분석 1

131쪽

1 시간이 지날수록 H₂O(l)은 증발하여 양(mol)이 감소하고 H₂O(g)의 양(mol)이 증가하기 때문이다. 2 (1) = (2) < (3) 낮아진다
3 H₂O(g)의 응축 속도 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

꼼꼼 문제 분석



1 t₁~t₂ 동안 H₂O(l)의 양(mol)은 감소하고, H₂O(g)의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}$ 은 t₂에서가 t₁에서보다 작다.

2 (1) 일정한 온도에서 H₂O(l)의 증발 속도는 일정하다.
(2) 시간이 지남에 따라 용기 속 H₂O(g) 분자 수가 증가하면서 응축 속도가 커지다가 증발 속도와 응축 속도가 같아지는 동적 평형에 도달한다. 따라서 H₂O(g)의 응축 속도는 t₂에서가 t₁에서보다 크다.
(3) 동적 평형에 도달하기 전에는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로 t₁~t₂에서는 H₂O(l)의 양이 점점 감소하여 수면의 높이가 낮아진다.

3 ㉠은 처음에는 0이고 점점 증가하다가 t₂에서 동적 평형에 도달하였을 때 일정해지므로 'H₂O(g)의 응축 속도'가 적절하다.

4 (1) H₂O의 상변화는 증발과 응축이 모두 일어나므로 가역 반응이다.
(2) 동적 평형에 도달하기 전에는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로 H₂O(l)의 양(mol)이 점점 감소한다. 따라서 H₂O(l)의 양(mol)은 t₁에서가 t₂에서보다 크다.

(3) $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달할 때까지 점점 증가한다. 따라서 t_3 에서 t_1 에서보다 크다.

(4) t_1 에서는 증발 속도 > 응축 속도이므로 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}} > 1$ 이다.

(5) t_2 에서 동적 평형에 도달하므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 t_2 와 t_3 에서 같다.

대표 자료 분석 2

132쪽

1 화학 평형에 도달하여 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되기 때문이다. 2 같다. 3 N_2O_4 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○

1 t 초 이후 색이 변하지 않고 일정해졌으므로 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되는 화학 평형 상태이다.

2 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

3 밀폐된 시험관에 NO_2 만 넣었으므로 반응이 진행될수록 NO_2 의 농도는 감소하고, N_2O_4 의 농도는 증가한다.

4 (1), (2) t 초 이후에는 화학 평형 상태이므로 반응물과 생성물이 모두 존재하며, 반응물과 생성물의 농도가 일정하다.

(3) 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

(4) 0~ t 초 동안은 NO_2 가 N_2O_4 로 되는 정반응이 우세하게 일어난다. 반응물의 계수가 생성물의 계수보다 크므로 전체 기체 분자 수는 감소한다.

(5) 0~ t 초 동안 NO_2 의 농도가 감소하므로 NO_2 가 N_2O_4 로 되는 정반응 속도는 감소한다.

(6) t 초 이후에는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

내신 만점문제

133쪽~136쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 해설 참조 04 ③ 05 ④
06 ⑤ 07 ④ 08 해설 참조 09 해설 참조
10 ① 11 ③ 12 ② 13 ④ 14 ③
15 해설 참조 16 ⑤ 17 ① 18 ③ 19 ③

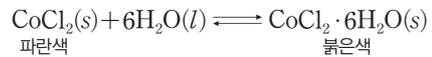
01 ㄱ, ㄴ. 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응이고, 화학 반응식에서 ‘ \rightleftharpoons ’를 사용하여 나타낸다.

ㄷ. 물은 수증기로 증발할 수 있고, 수증기는 물로 응축할 수 있으므로 물의 증발과 응축은 가역 반응이다.

02 ㄴ, ㄷ. 가역 반응의 화학 반응식은 ‘ \rightleftharpoons ’를 사용하여 나타낸다.

바로알기 ㄱ. CH_4 의 연소 반응은 비가역 반응이다.

03 파란색의 염화 코발트(II)가 물과 결합하여 붉은색으로 변한 것이고, 이 반응은 가역 반응이므로 물을 제거하면 역반응이 일어난다.

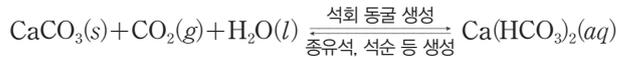


모범 답안 염화 코발트(II) 육수화물을 가열하면 물 분자가 빠져나가는 역반응이 일어나 파란색 염화 코발트(II)가 된다.

채점 기준	배점
수분의 제거 방법을 구체적으로 서술한 경우	100 %
역반응을 언급하였으나 방법이 옳지 않은 경우	50 %

04 ㄱ. 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 석회 동굴에서 일어나는 반응은 가역 반응이다.

ㄷ. 정반응으로 석회 동굴이 만들어지고, 역반응으로 중유석과 석순 등이 만들어진다.



바로알기 ㄴ. 가역 반응의 화학 반응식은 ‘ \rightleftharpoons ’로 나타낸다.

05 ㄱ. 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 가역 반응이다.

ㄴ. 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 정반응이 진행되면 기체 분자 수는 감소한다.

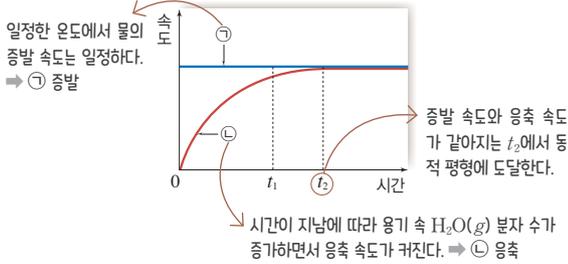
바로알기 ㄷ. 가역 반응이므로 밀폐 용기에 NH_3 를 넣으면 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

06 ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달하기 전이므로 증발 속도가 응축 속도보다 크다.

ㄴ. (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양이 점점 줄어들고, (나)에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양이 일정해진다. 따라서 수면의 높이는 (가) > (나)이다.

ㄷ. 시간이 지남에 따라 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수가 증가하면서 응축 속도가 커지다가 증발 속도와 응축 속도가 같아지는 동적 평형에 도달한다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 (나)에서 (가)에서보다 크다.

07 - **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. t_2 이후 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 t_2 에서 동적 평형에 도달하였다.

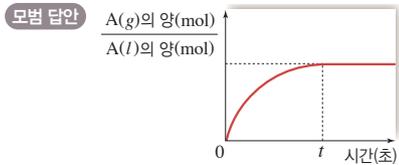
ㄷ. t_1 에서는 증발 속도 > 응축 속도이므로 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}} > 1$ 이고,

t_2 에서는 증발 속도 = 응축 속도이므로 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}} = 1$ 이다. 따라

서 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$ 는 t_1 에서가 t_2 에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 증발, ㉡은 응축이다.

08 $0 \sim t$ 초에서는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로 $A(l)$ 의 양(mol)은 점점 감소하고 $A(g)$ 의 양(mol)은 점점 증가하며, 이에 따라 $\frac{A(g)\text{의 양(mol)}}{A(l)\text{의 양(mol)}}$ 은 증가한다. t 초 후에는 동적 평형에 도달하였으므로 $A(l)$ 와 $A(g)$ 의 양(mol)이 일정하게 유지되고, $\frac{A(g)\text{의 양(mol)}}{A(l)\text{의 양(mol)}}$ 은 일정해진다.

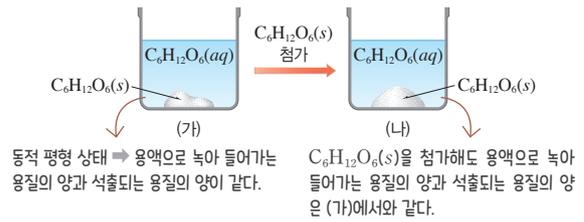


09 동적 평형에 도달하기 전까지는 증발 속도가 응축 속도보다 크고, 동적 평형에 도달하면 증발 속도와 응축 속도가 같다.

모범 답안 $x < y = z$, t_2 와 t_3 에서 $C_2H_5OH(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 동적 평형 상태이다. 따라서 t_1 에서는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로 $x < 1$ 이고, t_2 와 t_3 에서는 동적 평형 상태이므로 증발 속도와 응축 속도가 같아 $y = z = 1$ 이다.

채점 기준	배점
$x \sim z$ 의 크기를 옮겨 비교하고, 그 까닭을 동적 평형 상태, 증발 속도, 응축 속도를 이용하여 옮겨 서술한 경우	100 %
$x \sim z$ 의 크기를 옮겨 비교하고, 그 까닭을 증발 속도, 응축 속도만 이용하여 옮겨 서술한 경우	50 %
$x \sim z$ 의 크기만 옮겨 비교한 경우	30 %

10 - **꼼꼼 문제 분석**

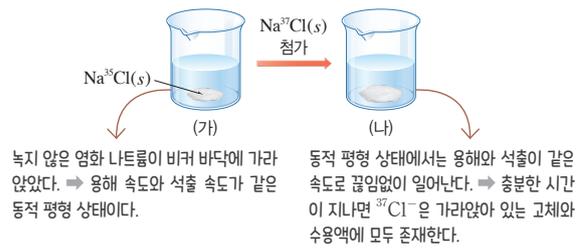


ㄱ. (가)에서 이미 동적 평형에 도달하였으므로 $C_6H_{12}O_6(s)$ 을 더 넣어도 넣어 준 w g만큼 바닥에 가라앉은 $C_6H_{12}O_6(s)$ 의 질량이 증가한다. 따라서 (가)와 (나)에서 $C_6H_{12}O_6(s)$ 의 질량 차는 w g이다.

바로알기 ㄴ. (가)와 (나)는 동적 평형 상태이므로 (가)와 (나)에서 용해 속도는 같다.

ㄷ. (나)는 동적 평형 상태이므로 용해와 석출이 모두 일어난다.

11 - **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가)에서 염화 나트륨이 더 이상 녹지 않고 남아 있으므로 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 것이다.

ㄷ. (나)에서도 용해와 석출이 계속 일어나고 있으므로 시간이 지나면 수용액에서 $^{37}Cl^-$ 이 발견된다.

바로알기 ㄴ. (가)와 (나)는 동적 평형 상태이므로 염화 나트륨 수용액에 녹아 있는 Na^+ 의 양(mol)이 같다.

12 ② 화학 평형에서는 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 반응물과 생성물이 함께 존재한다.

바로알기 ① 화학 평형 상태에서는 겉보기에는 반응이 정지된 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 끊임없이 일어나고 있다.

③ 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나지만, 속도가 0인 것은 아니다.

④ 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되지만, 반응물의 농도와 생성물의 농도가 항상 같은 것은 아니다.

⑤ 가역 반응은 화학 평형에 도달할 수 있지만, 비가역 반응은 한쪽 방향으로만 일어나므로 화학 평형에 도달할 수 없다.

13 **ㄴ.** 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응의 속도가 같다.
ㄷ. 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 **ㄱ.** 화학 평형 상태에서는 반응물인 NO₂와 생성물인 N₂O₄가 모두 존재하므로 처음 NO₂를 넣었을 때보다는 적갈색이 엷어진 상태가 된다.

14 • 학생 X: 용기에 반응물만 넣었으므로 화학 평형에 도달하기 전까지는 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.

• 학생 Z: 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

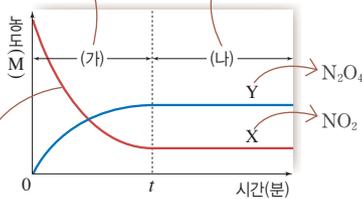
바로알기 • 학생 Y: 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

15 **모범 답안** *t* 초 후 화학 평형에 도달하였으므로 반응물과 생성물의 농도가 일정해진다. 따라서 더 이상 색 변화가 일어나지 않는 것을 확인하면 된다.

채점 기준	배점
평형에 도달한 것을 확인하는 방법을 기체의 색 변화와 관련하여 서술한 경우	100 %
평형에 도달한 것을 확인하는 방법을 실질적인 확인이 어려운 물질의 농도만으로 서술한 경우	50 %

16 **꼼꼼 문제 분석**

화학 평형 도달 전
 ⇒ 정반응 속도 > 역반응 속도



2NO₂(g) ⇌ N₂O₄(g)에서 반응 몰비는 NO₂ : N₂O₄ = 2 : 1이다.
 ⇒ 농도 변화량은 X가 Y보다 크다.
 ⇒ X는 반응 계수가 2인 NO₂이다.

ㄱ. 화학 반응식의 계수비는 화학 평형에 도달할 때까지 반응하거나 생성된 물질의 농도비에 해당한다. 농도가 더 크게 변화한 X는 화학 반응식에서 계수가 더 큰 NO₂이다.

ㄴ. (가)는 화학 평형에 도달하기 전이므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 커서 NO₂인 X의 농도가 감소한다. 따라서 (가)에서는 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}} > 1$ 이다.

ㄷ. *t*분 이후 농도 변화가 없으므로 (나)에서는 화학 평형 상태이다.

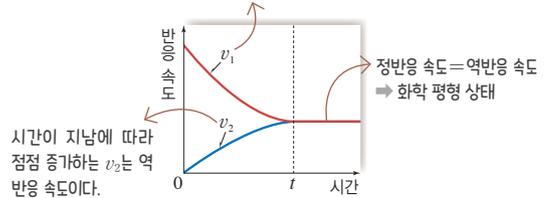
17 **ㄱ.** 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물이 모두 존재하므로 용기에 존재하는 물질은 H₂, I₂, HI 3가지이다.

바로알기 **ㄴ.** 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 HI가 생성되는 반응이 일어난다.

ㄷ. 화학 반응식의 계수비는 화학 평형에 도달할 때까지 반응하거나 생성된 물질의 농도비에 해당한다. 화학 평형 상태에서 존재하는 반응물과 생성물의 농도비는 화학 반응식의 계수비와 관계가 없으므로 H₂, I₂, HI가 1 : 1 : 2의 농도비로 존재하는지는 알 수 없다.

18 **꼼꼼 문제 분석**

반응물을 넣은 직후에는 정반응이 빠르게 진행되지만 시간이 지날수록 반응물의 농도가 감소하므로 정반응 속도가 점점 감소한다. ⇒ *v*₁은 정반응 속도이다.



ㄱ. *t* 이후 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 *t*에서 화학 평형에 도달하였다.

ㄴ. *v*₁은 처음에 가장 크고 시간이 지나면서 감소하므로 정반응 속도이다.

바로알기 **ㄷ.** *t* 이후 화학 평형 상태이므로 용기 속에는 A와 B가 모두 존재한다.

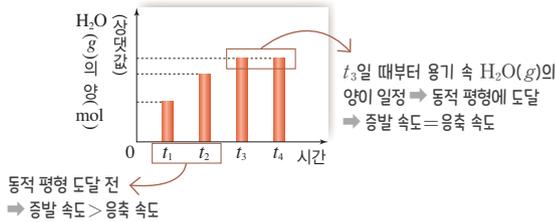
19 **ㄱ.** ㉠은 처음에는 0이고 점점 증가하다가 일정해진다. 처음에는 N₂O₄가 존재하지 않으므로 ㉠은 $\frac{\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})\text{의 양}(\text{mol})}{\text{NO}_2(\text{g})\text{의 양}(\text{mol})}$ 이다.

ㄴ. 용기에 반응물만 넣었으므로 0~*t* 동안 정반응 속도는 감소하고, 역반응 속도는 증가하며 *t* 이후 같아진다.

바로알기 **ㄷ.** *t* 이후에는 화학 평형 상태이며, 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

01 ③ 02 ③ 03 ② 04 ⑤

01 — 꼼꼼 문제 분석



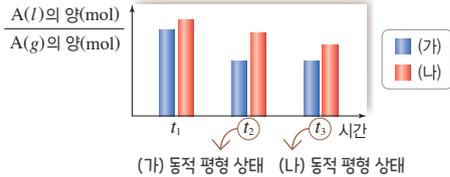
ㄱ. t_3 일 때부터 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 일정해지므로 동적 평형 상태이다.

ㄴ. 일정한 온도에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 일정하다. 시간이 지날수록 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수가 증가하므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 점점 커진다. 따라서 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$ 는 t_2 일 때가 t_3 일 때보다 크다.

바로알기 ㄷ. $t_1 \sim t_3$ 동안 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 감소하고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}$ 은 t_1 일 때 가장 작고, t_3 이후가 가장 크다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

온도가 높을수록 증발 속도가 크므로 동적 평형에 더 빠르게 도달한다.
 \Rightarrow (가)는 t_2 에서부터, (나)는 t_3 에서부터 동적 평형 상태이다. \Rightarrow 온도 (가) > (나)

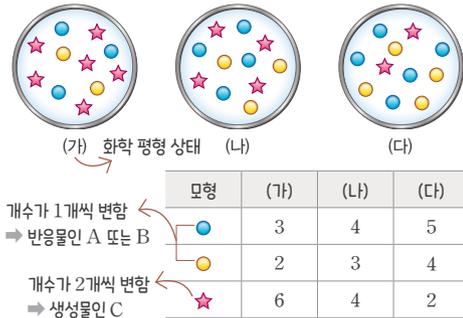


ㄱ. 온도가 높을수록 동적 평형에 더 빠르게 도달한다. 같은 양의 $A(l)$ 를 넣었을 때 더 빠른 시간에 동적 평형에 도달한 (가)가 (나)보다 온도가 높다.

ㄷ. t_2 일 때 (가)는 동적 평형 상태이므로 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = 1$ 이고, (나)는 동적 평형에 도달하기 전이므로 증발 속도가 응축 속도보다 크고 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} < 1$ 이다. 따라서 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 t_3 일 때 동적 평형 상태이므로 반응이 멈춘 것이 아니라 $A(l)$ 가 $A(g)$ 로 되는 반응과 $A(g)$ 가 $A(l)$ 로 되는 반응이 같은 속도로 일어난다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

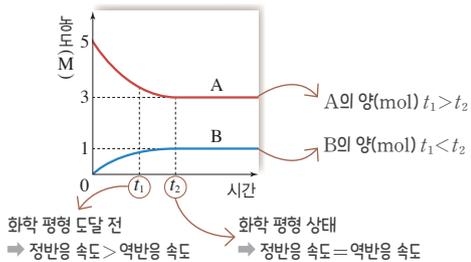


ㄴ. 용기에 반응물만 넣었으므로 시간이 지날수록 반응물의 농도는 감소하다가 일정해진다. 따라서 반응 순서는 (다) \rightarrow (나) \rightarrow (가)이고, (가)는 화학 평형 상태이다.

바로알기 ㄱ. \bullet 와 \circ 는 반응물이고, \star 은 생성물인 C이다.

ㄷ. 화학 평형 상태 (가)에서 농도가 가장 큰 것은 C(\star)이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. t_1 은 화학 평형에 도달하기 전이므로 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}} > 1$ 이고,

t_2 는 화학 평형 상태이므로 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}} = 1$ 이다. 따라서

$\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}}$ 는 t_1 에서가 t_2 에서보다 크다.

ㄷ. $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 에서 반응물의 계수가 생성물의 계수보다 크다. 따라서 감소하는 A의 양(mol)이 생성되는 B의 양(mol)보다 크므로 전체 기체의 양(mol)은 감소한다. 용기의 부피는 일정하므로 전체 기체의 몰농도는 t_1 에서가 t_2 에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. A의 양(mol)은 t_1 에서가 t_2 에서보다 크고, B의 양(mol)은 t_1 에서가 t_2 에서보다 작으므로 $\frac{\text{B의 양(mol)}}{\text{A의 양(mol)}}$ 은 t_1 에서가 t_2 에서보다 작다.

02 / 평형 상수와 반응의 진행 방향

개념 확인 문제

141쪽

- ① 평형 상수(K) ② 온도 ③ 정반응 ④ 역반응 ⑤ 반응 지수(Q)
⑥ 정반응 ⑦ 역반응

1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) $K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$ (2) $K = [\text{CO}_2]$

(3) $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ 3 $\frac{1}{2}$ 4 (1) × (2) ×

(3) ○ (4) ○ 5 (1) $\frac{1}{2}$ (2) 정반응이 우세하게 진행된다.

1 (2) 평형 상수는 온도가 일정할 때 반응물의 농도와 관계없이 일정하며, 온도에 의해서만 달라진다.

(3) 정반응과 역반응은 반응물과 생성물이 반대가 되므로 역반응의 평형 상수는 정반응의 평형 상수의 역수이다.

2 순수한 고체나 액체의 농도는 평형 상수식에 나타내지 않는다.

3 용기의 부피가 2 L이므로 평형 농도는 $[\text{A}] = [\text{B}] = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이고, $K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{0.5^2}{0.5} = \frac{1}{2}$ 이다.

4 (1) 반응 지수는 평형 상수식에 반응물과 생성물의 현재 농도를 대입하여 구하므로 현재 농도에 따라 달라진다.

(2) 평형 상태에서는 $Q = K$ 이다.

(3), (4) $Q < K$ 이면 정반응이 우세하게 진행되고, $Q > K$ 이면 역반응이 우세하게 진행된다.

5 (1) 용기의 부피가 1 L이므로 농도는 $[\text{A}] = [\text{B}] = [\text{C}] = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ M}$ 이고, $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}]^2[\text{B}]} = \frac{2^2}{2^2 \times 2} = \frac{1}{2}$ 이다.

(2) $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

완자샘 비법 특강

142쪽

Q1 $\frac{2}{3}$

Q2 $[\text{A}] = 1 \text{ M}, [\text{B}] = \frac{1}{2} \text{ M}$

Q1 A는 1 mol 감소하고 B는 2 mol 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B = 1 : 2이고, 화학 반응식은 $\text{A}(g) \rightleftharpoons 2\text{B}(g)$ 이다. 평형 상태에서 A의 양은 3 mol, B의 양은 2 mol이고, 용기의 부피가 2 L이므로 평형 농도는 $[\text{A}] = \frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{3}{2} \text{ M}$,

$[\text{B}] = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이고, $K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{2}{3}$ 이다.

Q2 $2\text{A}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로 역반응 쪽으로 진행하여 반응한 B의 양을 x 라고 하면 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $2x, 1-x$ 이다.



초기 양(mol)	0	1
반응 양(mol)	+2x	-x
평형 양(mol)	2x	1-x

용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[\text{A}] = 2x$,

$[\text{B}] = 1-x$ 이고, $K = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]^2} = \frac{1-x}{(2x)^2} = \frac{1}{2}$ 에서 $x = \frac{1}{2}$ 이다. 따

라서 평형 농도는 $[\text{A}] = 1 \text{ M}, [\text{B}] = \frac{1}{2} \text{ M}$ 이다.

완자샘 비법 특강

143쪽

Q1 역반응이 우세하게 진행된다.

Q2 정반응이 우세하게 진행된다. $[\text{B}] = 3 \text{ M}$

Q1 꼭지를 열면 용기의 부피는 2 L가 되고, A~C의 양은 각각 5 mol, 2 mol, 8 mol이므로 농도는 $[\text{A}] = 2.5 \text{ M}, [\text{B}] = 1 \text{ M}, [\text{C}] = 4 \text{ M}$ 이다. $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{4^2}{2.5 \times 1} = \frac{32}{5}$ 이고, 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 4로 같다. 따라서 $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

Q2 용기의 부피가 1 L이므로 농도는 $[\text{A}] = 5 \text{ M}, [\text{B}] = 2 \text{ M}$ 이다. 따라서 $Q = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{2^2}{5} = \frac{4}{5}$ 이고, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $5-x, 2+2x$ 이다.



초기 양(mol)	5	2
반응 양(mol)	-x	+2x
평형 양(mol)	5-x	2+2x

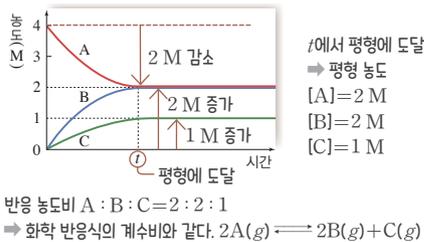
용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[A]=5-x$, $[B]=2+2x$ 이고, $K=\frac{[B]^2[C]}{[A]^2}=\frac{(2+2x)^2}{5-x}=2$ 에서 $x=\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 평형 농도는 $[A]=\frac{9}{2}$ M, $[B]=3$ M이다.

대표 자료 분석 1

144쪽

- 1 $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g)+C(g)$ 2 $K=\frac{[B]^2[C]}{[A]^2}$ 3 1
4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

꼼꼼 문제 분석



1 $[A]$ 는 2 M 감소, $[B]$ 는 2 M 증가, $[C]$ 는 1 M 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 $A : B : C = 2 : 2 : 1$ 이다.

2 화학 반응식은 $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g)+C(g)$ 이므로 $K=\frac{[B]^2[C]}{[A]^2}$ 이다.

3 평형 농도는 $[A]=2$ M, $[B]=2$ M, $[C]=1$ M이므로 $K=\frac{2^2 \times 1}{2^2}=1$ 이다.

4 (1) 용기에 반응물만 넣었으므로 시간 t 에 도달할 때까지 반응물의 농도가 감소하여 정반응 속도는 감소한다. 시간 t 이후 각 물질의 농도가 일정하므로 평형 상태이다.

(2) 화학 평형 상태는 정반응과 역반응이 같은 속도로 끊임없이 일어나는 동적 평형 상태이다.

(3) 같은 조건에서 A 2 mol, B 1 mol, C 2 mol을 넣었을 때 용기의 부피가 1 L이므로 농도는 $[A]=2$ M, $[B]=1$ M, $[C]=2$ M이다. 따라서 $Q=\frac{[B]^2[C]}{[A]^2}=\frac{1^2 \times 2}{2^2}=\frac{1}{2}$ 이고,

$Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

(4) 2 L 강철 용기에 A 1 mol, B 2 mol, C 1 mol을 넣었을 때 농도는 $[A]=0.5$ M, $[B]=1$ M, $[C]=0.5$ M이므로

$Q=\frac{1^2 \times 0.5}{0.5^2}=2$ 이다. 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 1로 같다. 따라서 $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

대표 자료 분석 2

145쪽

- 1 A(g) 1 mol, B(g) 1 mol, C(g) 1 mol 2 2 3 A(g) 2 mol, B(g) 2 mol, C(g) 4 mol 4 5 5 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 $A(g)+B(g) \rightleftharpoons C(g)$ 에서 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이다. 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $2-x$, $2-x$, x 이다.

$\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2-x}{4-x} = \frac{1}{3}$ 이므로 $x=1$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A~C의 양은 모두 1 mol이다.

2 I의 평형 상태에서 용기의 부피가 2 L이고 A~C의 양은 모두 1 mol이다. 평형 농도는 $[A]=[B]=[C]=0.5$ M이므로 $K=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{0.5}{0.5 \times 0.5}=2$ 이다.

3 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이고, II에서 반응 전 A와 B의 양(mol)이 같으므로 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)도 같다. II의 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)을 각각 n 이라고 하면 $\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{4}$ 이므로 C의 양(mol)은 $2n$ 이다. 용기 부피가 2 L이므로 평형 농도(M)는 $[A]=[B]=\frac{n}{2}$, $[C]=n$ 이고, 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 2로 같다.

$K=n \times \left(\frac{2}{n}\right)^2=2$ 에서 $n=2$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A~C의 양은 각각 2 mol, 2 mol, 4 mol이다.

4 II의 평형 상태에서 A와 B의 양이 각각 2 mol이므로 A와 B는 1 mol에서 1 mol 증가하여 2 mol이 된 것이고, C는 a mol에서 1 mol 감소하여 4 mol이 된 것이므로 $a=5$ 이다.

5 (1) I과 II에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다.

(2) 용기의 부피가 2 L이므로 II의 초기 상태에서 $[A]=[B]=0.5$ M, $[C]=2.5$ M이다. $Q=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{2.5}{0.5 \times 0.5}=10$ 이다.

$Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

다른 풀이 II에서 생성물인 C의 양(mol)이 감소하였으므로 역반응이 우세하게 진행된 것이다.

(3) 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 일정하다.

내신 만점문제

146쪽~149쪽

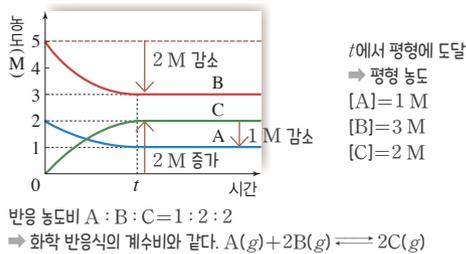
- 01 ④ 02 ④ 03 ① 04 해설 참조 05 ⑤
 06 ② 07 ③ 08 ⑤ 09 ④ 10 ⑤
 11 해설 참조 12 ⑤ 13 ① 14 ⑤ 15 ③ 16 ③

01 **바로알기** ㄴ. 순수한 고체와 액체는 평형 상수식에 나타나지 않으므로 $K=[CO_2]$ 이다.

02 ㄱ. 반응 몰비는 $H_2 : Cl_2 : HCl = 1 : 1 : 2$ 이고, HCl가 1.6 mol 생성되었으므로 H_2 와 Cl_2 는 0.8 mol씩 반응한 것이다. 따라서 평형 상태에서 H_2 와 Cl_2 의 양은 각각 0.2 mol이다.
 ㄴ. 용기의 부피가 2 L이므로 평형 농도는 $[H_2]=[Cl_2]=0.1 M$, $[HCl]=0.8 M$ 이고, $K = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} = \frac{0.8^2}{0.1 \times 0.1} = 64$ 이다.

바로알기 ㄷ. 온도가 일정하므로 평형 상수는 일정하다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. [A]는 1 M 감소, [B]는 2 M 감소, [C]는 2 M 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B : C = 1 : 2 : 2이다. 따라서 $a=1, b=2, c=2$ 이고, $\frac{c}{a+b} = \frac{2}{3}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 평형 농도는 [A]=1 M, [B]=3 M, [C]=2 M이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{2^2}{1 \times 3^2} = \frac{4}{9}$ 이다.

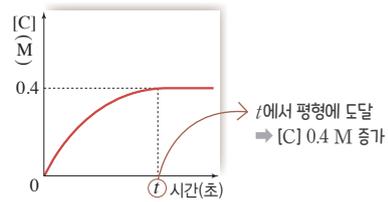
ㄷ. t 이후에는 평형 상태이므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 계속 일어난다.

04 **모범 답안** (1) $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$, A의 농도는 1 M 감소하고, B의 농도는 2 M 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B = 1 : 2이다.

(2) $K=4$, 평형 상태에서 [A]=1 M, [B]=2 M이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{1} = 4$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 화학 반응식과 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	50%
화학 반응식만 옳게 쓴 경우	30%
(2) 평형 상수와 풀이 과정을 옳게 쓴 경우	50%
평형 상수만 옳게 쓴 경우	30%

05 **꼼꼼 문제 분석**



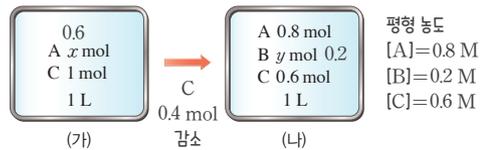
$A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 3 : 2이다.
 → [C]가 0.4 M 증가하였으므로 [A]는 0.2 M 감소, [B]는 0.6 M 감소한 것이다.

ㄱ. t초 이후 C의 농도가 일정해지므로 평형 상태이다.

ㄴ. 용기의 부피가 1 L이므로 A와 B의 초기 농도는 각각 1 M이다. [A]는 0.2 M 감소, [B]는 0.6 M 감소하였으므로 평형 상태에서 [A]=0.8 M, [B]=0.4 M이다.

ㄷ. 평형 농도는 [A]=0.8 M, [B]=0.4 M, [C]=0.4 M이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{0.4^2}{0.8 \times 0.4^3} = \frac{25}{8}$ 이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이고, C가 0.4 mol 감소하였으므로 A와 B는 각각 0.2 mol 증가한 것이다. 따라서 $x=0.6, y=0.2$ 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 (나)에서 평형 농도는 [A]=0.8 M, [B]=0.2 M, [C]=0.6 M이고, $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.6^2}{0.8 \times 0.2} = \frac{9}{4}$ 이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

물질	A(g)	B(g)	C(g)
초기 농도(M)	0.6 → 0.4	0.6 → 0.4	0 → 0.4
평형 농도(M)	0.2 감소	0.2 감소	0.4 증가

반응 농도비 A : B : C = 1 : 1 : 1
 → 화학 반응식의 계수비와 같다. $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$

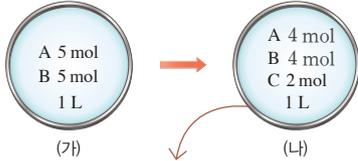
ㄱ. [A]와 [B]는 각각 0.4 M 감소하고, [C]는 0.4 M 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B : C = 1 : 1 : 1이다. 따라서 $b=1, c=1$ 이고, $\frac{c}{b} = 1$ 이다.

ㄴ. $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.4}{0.2 \times 0.2} = 10$ 이다.

바로알기 ㄷ. 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 전체 기체의 양(mol)은 반응 전이 평형 상태에서보다 크다.

08 - **꼼꼼 문제 분석**

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons cC(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 1 : 1이다.
 → (가)에서 A와 B의 양(mol)이 같으므로 (나)에서도 A와 B의 양(mol)이 같다.



$\frac{C(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{1}{5}$ 이다.
 → C가 2 mol이므로 전체 기체의 양(mol)은 10 mol이다.
 → A와 B의 양은 각각 4 mol이다.

ㄴ. A와 B는 각각 1 mol 감소하고 C는 2 mol 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이고, $c=2$ 이다.

ㄷ. (나)에서 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도는 $[A]=[B]=4$ M, $[C]=2$ M이고, $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{4 \times 4} = \frac{1}{4}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 반응 몰비는 A : B = 1 : 1이고 (가)에서 A와 B의 양(mol)이 같으므로 (나)에서 A와 B의 양은 각각 4 mol로 같다.

09 • 학생 X: 처음에 A와 B만 넣었고 C는 없으므로 $Q=0$ 이다. 시간이 지날수록 A와 B의 농도는 감소하고 C의 농도는 증가하므로 평형에 도달하기 전까지 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]^2}$ 은 증가한다.

바로알기 • 학생 W: 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 계속 일어난다.

• 학생 Y: 평형 상태에서 $\frac{[C]^2}{[A][B]^2}$ 은 평형 상수이므로 일정하다.

10 ㄱ. (가)에서 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도는 $[A]=2$ M, $[B]=2$ M이고, $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{2} = 2$ 이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 온도가 일정하므로 평형 상수는 2로 같다.

(나)에서 평형 농도는 $[A]=x$ M, $[B]=4$ M이고, $K = \frac{4^2}{x} = 2$ 이므로 $x=8$ 이다.

ㄷ. 꼭지를 열면 용기의 부피는 2 L가 되고, A의 양은 10 mol, B의 양은 6 mol이므로 농도는 $[A]=5$ M, $[B]=3$ M이다. 따라서 $Q = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{3^2}{5} = \frac{9}{5}$ 이고, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

11 (1) (가)에서 평형 농도는 $[A]=[C]=0.3$ M, $[B]=0.1$ M이므로 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.3}{0.3 \times 0.1} = 10$ 이다.

모범 답안 (1) 10

(2) 각 물질의 농도가 $[A]=[B]=[C]=0.3$ M이므로 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.3}{0.3 \times 0.3} = \frac{10}{3}$ 이다. 따라서 $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점
(1) 평형 상수를 옳게 구한 경우	30%
(2) Q와 K를 이용하여 반응의 진행 방향을 옳게 서술한 경우	70%
반응의 진행 방향만 옳게 쓴 경우	30%

12 ㄱ. $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이고, B가 0.02 mol 증가하였으므로 A는 0.01 mol 감소한 것이다. 따라서 $a=0.02$ 이다.

ㄴ. 용기의 부피가 1 L이므로 초기 농도는 $[A]=0.03$ M, $[B]=0.02$ M이고, $Q = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{0.02^2}{0.03} = \frac{1}{75}$ 이다.

ㄷ. 평형 농도는 $[A]=0.02$ M, $[B]=0.04$ M이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{0.04^2}{0.02} = \frac{2}{25}$ 이다.

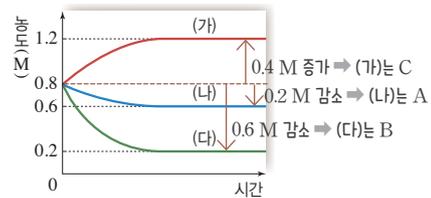
13 ㄱ. 용기의 부피가 1 L이므로 농도는 $[A]=[B]=[C]=1$ M이다. 따라서 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1^2}{1 \times 1} = 1$ 이다. $K=4$ 이고, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

바로알기 ㄴ. $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이므로 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $1-x$, $1-x$, $1+2x$ 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[A]=1-x$, $[B]=1-x$, $[C]=1+2x$ 이고, $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(1+2x)^2}{(1-x)(1-x)} = 4$ 에서 $x = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 C의 농도는 $\frac{3}{2}$ M이다.

ㄷ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응 전후에 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않는다. 평형 상태에서 B의 양은 $\frac{3}{4}$ mol이고, 전체 기체의 양은 3 mol이므로 $\frac{B(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{4}$ 이다.

14 - **꼼꼼 문제 분석**

$A(g) + bB(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : C = 1 : 2이다.



반응 몰비 A : B : C = 1 : 3 : 2 → $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$

ㄱ. X와 Z의 양(mol)은 증가하였고, Y의 양(mol)은 감소하였다. 따라서 X와 Z는 A와 B 중 하나이고, Y는 C이다.

ㄷ. $A(g)+B(g) \rightleftharpoons C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 1이고 A와 B 중 한 기체(X)의 양이 0.4 mol 증가하였으므로 다른 기체(Z)도 0.4 mol 증가한 것이고, C는 0.4 mol 감소한 것이다. 용기의 부피가 1 L이므로 평형 상태에서 [A]와 [B]는 각각 1.4 M, 0.4 M 중 하나이고, [C]=0.6 M이므로 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.6}{1.4 \times 0.4} = \frac{15}{14}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 생성물인 C의 양(mol)이 감소하였으므로 (가)에서 역반응이 우세하게 진행된 것이다.

03 ㄱ. $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{3}$ 일 때 평형에 도달한 것이므로 이때 $Q=K$ 이다. 따라서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{5}$ 일 때의 반응 지수(Q)인 a 는 평형 상수(K)보다 작다.

ㄷ. 평형 농도는 [A]=0.8 M, [B]=0.4 M이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{0.4^2}{0.8} = \frac{1}{5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $1-x$, $2x$ 이다. 평형 상태에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{2x}{1+x} = \frac{1}{3}$ 에서 $x=0.2$ 이다. 따라서 A의 양은 0.8 mol이고, 용기의 부피가 1 L이므로 [A]=0.8 M이다.

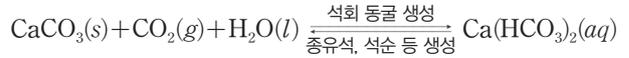
중단원 핵심 정리 151쪽

① 가역 ② 비가역 ③ 증발 ④ 응축 ⑤ 동적 평형
 ⑥ 농도 ⑦ 생성물 ⑧ 농도비 ⑨ 온도 ⑩ 정반응
 ⑪ 역반응

중단원 마무리 문제 152쪽~155쪽

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ② 05 ① 06 ③
 07 ② 08 ③ 09 ② 10 ① 11 ⑤ 12 ④
 13 ③ 14 ① 15 해설 참조 16 해설 참조 17 해설 참조

01 ㄱ. 카르스트 지형에서는 탄산 칼슘이 이산화 탄소, 물과 반응하여 녹는 반응과, 반대로 탄산 칼슘이 석출되는 반응이 모두 일어나므로 카르스트 지형의 형성 과정은 가역 반응이다.



ㄷ. 탄산수소 칼슘 수용액에서 물이 증발하고 이산화 탄소가 빠져나가면 탄산 칼슘이 생성되는데, 이렇게 생성된 탄산 칼슘이 계속 쌓이면서 중유석과 석순이 만들어진다.

바로알기 ㄴ. 가역 반응의 화학 반응식은 ' \rightleftharpoons '로 나타낸다.

02 ①, ② 용기에 NO_2 1 mol을 넣고 반응시켰으므로 화학 평형 상태에서 NO_2 의 양은 1 mol보다 작으며, NO_2 와 N_2O_4 가 모두 존재한다.

④ 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

⑤ 반응물의 계수가 생성물의 계수보다 크므로 반응이 진행되면 전체 기체 분자 수가 감소한다. 따라서 용기 속 전체 기체의 압력은 반응 전보다 감소한다.

바로알기 ③ 화학 반응식의 계수비는 화학 평형에 도달할 때까지 반응하거나 생성된 물질의 농도비에 해당한다. 화학 반응식만으로 화학 평형 상태에서 존재하는 반응물과 생성물의 농도비는 알 수 없다.

03 ㄱ. 물의 증발과 수증기의 응축이 모두 일어날 수 있으므로 $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$ 반응은 가역 반응이다.

ㄴ. t 에서보다 $2t$ 에서 증발한 물의 양이 많으므로 t 에서 $H_2O(l)$ 의 높이는 $2t$ 에서의 높이인 h 보다 크다.

ㄷ. $2t$ 이후 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 동적 평형 상태이다.

04 $2t$ 에서 동적 평형에 도달하였으므로 설탕 수용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 더 이상 증가하지 않는다. 따라서 $2t$ 와 $3t$ 에서 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같으므로 $x=a$ 이다.

05 ㄱ. t 초 이후 각 물질의 농도가 일정하므로 평형 상태이다. 용기에 반응물만 넣었으므로 정반응 속도는 점점 감소하고, 역반응 속도는 점점 증가하다가 평형에 도달하면 같아진다. 즉, 평형에 도달하기 전까지는 정반응 속도가 역반응 속도보다 크므로 t 초가 되기 전까지 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}} > 1$ 이다.

바로알기 ㄴ. t 초 이후에는 평형 상태이므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

ㄷ. 평형 농도는 [A]>[B]이므로 $K = \frac{[B]}{[A]}$ 에서 $K < 1$ 이다.

06 ㄱ. (나)에서 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도는 $[A]=[B]=[C]=0.2$ M이고, $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.2}{0.2 \times 0.2} = 5$ 이다.

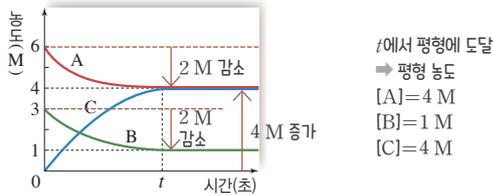
ㄴ. 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 평형 상수(K)는 5로 같다. (가)에서 용기의 부피가 2 L이므로 평형 농도는 $[A]=0.2$ M, $[B]=\frac{x}{2}$ M, $[C]=0.4$ M이고, $K = \frac{0.4}{0.2 \times \frac{x}{2}} = 5$ 에서

$x=0.8$ 이다.

바로알기 ㄷ. 꼭지를 열면 용기의 부피는 3 L가 되고, A~C의 양은 각각 0.6 mol, 1 mol, 1 mol이다. 따라서 농도는 $[A]=0.2$ M, $[B]=[C]=\frac{1}{3}$ M이고, $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{1}{3}}{0.2 \times \frac{1}{3}} = 5$ 이다. $Q=K$ 이므로 평형 상태이다.

07 $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이고, [B]가 0.5 M 증가하였으므로 [A]는 1 M 감소한 것이다. 초기 농도는 $[A]=4$ M이므로 평형 농도는 $[A]=3$ M이고, $x=3$ 이다. $K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0.5}{3^2} = \frac{1}{18}$ 이므로 $x \times K = 3 \times \frac{1}{18} = \frac{1}{6}$ 이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



반응 몰비 A : B : C = 1 : 1 : 2
 → 화학 반응식의 계수비와 같다. $A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$

ㄱ. [A]와 [B]는 각각 2 M 감소하고, [C]는 4 M 증가하였으므로 화학 반응식의 계수비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다. $b=1$, $c=2$ 이다.

ㄷ. 평형 농도는 $[A]=[C]=4$ M, $[B]=1$ M이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{4^2}{4 \times 1} = 4$ 이다.

바로알기 ㄴ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응 전후에 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않는다.

09 $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 0.2 mol 감소한 (가)는 B이고, 0.1 mol 증가한 (나)는 A이다.

평형 농도(M)는 $[A] = \frac{0.1}{V}$, $[B] = \frac{0.2}{V}$ 이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \left(\frac{0.2}{V}\right)^2 \times \frac{V}{0.1} = \frac{1}{5}$ 에서 $V=2$ 이다.

10 ㄱ. 꼭지를 연 후 반응물인 A의 양이 2 mol에서 4 mol로 증가하였으므로 역반응이 우세하게 진행된 것이다.

바로알기 ㄴ. $A(g)+3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 3 : 2이고 A가 2 mol 증가하였으므로 B는 6 mol 증가, C는 4 mol 감소한 것이다. 따라서 평형 상태에서 A~C의 양은 각각 4 mol, 6 mol, 2 mol이고, 전체 기체의 양은 12 mol이다. $\frac{C(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$ 이다.

ㄷ. 꼭지를 열면 용기의 부피는 2 L가 되므로 평형 농도는 $[A]=2$ M, $[B]=3$ M, $[C]=1$ M이다. $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{1^2}{2 \times 3^3} = \frac{1}{54}$ 이다.

11 $2A(g) \rightleftharpoons B(g)+2C(g)$ 에서 반응 몰비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이므로 반응한 A의 양(mol)을 $2x$ 라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $n-2x$, x , $2x$ 이다. 평형 상태에서 $\frac{C(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{1}{2}$ 이므로 $\frac{2x}{n+x} = \frac{1}{2}$ 에서 $x = \frac{n}{3}$ 이다. 따라서 용기의 부피가 1 L이고 평형 상태에서 A~C

의 양(mol)은 각각 $\frac{n}{3}$, $\frac{n}{3}$, $\frac{2n}{3}$ 이므로 평형 상수(K)는 다음과 같다.

$$K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{n}{3} \times \left(\frac{2n}{3}\right)^2 \times \left(\frac{3}{n}\right)^2 = \frac{4}{3}n$$

12 ㄱ. (가)에서 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{1 \times 2} = 2$ 이고, $K = \frac{1}{2}$ 이다. $Q > K$ 이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. (나)에서 $Q = \frac{1^2}{2 \times 1} = \frac{1}{2}$ 이다. $Q=K$ 이므로 평형 상태이다.

바로알기 ㄷ. $A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응 전후에 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않는다. 초기 상태에서 (가)와 (나)에 넣은 A~C의 양(mol)이 총 5 mol로 같으므로 평형 상태에서 전체 기체의 양(mol)도 같다.

13 온도가 일정하므로 실험 I, II에서 평형 상수(K)는 같다. $K = \frac{[B]^b}{[A]}$ 이고 실험 I, II에서 $\left(\frac{1}{5}\right)^b \times \frac{10}{3} = \left(\frac{1}{3}\right)^b \times \frac{6}{5}$ 이므로 $b=2$ 이고, $K = \frac{2}{15}$ 이다.

$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에서 반응 몰비는 $A : B = 1 : 2$ 이고, 실험 I에서 $[B]$ 가 $\frac{1}{5} M$ 증가하였으므로 $[A]$ 는 $\frac{1}{10} M$ 감소하여 $\frac{3}{10} M$ 가 된 것이다. 따라서 초기 농도는 $[A] = \frac{2}{5} M$ 이고, $x = \frac{2}{5}$ 이다. 실험 II에서 $[B]$ 가 $\frac{1}{3} M$ 증가하였으므로 $[A]$ 는 $\frac{1}{6} M$ 감소하여 $\frac{5}{6} M$ 가 된 것이다. 따라서 초기 농도는 $[A] = 1 M$ 이고, $y = 1$ 이다.

$$\frac{y}{x} \times K = 1 \times \frac{5}{2} \times \frac{2}{15} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

14 ㄱ. (가)에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{9}$ 인데 평형에 도달하였을 때 $\frac{1}{5}$ 로 증가하였다. 따라서 정반응이 우세하게 진행되는 것이므로 반응 초기에 $Q < K$ 이다.

(바로알기) ㄴ. $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이므로 꼭지를 열었을 때 반응한 A의 양(mol)을 $2x$ 라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $6-2x, 1+x, 2+2x$ 이다. 비활성 기체인 He은 반응에 참여하지 않으므로 He의 양은 1 mol로 변화가 없다. 평형 상태에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{5}$ 이므로 $\frac{1+x}{10+x} = \frac{1}{5}$ 에서 $x = \frac{5}{4}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A~C의 양은 각각 $\frac{7}{2} \text{ mol}, \frac{9}{4} \text{ mol}, \frac{9}{2} \text{ mol}$ 이고, He의 양은 1 mol이다.

ㄷ. 꼭지를 열었을 때 용기의 부피는 3 L가 되므로 평형 농도는 $[A] = \frac{7}{6} M, [B] = \frac{3}{4} M, [C] = \frac{3}{2} M$ 이고 $K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{243}{196}$ 이다.

15 **모범 답안** 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이고, 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않고 일정하게 유지된다.

채점 기준	배점
반응 속도 관점에서 정반응과 역반응의 속도가 같음을 언급하고, 농도 관점에서 농도의 변화가 없음을 언급한 경우	100 %
반응 속도 관점과 농도 관점 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

16 (1) $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 2$ 이고, 실험 I에서 $[C]$ 가 0.1 M 증가하였으므로 $[A]$ 와 $[B]$ 는 각각 0.05 M 감소한 것이다.

따라서 평형 농도는 $[A] = [B] = 0.05 M, [C] = 0.1 M$ 이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.1^2}{0.05 \times 0.05} = 4$ 이다.

(2) 실험 I과 II에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다.

모범 답안 (1) 4

(2) $x = 0.2$, 실험 II에서 반응한 A의 양(mol)을 n 이라고 하면 A~C의 평형 농도(M)는 각각 $0.2-n, 0.2-n, 2n$ 이다. 따라서 $K = \frac{(2n)^2}{(0.2-n)(0.2-n)} = 4$ 이고, $n = 0.1$ 이므로 $x = 0.2$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 평형 상수를 옳게 구한 경우	30 %
(2) x 를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	70 %
x 만 옳게 구한 경우	30 %

17 (1) 용기의 부피가 1 L이므로 A~C의 농도는 모두 1 M이고 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1^2}{1 \times 1} = 1$ 이다.

모범 답안 (1) 1

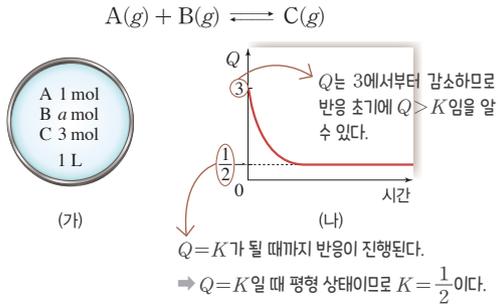
(2) A~C의 농도가 모두 1 M일 때 $Q = 1$ 이고, 정반응이 우세하게 진행되었으므로 $Q < K$ 이다. 따라서 $K > 1$ 이다.

채점 기준	배점
(1) Q 를 옳게 구한 경우	30 %
(2) Q 와 K 를 비교하여 $K > 1$ 임을 옳게 서술한 경우	70 %
$Q < K$ 인 것만 옳게 서술한 경우	30 %



01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③

01 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- a=3이다. 1
- 반응 초기에 역반응이 우세하게 진행된다.
- 평형 상태에서 기체의 몰농도는 C가 A의 1.5배이다. **غلط**

전략적 풀이 ① (가)에서 반응 지수(Q)를 이용하여 B의 농도를 구한다.

ㄱ. (가)에서 초기 농도는 $[A]=1\text{ M}$, $[B]=a\text{ M}$, $[C]=3\text{ M}$ 이므로 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{3}{1 \times a} = 3$ 에서 $a=1$ 이다.

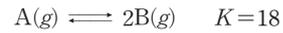
② (나)에서 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)를 비교하여 반응의 진행 방향을 예측한다.

ㄴ. 시간에 따라 Q가 감소하므로 반응 초기에 $Q > K$ 임을 알 수 있다. 따라서 반응 초기에 역반응이 우세하게 진행된다.

③ 평형 상수(K)가 $\frac{1}{2}$ 임을 이용하여 평형 농도를 구한다.

ㄷ. 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이므로 반응한 C의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $1+x$, $1+x$, $3-x$ 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[A]=[B]=1+x$, $[C]=3-x$ 이고, $K = \frac{1}{2}$ 이므로 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{3-x}{(1+x)(1+x)} = \frac{1}{2}$ 에서 $x=1$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A~C의 농도는 모두 2 M이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



용기	A(g)의 초기 농도(M)	B(g)의 양(mol) / 전체 기체의 양(mol)	반응 지수(Q)
(가)	$\frac{1}{4}$	$\frac{8}{9}$	$x \cdot 16$
(나)	$\frac{1}{2}$	$y \cdot \frac{2}{3}$	2

기체의 몰비를 나타낸다. $A : B = 1 : 8$
 → A와 B의 몰농도의 비를 알 수 있다. $[A] : [B] = 1 : 8$

선택지 분석

- (가)에서 정반응이 우세하게 진행된다.
- (나)에서 B(g)의 초기 농도는 1 M이다.
- $\frac{y}{x} = \frac{1}{24}$ 이다.

전략적 풀이 ① (가)에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 으로부터 농도를 구하여 반응 지수(Q)를 구하고, 평형 상수(K)와 비교하여 반응의 진행 방향을 예측한다.

ㄱ. (가)에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{8}{9}$ 이므로 $[A] : [B] = 1 : 8$ 이고, $[A] = \frac{1}{4}\text{ M}$ 이므로 $[B] = 2\text{ M}$ 이다. 따라서 $Q = \frac{[B]^2}{[A]} = 2^2 \times 4 = 16$ 이다. $K=18$ 이고 $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

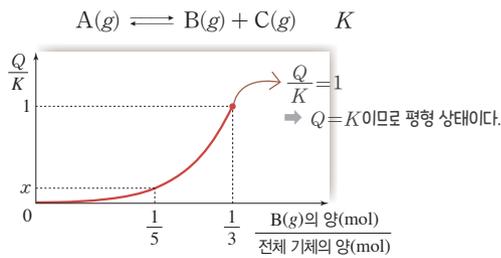
② (나)에서 반응 지수(Q)를 이용하여 B의 농도를 구한다.

ㄴ. (나)에서 $[A] = \frac{1}{2}\text{ M}$ 이고 $Q = [B]^2 \times 2 = 2$ 이므로 $[B] = 1\text{ M}$ 이다.

③ (나)에서 A와 B의 농도를 이용하여 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 을 구한 후 $\frac{y}{x}$ 를 결정한다.

ㄷ. (나)에서 $[A] = \frac{1}{2}\text{ M}$, $[B] = 1\text{ M}$ 이므로 기체의 몰비는 $A : B = 1 : 2$ 이고, $y = \frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2}{3}$ 이다. (가)에서 $Q=16$ 이므로 $x=16$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{1}{24}$ 이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

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

전략적 풀이 ① $\frac{Q}{K} = 1$ 일 때 평형에 도달한 것이므로 평형 농도를 구하여 평형 상수(K)를 구한다.

반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이므로 반응한 A의 양(mol)을 n 이라고 하면 평형 상태에서 A~C의 양(mol)은 각각 $8-n$, n , n 이다. 평형 상태에서 $\frac{B(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{n}{8+n}$

$= \frac{1}{3}$ 에서 $n=4$ 이다. A~C의 양은 모두 4 mol이고, 용기의 부피가 V L이므로 평형 농도(M)는 $[A]=[B]=[C] = \frac{4}{V}$ 이고,

$K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{4}{V}$ 이다.

② $\frac{B(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{1}{5}$ 일 때 반응 지수(Q)를 구하여 x 를 결정한다.

$\frac{B(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)} = \frac{1}{5}$ 일 때 반응한 A의 양(mol)을 m 이라고 하면 A~C의 양(mol)은 각각 $8-m$, m , m 이고, $\frac{m}{8+m} = \frac{1}{5}$ 에서 $m=2$ 이다. A~C의 양은 각각 6 mol, 2 mol, 2 mol

이므로 농도(M)는 $[A] = \frac{6}{V}$, $[B] = \frac{2}{V}$, $[C] = \frac{2}{V}$ 이고,

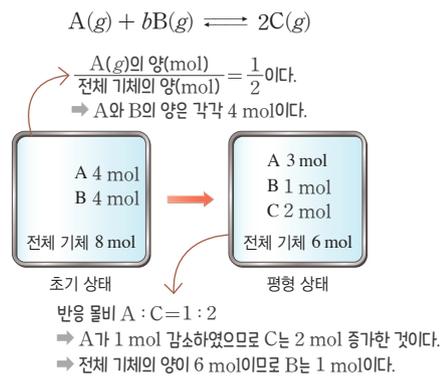
$Q = \frac{2}{3V}$ 이다. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 $\frac{4}{V}$ 로 같으며,

$x = \frac{Q}{K} = \frac{1}{6}$ 이다.

③ $x \times K$ 를 구한다.

$x = \frac{1}{6}$ 이고, $K = \frac{4}{V}$ 이므로 $x \times K = \frac{2}{3V}$ 이다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ $b=3$ 이다.
 ㉡ 평형 상수(K)는 $\frac{4}{3}$ 이다.
 ㉢ 같은 조건에서 용기에 A(g)~C(g)를 각각 1 mol씩 넣은 경우 역반응이 우세하게 진행된다. **정반응**

전략적 풀이 ① 초기 상태와 평형 상태에서 각 물질의 양(mol)을 구하여 반응 계수를 파악한다.

㉠. 초기 상태에서 A와 B의 양은 각각 4 mol이고, 평형 상태에서 A는 3 mol이 되었다. 반응 몰비는 $A : C = 1 : 2$ 이고 A가 1 mol 감소하였으므로 C는 2 mol 증가한 것이고, 평형 상태에서 전체 기체의 양이 6 mol이므로 B는 1 mol이다. 따라서 감소한 B의 양은 3 mol이므로 화학 반응식의 계수비는 $A : B : C = 1 : 3 : 2$ 이다. $b=3$ 이다.

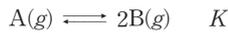
② 평형 농도를 구하여 평형 상수를 구한다.

㉡. 평형 상태에서 A~C의 양은 각각 3 mol, 1 mol, 2 mol이고, 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도는 $[A]=3$ M, $[B]=1$ M, $[C]=2$ M이다. 따라서 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{2^2}{3 \times 1^3} = \frac{4}{3}$ 이다.

③ 새로운 상태에서 반응 지수(Q)를 구하고, 평형 상수(K)와 비교하여 반응의 진행 방향을 예측한다.

㉢. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 $\frac{4}{3}$ 로 같다. A~C의 농도가 1 M이므로 $Q=1$ 이고, $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

05 — 꼼꼼 문제 분석



반응 시간	$\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$	$\frac{Q}{K}$
t_1	$\frac{2}{5}$	x
t_2	$\frac{1}{2}$	1

기체의 몰비를 나타낸다.

→ t_1 에서 A : B = 3 : 2, t_2 에서 A : B = 1 : 1

$Q = K \Rightarrow$ 평형 상태

선택지 분석

㉠ $K = \frac{2}{3}n$ 이다.

㉡ $x = \frac{1}{2}$ 이다.

㉢ $\frac{t_2 \text{에서 } [B]}{t_1 \text{에서 } [A]} = \frac{8}{9}$ 이다.

전략적 풀이 ① t_2 에서 평형에 도달한 것이므로 평형 농도를 구하여 평형 상수(K)를 구한다.

㉠. t_2 에서 $Q = K$ 이므로 평형 상태이다. 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 t_2 에서 반응한 A의 양(mol)을 m 이라고 하면 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $n - m$, $2m$ 이다. t_2 에서 기체의 몰비는 A : B = 1 : 1이므로 $(n - m) : 2m = 1 : 1$ 에서 $m = \frac{n}{3}$ 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[A] = [B] = \frac{2n}{3}$

이고, $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \left(\frac{2n}{3}\right)^2 \times \frac{3}{2n} = \frac{2}{3}n$ 이다.

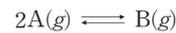
② t_1 에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 으로부터 반응 지수(Q)를 구하여 x 를 구한다.

㉡. 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 t_1 에서 반응한 A의 양(mol)을 y 라고 하면 t_1 에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $n - y$, $2y$ 이다. t_1 에서 기체의 몰비는 A : B = 3 : 2이므로 $(n - y) : 2y = 3 : 2$ 에서 $y = \frac{n}{4}$ 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 농도(M)는 $[A] = \frac{3n}{4}$, $[B] = \frac{n}{2}$ 이고, $Q = \left(\frac{n}{2}\right)^2 \times \frac{4}{3n} = \frac{1}{3}n$ 이다. 따라서 $x = \frac{Q}{K} = \frac{n}{3} \times \frac{3}{2n} = \frac{1}{2}$ 이다.

③ t_1 에서 [A]와 t_2 에서 [B]를 구하여 비를 파악한다.

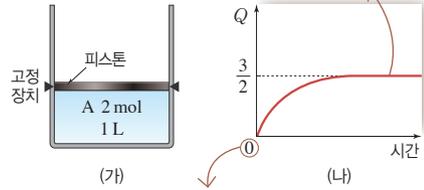
㉢. t_1 에서 $[A] = \frac{3n}{4}$ M, t_2 에서 $[B] = \frac{2n}{3}$ M이므로 $\frac{t_2 \text{에서 } [B]}{t_1 \text{에서 } [A]} = \frac{8}{9}$ 이다.

06 — 꼼꼼 문제 분석



$Q = K$ 가 될 때까지 반응이 진행된다.

→ $Q = K$ 일 때 평형 상태이므로 $K = \frac{3}{2}$ 이다.



선택지 분석

㉠ 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 같다.

㉡ 평형 상태에서 $[A] = \frac{2}{3}$ M이다.

㉢ 같은 조건으로 (가)에서 A(g) 대신 B(g) 2 mol을 넣어 평형에 도달하였을 때 $[B] = \frac{1}{2}$ M이다. $\frac{3}{2}$

전략적 풀이 ① 평형 상태에서 $Q = K$ 임을 이용하여 각 물질의 양(mol)과 농도를 구한다.

㉠. 평형 상태에서 $Q = K$ 이므로 $K = \frac{3}{2}$ 이다. 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로 반응한 A의 양(mol)을 $2x$ 라고 하면 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $2 - 2x$, x 이다. 용기의 부피가 1 L이므로 평형 농도(M)는 $[A] = 2 - 2x$, $[B] = x$ 이고, $K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{x}{(2 - 2x)^2} = \frac{3}{2}$ 에서 $x = \frac{2}{3}$ 이다. 따라서 A와 B의 양은 각각 $\frac{2}{3}$ mol로 같다. $x = \frac{3}{2}$ 인 경우에는 $[A] < 0$ 이므로 적합하지 않다.

㉡. 용기의 부피는 1 L이고 평형 상태에서 A의 양은 $\frac{2}{3}$ mol이므로 $[A] = \frac{2}{3}$ M이다.

② 평형 상수(K)를 이용하여 새로운 평형 상태에서 평형 농도를 구한다.

㉢. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 $\frac{3}{2}$ 으로 같다. B 2 mol을 넣었을 때 반응한 B의 양(mol)을 y 라고 하면 평형 농도(M)는 $[A] = 2y$, $[B] = 2 - y$ 이다. $K = \frac{2 - y}{(2y)^2} = \frac{3}{2}$ 에서 $y = \frac{1}{2}$ 이므로 $[A] = 1$ M, $[B] = \frac{3}{2}$ M이다.

2 화학 평형 이동

01 / 화학 평형 이동

개념 확인문제

162쪽

- 1 화학 평형 이동 2 르사틀리에 3 감소 4 < 5 정반응
6 증가 7 > 8 역반응

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×
3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 4 (1) 정반응 (2) 정반응
(3) 역반응

- 1 (2) 어떤 반응이 평형 상태에 있을 때 생성물을 제거하면 생성물의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
(3) 온도가 일정하면 평형 상수는 일정하다. 농도 변화에 따라 평형이 이동해도 평형 상수는 변하지 않는다.

2 (1) HCl(aq)을 소량 넣으면 수용액 속 H⁺의 농도가 증가하므로 H⁺의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 주황색이 진해진다.

(2) NaOH(aq)을 소량 넣으면 OH⁻이 H⁺과 중화 반응을 하므로 수용액 속 H⁺의 농도가 감소한다. 따라서 H⁺의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 노란색이 진해진다.

(3) Cr₂O₇²⁻(aq)을 소량 넣으면 $\frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$ 에서 분모가 커지므로 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작아진다.

(4) CrO₄²⁻(aq)을 소량 넣으면 CrO₄²⁻의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(5) 온도가 일정하므로 H₂SO₄(aq)을 넣어도 평형 상수는 일정하다.

3 (1) 시간 t에서 N₂의 농도가 급격히 증가하였으므로 N₂가 첨가되었다.

(2) 시간 t에서 N₂를 첨가하면 $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ 에서 분모가 커지므로 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작다.

(3) 시간 t에서 N₂를 첨가하였으므로 (나)에서는 N₂의 농도가 감소하는 정반응이 우세하게 일어난다.

(4) (가)와 (다)에서 온도가 일정하므로 평형 상수는 같다.

4 (1) 반응물인 CO를 첨가하면 CO의 농도가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 생성물인 CO₂를 제거하면 CO₂의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(3) 생성물인 H₂를 첨가하면 H₂의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

개념 확인문제

165쪽

- 1 감소 2 증가 3 기체 4 압력 5 이동하지 않는다

- 1 (1) 역반응 (2) 평형이 이동하지 않음 (3) 역반응 2 ㉠ 감소
㉡ 증가 ㉢ 정반응 3 (1) $Q = \frac{1}{4}K$ (2) 정반응 4 (1) ○
(2) × (3) ○ 5 ㄱ, ㄴ

1 (1) 압력을 낮추면 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 압력 변화에 따른 평형 이동이 일어나지 않는다.

(3) 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

2 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 NO₂의 양(mol)은 처음보다 감소하고, N₂O₄의 양(mol)은 처음보다 증가한다.

3 (1) 압력이 2배가 되면 부피는 $\frac{1}{2}$ 배가 되고 농도는 처음 평형 농도의 2배가 된다. 따라서 $Q = \frac{1}{4}K$ 이다.

$$Q = \frac{(2[\text{NH}_3])^2}{(2[\text{N}_2])(2[\text{H}_2])^3} = \frac{1}{4}K$$

(2) $Q < K$ 이므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

4 (1) (나)에서 (다)로 진행될 때 색이 얼어지므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 따라서 (나)에서는 $Q < K$ 이다.

(2) (가)와 (다)에서 온도가 일정하므로 평형 상수는 같다.

(3) 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 NO₂의 양(mol)이 감소한다. 따라서 NO₂의 양(mol)은 (가)에서가 (다)에서보다 크다.

5 ㄱ. 압력을 낮추면 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 부피를 증가시키면 기체의 압력이 감소하므로 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 부피를 일정하게 유지하고 반응에 참여하지 않는 비활성 기체를 첨가해도 반응물과 생성물의 농도는 변화가 없으므로 평형이 이동하지 않는다.

완자샘 비법 특강

166쪽

Q1 (가) 2 (나) 2 Q2 평형이 이동하지 않는다.

Q1 (가)에서 평형 농도는 $[A]=1\text{ M}$, $[B]=2\text{ M}$, $[C]=2\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A]^3[B]} = \frac{2^2}{1^3 \times 2} = 2$ 이다.

(나)에서 평형 농도는 $[A]=2\text{ M}$, $[B]=1\text{ M}$, $[C]=4\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{4^2}{2^3 \times 1} = 2$ 이다.

Q2 부피가 일정한 강철 용기에 반응에 참여하지 않는 비활성 기체를 넣은 경우에는 비활성 기체에 의해 전체 기체의 압력이 증가하더라도 반응물과 생성물의 농도는 일정하다. 따라서 평형이 이동하지 않는다.

개념 확인문제

171쪽

1 흡열 2 발열 3 역반응 4 작아 5 정반응 6 커

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 2 (1) 역반응 (2) 정반응 (3) 정반응 3 (가) 흡열 반응 (나) 발열 반응 4 ㄱ, ㄷ 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

1 (3) 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하면 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.
(4) 온도가 달라지면 평형 상수도 변한다.

2 (1) 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
(2) 온도를 낮추면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
(3) 온도를 높이면 흡열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

3 (가)는 온도가 높을수록 평형 상수가 커진다. 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이므로 정반응은 흡열 반응이다.
(나)는 온도가 높을수록 평형 상수가 작아진다. 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

4 암모니아의 수득률을 높이려면 평형을 정반응 쪽으로 이동시켜야 한다.
ㄱ. 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 높아진다.

나. 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 낮아진다.

ㄷ. 생성된 $\text{NH}_3(g)$ 를 액화시켜 제거하면 $\text{NH}_3(g)$ 의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 높아진다.

5 (3) 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.
(4) 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률이 낮아진다. 수득률을 높이려면 압력을 낮춰야 한다.

완자샘 비법 특강

172쪽

Q1 작아진다. Q2 $T_1 > T_2$

Q1 정반응은 발열 반응이고, 역반응은 흡열 반응이다. 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)는 작아진다.

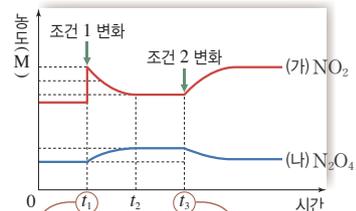
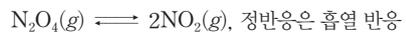
Q2 (나)에서 $K_1=2$ 이고, (다)에서 $K_2=4$ 이다. 평형 상수(K)는 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이고, 정반응은 발열 반응이므로 온도를 낮춘 것이다. 따라서 $T_1 > T_2$ 이다.

대표 자료 분석 1

173쪽

1 (가) NO_2 (나) N_2O_4 2 NO_2 를 첨가하였다. 3 온도를 높였다. 4 (1) ○ (2) × (3) ○

꼼꼼 문제 분석



반응 몰비 $\text{N}_2\text{O}_4 : \text{NO}_2 = 1 : 2$
 → 온도 변화량(가)가 (나)보다 크다. → 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다.
 → (가)는 반응 계수가 2인 NO_2 이다.

1 반응 몰비는 $N_2O_4 : NO_2 = 1 : 2$ 이다. $t_1 \sim t_2$ 동안 감소한 (가)의 농도와 증가한 (나)의 농도의 비가 $2 : 1$ 이므로 (가)는 NO_2 , (나)는 N_2O_4 이다.

2 t_1 에서 (가)의 농도가 급격히 증가하므로 (가)인 NO_2 를 첨가한 것이다.

3 t_3 이후 $[NO_2]$ 는 증가하고, $[N_2O_4]$ 는 감소하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 흡열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 t_3 에서 온도를 높였다.

4 (1) t_1 에서 생성물인 NO_2 를 첨가하였으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
 (2) $0 \sim t_3$ 동안 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다.
 (3) t_3 에서 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 이전보다 평형 상수(K)가 커진다.

3 부피를 줄이면 기체의 압력이 증가하므로 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

4 (1) (가)에서 평형 농도는 $[A]=4\text{ M}$, $[B]=3\text{ M}$, $[C]=3\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{3^2}{4 \times 3^2} = \frac{1}{4}$ 이다.

(2) (가)에서 (나)로 될 때 반응물의 양(mol)은 증가하고 생성물의 양(mol)은 감소하였으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

(3) (나)와 (다)에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다. (나)에서 평형 농도는 $[A]=5\text{ M}$, $[B]=5\text{ M}$, $[C]=1\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{1^2}{5 \times 5^2} = \frac{1}{125}$ 이다. 따라서 평형 상수(K)의 비는 (가) :

(다) = $\frac{1}{4} : \frac{1}{125} = 125 : 4$ 이다.

(4) 온도를 낮추면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

대표 자료 분석 2

174쪽

1 [B]=5 M, [C]=1 M 2 발열 반응 3 정반응 4 (1) ○
 (2) × (3) × (4) ○

꼼꼼 문제 분석

$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$

반응 몰비 $A : B : C = 1 : 2 : 2$
 \rightarrow A가 1 mol 증가하였으므로 B는 2 mol 증가, C는 2 mol 감소한 것이다. \rightarrow 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였다. \rightarrow 역반응은 흡열 반응

압력 증가 \rightarrow 정반응 쪽으로 평형 이동

1 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이고 A가 1 mol 증가하였으므로 B는 2 mol 증가, C는 2 mol 감소한 것이다. 따라서 (나)에서 B는 5 mol, C는 1 mol이고, 용기의 부피가 1 L이므로 몰농도는 $[B]=5\text{ M}$, $[C]=1\text{ M}$ 이다.

2 (가)에서 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

대표 자료 분석 3

175쪽

1 ㉠ 4 ㉡ 1 2 (가) $\frac{9}{4}$ (나) $\frac{1}{32}$ 3 역반응 4 (1) ×
 (2) ○ (3) × (4) ○

꼼꼼 문제 분석

$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$

평형	온도	평형 농도(M)		
		A(g)	B(g)	C(g)
(가)	T	2 M	1 M	3 M
(나)	$2T$	$\frac{1}{4}$ 증가	$\frac{1}{2}$ 증가	$\frac{1}{2}$ 감소

반응 몰비 $A : B : C = 2 : 1 : 2$
 \rightarrow [B]가 1 M 증가하였으므로 [A]는 2 M 증가, [C]는 2 M 감소한 것이다. \rightarrow 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였다. \rightarrow 역반응은 흡열 반응

1 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이고 [B]가 1 M 증가하였으므로 [A]는 2 M 증가, [C]는 2 M 감소한 것이다. 따라서 ㉠은 4, ㉡은 1이다.

2 (가) $K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{3^2}{2^2 \times 1} = \frac{9}{4}$

(나) $K = \frac{1^2}{4^2 \times 2} = \frac{1}{32}$

3 온도를 높였을 때 평형 상수가 작아졌으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

다른 풀이 온도를 높였을 때 반응물의 농도는 증가하고 생성물의 농도는 감소하였으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

4 (1) 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

(2) 온도를 낮추면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(3) 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)가 작아진다.

(4) 평형 (나)에서 생성물인 C를 첨가하면 C의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

나신만점문제

176쪽~179쪽

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

01 ㄱ. 반응물인 O_2 를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 생성물인 SO_3 를 제거하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 ㄷ. 반응물인 SO_2 를 제거하면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02 ㄱ. $HCl(aq)$ 을 소량 넣으면 수용액 속 H^+ 의 농도가 증가하므로 H^+ 의 농도가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 주황색이 진해진다.

바로알기 ㄴ. $\frac{[CrO_4^{2-}]^2[H^+]^2}{[Cr_2O_7^{2-}]}$ 에서 생성물인 H^+ 의 농도가 증가하므로 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 커진다.

ㄷ. 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도는 증가하고, CrO_4^{2-} 의 농도는 감소하므로 $\frac{[Cr_2O_7^{2-}]}{[CrO_4^{2-}]}$ 는 증가한다.

03 ㄱ. (가)에서 H_2 의 농도가 급격히 증가하므로 H_2 를 첨가한 것이다. 반응물인 H_2 를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. (나)에서 NH_3 의 농도가 급격히 감소하므로 NH_3 를 제거한 것이다.

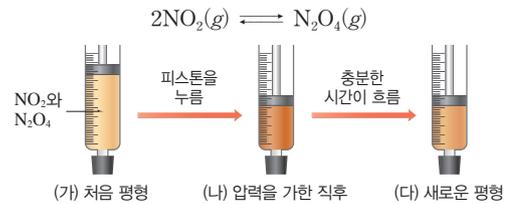
바로알기 ㄷ. 평형 I ~ III에서는 온도가 일정하므로 평형 상수(K)가 모두 같다.

04 ㄱ. 생성물인 B를 첨가하면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A의 농도는 증가한다. A의 몰농도는 (나) > (가)이다.

ㄴ. B를 첨가하였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 A의 양(mol)이 증가하고, B의 농도도 (나)에서 (가)에서보다 크다. 용기 속 전체 기체의 양(mol)이 (나) > (가)이므로 용기 속 전체 기체의 압력은 (나) > (가)이다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다.

05 **꼭꼭 문제 분석**



- (가)에서 (나)로 될 때: 압력을 가한 직후 부피가 감소하여 기체의 농도가 증가하므로 색이 진해진다.
- (나)에서 (다)로 될 때: 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. → 색이 옅어진 것으로 보아 N_2O_4 는 무색이다.

②, ⑤ 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 전체 기체의 양(mol)은 (다)에서 (가)에서보다 작다.

③ NO_2 는 적갈색이고, N_2O_4 는 무색이다.

바로알기 ④ $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$ 는 평형 상수(K)에 해당한다. (가)와 (다)에서 온도가 일정하므로 평형 상수는 같다.

06 ㄴ. 꼭지를 열면 기체의 부피가 증가하므로 기체의 압력이 감소한다. 따라서 기체 분자 수가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

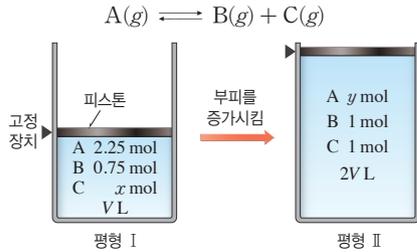
ㄷ. 온도는 일정하므로 평형 상수(K)는 같고, 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $[C]$ 는 감소한다. 따라서 $\frac{[C]}{K}$ 는 감소한다.

바로알기 ㄱ. 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 전체 기체의 양(mol)은 증가한다.

07 **모범 답안** (가)는 II, (나)는 I이다. (가)는 반응 전후 기체 분자 수가 같으므로 t에서 압력을 가해도 평형이 이동하지 않아 이후 전체 기체의 압력에 변화가 없으므로 II이다. (나)는 t에서 압력이 2배가 되면 전체 기체의 압력이 2배가 되지만 이후 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 전체 기체의 압력이 감소하므로 I이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)만 옳게 고른 경우	50 %

08 ◀ 품평 문제 분석



- 부피를 증가시켰으므로 기체의 압력이 감소한다. \rightarrow 기체 분자 수가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 1이고 B가 0.25 mol 증가하였다.
 \rightarrow A는 0.25 mol 감소, C는 0.25 mol 증가한 것이다.

ㄴ. A는 2.25 mol에서 0.25 mol 감소한 것이므로 $y=2$ 이다. C는 0.25 mol 증가하여 1 mol이 된 것이므로 $x=0.75$ 이다.

따라서 $\frac{y}{x} = \frac{8}{3}$ 이다.

▶바로알기 ㄱ. 평형 I에서 부피를 증가시켜 기체의 압력이 감소하였으므로 기체 분자 수가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 온도가 일정하므로 평형 I과 II에서 평형 상수(K)는 같다.

평형 II에서 평형 농도(M)는 $[A]=\frac{1}{V}$, $[B]=\frac{1}{2V}$, $[C]=\frac{1}{2V}$

이므로 $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{1}{4V}$ 이다.

09 ㄴ. 반응물인 $H_2O(g)$ 를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

▶바로알기 ㄱ. 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

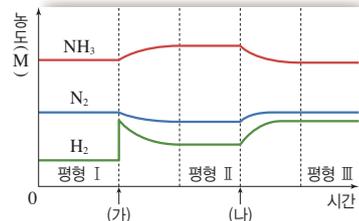
ㄴ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같으므로 반응 용기의 부피를 증가시켜 압력을 낮춰도 평형이 이동하지 않는다.

10 ㄱ. (가)에서 온도를 낮추었으므로 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. (가)에서는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 기체 분자 수가 감소한다. (나)에서 온도를 높였으므로 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 기체 분자 수가 증가한다. 따라서 전체 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

▶바로알기 ㄴ. (가)에서는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)가 커지고, (나)에서는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수가 작아진다. 따라서 평형 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

11 ◀ 품평 문제 분석



- (가)에서 $[H_2]$ 가 급격히 증가한다. $\rightarrow H_2$ 를 첨가하였으므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- (나) 이후 $[H_2]$ 와 $[N_2]$ 는 증가하고 $[NH_3]$ 는 감소한다. \rightarrow 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. \rightarrow 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 (나)에서 온도를 높였다.
- (나)에서는 특정 물질의 농도가 급격하게 변하지 않으므로 반응물이나 생성물의 농도를 변화시킨 것이 아니다. 또 부피가 일정한 강철 용기이므로 부피를 변화시켜 압력 변화에 따라 평형 이동이 일어난 것도 아니다.

▶모범 답안 (1) (가)에서는 H_2 의 농도가 급격히 증가하므로 H_2 를 첨가한 것이다. (나)에서는 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 온도를 높인 것이다.

(2) 평형 I = 평형 II > 평형 III, 평형 I과 II에서는 온도가 일정하므로 평형 상수가 같다. (나)에서 온도를 높여 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 III에서는 평형 상수가 작아진다.

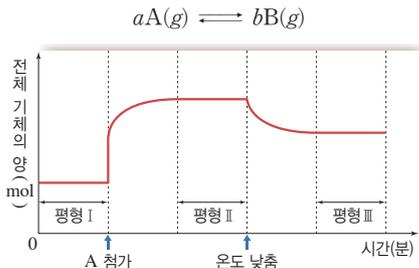
채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)에서 변화시킨 조건과 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
(가)와 (나)에서 변화시킨 조건만 옳게 서술한 경우	30 %
(2) 평형 상수의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
평형 상수의 크기만 옳게 비교한 경우	30 %

12 ㄱ. 평형 상수(K)는 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 (가)에서 (나)로 될 때 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

ㄴ. 온도를 낮추었을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크고, 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 전체 기체의 양(mol)은 감소한다. 따라서 전체 기체의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

13 ← **꼼꼼 문제 분석**



- A를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. → 전체 기체의 양(mol)이 증가하였으므로 정반응 쪽이 기체 분자 수가 크다.
- 온도를 낮추었을 때 전체 기체의 양(mol)이 감소하였다. → 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. → 역반응은 발열 반응이다.

ㄱ. 반응물인 A를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하는데, 이때 전체 기체의 양(mol)이 증가하였으므로 반응 계수는 $a < b$ 이다.

ㄴ. 평형 II에서 온도를 낮추었을 때 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 따라서 역반응은 발열 반응이고, 정반응은 흡열 반응이다.

바로알기 ㄷ. 평형 II 이후에 역반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 B의 양(mol)은 평형 II에서가 III에서보다 크다.

14 (가) $CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$

(나) $H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$

ㄱ. 혈액에 소량의 산이 유입되면 H^+ 의 농도가 증가하므로 (나)에서 역반응 쪽으로, (가)에서 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $CO_2(g)$ 가 배출된다.

ㄴ. 혈액에 소량의 염기가 유입되면 OH^- 이 H^+ 과 중화 반응을 하여 H^+ 의 농도가 감소하므로 (나)에서 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 $H_2CO_3(aq)$ 의 농도가 감소한다. 이때 (가)에서 정반응이 일어나서 $H_2CO_3(aq)$ 의 농도가 증가하지만 평형 상수(K)가 일정해야 하므로 (나)에서 감소한 농도만큼 생성되지는 않는다.

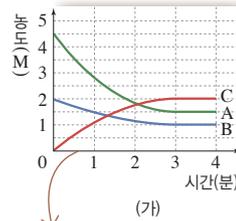
바로알기 ㄷ. 호흡이 빨라지면 $CO_2(g)$ 가 공기 중으로 많이 배출되므로 (가)에서 역반응 쪽으로, (나)에서 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $HCO_3^-(aq)$ 의 농도가 감소한다.

15 ㄱ. 압력이 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 C의 수득률이 증가하므로 정반응이 기체 분자 수가 감소하는 방향이다. 즉, 생성물의 계수가 반응물의 계수 합보다 작으므로 $a + b > c$ 이다.

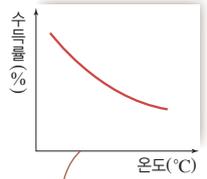
ㄷ. C의 수득률이 클수록 평형 상수(K)가 크다. T_1 일 때가 T_2 일 때보다 C의 수득률이 크므로 평형 상수는 T_1 일 때가 T_2 일 때보다 크다.

바로알기 ㄴ. 정반응이 발열 반응이므로 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 C의 수득률이 증가한다. T_1 일 때가 T_2 일 때보다 C의 수득률이 크므로 $T_1 < T_2$ 이다.

16 ← **꼼꼼 문제 분석**



[A] 3 M 감소, [B] 1 M 감소, [C] 2 M 증가
 → 반응 농도비 A : B : C = 3 : 1 : 2
 → 화학 반응식 $3A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$



온도가 높을수록 수득률 감소 → 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. → 역반응은 흡열 반응

ㄱ. (가)에서 [A]는 3 M 감소, [B]는 1 M 감소, [C]는 2 M 증가하였으므로 반응 농도비는 A : B : C = 3 : 1 : 2이다. 이는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 $a : b : c = 3 : 1 : 2$ 이다.

ㄴ. (나)에서 온도가 높을수록 C의 수득률이 감소하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 따라서 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

ㄷ. C의 수득률이 클수록 평형 상수(K)가 크다. 온도가 높을수록 C의 수득률이 감소하므로 온도를 높이면 평형 상수가 감소한다.

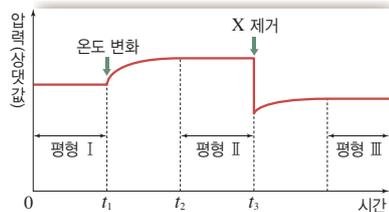
실력 UP 문제

180쪽~181쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ① 04 ③ 05 ② 06 ③

01 ← **꼼꼼 문제 분석**

$aX(g) \rightleftharpoons bY(g)$, 정반응은 발열 반응



- X를 제거하면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. → 전체 기체의 압력이 증가하였으므로 기체의 양(mol)이 증가한 것이다. → 역반응 쪽이 기체 분자 수가 크다.
- 온도를 변화시켰을 때 전체 기체의 압력이 증가하였다. → 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

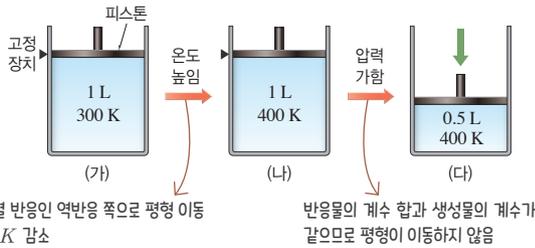
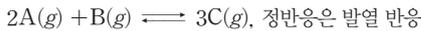
ㄱ. t_3 에서 X를 제거하면 역반응 쪽으로 평형이 이동하는데, 이때 전체 기체의 압력이 증가하였으므로 반응 계수는 $a > b$ 이다.
 ㄴ. t_1 에서 온도를 변화시켰을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 역반응은 흡열 반응이므로 t_1 에서 온도를 높인 것이다.

바로알기 ㄷ. 평형 I에서 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 평형 II에 도달하였으므로 평형 상수(K)가 작아진다. 평형 II와 III에서는 온도가 일정하므로 평형 상수가 같다. 따라서 평형 상수는 평형 I에서가 평형 III(=평형 II)에서보다 크다.

02 ㄱ. 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A(g)의 양(mol)이 증가한다.

바로알기 ㄴ. 온도가 일정하므로 기체의 양(mol)이 같을 때 기체의 부피는 압력에 반비례한다. 그런데 외부 압력이 2기압이 되면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 전체 기체의 양(mol)은 (가)에서보다 감소한다. 따라서 기체의 부피는 1 L보다 작다.
 ㄷ. (가)와 (나)에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

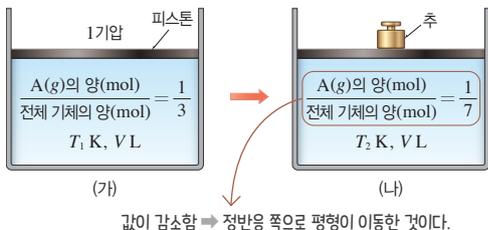
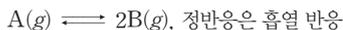


ㄱ. 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)가 작아진다. 따라서 평형 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 압력을 가해 부피를 줄여도 평형이 이동하지 않는다. 따라서 A의 양(mol)은 변화가 없다.

ㄷ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 (가)~(다)에서 전체 기체의 양(mol)은 변화가 없다.

04 **꼼꼼 문제 분석**



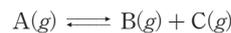
추를 올리면 기체에 가해지는 압력이 증가하므로 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 $\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 이 증가해야 하지만, 문제의 조건에서는 감소하였다. \Rightarrow 온도 변화에 따라 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. \Rightarrow 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 온도를 높인 것이다.

ㄱ. (가)에서 (나)로 될 때 $\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 이 감소하였으므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

ㄴ. 압력이 높아지면 역반응 쪽으로 평형이 이동해야 하지만, 문제의 조건에서 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 온도가 높아져 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 따라서 $T_1 < T_2$ 이다.

바로알기 ㄷ. (가)에서 A와 B의 양(mol)을 각각 $n, 2n$ 이라 하고, (가)에서 (나)로 될 때 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 (나)에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $n-x, 2n+2x$ 이다. 따라서 $\frac{n-x}{3n+x} = \frac{1}{7}$ 이므로 $x = \frac{n}{2}$ 이고, (나)에서 A와 B의 양(mol)은 각각 $\frac{n}{2}, 3n$ 이다. $K = \frac{[B]^2}{[A]}$ 이고, (가)에서 평형 농도(M)는 $[A] = \frac{n}{V}, [B] = \frac{2n}{V}$, (나)에서 평형 농도(M)는 $[A] = \frac{n}{2V}, [B] = \frac{3n}{V}$ 이므로 평형 상수의 비는 (가) : (나) = 2 : 9이다.
 (나)에서의 $K = \frac{9}{2}$ 이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



평형 상태	온도	용기 속 전체 기체의 압력
(가)	T_1 낮춤	P_1 증가함
(나)	T_2	P_2

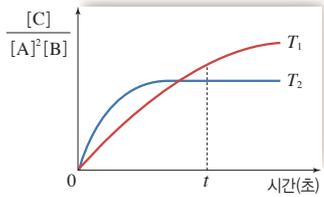
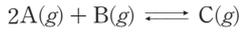
$T_1 > T_2$ 이고, $P_2 > P_1$ 이므로 온도를 낮추었을 때 용기 속 전체 기체의 압력이 증가하였다. \Rightarrow 기체의 양(mol)이 증가한 것이다. \Rightarrow 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. \Rightarrow 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. 정반응 쪽으로 평형이 이동하면 A의 양(mol)은 감소하고, 전체 기체의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\frac{A(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. 온도를 낮추었을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 발열 반응이다.

ㄷ. (가)에서 (나)로 될 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)가 커진다. 따라서 평형 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



- $\frac{[C]}{[A]^2[B]}$ 가 일정할 때의 값이 평형 상수(K)이다. \rightarrow 평형 상수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.
- 온도는 $T_2 > T_1$ 이므로 온도가 낮을수록 평형 상수가 크다. \rightarrow 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. \rightarrow 정반응은 발열 반응이다.

ㄱ. 온도가 낮을수록 평형 상수(K)가 크므로 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. $\frac{[C]}{[A]^2[B]}$ 가 클수록 정반응 쪽으로 반응이 더 진행된 것이다. 정반응 쪽으로 반응이 진행되면 C의 양(mol)은 증가하고, 전체 기체의 양(mol)은 감소한다. 따라서 t 초에서 $\frac{C(g)의 양(mol)}{전체 기체의 양(mol)}$ 은 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.

바로알기 ㄷ. 평형 상수(K)가 클수록 C의 수득률이 크므로 C의 수득률은 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.

중단원 핵심정리

182쪽~183쪽

- | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| ① 르사틀리에 | ② 감소 | ③ 증가 | ④ 정반응 | ⑤ 역반응 |
| ⑥ 감소 | ⑦ 증가 | ⑧ 역반응 | ⑨ 정반응 | ⑩ 흡열 |
| ⑪ 발열 | ⑫ 역반응 | ⑬ 정반응 | ⑭ 작아 | ⑮ 커 |
| ⑯ 정반응 | ⑰ 높 | ⑱ 낮 | ⑳ 역반응 | |

중단원 마무리 문제

184쪽~187쪽

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

01 ㄱ. 반응물인 $N_2(g)$ 를 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 생성물인 $NH_3(g)$ 를 제거하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 ㄷ. 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02 ㄷ. 수산화 나트륨 수용액($NaOH(aq)$)을 첨가하면 OH^- 이 H^+ 과 중화 반응을 하여 H^+ 의 농도가 감소하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 노란색이 진해진다.

ㄴ. 다이크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$)을 첨가하면 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 증가하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 노란색이 진해진다.

바로알기 ㄱ. 수용액에서 일어나는 반응이므로 압력을 높이는 것은 평형에 영향을 주지 않는다.

ㄴ. 염산($HCl(aq)$)을 첨가하면 H^+ 의 농도가 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 주황색이 진해진다.

03 ㄱ. (가)에서 온도가 높을수록 평형 상수가 작아진다. 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. 온도를 낮추면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 압력이 높을수록 C의 수득률이 증가하므로 압력이 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

04 ㄴ. 꼭지를 열면 반응물인 H_2 의 양(mol)이 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

다른 풀이 꼭지를 열었을 때 각 물질의 농도는 $[H_2]=3 M$, $[I_2]=1 M$, $[HI]=2 M$ 이므로 $Q = \frac{2^2}{3 \times 1} = \frac{4}{3}$ 이다. $Q < K$ 이므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 평형 농도는 $[H_2]=2 M$, $[I_2]=2 M$, $[HI]=4 M$ 이므로 $K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{4^2}{2 \times 2} = 4$ 이다.

ㄷ. 반응한 H_2 의 양(mol)을 x 라고 하면 새로운 평형 상태에서 H_2 , I_2 , HI 의 양(mol)은 각각 $6-x$, $2-x$, $4+2x$ 이다. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 4로 같다. 용기의 부피가 2 L이므로 $K = \frac{(2+x)^2}{\frac{6-x}{2} \times \frac{2-x}{2}} = 4$ 이고, $x = \frac{2}{3}$ 이다. 따라서 새로운 평형

상태에서 HI의 양은 $\frac{16}{3}$ mol이고, 용기의 부피는 2 L이므로

$$[HI] = \frac{8}{3} M \text{이다.}$$

05 ㄱ. (가)와 (나)에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 같다. ㄷ. 기체의 부피를 줄이면 기체의 압력이 증가하므로 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 N_2O_4 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. 온도가 일정하므로 기체의 양(mol)이 같을 때 기체의 압력과 부피는 반비례한다. 기체의 부피가 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 기체의 압력이 2배가 되어 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 (나)에서 전체 기체의 압력은 2기압보다 작아진다.

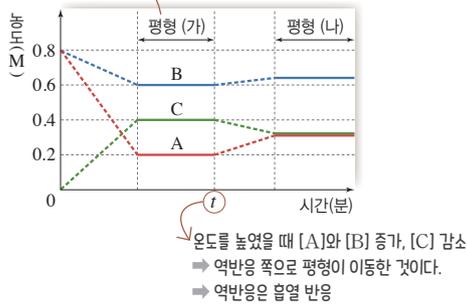
06 ㄱ. 평형 농도는 $[A]=0.05\text{ M}$, $[B]=0.1\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{0.1^2}{0.05} = 0.2$ 이다.

바로알기 ㄴ. 외부 압력을 2배로 하면 기체 분자 수가 감소하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. He을 0.1 mol 첨가하면 기체의 부피가 증가하므로 A와 B의 농도가 감소한다. $Q = \frac{[B]^2}{[A]}$ 에서 분자의 값이 분모의 값보다 더 크게 감소하므로 $Q < K$ 이다. 따라서 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

[A] 0.6 M 감소, [B] 0.2 M 감소, [C] 0.4 M 증가
 → 반응 농도비 A : B : C = 3 : 1 : 2
 → 화학 반응식 $3A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$

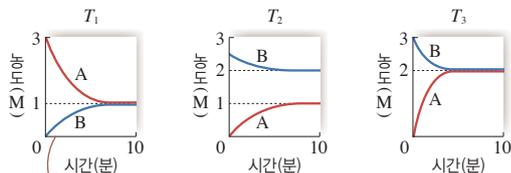


ㄱ. 반응 농도비가 A : B : C = 3 : 1 : 2이므로 $a : b : c = 3 : 1 : 2$ 이다.

ㄴ. (가)에서 평형 농도는 $[A]=0.2\text{ M}$, $[B]=0.6\text{ M}$, $[C]=0.4\text{ M}$ 이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A]^3[B]} = \frac{0.4^2}{0.2^3 \times 0.6} = \frac{100}{3}$ 이다.

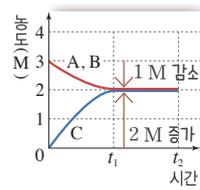
ㄷ. 평형 (가)에서 온도를 높였을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



$K = \frac{[B]}{[A]^2}$ 이므로 $T_1 \sim T_3$ 에서 평형 상수(K)는 각각 1, 2, $\frac{1}{2}$ 이다. 정반응이 발열 반응인 경우 온도가 높을수록 평형 상수가 작아지므로 온도는 $T_3 > T_1 > T_2$ 이다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

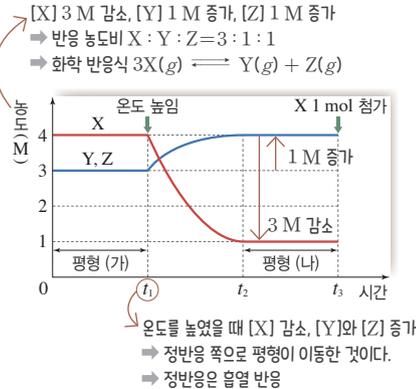


ㄱ. 반응 농도비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이므로 $a=1$, $b=1$, $c=2$ 이다. 따라서 $a+b=c$ 이다.

ㄴ. $t_1 \sim t_2$ 에서 A ~ C의 평형 농도는 모두 2 M이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{2 \times 2} = 1$ 이다.

바로알기 ㄷ. t_2 에서 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)는 작아진다.

10 **꼼꼼 문제 분석**

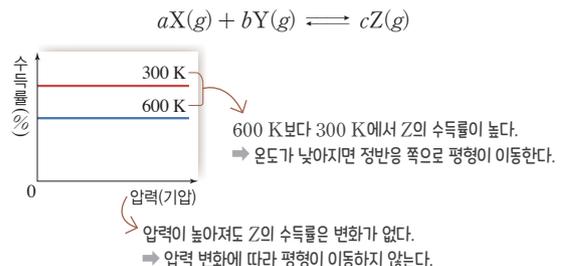


ㄱ. 반응 농도비는 X : Y : Z = 3 : 1 : 1이므로 $a=3$, $b=1$, $c=1$ 이다. 따라서 $\frac{b+c}{a} = \frac{2}{3}$ 이다.

ㄷ. t_3 에서 반응물인 X를 첨가하였으므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 ㄴ. t_1 에서 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 흡열 반응이다.

11 **꼼꼼 문제 분석**



압력이 높아져도 Z의 수득률은 변화가 없으므로 압력 변화에 따른 평형 이동은 일어나지 않는다. 따라서 반응 계수는 $a+b=c$ 이다.

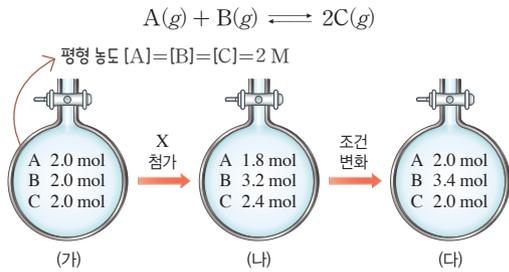
600 K보다 300 K에서 Z의 수득률이 높으므로 온도가 낮아지면 정반응 쪽으로 평형이 이동함을 알 수 있다. 따라서 정반응은 발열 반응이다.

12 ㄱ. 토양 속 H^+ 의 농도가 감소하면 H^+ 의 농도가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 토양 속 H^+ 의 농도가 증가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 Al^{3+} 의 농도가 증가하므로 수국은 푸른색을 나타낸다.

ㄷ. 토양 속 H^+ 의 농도에 따라 수국의 색이 달라지므로 수국의 색은 토양의 산성 정도를 알려주는 지표가 될 수 있다.

13 **꼼꼼 문제 분석**



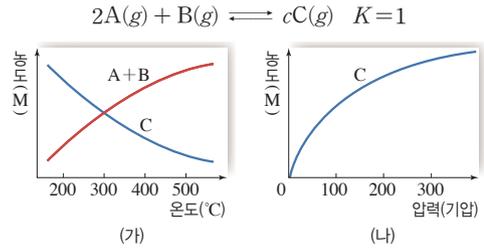
- (가)에서 (나)로 될 때 A는 0.2 mol 감소, B는 1.2 mol 증가, C는 0.4 mol 증가하였다.
 - ➔ A와 B는 반응물이고, C는 생성물이므로 C의 양(mol)이 증가하면 A와 B의 양(mol)은 감소해야 한다.
 - ➔ B를 첨가하여 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.
- (나)에서 (다)로 될 때 A와 B의 양(mol)은 증가, C의 양(mol)은 감소하였다.
 - ➔ 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

ㄱ. (가)와 (나)에서는 온도가 일정하므로 평형 상수(K)가 같다. 용기의 부피가 1 L이므로 (가)에서 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{2 \times 2} = 1$ 이다.

ㄴ. (가)에서 (나)로 될 때 A의 양(mol)은 감소, B의 양(mol)은 증가, C의 양(mol)은 증가하였으므로 B를 첨가하여 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 (다)로 될 때 A와 B의 양(mol)은 증가, C의 양(mol)은 감소하였으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 역반응은 흡열 반응이므로 조건 변화는 온도를 높인 것이다. 따라서 온도는 (다)에서 (나)에서보다 높다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



- (가)에서 온도가 높을수록 $[A]+[B]$ 는 증가, $[C]$ 는 감소한다. ➔ 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. ➔ 역반응은 흡열 반응이다.
- (나)에서 압력이 높을수록 $[C]$ 는 증가한다. ➔ 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. ➔ 정반응이 기체 분자 수가 감소하는 방향이다.

ㄱ. (가)에서 온도가 높을수록 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 압력이 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 생성물의 계수는 반응물의 계수 합보다 작다. 따라서 $c < 3$ 이다.

ㄷ. 300 °C에서 평형 상수(K)는 1이고, 온도가 낮아지면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수가 커진다. 따라서 200 °C에서 평형 상수는 1보다 크다.

15 **모범 답안** X는 B이다. A는 반응물이고 B와 C는 생성물이므로 A의 농도가 증가하면 B와 C의 농도는 감소해야 한다. 하지만 B의 농도가 증가했으므로 X는 B이고, B를 첨가하여 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

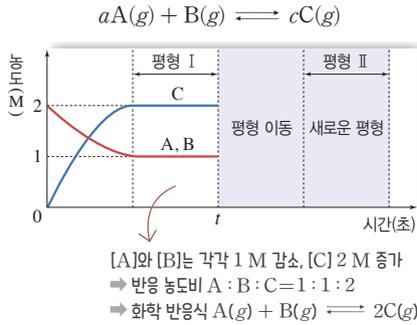
채점 기준	배점
X를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
X만 옳게 쓴 경우	50 %

16 **모범 답안** (1) $a+b > c$, 압력이 높을수록 C의 수득률이 증가하므로 압력이 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 기체 분자 수가 감소하는 방향이다.

(2) 발열 반응, 온도가 낮을수록 C의 수득률이 증가하므로 온도가 낮을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 발열 반응이다.

채점 기준	배점
(1) $(a+b)$ 와 c 의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
$(a+b)$ 와 c 의 크기만 옳게 비교한 경우	20 %
(2) 정반응이 발열 반응을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
정반응이 발열 반응이라고만 쓴 경우	20 %

01 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ $\frac{c}{a} = 2$ 이다.
- ㉡ t 초 이후 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. **정반응**
- ㉢ 평형 II에서 $[A] = 1.5 M$ 이다. **1.75**

전략적 풀이 ① 농도 변화로부터 반응 계수를 구한다.

ㄱ. 평형 I에 도달할 때까지 [A]와 [B]는 각각 1 M 감소하고, [C]는 2 M 증가하였으므로 반응 농도비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다. 따라서 $a=1, c=2$ 이므로 $\frac{c}{a}=2$ 이다.

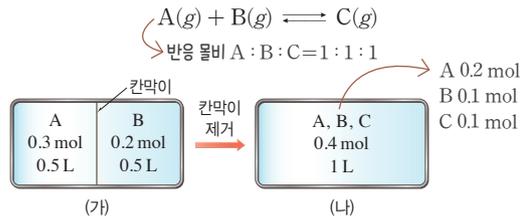
㉡ 평형 상수(K)와 반응 지수(Q)를 구하여 평형의 이동 방향을 파악한다.

ㄴ. 평형 I에서 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{1 \times 1} = 4$ 이다. 용기의 부피는 1 L이고 t 초에서 A~C를 각각 1 mol씩 첨가하였으므로 이때 농도는 $[A]=2 M, [B]=2 M, [C]=3 M$ 이며, $Q = \frac{3^2}{2 \times 2} = \frac{9}{4}$ 이다. $Q < K$ 이므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉢ 평형 상수(K)를 이용하여 새로운 평형 상태에서 A의 농도를 구한다.

ㄷ. t 초 이후 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 II에서 A~C의 양(mol)은 각각 $2-x, 2-x, 3+2x$ 이다. 평형 I과 II에서 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 4로 같다. 따라서 $K = \frac{(3+2x)^2}{(2-x)(2-x)} = 4$ 에서 $x = \frac{1}{4}$ 이다. 용기의 부피는 1 L이므로 평형 II에서 $[A] = 1.75 M$ 이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ㉠ (나)에서 A의 양은 0.2 mol이다.
- ㉡ 평형 상수(K)는 5이다.
- ㉢ (나)에 C(g) 0.1 mol을 첨가하여 새로운 평형에 도달하였을 때 C의 농도는 0.15 M이다. **0.15 M가 아니다**

전략적 풀이 ① 반응 계수와 초기 양(mol)으로부터 반응한 양(mol)을 구하고, (나)에서 각 기체의 양(mol)을 구한다.

ㄱ. 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 1이므로 반응한 A의 양(mol)을 x 라고 하면 (나)에서 A~C의 양(mol)은 각각 $0.3-x, 0.2-x, x$ 이다. (나)에서 전체 기체의 양이 0.4 mol이므로 $0.5-x=0.4$ 에서 $x=0.1$ 이다. 따라서 (나)에서 A~C의 양은 각각 0.2 mol, 0.1 mol, 0.1 mol이다.

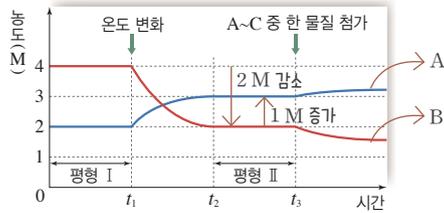
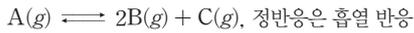
㉡ (나)에서 A~C의 양(mol)과 전체 기체의 부피로부터 평형 상수(K)를 구한다.

ㄴ. (나)에서 용기의 부피는 1 L이므로 평형 농도는 $[A]=0.2 M, [B]=0.1 M, [C]=0.1 M$ 이고, $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.1}{0.2 \times 0.1} = 5$ 이다.

㉢ 문제에 제시된 C의 농도로부터 반응 지수(Q)를 구한 후 평형 상수(K)와 비교하여 반응 결과를 판단한다.

ㄷ. (나)에 C를 첨가하면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 새로운 평형 상태에서 C의 농도가 0.15 M라면 첨가한 C 0.1 mol 중 0.05 mol이 반응한 것이므로 증가한 A와 B의 양은 각각 0.05 mol이다. 따라서 각 물질의 농도는 $[A]=0.25 M, [B]=0.15 M, [C]=0.15 M$ 이고, 이때 반응 지수(Q)를 구하면 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.15}{0.25 \times 0.15} = 4$ 이다. 온도가 일정하므로 $K=5$ 이고, 평형 상태에서는 $Q=K$ 이다. 따라서 C의 농도가 0.15 M 일 때는 평형 상태가 아니다.

03 — 꼼꼼 문제 분석



- 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 2 : 1이다. → 온도를 변화시켰을 때 감소한 농도가 증가한 농도의 2배이다. → 농도가 2 M 감소한 물질은 B이고, 농도가 1 M 증가한 물질은 A이다.
- t_3 이후 [A]는 증가, [B]는 감소한다. → 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. → C를 첨가하였다.

선택지 분석

- A. t_1 에서 온도를 높였다. 낮추었다
- B. t_3 에서 첨가한 물질은 C(g)이다.
- C. 평형 I과 II에서 전체 기체의 양(mol)의 비는 5 : 4이다.

전략적 풀이 ① 농도 변화와 반응 계수로부터 두 물질이 무엇인지 결정한 후 평형의 이동 방향을 통해 온도 변화를 파악한다.

ㄱ. 평형 I에서 온도를 변화시켰을 때 감소한 농도가 증가한 농도의 2배이므로 농도가 감소한 물질은 B이고, 농도가 증가한 물질은 A이다. 따라서 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이고, 역반응은 발열 반응이므로 t_1 에서 온도를 낮춘 것이다.

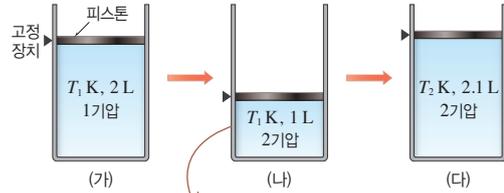
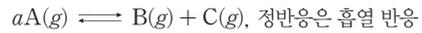
② 농도 변화로부터 첨가한 물질을 파악한다.

ㄴ. t_3 이후 [A]는 증가하고, [B]는 감소하므로 C를 첨가하여 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다.

③ 평형 I에서 C의 양(mol)을 미지수로 두고 평형 상수를 통해 C의 양(mol)을 구한 후 전체 기체의 양(mol)을 구한다.

ㄷ. 평형 I에서 C의 양(mol)을 x 라고 하면 $K = \frac{[B]^2[C]}{[A]}$
 $= \frac{4^2 \times x}{2}$ 이다. 평형 I에서 II로 될 때 A가 1 mol 증가하였으므로 C는 1 mol 감소한다. 따라서 평형 II에서 C의 농도(M)는 $x-1$ 이고, $K = \frac{2^2 \times (x-1)}{3}$ 이다. 평형 상수(K)는 평형 I에서 II에서의 8배이므로 $\frac{4^2 \times x}{2} = 8 \times \frac{2^2 \times (x-1)}{3}$ 에서 $x=4$ 이다. 따라서 A~C의 양은 평형 I에서 각각 2 mol, 4 mol, 4 mol 이고, 평형 II에서 각각 3 mol, 2 mol, 3 mol이다. 전체 기체의 양은 평형 I에서 10 mol, 평형 II에서 8 mol이므로 5 : 4이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



- 기체의 압력 2배, 기체의 부피 $\frac{1}{2}$ 배
- 기체의 양(mol)은 변화가 없다.
- 압력 변화에 따라 평형이 이동하지 않는다.

선택지 분석

- A. A(g)의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다.
- B. $a > 2$ 이다. $a=2$
- C. 평형 상수(K)는 (가)에서가 (다)에서보다 크다. (다) > (가)

전략적 풀이 ① 압력에 따른 부피 변화로 기체의 양(mol) 변화와 반응 계수를 파악한다.

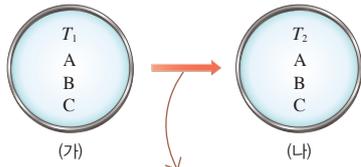
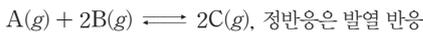
ㄱ. (가)와 (나)에서 온도는 일정하다. (가)에서 (나)로 될 때 기체의 압력은 2배가 되고 기체의 부피는 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 기체의 양(mol)은 변화가 없다. 즉, 압력 변화에 따라 평형이 이동하지 않으므로 A의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다.

ㄴ. 압력 변화에 따라 평형이 이동하지 않으므로 반응 전후에 기체 분자 수가 같다. 즉, 반응물의 계수와 생성물의 계수 합이 같으므로 $a=2$ 이다.

② 온도 변화로부터 평형의 이동 방향을 파악하여 평형 상수(K)의 변화를 판단한다.

ㄷ. 반응 전후 기체의 양(mol)에는 변화가 없으므로 온도를 높이면 이에 비례하여 기체의 부피가 증가한다. (나)에서 (다)로 될 때 부피가 증가하므로 온도를 높인 것이고, 흡열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수(K)가 커진다. (가)와 (나)에서는 온도가 일정하므로 평형 상수가 같다. 따라서 평형 상수는 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

05 — **꼼꼼 문제 분석**



$T_1 > T_2$ 이므로 온도를 낮추었다.
 ⇒ 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형 이동 ⇒ K 증가

선택지 분석

- ㉠ 평형 상수(K)는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ㉡ 용기 속 전체 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㉢ 온도를 낮추고, 압력을 높일수록 $C(g)$ 의 수득률이 증가한다.

전략적 풀이 ① 온도 변화로부터 평형의 이동 방향을 파악하여 평형 상수(K)의 변화를 판단한다.

㉠. (가)에서 (나)로 될 때 온도를 낮추었으므로 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동하며, 평형 상수(K)가 커진다. 따라서 평형 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

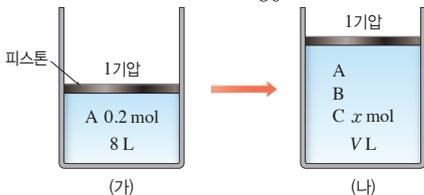
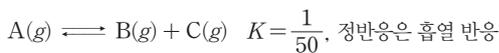
② 반응 계수와 평형의 이동 방향으로부터 전체 기체의 양(mol) 변화를 파악하여 전체 기체의 압력을 판단한다.

㉡. 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하면 전체 기체의 양(mol)이 감소한다. 전체 기체의 양(mol)이 (가) > (나)이고, 온도도 (가) > (나)이므로 용기 속 전체 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

③ C 의 수득률을 높이기 위해 평형을 정반응 쪽으로 이동시킬 방법을 파악한다.

㉢. 온도를 낮추면 발열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 압력을 높이면 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 C 의 수득률을 높으려면 온도를 낮추고, 압력을 높여야 한다.

06 — **꼼꼼 문제 분석**



- 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이고 생성된 C 의 양(mol)이 x 이다. ⇒ (나)에서 $A \sim C$ 의 양(mol)은 각각 $0.2 - x$, x , x 이다.
- 일정한 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다.

선택지 분석

- ㉠ 전체 기체의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다. (나) > (가)
- ㉡ $V = \frac{40}{3}$ 이다.
- ㉢ (나)에서 온도를 높이면 A 의 농도는 $\frac{1}{200}$ M보다 증가한다. 감소한다

전략적 풀이 ① 반응 계수로부터 반응 전후 전체 기체의 양(mol) 변화를 파악한다.

㉠. 생성물의 계수 합이 반응물의 계수보다 크므로 (가)에서 반응이 진행되면 전체 기체의 양(mol)이 증가한다. 따라서 전체 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

② 반응 계수와 초기 양(mol)으로부터 (나)에서 각 기체의 양(mol)을 구한 후 기체의 양(mol)에 따른 부피 변화와 평형 상수(K)를 이용하여 V 를 구한다.

㉡. 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 1 : 1$ 이고 생성된 C 의 양(mol)이 x 이므로 (나)에서 $A \sim C$ 의 양(mol)은 각각 $0.2 - x$, x , x 이다. 기체의 부피는 V L이므로 평형 농도(M)는 $[A] = \frac{0.2 - x}{V}$,

$[B] = \frac{x}{V}$, $[C] = \frac{x}{V}$ 이다.

일정한 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다. (가)에서 기체의 양은 0.2 mol이고, (나)에서 전체 기체의 양(mol)은 $0.2 + x$ 이므로 $0.2 : 8 = (0.2 + x) : V$ 에서

$V = 40x + 8$ 이다. $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{1}{50}$ 이므로 $\frac{(\frac{x}{V})^2}{\frac{0.2 - x}{V}} = \frac{1}{50}$ 에

서 $x = \frac{2}{15}$, $V = \frac{40}{3}$ 이다.

③ 온도 변화로부터 평형의 이동 방향을 파악한다.

㉢. (나)에서 A 의 농도는 $\frac{(0.2 - \frac{2}{15}) \text{ mol}}{\frac{40}{3} \text{ L}} = \frac{1}{200}$ M이다. 온

도를 높이면 흡열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A 의 농도는 $\frac{1}{200}$ M보다 감소한다.

역동적인 화학 반응

1 물의 자동 이온화와 pH

01 / 몰농도

완자쌤 비법 특강

194쪽~195쪽

- Q1 $\frac{1}{4}$ M Q2 2.34 g Q3 0.05 L
 Q4 1.1 M Q5 $\frac{1}{18}$ M Q6 0.8 g, 0.8 %

Q1 NaOH 5 g의 양은 $\frac{5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{8}$ mol이고, 용액의 부피가 0.5 L이므로 몰농도는 $\frac{\frac{1}{8} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{1}{4}$ M이다.

Q2 0.2 M 수용액 200 mL에 녹아 있는 NaCl의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$ 이므로 수용액에 녹아 있는 NaCl의 질량은 $0.04 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g/mol} = 2.34 \text{ g}$ 이다.

Q3 0.01 M 포도당 수용액 0.5 L에 녹아 있는 포도당의 양은 $0.01 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다. 따라서 포도당 0.005 mol이 녹아 있는 0.1 M 포도당 수용액의 부피(L)를 x 라고 하면 $0.005 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol/L} \times x$, $x = 0.05 \text{ L}$ 이다.

Q4 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같으므로 혼합한 용액 1 L의 몰농도를 x M라고 하면 다음 관계가 성립한다.
 $1 \text{ M} \times 0.3 \text{ L} + 2 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = x \text{ M} \times 1 \text{ L}$, $x = 1.1$

Q5 1% 포도당 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 1 L, 즉 1000 mL의 질량은 1000 g이고, 1000 g에 녹아 있는 포도당의 질량은 $1000 \text{ g} \times \frac{1}{100} = 10 \text{ g}$ 이다. 포도당 10 g의 양은 $\frac{10 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = \frac{1}{18}$ mol이므로 1% 포도당 수용액의 몰농도는 $\frac{1}{18}$ M이다.

Q6 0.2 M NaOH 수용액 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, 0.02 mol의 질량은 $0.02 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0.8 \text{ g}$ 이다. 수용액 100 mL의 질량은

$100 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/mL} = 100 \text{ g}$ 이므로 수용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량은 0.8 g이다. 따라서 퍼센트 농도(%)는 $\frac{0.8 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 0.8 \%$ 이다.

개념 확인 문제

196쪽

① 퍼센트 농도 ② 질량 ③ 양(mol) ④ 몰농도(M) ⑤ 표준 용액

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 2 2.5 M 3 (가) 9 (나) 부피 플라스크 4 ㄱ, ㄴ 5 500 mL 6 (가) 1800 (나) 1764 (다) 18 (라) 18

1 (1) 퍼센트 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 백분율로 나타낸 것이므로 퍼센트 농도와 질량이 같은 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같고, 용질의 종류에 따라 용질의 양(mol)은 다를 수 있다.

(2) 몰농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 것이므로 몰농도와 부피가 같으면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 같고, 용질의 종류에 따라 용질의 질량은 다를 수 있다.

(4) 수용액에 물을 추가하면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않고 용액의 부피와 몰농도가 변한다.

2 수산화 나트륨 10 g의 양은 $\frac{10 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{4}$ mol이고, 용액의 부피가 100 mL이므로 용액의 몰농도는 $\frac{\frac{1}{4} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 2.5$ M이다.

3 0.1 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이고, 포도당의 몰질량이 180 g/mol이므로 포도당의 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$ 이다. 따라서 (가)에서 측정하는 포도당의 질량은 9 g이다. (나)에서 표준 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

4 ㄱ. 1 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.
 ㄴ. 포도당 0.2 mol의 질량은 $0.2 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 36 \text{ g}$ 이다.
 ㄷ. 1 M 포도당 수용액 200 mL를 만들려면 포도당 0.2 mol을 증류수 200 mL에 녹이는 것이 아니라 포도당 0.2 mol을 증류수에 모두 녹여 용액의 부피를 200 mL로 만들어야 한다.

5 1 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)과 0.4 M 포도당 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)이 같으므로 0.4 M 포도당 수용액의 부피를 x L라고 하면 $1 \times 0.2 = 0.4 \times x$, $x = 0.5$ 이다. 따라서 0.4 M 수용액의 부피는 500 mL이다.

6 (가) 98 % 황산의 밀도가 1.8 g/mL이므로 1 L, 즉 1000 mL의 질량은 $1000 \text{ mL} \times 1.8 \text{ g/mL} = 1800 \text{ g}$ 이다.

(나) 98 % 황산 100 g에는 H_2SO_4 98 g이 녹아 있으므로 황산 1800 g에 녹아 있는 H_2SO_4 의 질량은 $1800 \text{ g} \times \frac{98}{100} = 1764 \text{ g}$ 이다.

(다) H_2SO_4 1764 g의 양은 $\frac{1764 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 18 \text{ mol}$ 이다.

(라) 98 % 황산 1 L에 녹아 있는 H_2SO_4 의 양이 18 mol이므로 몰농도는 18 M이다.

대표 자료 분석 1

197쪽

1 A: 비커, B: 부피 플라스크 2 $\frac{1}{4}$ mol 3 (가)-(라)-(나)-(다) 4 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 표준 용액을 만들 때 용질을 소량의 증류수가 담긴 비커(A)에 넣고 모두 녹인 뒤 원하는 용액의 부피에 해당하는 부피 플라스크(B)에 넣고 표시선까지 증류수를 넣는다. 따라서 A는 비커이고, B는 부피 플라스크이다.

2 NaOH 10 g의 양은 $\frac{10 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{4}$ mol이다.

3 (가)~(라)를 순서대로 나열하면 (가)-(라)-(나)-(다)이다.

4 (1) NaOH $\frac{1}{4}$ mol이 용액 500 mL에 녹아 있는 표준 용액

이므로 몰농도(M)는 $\frac{\frac{1}{4} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

(2) NaOH 표준 용액의 밀도가 1 g/mL이므로 500 mL의 질량은 $500 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 500 \text{ g}$ 이다.

(3) NaOH 표준 용액 500 g에 녹아 있는 NaOH의 질량이 10 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{10 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100 = 2 \%$ 이다.

대표 자료 분석 2

198쪽

1 부피 플라스크 2 $\frac{x}{100}$ M 3 (1) $\frac{y}{250}$ (2) 2 : 5 (3) 20, 50 (4) 20, 0.2 4 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 일정 부피의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

2 1 M A(aq) x mL에 물을 넣어 100 mL로 만들어도 용액에 녹아 있는 A의 양(mol)은 변하지 않는다. 수용액 I의 몰농도는 a M이므로 다음 관계식이 성립하여 $1 \text{ M} \times \frac{x}{1000} \text{ L} = a \text{ M} \times \frac{100}{1000} \text{ L}$, $a = \frac{x}{100}$ 이다.

3 (1) 수용액 II의 몰농도는 a M이므로 다음 관계식이 성립하여 $1 \text{ M} \times \frac{y}{1000} \text{ L} = a \text{ M} \times \frac{250}{1000} \text{ L}$, $a = \frac{y}{250}$ 이다.

(2) 수용액 I과 수용액 II의 몰농도가 a M로 같으므로

$\frac{x}{100} = \frac{y}{250}$ 이다. 따라서 $x : y = 2 : 5$ 이다.

(3) $x + y = 70$ 이고, $x : y = 2 : 5$ 이므로 $x = 20$, $y = 50$ 이다.

(4) $x = 20$ 이므로 수용액 I의 몰농도(M) $a = \frac{20}{100} = 0.2$ 이다.

4 (1) 수용액 I의 몰농도는 0.2 M이고, 용액의 부피가 100 mL이므로 용액에 녹아 있는 A의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

(2) 수용액 II의 몰농도는 0.2 M이고 용액의 부피가 250 mL이므로 용액에 녹아 있는 A의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다.

(3) 수용액 I과 수용액 II를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 용질의 양은 0.07 mol이고 용액의 부피는 500 mL이므로 혼합 용액의 몰농도는 $\frac{0.07 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.14 \text{ M}$ 이다.

내신 만점 문제

199쪽~202쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 해설 참조 05 ②
06 ③ 07 ① 08 ① 09 ⑤ 10 ① 11 ⑤
12 ④ 13 ④ 14 ③ 15 ② 16 해설 참조
17 ③ 18 ③ 19 0.525 M 20 ②

01 나. (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 질량은 25 g으로 같은데, 용질의 몰질량은 설탕 > 포도당이므로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (나) > (가)이다.

다. (가)와 (나)의 밀도가 1 g/mL로 같으므로 (가)와 (나)의 부피는 500 mL로 같다. 두 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같고 몰질량은 설탕 > 포도당이므로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 포도당 > 설탕이다. 따라서 용액의 몰농도(M)는 (나) > (가)이다.

바로알기 가. 퍼센트 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이므로 퍼센트 농도가 5%로 같은 용액 500 g에 녹아 있는 용질의 질량은 용질의 종류에 관계없이 $500 \text{ g} \times \frac{5}{100} = 25 \text{ g}$ 으로 같다.

02 가. 15% NaOH 수용액 120 g에 녹아 있는 용질의 질량은 $120 \text{ g} \times \frac{15}{100} = 18 \text{ g}$ 이다. NaOH의 몰질량이 40 g/mol이므로 18 g의 양은 $\frac{18 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{9}{20} \text{ mol}$ 이다.

나. (가)의 밀도가 1.2 g/mL이므로 120 g의 부피는 100 mL이고, 수용액 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양이 $\frac{9}{20} \text{ mol}$ 이므로 (가)의 몰농도는 $\frac{\frac{9}{20} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 4.5 \text{ M}$ 이다.

다. 2.5 M NaOH 수용액 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $2.5 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, NaOH의 몰질량이 40 g/mol이므로 (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $0.25 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 10 \text{ g}$ 이다.

03 8% X 수용액 50 g에 녹아 있는 X의 질량은 $50 \text{ g} \times \frac{8}{100} = 4 \text{ g}$ 이고, X의 몰질량이 40 g/mol이므로 4 g의 양은 0.1 mol이다. (가)와 (나)에 녹아 있는 X의 질량이 같으므로 (나)에 녹아 있는 X의 양은 0.1 mol이다. 따라서 (나)의 몰농도 $a \text{ M} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.

04 **모범 답안** (1) NaOH 2 g을 증류수 98 g에 녹였으므로 수용액의 질량은 100 g이다. 즉, 수용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량이 2 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 2\%$ 이다.

(2) (가)의 수용액 100 g에 녹아 있는 NaOH의 질량이 2 g이므로 수용액 10 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 0.2 g이다. NaOH 0.2 g의 양은 $\frac{0.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.005 \text{ mol}$ 이다. 이때 용액의 부피가 100 mL이므로 (나)에서 만든 NaOH 수용액의 몰농도는 $\frac{0.005 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.05 \text{ M}$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	퍼센트 농도(%)와 몰이 과정을 모두 옳게 쓴 경우	50%
	퍼센트 농도(%)만 옳게 쓴 경우	30%
(2)	몰농도(M)와 몰이 과정을 모두 옳게 쓴 경우	50%
	몰농도(M)만 옳게 쓴 경우	30%

05 0.2 M Na₂CO₃ 수용액 100 mL에 녹아 있는 Na₂CO₃의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, Na₂CO₃ 0.02 mol의 질량은 $0.02 \text{ mol} \times 106 \text{ g/mol} = 2.12 \text{ g}$ 이다.

06 가. 0.1 M NaCl 수용액 100 mL에 녹아 있는 NaCl의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.

나. 수용액에 녹아 있는 용질의 질량은 용질의 양(mol)과 용질의 몰질량을 이용하여 구하므로 필요한 NaCl의 질량을 구하려면 NaCl의 몰질량을 조사해야 한다.

바로알기 다. 일정 부피의 용액을 만들 때 필요한 실험 기구는 부피 플라스크이다.

07 가. X의 몰질량이 60 g/mol이므로 X 15 g의 양은 $\frac{15 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, 용액의 부피가 500 mL이므로 (나)에서 만든 수용액의 몰농도 $a \text{ M} = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

바로알기 나. (나)에서 만든 수용액의 밀도가 1.01 g/mL이므로 200 mL의 질량은 202 g이고, 200 mL에 녹아 있는 X의 양은 $0.5 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. X 0.1 mol의 질량은 6 g이고 (다)에서 만든 수용액의 전체 질량은 300 g이므로 (다)에서 만든 수용액의 퍼센트 농도 $b\% = \frac{6 \text{ g}}{300 \text{ g}} \times 100 = 2\%$ 이다.

다. (나)에서 만든 수용액에 녹아 있는 X의 양은 0.25 mol이고, (다)에서 만든 수용액에 녹아 있는 X의 양은 0.1 mol이다.

08 (가)의 질량은 240 g이므로 (가)의 퍼센트 농도(㉠)는 $\frac{40}{240} \times 100 = \frac{50}{3}\%$ 이다. (가)의 밀도가 1 g/mL이므로 240 g의 부피는 240 mL이고, (가)에는 몰질량이 60 g/mol인 X가

40 g 녹아 있으므로 녹아 있는 X의 양은 $\frac{40 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = \frac{2}{3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 (가)의 몰농도(㉡)는 $\frac{\frac{2}{3} \text{ mol}}{0.24 \text{ L}} = \frac{25}{9} \text{ M}$ 이다.

09 수용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (가) $0.1 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$, (나) $0.2 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$, (다) $0.4 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$ 이다.

ㄱ. 수용액에 녹아 있는 용질은 포도당으로 동일하고 용질의 양(mol)은 (가) > (나)이므로 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 (가) > (나)이다.

ㄴ. 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 (나)와 (다)가 0.04 mol로 같다.

ㄷ. (가)~(다)를 모두 혼합한 후 증류수를 추가한 혼합 용액의 부피는 1 L이고, 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양은 0.13 mol이므로 혼합 용액의 몰농도는 $\frac{0.13 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.13 \text{ M}$ 이다.

10 학생 X. 0.1 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 0.05 mol이므로 0.05 mol의 질량을 구하려면 포도당의 몰질량을 알아야 한다.

바로알기 학생 Y. 표준 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이므로 '부피 플라스크'는 A로 적절하다.

학생 Z. 0.1 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다.

11 ㄱ. 표준 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이므로 '부피 플라스크'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 0.2 M NaOH 수용액 250 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이고, NaOH의 몰질량은 40 g/mol 이므로 (가)에서 측정해야 하는 NaOH의 질량 $w \text{ g} = 0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. 0.2 M NaOH 수용액 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

12 1 M NaOH 수용액 500 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.5 mol이고, NaOH 0.5 mol의 질량은 $0.5 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 20 \text{ g}$ 이므로 $x = 20$ 이다. 2 M NaOH 수용액 $y \text{ mL}$ 에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)과 1 M 200 mL에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)이 같으므로 $2 \times y = 1 \times 200$, $y = 100$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = 5$ 이다.

13 ㄴ, ㄷ. 몰농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타내며, 퍼센트 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 백분율로 나타낸다. 퍼센트 농도를 몰농도로 변환하려면 용액의 질량을 부피로 환산하기 위해 용액의 밀도가, 용질의 질량을 용질의 양(mol)으로 환산하기 위해 용질의 몰질량이 필요하다.

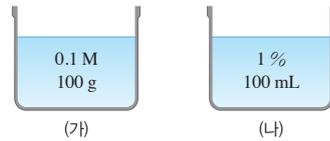
바로알기 ㄱ. 퍼센트 농도를 몰농도로 변환할 때 용매인 물의 밀도는 필요하지 않다.

14 5% NaOH 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 10 mL의 질량은 10 g이고, 5% NaOH 수용액 10 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $10 \text{ g} \times \frac{5}{100} = 0.5 \text{ g}$ 이다. NaOH 0.5 g의 양은

$$\frac{0.5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{80} \text{ mol}$$

이고 수용액의 부피는 100 mL이므로 몰농도는 $\frac{\frac{1}{80} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{1}{8} \text{ M}$ 이다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



• (가)의 밀도는 1 g/mL이므로 100 g의 부피는 100 mL이다.

→ (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.01 mol이다.

• (나)의 밀도는 1 g/mL이므로 100 mL의 질량은 100 g이다.

→ (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{1}{100} = 1 \text{ g}$ 이다.

ㄴ. (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $\frac{1 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{40} \text{ mol}$ 이고, 부피가 100 mL이므로 몰농도는 $\frac{\frac{1}{40} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{1}{4} \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 질량은 $0.01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0.4 \text{ g}$ 이다. 따라서 (가)의 퍼센트 농도는 $\frac{0.4 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 0.4 \%$ 이다.

ㄷ. (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 0.4 g이고, (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 1 g이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (나)가 (가)의 2.5배이다.

16 **모범 답안** 0.2 M NaOH 수용액 500 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, NaOH 0.1 mol의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 4 \text{ g}$ 이다. 따라서 $x = 4$ 이다.

채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
답만 옳은 경우	50%

17 (가)에서 포도당의 양은 $0.25 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이고, (나)에서 포도당 9 g의 양은 $\frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. (다)에 녹아 있는 포도당의 양은 0.1 mol이고, 수용액의 부피가 500 mL이다. 따라서 (다)의 몰농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

18 0.2 M A(aq) 250 mL에 녹아 있는 A의 양은 0.2 mol/L \times 0.25 L = 0.05 mol이다. 이때 0.1 M A(aq) 100 mL에 녹아 있는 A의 양은 0.01 mol이므로 A(s) w g의 양은 0.04 mol이다. 따라서 w g = 0.04 mol \times 100 g/mol = 4 g이다.

19 수용액의 밀도가 1.05 g/mL이므로 100 mL의 질량은 1.05 g/mL \times 100 mL = 105 g이고, 수용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $105 \text{ g} \times \frac{4}{100} = 4.2 \text{ g}$ 이다. NaOH 4.2 g의 양은 $\frac{4.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.105 \text{ mol}$ 이고 수용액의 부피가 200 mL이므로 몰농도는 $\frac{0.105 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.525 \text{ M}$ 이다.

20 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 (나)가 (가)의 2배이므로 용질의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이다. 이때 용액의 몰농도는 (가)가 (나)의 2배이므로 용액의 부피는 (나)가 (가)의 4배이다. 이로부터 (가)에 녹아 있는 포도당의 양을 b mol, (가)의 부피를 V L라고 하면 (나)에 녹아 있는 포도당의 양은 $2b$ mol이고, (나)의 부피는 $4V$ L이다.

따라서 $\frac{\text{(가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 몰농도(M)}}{\text{(나)의 몰농도(M)}} = \frac{\frac{3b \text{ mol}}{5V \text{ L}}}{\frac{2b \text{ mol}}{4V \text{ L}}}$
 $= \frac{6}{5}$ 이다.

실력 UP 문제

203쪽

- 01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③

01 나. B 0.02 mol의 질량이 $2w$ g이므로 1 mol의 질량은 $100w$ g이다. 따라서 B의 몰질량은 $100w \text{ g/mol}$ 이다.

ㄷ. C는 수산화 나트륨이고, C(aq)에 녹아 있는 C의 양은 $0.6 \text{ mol/L} \times 0.3 \text{ L} = 0.18 \text{ mol}$ 이다. 용액에 녹아 있는 용질의 질량비는 A(aq) : C(aq) = $0.03 \times 60 : 0.18 \times 40 = w : xw = 1 : x$ 이므로 $x = 4$ 이다.

바로알기 ㄱ. A(aq)에 녹아 있는 A의 양은 0.03 mol이고, B(aq)에 녹아 있는 B의 양은 0.02 mol이다. 이때 용질의 질량비는 A : B = 1 : 2이므로 몰질량의 비는 A : B = $\frac{w}{0.03} : \frac{2w}{0.02} = 1 : 3$ 이다. 따라서 A는 아세트산, B는 포도당이고, C는 수산화 나트륨이다.

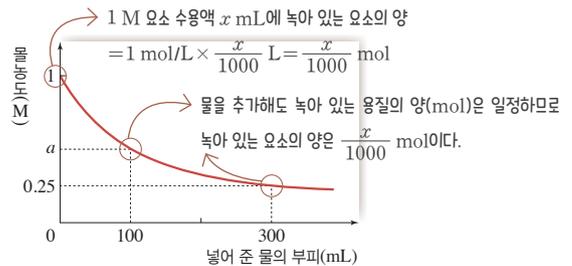
02 (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 질량비가 (가) : (나) = 1 : 3이므로 용질의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 3이다. 용액에 녹아 있는

용질의 양(mol)은 몰농도(M)와 부피(L)의 곱과 같으므로 $0.4 \times V_1 : 0.3 \times V_2 = 1 : 3$ 이고, $V_2 = 4V_1$ 이다. 이로부터 (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 각각 $0.4V_1$, $1.2V_1$ 이다. 따라서 (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 부피는 $5V_1 \text{ L}$ 이고, 용액에 녹아 있는 용질의 양은 $1.6V_1 \text{ mol}$ 이므로 혼합한 용액의 몰농도는 $\frac{1.6V_1 \text{ mol}}{5V_1 \text{ L}} = 0.32 \text{ M}$ 이다.

03 나. (나)에서 만든 수용액의 밀도는 $d \text{ g/mL}$ 이므로 수용액 1 L (= 1000 mL)의 질량은 $1000d \text{ g}$ 이다. 따라서 (나)에서 만든 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{4 \text{ g}}{1000d \text{ g}} \times 100 = \frac{2}{5d} \%$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 수용액의 부피가 1 L이고 수용액에 녹아 있는 NaOH의 양이 0.1 mol이므로 수용액의 몰농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $a = 0.1$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 녹아 있는 NaOH 4 g의 양은 $\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, 이를 증류수 100 mL에 녹인 용액이므로 용액의 부피는 100 mL가 아니다. 따라서 (가)에서 만든 수용액의 몰농도는 1 M가 아니다.

04 **품평 문제 분석**



- 1 M 요소 수용액 x mL에 물 100 mL를 추가한 용액에 녹아 있는 요소의 양(mol)은 $a \text{ mol/L} \times \frac{100+100}{1000} \text{ L}$ 이다.
- 1 M 요소 수용액 x mL에 물 300 mL를 추가하여 만든 용액에 녹아 있는 요소의 양(mol)은 $0.25 \text{ mol/L} \times \frac{x+300}{1000} \text{ L}$ 이다.

1 M 요소 수용액 x mL에 녹아 있는 요소의 양(mol)과 1 M 요소 수용액 x mL에 물 300 mL를 추가하여 만든 수용액에 녹아 있는 요소의 양(mol)은 같으므로 $1 \times \frac{x}{1000} = 0.25 \times \frac{x+300}{1000}$, $x = 100$ 이다. 1 M 요소 수용액 100 mL에 녹아 있는 요소의 양(mol)과 이 수용액에 물 100 mL를 추가한 용액에 녹아 있는 요소의 양(mol)이 같으므로 $1 \times \frac{100}{1000} = a \times \frac{100+100}{1000}$, $a = 0.5$ 이다. 따라서 $x \times a = 50$ 이다.

02 / 물의 자동 이온화와 pH

개념 확인 문제

207쪽

- ① 하이드로늄 이온(H_3O^+) ② 수산화 이온(OH^-) ③ 1×10^{-14}
 ④ 산성 ⑤ 염기성 ⑥ 1 ⑦ 14.0 ⑧ 산성 ⑨ 중성
 ⑩ 염기성

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$ M,
 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11}$ M 3 1×10^{-11} M 4 (1) 2.0
 (2) 1×10^{-12} M (3) 3.0 5 L, c

- 1 (1), (2) 순수한 물에서 물 분자끼리 H^+ 을 주고받아 한 분자가 OH^- 이 되면 다른 분자는 H_3O^+ 이 되므로 순수한 물에서는 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 가 같다.
 (3) 산성 용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $[\text{OH}^-]$ 보다 크다.
 (4) 순수한 물에 OH^- 을 첨가한 염기성 용액에서는 $[\text{OH}^-]$ 가 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 보다 커지므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $[\text{OH}^-]$ 보다 작아진다.

- 2 0.001 M $\text{HCl}(aq)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로
 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11}$ M이다.

- 3 pOH가 3인 용액의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11}$ M이다.

- 4 (1) 0.01 M $\text{HCl}(aq)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이고,
 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $\text{pH} = 2.0$ 이다.

- (2) 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로
 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12}$ M이다.

- (3) 0.01 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 0.01 mol/L \times 0.02 L = 2×10^{-4} mol이다. 따라서 2×10^{-4} mol의 H_3O^+ 이 녹아 있는 200 mL 용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{2 \times 10^{-4} \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 $\text{pH} = 3.0$ 이다.

- 다른 풀이** $\text{pH} = 2.0$ 인 염산을 $\frac{1}{10}$ 로 묽혔으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 로 되고 pH 는 1만큼 증가한다.

- 5 ㄱ. pH 가 1만큼 작을수록 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 10배 커지므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 pH 가 4.0인 토마토가 pH 가 6.0인 우유의 100배이다.

ㄴ. 우유의 $\text{pH} < 7.0$ 이므로 산성 용액이고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $[\text{OH}^-]$ 보다 크다.

ㄷ. 사람의 혈액의 $\text{pH} = 7.4$ 이고, 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 $\text{pOH} = 14.0 - 7.4 = 6.6$ 이다.

대표 자료 분석 1

208쪽

- 1 (가) $\text{H}_2\text{O}(l)$ (나) $\text{NaOH}(aq)$ (다) $\text{HCl}(aq)$ 2 (가) 1×10^{-7} M
 (나) 1×10^{-11} M (다) 1×10^{-4} M 3 500 4 (1) ○
 (2) × (3) ×

- 1 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\text{HCl}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{NaOH}(aq)$ 이고, $[\text{OH}^-]$ 는 $\text{NaOH}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{HCl}(aq)$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 는 $\text{HCl}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{NaOH}(aq)$ 이므로 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 의 상댓값이 가장 큰 (다)는 $\text{HCl}(aq)$ 이고, 가장 작은 (나)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이며, (가)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

- 2 (가)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이므로 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1$ 인데, (가)의 상댓값이 10^8 이므로 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 의 실댓값은 (나)가 1×10^{-8} 이고, (다)가 1×10^6 이다. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = x$ M라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{x}$ 이고, $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{x^2}{1 \times 10^{-14}} = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $x = 1 \times 10^{-11}$ 이다. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = y$ M라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{y}$ 이고, $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{y^2}{1 \times 10^{-14}} = 1 \times 10^6$ 이므로 $y = 1 \times 10^{-4}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)에서 1×10^{-7} M, (나)에서 1×10^{-11} M, (다)에서 1×10^{-4} M이다.

- 3 수용액의 H_3O^+ 의 양(mol)은 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 부피(L)의 곱과 같고, H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)가 (나)의 200배이므로 $1 \times 10^{-7} \times 10 \times 10^{-3} = 200 \times 1 \times 10^{-11} \times x \times 10^{-3}$, $x = 500$ 이다.

- 4 (1) (가)는 중성인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다.

(2) (나)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이므로 염기성 용액이다.

- (3) (가)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ M이고 부피가 10 mL이다. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-11}$ M이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, 부피가 500 mL이다. 따라서 OH^- 의 양은 (가)에서 $1 \times 10^{-7} \times 0.01 = 1 \times 10^{-9}$ mol이고, (나)에서 $1 \times 10^{-3} \times 0.5 = 5 \times 10^{-4}$ mol이므로 (나)가 (가)의 5×10^5 배이다.

대표자료분석 2

209쪽

1 pH=1.5, pOH=12.5, 산성 2 pH=10.5, pOH=3.5, 염기성 3 pH=7.0, pOH=7.0, 중성 4 (1) ○ (2) × (3) ×

1 (가)의 pH를 $3k$ 라고 할 때 pOH는 $25k$ 이고, 25°C 에서 수용액의 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 28k = 14.0$ 이다. $k=0.5$ 이므로 (가)의 $\text{pH}=1.5$, $\text{pOH}=12.5$ 이고, (가)의 $\text{pH} < 7.0$ 이므로 (가)는 산성 용액이다.

2 (가)의 $|\text{pH} - \text{pOH}| = 11.0$ 이고 $|\text{pH} - \text{pOH}|$ 는 (가)가 (나)보다 4.0만큼 크므로 (나)의 $|\text{pH} - \text{pOH}| = 7.0$ 이다. (가)가 산성이므로 (나)는 중성과 염기성 중 하나인데, 중성이라면 $|\text{pH} - \text{pOH}| = 0$ 이므로 (나)는 염기성 용액이고, 염기성 용액의 $\text{pH} > \text{pOH}$ 이다. (나)의 pOH를 x 라고 하면 $\text{pH} = x + 7.0$ 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = (x + 7.0) + x = 14.0$ 이므로 $x = 3.5$ 이다. 따라서 (나)의 $\text{pH} = 10.5$, $\text{pOH} = 3.5$ 이다.

3 (나)가 염기성 용액이므로 (다)는 중성 용액이고 $\text{pH} = \text{pOH} = 7.0$ 이다.

4 (1) (가)는 산성 용액이고, (나)는 염기성 용액이므로 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) > (나)이다.

(2) pOH는 (가)가 12.5, (나)가 3.5이므로 수용액의 $[\text{OH}^-]$ 는 (가)에서 $1 \times 10^{-12.5} \text{ M}$, (나)에서 $1 \times 10^{-3.5} \text{ M}$ 이다. 따라서 OH^- 의 양(mol)은 (가)에서 $1 \times 10^{-12.5} \times 0.2 = 2 \times 10^{-13.5}$ 이고, (나)에서 $1 \times 10^{-3.5} \times 0.4 = 4 \times 10^{-4.5}$ 이므로 (나)가 (가)의 2×10^9 배이다.

(3) pH는 (나)가 10.5, (다)가 7.0이므로 수용액의 H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)에서 $1 \times 10^{-10.5} \times 0.4 = 4 \times 10^{-11.5}$ 이고, (다)에서 $1 \times 10^{-7} \times 0.5 = 5 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (다)가 (나)의 $\frac{5}{4} \times 10^{3.5}$ 배이다.

내신만점문제

210쪽~213쪽

- 01 ⑤ 02 해설 참조 03 ① 04 ⑤ 05 해설 참조
 06 ① 07 ③ 08 ⑤ 09 ㉠ 1×10^{-12} ㉡ 1×10^{-5}
 10 ① 11 ⑤ 12 해설 참조 13 ① 14 ⑤
 15 ③ 16 ④ 17 $x=12.0, y=1 \times 10^{-10}$ 18 ②
 19 ④ 20 $\frac{1}{2}$ 21 ④ 22 ⑤

01 ㄱ. 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응이고 일정한 온도에서 동적 평형에 도달하면 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱은 항상 일정하다.

ㄴ. 순수한 물에 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣으면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $[\text{OH}^-]$ 보다 커진다.
 ㄷ. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 $[\text{OH}^-]$ 보다 작은 용액은 염기성 용액이다.

02 **모범 답안** 0.01 M NaOH 수용액의 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이고, 25°C 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다.

채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
답만 옳은 경우	50 %

03 ㄱ. 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이고, 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄴ. K_w 는 물의 자동 이온화 반응의 평형 상수이고, K_w 가 1×10^{-14} 으로 매우 작으므로 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 생성물의 양(mol)은 반응물의 양(mol)보다 매우 작다.
 ㄷ. 염기성 용액에서는 $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 보다 작다.

04 ㄱ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이므로 (가)는 산성 용액이다.
 ㄴ. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

ㄷ. (다)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 이므로 (다)는 염기성 용액이다. 따라서 (다)에 BTB 용액을 넣으면 파란색을 나타낸다.

05 **모범 답안** NaOH 의 물질량이 40 g/mol 이므로 4 g 의 양은 0.1 mol 이다. 이때 수용액의 부피가 100 mL 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}$ 이다.

채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
답만 옳은 경우	50 %

06 ㄱ. A의 $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 A는 염기성 용액이다.
바로알기 ㄴ. A의 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-]$ 는 A가 B의 1000배이다.

ㄷ. C의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 중성 용액이다. 따라서 Zn 을 넣으면 수소 기체가 발생하지 않는다.

07 ㄱ. $\text{NaOH}(aq)$ 은 염기성 용액이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} < 1$ 이다.

ㄴ. 0.1 M HCl(aq)의 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 $[OH^-]=\frac{1 \times 10^{-14}}{0.1}$
 $=1 \times 10^{-13}$ M이다. 0.1 M NaOH(aq)의 $[OH^-]=0.1$ M이
 므로 $[OH^-]$ 는 (가)가 (나)의 10^{12} 배이다.

바로알기 ㄷ. K_w 는 물의 자동 이온화 반응의 평형 상수이므로
 온도가 일정하면 항상 일정한 값을 갖는다. 따라서 K_w 는 (가)와
 (나)에서 1×10^{-14} 으로 같다.

08 ㄱ. 0.1 M HCl(aq)의 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 $[OH^-]$
 $=\frac{1 \times 10^{-14}}{0.1}=1 \times 10^{-13}$ M이다.

ㄴ. (나)에서 $[OH^-]=x$ M라고 하면 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-14}}{x}$ M
 이고, $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1 \times 10^{-14}}{x^2}=1 \times 10^{10}$ 이므로 $x=1 \times 10^{-12}$ 이
 다. 즉, $[OH^-]=1 \times 10^{-12}$ M이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-2}$ M
 이다.

ㄷ. (나)의 $[H_3O^+]=0.01$ M로 (나)는 (가)를 $\frac{1}{10}$ 로 묶힌 용액
 이다. 따라서 (나)의 부피는 100 mL이므로 $V=100$ 이다.

09 (가)의 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 $[OH^-]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}}$
 $=1 \times 10^{-12}$ M이다. (나)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-9}$ M이므로 $[H_3O^+]$
 $=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}}=1 \times 10^{-5}$ M이다.

10 ㄱ. 25 °C에서 K_w 는 1×10^{-14} 으로 일정하므로 수용액의
 $[H_3O^+]$ 가 클수록 $[OH^-]$ 는 작다. $[H_3O^+]$ 는 (가) > (나)이므로
 $[OH^-]$ 는 (가) < (나)이다.

바로알기 ㄴ. 25 °C에서 수용액의 K_w 는 1×10^{-14} 으로 일정하
 다. 따라서 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 곱은 (가)와 (나)에서 1×10^{-14}
 으로 같다.

ㄷ. (가)의 $[H_3O^+]>1 \times 10^{-7}$ M이고, (나)의 $[H_3O^+]<1 \times 10^{-7}$
 M이므로 (가)의 액성은 산성이고, (나)의 액성은 염기성이다.

11 ⑤ pOH가 6.0인 수용액은 염기성 용액이므로 $[H_3O^+]$ 는
 $[OH^-]$ 보다 작다.

바로알기 ① $pH=-\log[H_3O^+]$ 이므로 수용액의 $[H_3O^+]$ 가 커
 질수록 pH는 작아진다.

② $pH>pOH$ 인 용액은 $[H_3O^+]<[OH^-]$ 이므로 염기성이다.

③ pH가 1만큼 증가하면 수용액의 $[H_3O^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 씩 감소한다.

④ 중성 용액의 $pH=7.0$ 이고, $[H_3O^+]$ 가 10배 증가할 때마다
 pH가 1.0만큼 감소하므로 pH가 8.0인 수용액은 염기성이다.

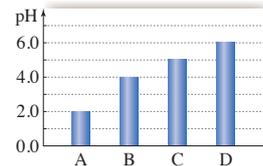
12 **모범 답안** (1) (가)의 pH가 4.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-4}$ M이고,
 $[OH^-]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}}=1 \times 10^{-10}$ M이다.

다른 풀이 (가)의 pH가 4.0이므로 $pOH=14.0-4.0=10.0$ 이다. 따라
 서 $[OH^-]=1 \times 10^{-10}$ M이다.

(2) (나)의 pOH가 9.0이므로 $pH=14.0-9.0=5.0$ 이고, $[H_3O^+]=$
 1×10^{-5} M이다.

채점 기준	배점
(1) 답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	50%
답만 옳은 경우	25%
(2) 답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	50%
답만 옳은 경우	25%

13 **꼼꼼 문제 분석**



- A의 pH는 2.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-2}$ M이다. \rightarrow HCl(aq)의
 몰농도는 0.01 M이다.
- pH는 B가 A보다 2.0만큼 크다. $\rightarrow [H_3O^+]$ 는 B가 A의 $\frac{1}{100}$ 이다.
- C의 pH는 5.0이다. \rightarrow C의 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-5}$ M이다.
- D의 pH는 6.0이다. \rightarrow D의 $pOH=14.0-6.0=8.0$ 이다.

ㄱ. x M HCl(aq) 10 mL의 pH가 2.0이므로 $[H_3O^+]=$
 1×10^{-2} M이다. 따라서 A의 몰농도는 0.01 M이므로 $x=0.01$
 이다.

바로알기 ㄴ. pH는 B가 A보다 2.0만큼 크므로 $[H_3O^+]$ 는 B가
 A의 $\frac{1}{100}$ 이다. 따라서 B는 A를 $\frac{1}{100}$ 로 묶힌 용액이므로 B의
 부피는 A의 100배인 1000 mL이다.

ㄷ. C의 pH는 5.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-5}$ M이다. D의 pH
 는 6.0이므로 pOH는 8.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-8}$ M이다. 따라
 서 $\frac{C \text{의 } [H_3O^+]}{D \text{의 } [OH^-]}=\frac{1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-8}}=1 \times 10^3$ 이다.

14 2 M NaOH(aq) 200 mL에 녹아 있는 OH^- 의 양은
 $2 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L}=0.4 \text{ mol}$ 이고, 1 M NaOH(aq) 600 mL
 에 녹아 있는 OH^- 의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.6 \text{ L}=0.6 \text{ mol}$ 이다. 따
 라서 (다)에 녹아 있는 OH^- 의 양은 1.0 mol이고, (다)의 부피가
 1 L이므로 (다)의 $[OH^-]=1$ M이다. 따라서 (다)의 $pH=14.0$
 이다.

15 ㄱ. 0.01 M NaOH(aq)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}}=1 \times 10^{-12}$ M이다.

ㄴ. 0.1 M HCl(aq)의 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 pH=1.0이다. 따라서 B의 pOH=14.0-1.0=13.0이다.

바로알기 ㄷ. C의 pOH=x라고 하면 pH=x+2.0이고 pH+pOH=2x+2.0=14.0이므로 x=6.0이다. C의 pOH=6.0이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-6}$ M이다. A의 $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 $[OH^-]$ 는 A가 C의 10⁴배이다.

16 ㄴ. (가)의 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M이므로 pH=3.0이다. 이때 pH는 (나)가 (가)의 3배이므로 (나)의 pH=9.0이고 pOH=14.0-9.0=5.0이다.

ㄷ. (나)의 pH=9.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-9}$ M이다. 따라서 (가)의 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-9}}=1 \times 10^6$ 이다. (나)의 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-9}}=1 \times 10^6$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-11}$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-11}}=1 \times 10^{-3}$ M이다. 따라서 (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-11}}=1 \times 10^8$ 이다.

17 (가)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 pOH=2.0이고, pH=14.0-2.0=12.0이다. 따라서 x=12.0이다. (나)의 pH=4.0이므로 pOH=14.0-4.0=10.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-10}$ M이다. 따라서 y=1×10⁻¹⁰이다.

18 ① pH가 작을수록 $[H_3O^+]$ 가 크고, 산성은 H_3O^+ 에 의해 나타나므로 산성이 가장 강한 물질은 pH가 가장 작은 레몬즙이다.

③ 우유의 pH<7.0이므로 산성이다. 따라서 $[H_3O^+]>1 \times 10^{-7}$ M> $[OH^-]$ 이다.

④ 제빵 소다 수용액의 pH는 9.0보다 크므로 pOH는 5.0보다 작다. 따라서 $[OH^-]$ 는 1×10^{-5} M보다 크다.

⑤ 커피의 pH=5.0이므로 pOH=9.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-9}$ M이다. 하수구 세정제의 pH=13.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-13}$ M이다. 따라서 커피의 $[OH^-]$ 는 하수구 세정제의 $[H_3O^+]$ 보다 크다.

바로알기 ② pH가 1만큼 작아지면 $[H_3O^+]$ 는 10배 커지므로 $[H_3O^+]$ 는 탄산음료가 커피의 100배이다.

19 ㄴ. B의 pH=3.0이므로 pOH=14.0-3.0=11.0이다.

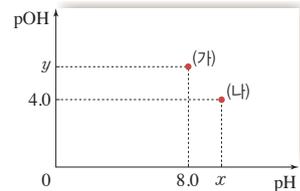
ㄷ. C의 pH=7.0이므로 중성 용액이다. 따라서 $[H_3O^+]=[OH^-]$ 이므로 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1$ 이다.

바로알기 ㄱ. A의 pH는 13.0으로 A는 염기성 용액이므로 $[H_3O^+]$ 는 $[OH^-]$ 보다 작다.

20 (가)의 pH가 2.0이므로 pOH=14.0-2.0=12.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-12}$ M이다. 이때 (가)의 부피가 100 mL이므로 OH^- 의 양은 1×10^{-12} mol/L×0.1 L=1×10⁻¹³ mol이다. (나)의 pH가 12.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-12}$ M이고, (나)의 부피가 200 mL이므로 H_3O^+ 의 양은 1×10^{-12} mol/L×0.2 L=2×10⁻¹³ mol이다.

따라서 $\frac{(가)의 OH^-의 양(mol)}{(나)의 H_3O^+의 양(mol)}=\frac{1 \times 10^{-13}}{2 \times 10^{-13}}=\frac{1}{2}$ 이다.

21 — **품평 문제 분석**



- 25 °C에서 모든 수용액의 pH+pOH=14.0이다.
- (가)의 pH가 8.0이므로 pOH=14.0-8.0=6.0이다. ⇒ (가)는 염기성이다.
- (나)의 pOH가 4.0이다. ⇒ pH=14.0-4.0=10.0이다.

ㄴ. (가)의 pH는 8.0이므로 pOH는 6.0이고 y=6.0이다. (나)의 pOH는 4.0이므로 pH는 10.0이고 x=10.0이다. 따라서 $\frac{x}{y}=\frac{5}{3}$ 이다.

ㄷ. (나)의 pH가 10.0이고, pOH는 4.0이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-10}$ M, $[OH^-]=1 \times 10^{-4}$ M이다. (나)의 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=\frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}}=1 \times 10^6$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 pH>7.0인 염기성 용액이므로 $[H_3O^+]$ 는 $[OH^-]$ 보다 작다.

22 ㄱ. NaOH(aq)의 pH가 12.0이므로 pOH는 2.0이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이다.

ㄴ. NaOH(aq)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이고 부피가 1 L이므로 수용액에 녹아 있는 OH^- 의 양은 1×10^{-2} mol이다. 따라서 넣어 준 NaOH의 양은 0.01 mol이고, NaOH의 몰질량은 40 g/mol 이므로 NaOH의 질량 w g=0.01 mol×40 g/mol=0.4 g이다.

ㄷ. $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}}=1 \times 10^{-12}$ M

이다. 따라서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=\frac{1 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-12}}=1 \times 10^{10}$ 이다.

01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ④

01 ㄴ. $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2} M$ 이고, 부피가 $V L$ 이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-2} mol/L \times V L = 1 \times 10^{-3} mol$, $V = 0.1$ 이다.

바로알기 ㄱ. $HCl(aq)$ 에서 $[H_3O^+]$ 와 $[Cl^-]$ 가 같으므로

$$\frac{[Cl^-]}{[OH^-]} = \frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = 1 \times 10^{10}$$

이다. 이때 $[OH^-] = a M$ 라고 하면 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{a}$ 이므로 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{a^2} = 1 \times 10^{10}$,

$$a = 1 \times 10^{-12}$$

이다. 따라서 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-12}} = 1 \times 10^{-2} M$ 이므로 $x = 0.01$ 이다.

ㄷ. $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2} M$ 이므로 $pH = 2.0$ 이고

$$pOH = 14.0 - 2.0 = 12.0$$

이다. 따라서 $\frac{pOH}{pH} = 6$ 이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

- (가)의 $pH - pOH = 8.0$ 이다. \Rightarrow (가)의 pH 는 pOH 보다 8.0만큼 크다.
- (가)의 $[OH^-]$ (나)의 $[H_3O^+] = 10$ 이다. \Rightarrow (가)의 $[OH^-]$ 는 (나)의 $[H_3O^+]$ 의 10배이다.
- pH 는 (다)가 (나)의 3배이다.
- (가)의 $pOH = x$ 라고 하면 $pH = x + 8.0$ 이다.
 $\Rightarrow pH + pOH = 2x + 8.0 = 14.0$ 이다. $\Rightarrow pOH = 3.0$ 이다.

ㄱ. (가)의 $pH - pOH = 8.0$ 이므로, $pOH = x$ 라고 하면 $pH = x + 8.0$ 이고, $pH + pOH = 2x + 8.0 = 14.0$ 이다. 따라서 $x = 3.0$ 이므로 (가)의 $pOH = 3.0$ 이고, $[OH^-] = 1 \times 10^{-3} M$ 이다.

ㄴ. (가)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-3} M$ 이고, $\frac{(가)의 [OH^-]}{(나)의 [H_3O^+]} = 10$ 이므로

(나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4} M$ 이다. 따라서 (나)의 $[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10} M$ 이므로 (나)의 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^6$ 이다.

ㄷ. (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4} M$ 이므로 $pH = 4.0$ 이고, (다)의 pH 는 (나)의 3배인 12.0이다. 따라서 (다)의 $pOH = 14.0 - 12.0 = 2.0$ 이다.

03 ㄱ. 순수한 물에서 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 (가)의 $pH = pOH$ 이다. 따라서 (가)의 $\frac{pOH}{pH} = 1$ 이다.

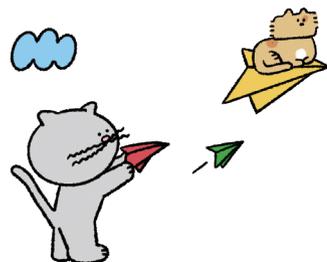
ㄴ. (나)의 $pH = 10.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-10} M$ 이고, $[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-4} M$ 이다. 따라서 (나)의 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^6$ 이다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (다)를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양(mol)은 (다)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양(mol)과 같다. (다)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-3} mol/L \times 0.01 L = 1 \times 10^{-5} mol$ 이고, 혼합한 용액의 부피는 100 mL이므로 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-5} mol}{0.1 L} = 1 \times 10^{-4} M$ 이다. 따라서 혼합한 용액의 $pH = 4.0$ 이므로 $pOH = 14.0 - 4.0 = 10.0$ 이다.

04 ㄴ. (가)의 $[H_3O^+] = 0.1 M$ 이므로 $pH = 1.0$ 이다. (나)의 $pH = 3.0$ 이므로 $pOH = 14.0 - 3.0 = 11.0$ 이다. 따라서 (나)의 pOH (가)의 $pH = 11$ 이다.

ㄷ. (가)의 $[H_3O^+] = 0.1 M$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-13} M$ 이다. (나)의 $pH = 3.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이다. 따라서 (가)의 OH^- 의 양(mol) $\frac{1 \times 10^{-13} M \times 0.01 L}{(나)의 H_3O^+의 양(mol)} = \frac{1 \times 10^{-13} M \times 0.01 L}{1 \times 10^{-3} M \times 1 L} = 1 \times 10^{-12}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (나)의 $pH = 3.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이고, (나)의 부피가 1 L이므로 (나)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-3} mol$ 이다. (가)에 물을 추가하여 희석하더라도 용액 속 H_3O^+ 의 양(mol)은 일정하므로 (가)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-3} mol$ 이다. 따라서 $0.1 mol/L \times \frac{x}{1000} L = 1 \times 10^{-3} mol$, $x = 10$ 이다.



중단원 핵심정리

215쪽

- ① 100 ② 1 ③ 0.05 ④ 부피 플라스크 ⑤ 수소 이온(H⁺)
 ⑥ 산성 ⑦ 염기성 ⑧ [H₃O⁺] ⑨ 1 ⑩ 14.0
 ⑪ < ⑫ > ⑬ > ⑭ <

중단원 마무리 문제

216쪽~219쪽

- 01 ② 02 ② 03 3 : 1 : 1 04 ④ 05 2 g 06 ㉠ $\frac{125}{3}$
 ㉡ 부피 플라스크 07 ④ 08 ⑤ 09 ② 10 ⑤ 11 ①
 12 ③ 13 (다)>(나)>(가) 14 ② 15 ② 16 ⑤ 17 $\frac{w}{100}$ g
 18 ③ 19 ③ 20 해설 참조 21 해설 참조 22 해설 참조

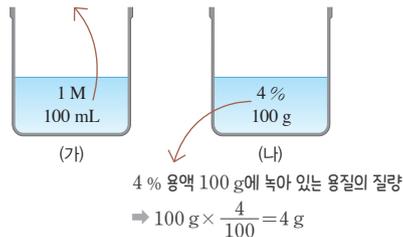
01 다. (가)에 물 15 g을 추가한 용액의 질량은 120 g이고, 물을 추가해도 용액 속 용질의 질량은 일정하므로 퍼센트 농도는 $\frac{10.5 \text{ g}}{120 \text{ g}} \times 100 = \frac{35}{4}$ %이다.

바로알기 ㄱ. 10% A(aq)의 밀도가 1.05 g/mL이므로 100 mL의 질량은 100 mL × 1.05 g/mL = 105 g이다. 이때 용액 105 g에 녹아 있는 용질의 질량은 $105 \text{ g} \times \frac{10}{100} = 10.5 \text{ g}$ 이므로 용매의 질량은 105 g - 10.5 g = 94.5 g이다. 따라서 (가)에서 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}} = \frac{10.5}{94.5} = \frac{1}{9}$ 이다.

나. 용액에 녹아 있는 용질 A의 질량은 10.5 g이고, A의 몰질량이 100 g/mol이므로 용질의 양은 $\frac{10.5 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.105 \text{ mol}$ 이다.

02 품평 문제 분석

1 M 100 mL에 녹아 있는 용질의 양
 → 1 mol/L × 0.1 L = 0.1 mol



• (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 0.1 mol × 40.0 g/mol = 4 g이다.

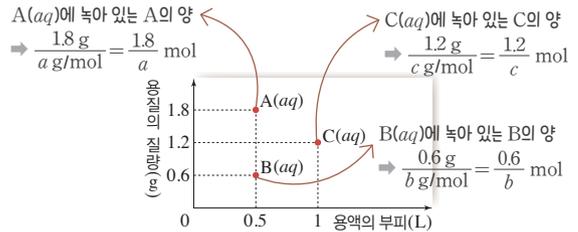
다. (가)와 (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 각각 0.1 mol이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.2 mol이다. 따라서 (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에 물을 추가하

여 500 mL로 만든 용액의 몰농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.4 \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 1 mol/L × 0.1 L = 0.1 mol이고, NaOH의 몰질량이 40 g/mol이므로 질량은 0.1 mol × 40 g/mol = 4 g이다. (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{4}{100} = 4 \text{ g}$ 이다. 따라서 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량(g)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

나. (나)에 녹아 있는 용질인 NaOH의 질량이 4 g이므로 용매인 물의 질량은 96 g이다. (나)에 NaOH 4 g과 물 96 g을 추가한 용액의 전체 질량은 200 g이고, 용질의 질량이 8 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{8 \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 100 = 4 \%$ 이다.

03 품평 문제 분석



- A(aq)의 몰농도 = $\frac{1.8}{a} \frac{\text{mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{3.6}{a} \text{ M}$ 이다.
- B(aq)의 몰농도 = $\frac{0.6}{b} \frac{\text{mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{1.2}{b} \text{ M}$ 이다.
- C(aq)의 몰농도 = $\frac{1.2}{c} \frac{\text{mol}}{1 \text{ L}} = \frac{1.2}{c} \text{ M}$ 이다.

A(aq)~C(aq)에 녹아 있는 용질 A~C의 양은 다음과 같다.

A: $\frac{1.8 \text{ g}}{a \text{ g/mol}} = \frac{1.8}{a} \text{ mol}$, B: $\frac{0.6 \text{ g}}{b \text{ g/mol}} = \frac{0.6}{b} \text{ mol}$

C: $\frac{1.2 \text{ g}}{c \text{ g/mol}} = \frac{1.2}{c} \text{ mol}$

용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 용액의 부피로 나누어 각 용액의 몰농도를 구하면 다음과 같다.

A(aq): $\frac{1.8}{a} \frac{\text{mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{3.6}{a} \text{ M}$

B(aq): $\frac{0.6}{b} \frac{\text{mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{1.2}{b} \text{ M}$

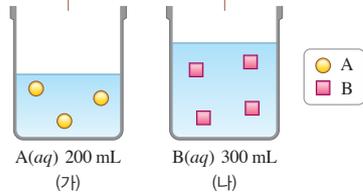
C(aq): $\frac{1.2}{c} \frac{\text{mol}}{1 \text{ L}} = \frac{1.2}{c} \text{ M}$

이때 A(aq)~C(aq)의 몰농도가 0.02 M로 같으므로

$\frac{3.6}{a} = \frac{1.2}{b} = \frac{1.2}{c}$ 이고, a : b : c = 3 : 1 : 1이다.

04 **꼼꼼 문제 분석**

(가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 몰비는 3 : 4이고, 용액의 부피비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.
 ⇒ 몰농도의 비는 (가) : (나) = 9 : 8이다.



- (가)의 질량은 $200 \text{ mL} \times d_A \text{ g/mL} = 200d_A \text{ g}$ 이다.
- (나)의 질량은 $300 \text{ mL} \times d_B \text{ g/mL} = 300d_B \text{ g}$ 이다.

ㄴ. (가)의 질량은 $200 \text{ mL} \times d_A \text{ g/mL} = 200d_A \text{ g}$ 이고, (나)의 질량은 $300 \text{ mL} \times d_B \text{ g/mL} = 300d_B \text{ g}$ 이다. 따라서 퍼센트 농도의 비는 (가) : (나) = $\frac{w}{200d_A} : \frac{w}{300d_B}$ 이므로 (가)의 퍼센트 농도(%) = $\frac{3d_B}{2d_A}$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 몰비는 $A : B = \frac{w}{a} : \frac{w}{b} = 3 : 4$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{3}{4}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 용액에 녹아 있는 용질의 몰비는 (가) : (나) = 3 : 4이고, 용액의 부피비는 (가) : (나) = 2 : 3이다. 용액의 몰농도는 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 용액의 부피로 나누어 구하므로 몰농도의 비는 (가) : (나) = $\frac{3}{2} : \frac{4}{3} = 9 : 8$ 이다. 따라서

$$\frac{\text{(가)의 몰농도(M)}}{\text{(나)의 몰농도(M)}} = \frac{9}{8} \text{이다.}$$

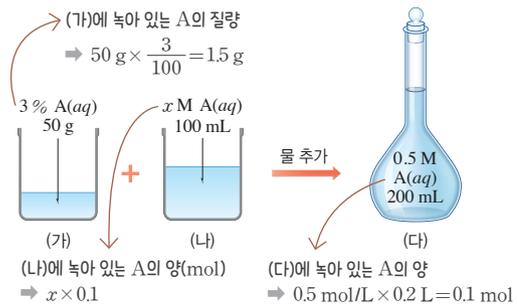
05 0.2 M NaOH(aq) 250 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. NaOH의 몰질량이 40 g/mol이므로 0.05 mol의 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이다.

06 12 M HCl(aq) ① mL에 녹아 있는 HCl의 양(mol)과 0.5 M HCl(aq) 1 L에 녹아 있는 HCl의 양(mol)은 같으므로 $12 \times ① = 0.5 \times 1000$, ① = $\frac{125}{3}$ 이다.

부피 플라스크는 일정 부피의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구(㉔)이다.

07 1 M NaOH(aq) V mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $1 \text{ mol/L} \times \frac{V}{1000} \text{ L} = \frac{V}{1000} \text{ mol}$ 이다. NaOH w g의 양은 $\frac{w}{40} \text{ mol}$ 이므로 $\frac{w}{40} = \frac{V}{1000}$ 이다. 따라서 $V = 25w$ 이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가)에 녹아 있는 A의 질량은 $50 \text{ g} \times \frac{3}{100} = 1.5 \text{ g}$ 이고, A의 몰질량이 60 g/mol이므로 A 1.5 g의 양은 $\frac{1.5 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = \frac{1}{40} \text{ mol}$ 이다.

ㄴ. (다)에 녹아 있는 A의 양은 $0.5 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, A의 몰질량이 60 g/mol이므로 (다)에 녹아 있는 A의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 6 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. (다)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 (가)와 (나)에 녹아 있는 A의 양(mol)의 합과 같다. (가)에 녹아 있는 A의 양이 $\frac{1}{40} \text{ mol}$ 이고, (다)에 녹아 있는 A의 양이 $\frac{1}{10} \text{ mol}$ 이므로 (나)에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{3}{40} \text{ mol}$ 이다. 따라서 $x \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = \frac{3}{40} \text{ mol}$, $x = \frac{3}{4}$ 이다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

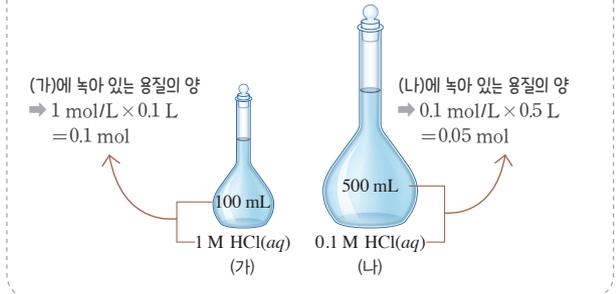
- (가) A 30 g을 모두 물에 녹여 $x \text{ M A(aq)}$ 200 mL를 만든다.
 ⇒ A 30 g의 양은 $\frac{30 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = \frac{1}{6} \text{ mol}$ 이다.
- (나) (가)의 A(aq) V mL에 물을 넣어 0.2 M A(aq) 50 mL를 만든다.
 ⇒ 0.2 M A(aq) 50 mL에 녹아 있는 A의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.
- (다) (가)의 A(aq) 100 mL에 A w g을 모두 녹이고 물을 넣어 $x \text{ M A(aq)}$ 200 mL를 만든다.
 ⇒ (가)의 A(aq) 100 mL에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{1}{6} \text{ mol}$ 의 절반인 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 이다.

(가)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 A의 질량을 A의 몰질량으로 나누어 구하므로 $\frac{30 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = \frac{1}{6} \text{ mol}$ 이고, 이는 $x \text{ M A(aq)}$ 200 mL에 녹아 있는 A의 양(mol)과 같으므로 $x \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = \frac{1}{6} \text{ mol}$ 이고, $x = \frac{5}{6}$ 이다.

0.2 M A(aq) 50 mL에 녹아 있는 A의 양은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, (가)의 A(aq) V mL에 녹아 있는 A의 양과 같으므로 $\frac{5}{6} \text{ mol/L} \times \frac{V}{1000} \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$, $V = 12$ 이다.

(가)의 A(aq) 100 mL에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 이고, $\frac{5}{6} \text{ M A(aq)}$ 200 mL에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{1}{6} \text{ mol}$ 이므로 A w g의 양은 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 이다. 따라서 $w \text{ g} = \frac{1}{12} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 15 \text{ g}$ 이고, $\frac{w}{V} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4}$ 이다.

10 — **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, (나)에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이므로 용액에 녹아 있는 H_3O^+ 의 양은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄴ. 온도가 일정하면 수용액에서 물의 이온화 상수(K_w)는 항상 일정하다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$ 는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

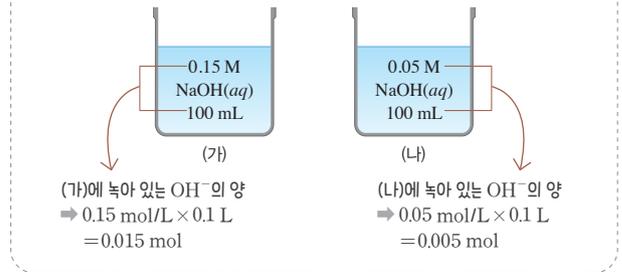
ㄷ. (가)의 몰농도가 1 M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}$ 이고, (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) > (나)이다. 같은 온도에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$ 는 일정하므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (가) < (나)이다. 따라서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

11 학생 A. 물 분자끼리 H^+ 을 주고받아 이온화하여 H_3O^+ 과 OH^- 을 생성하므로 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 같다.

바로알기 학생 B. 물의 자동 이온화 반응으로 인해 모든 수용액에는 H_3O^+ 과 OH^- 이 함께 존재한다.

학생 C. 산성인 HCl(aq) 에서는 H_3O^+ 과 OH^- 이 모두 존재하고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 $[\text{OH}^-]$ 보다 크다.

12 — **꼼꼼 문제 분석**

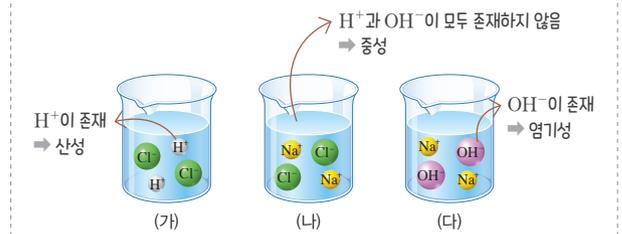


ㄱ. (가)에 녹아 있는 OH^- 의 양은 $0.15 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.015 \text{ mol}$ 이다.

ㄴ. (나)의 $[\text{OH}^-] = 0.05 \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 OH^- 의 양(mol)은 $0.015 + 0.005 = 0.02$ 이고, 혼합 용액의 부피가 200 mL이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이므로 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-13}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-12}$ 이다.

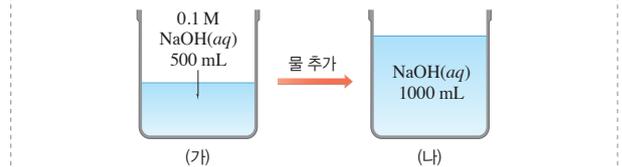
13 — **꼼꼼 문제 분석**



• (가)는 산성 용액, (나)는 중성 용액, (다)는 염기성 용액이다.
 → (가)의 pH < 7.0, (나)의 pH = 7.0, (다)의 pH > 7.0이다.

(가)~(다)의 액성은 각각 산성, 중성, 염기성이므로 pH는 (다) > (나) > (가)이다.

14 — **꼼꼼 문제 분석**



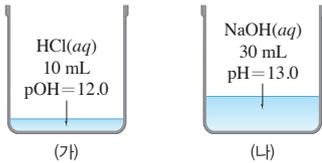
• (나)는 (가)에 물을 추가하여 $\frac{1}{2}$ 로 묽힌 용액이다.
 → (나)의 몰농도는 (가)의 절반인 0.05 M이다.

ㄴ. $[\text{OH}^-]$ 는 (가) > (나)이고, 용액의 pOH는 $[\text{OH}^-]$ 가 커질수록 작아지므로 pOH는 (나) > (가)이다.

바로알기 ㄱ. (나)는 (가)에 물을 추가하여 $\frac{1}{2}$ 로 묽힌 용액이므로 (나)의 몰농도는 (가)의 절반인 0.05 M이다. 따라서 몰농도는 (가) > (나)이다.

ㄷ. (가)와 (나)의 온도가 25 °C로 같으므로 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 으로 같다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



- 25 °C에서 수용액의 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.
 ⇒ (가)의 pH는 2.0, (나)의 pOH는 1.0이다.

(가)의 $\text{pOH} = 12.0$ 이므로 $\text{pH} = 14.0 - 12.0 = 2.0$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이다. (나)의 $\text{pH} = 13.0$ 이므로 $\text{pOH} = 14.0 - 13.0 = 1.0$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-1}$ M이다. 따라서 (가)의 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이고, (나)의 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times 0.03 \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 $\frac{\text{(가)의 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{\text{(나)의 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = \frac{1}{30}$ 이다.

16 **꼼꼼 문제 분석**

수용액	pH	OH^- 의 양(mol)	부피(mL)
(가)	2.0	x	100
(나)	4.0	4×10^{-11}	y

- (가)의 $\text{pOH} = 12.0$ 이다. ⇒ $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-12}$ M
- (나)의 $\text{pOH} = 10.0$ 이다. ⇒ $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-10}$ M

ㄱ. (가)의 $\text{pH} = 2.0$ 이므로 $\text{pOH} = 14.0 - 2.0 = 12.0$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-12}$ M이다.

ㄴ. (가)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-12}$ M이므로 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-12} \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-13} \text{ mol}$ 이다.

(나)의 $\text{pH} = 4.0$ 이므로 $\text{pOH} = 14.0 - 4.0 = 10.0$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-10}$ M이다. 따라서 (나)의 OH^- 의 양은 1×10^{-10}

$\text{mol/L} \times \frac{y}{1000} \text{ L} = 4 \times 10^{-11} \text{ mol}$ 이므로 $y = 400$ 이다.

$x \times y = 1 \times 10^{-13} \times 400 = 4 \times 10^{-11}$ 이다.

ㄷ. (가)의 $\text{pH} = 2.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이고, H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

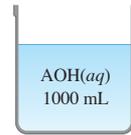
(나)의 $\text{pH} = 4.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, H_3O^+ 의 양

은 $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 0.4 \text{ L} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

다른 풀이 pH는 (가)에서가 (나)에서보다 2.0만큼 작으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 100배이다. 부피는 (나)가 (가)의 4배이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 25배이다.

17 **꼼꼼 문제 분석**

- AOH는 수용액에서 A^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화한다.
- AOH(aq)의 $\text{pH} - \text{pOH} = 10.0$ 이다.
 ⇒ $\text{pH} = \text{pOH} + 10.0$, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$
 ⇒ $\text{pOH} = 2.0$
- AOH의 몰질량은 $w \text{ g/mol}$ 이다.



AOH(aq)의 $\text{pH} - \text{pOH} = 10.0$ 이므로 $\text{pH} = \text{pOH} + 10.0$ 이다. 이때 $\text{pH} + \text{pOH} = \text{pOH} + 10.0 + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 $\text{pOH} = 2.0$ 이다. 따라서 AOH(aq)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2}$ M이고 부피가 1000 mL이므로 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이다. AOH의 몰질량이 $w \text{ g/mol}$ 이므로 AOH(aq)에 녹아 있는 AOH의 질량은 $1 \times 10^{-2} \text{ mol} \times w \text{ g/mol} = \frac{w}{100} \text{ g}$ 이다.

18 **꼼꼼 문제 분석**

수용액	pH	pOH	H_3O^+ 의 양(mol)(상댓값)	부피(mL)
(가)	x		50	100
(나)		$2x$	1	200

- (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-x}$ M이고, H_3O^+ 의 양(mol)은 $[\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.1 \text{ L}$ 이다.
- (나)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2x}$ M이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{2x-14}$ 이다.
 ⇒ H_3O^+ 의 양(mol)은 $[\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.2 \text{ L}$ 이다.

ㄱ. (가)의 $\text{pH} = x$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-x}$ M이고, H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-x} \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-x-1} \text{ mol}$ 이다. (나)의 $\text{pOH} = 2x$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2x}$ M이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2x}} =$

$1 \times 10^{2x-14}$ M이다. 따라서 (나)의 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{2x-14} \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 2 \times 10^{2x-15} \text{ mol}$ 이다. 이때 H_3O^+ 의 양은 (가)가 (나)의 50배이므로 $1 \times 10^{-x-1} = 50 \times 2 \times 10^{2x-15}$ 이 성립하여 $-(x+1) = 2x-13$, $x=4.0$ 이다.

ㄷ. (가)의 $\text{pH} = 4.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10}$ M이다. (나)의 $\text{pOH} = 8.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-8}$ M, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-6}$ M이다. 따라서

$\frac{\text{(가)의 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(나)의 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-10} \times 0.1}{1 \times 10^{-6} \times 0.2} = 5 \times 10^{-5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. $x=4.0$ 이므로 (나)의 $\text{pOH}=8.0$ 이고, $\text{pH}=6.0$ 이다. (나)의 pH 가 7.0보다 작으므로 (나)는 산성 용액이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이다.

19 **꼼꼼 문제 분석**

수용액	물농도	pOH	부피(mL)
(가)	100a	x	V
(나)	a	3x	10V

- 용액의 pOH가 클수록 pH가 작다.
 → pOH가 더 큰 (나)는 산성 용액인 $\text{HCl}(aq)$ 이고, (가)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이다.
- (가) $\text{NaOH}(aq)$ 의 $\text{pOH}=x$ 이고, $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-x}$ M이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 각각 $\text{HCl}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 중 하나인데, pOH가 클수록 pH가 작으므로 pH가 더 작은 (나)는 산성 용액인 $\text{HCl}(aq)$ 이고, (가)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이다.

ㄷ. (가)의 $\text{pH}=11.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-11}$ M이고, (나)의 $\text{pOH}=9.0$ 이므로 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-9}$ M이다. 용액 속 용질의 양은 몰농도(M)와 부피(L)의 곱이므로

$$\frac{(\text{나}) \text{의 } \text{OH}^- \text{의 양}(\text{mol})}{(\text{가}) \text{의 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양}(\text{mol})} = \frac{1 \times 10^{-9} \times 10V}{1 \times 10^{-11} \times V} = 1000 \text{이다.}$$

바로알기 ㄴ. (가)는 $\text{NaOH}(aq)$ 이고 $\text{pOH}=x$ 이므로 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-x}$ M이다. (나)는 $\text{HCl}(aq)$ 이고, $\text{pOH}=3x$ 이므로 $\text{pH}=14.0-3x$ 이다. 따라서 (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{3x-14}$ M이다. 이때 몰농도는 (가)가 (나)의 100배이므로 $10^{-x}=100 \times 10^{3x-14}$, $3x-12=-x$, $x=3$ 이다.

(가)의 $\text{pOH}=3.0$ 이고, $\text{pH}=14.0-3.0=11.0$ 이며, (나)의 $\text{pOH}=9.0$ 이고, $\text{pH}=14.0-9.0=5.0$ 이므로 $\frac{(\text{가}) \text{의 } \text{pH}}{(\text{나}) \text{의 } \text{pH}} = \frac{11}{5} > 2$ 이다.

20 **모범 답안** (가)와 (나)의 밀도가 같으므로 부피는 (나)가 (가)의 2배이고, 요소와 아세트산의 물질량이 같으므로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 따라서 (가)와 (나)의 몰농도는 같다.

채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
답만 옳은 경우	50 %

21 **모범 답안** (1) 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 물을 추가하여 500 mL로 만들 때 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 $0.1 \times 50 = x \times 500$ 이다. 따라서 $x=0.01$ 이다.

(2) (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.1$ M이므로 $\text{pH}=1.0$ 이고, $\text{pOH}=14.0-1.0=13.0$ 이다. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.01$ M이므로 $\text{pH}=2.0$ 이다. 따라서 $\frac{(\text{가}) \text{의 } \text{pOH}}{(\text{나}) \text{의 } \text{pH}} = \frac{13}{2}$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	50 %
답만 옳은 경우	25 %
(2) 답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	50 %
답만 옳은 경우	25 %

22 (나)는 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 물을 추가하여 100 mL로 만든 용액이므로 희석할 때 용질의 양은 변하지 않는다.

모범 답안 (나)의 몰농도를 x M라고 하면 $0.1 \times 10 = x \times 100$, $x=0.01$ 이고, (나)의 $[\text{OH}^-]=0.01$ M이다. (가)에 녹아 있는 NaOH 의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 0.001 \text{ mol}$ 이고, NaOH 0.76 g의 양은 $\frac{0.76 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.019 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (다)에 녹아 있는 NaOH 의 양은 0.02 mol이고 부피는 10 mL이므로 몰농도는 $\frac{0.02 \text{ mol}}{0.01 \text{ L}} = 2 \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-]=2 \text{ M}$ 이다. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2} = 5 \times 10^{-15}$ M이므로 $\frac{(\text{나}) \text{의 } [\text{OH}^-]}{(\text{다}) \text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}$ $= \frac{1 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-15}} = 2 \times 10^{12}$ 이다.

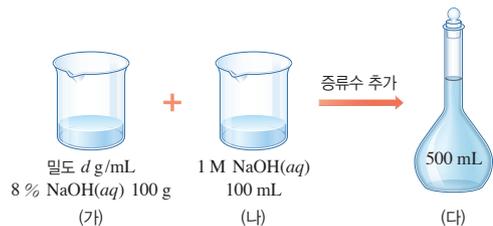
채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
답만 옳은 경우	50 %

중단원 고난도 문제

220쪽~221쪽

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

01 **꼼꼼 문제 분석**



- (가)의 부피는 $\frac{100}{d}$ mL이다.
- (가)에 녹아 있는 NaOH 의 질량은 8 g이다.
 → NaOH 의 양은 $\frac{8 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.
- (나)에서 NaOH 의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

선택지 분석

- (가)의 몰농도는 $20d$ M이다. $2d$
- NaOH의 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- (다)의 몰농도는 0.3 M이다. 0.6

전략적 풀이 ① (가)의 퍼센트 농도를 이용하여 용액에 녹아 있는 용질의 질량을 구하고, 밀도를 이용하여 용액의 부피를 구해 용액의 몰농도를 구한다.

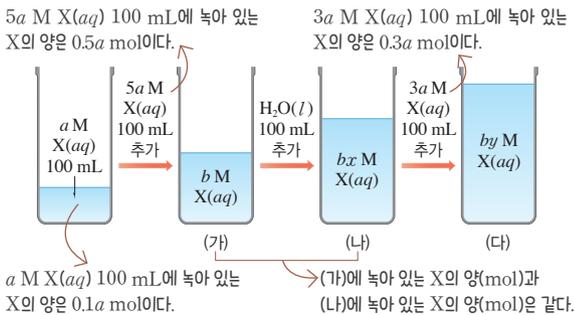
ㄱ. (가)의 밀도가 d g/mL이고 질량이 100 g이므로 부피는 $\frac{100}{d}$ mL이다. (가)의 퍼센트 농도가 8%이므로 용액 100 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 8 g이고 NaOH의 몰질량이 40 g/mol이므로 양은 $\frac{8 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.2$ mol이다. 따라서 (가)의 몰농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{\frac{1}{10d} \text{ L}} = 2d$ M이다.

② 용액의 몰농도와 부피로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구하고, 용액의 혼합 과정에서 용질의 양(mol)은 변하지 않는다는 것을 적용한다.

ㄴ. (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.1$ mol이다. (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.2 mol이므로 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액 (다)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.3 mol이고, (다)의 부피가 0.5 L이므로 (다)의 몰농도는 $\frac{0.3 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.6$ M이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



선택지 분석

- ① $4a$
- ② $\frac{9a}{2}$
- ③ $5a$
- ④ $\frac{11a}{2}$
- ⑤ $6a$

전략적 풀이 ① 용액의 몰농도와 부피의 곱은 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 같다는 것을 적용한다.

a M X(aq) 100 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $0.1a$ mol이다.
 $5a$ M X(aq) 100 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $0.5a$ mol이다.
 $3a$ M X(aq) 100 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $0.3a$ mol이다.

② 용액을 희석할 때 희석한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 희석 전 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 같고, 혼합한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다는 것을 적용한다.

(가)에 녹아 있는 용질의 양은 $0.6a$ mol이고 (가)의 부피가 200 mL이므로 몰농도는 b M = $\frac{0.6a \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 3a$ M이다. 따라서 $b = 3a$ 이다. (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같으므로 b M \times 0.2 L = bx M \times 0.3 L, $x = \frac{2}{3}$ 이다.

(다)에 녹아 있는 용질의 양은 $0.9a$ mol이고 (다)의 부피가 400 mL이므로 몰농도는 $\frac{0.9a \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = \frac{9a}{4}$ M이다. $b = 3a$ 이므로

$$by = 3a \times y = \frac{9a}{4}, y = \frac{3}{4} \text{이다. 따라서 } \frac{b}{x \times y} = \frac{3a}{\frac{2}{3} \times \frac{3}{4}} = 6a$$

이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

- (가) X(s) w g을 소량의 물에 모두 녹인다.
 - X w g의 양은 $\frac{w}{100}$ mol이다.
- (나) 100 mL 부피 플라스크에 (가)의 수용액을 모두 넣고 표시선까지 물을 넣고 잘 섞는다.
 - X $\frac{w}{100}$ mol이 용액 0.1 L에 녹아 있으므로 (나)에서 만든 수용액의 몰농도는 $\frac{w}{10}$ M이다.
- (다) (나)의 수용액 20 mL를 취하여 100 mL 부피 플라스크에 모두 넣는다.
 - $\frac{w}{10}$ M X(aq) 20 mL에 녹아 있는 X의 양은 $\frac{w}{500}$ mol이다.
 - (다)에서 만든 수용액의 몰농도는 $\frac{w}{50}$ M이다.
- (라) (다)의 100 mL 부피 플라스크의 표시선까지 물을 섞어 0.4 M X(aq)을 만든다.

선택지 분석

- ① 5
- ② 10
- ③ 15
- ④ 20
- ⑤ 25

전략적 풀이 ① 용질의 질량과 물질량으로 용질의 양(mol)을 구하고, 용질의 양(mol)과 용액의 부피를 이용하여 용액의 몰농도(M)를 구한다.

X의 물질량이 100 g/mol이므로 w g의 양은 $\frac{w}{100}$ mol이다.

(나)에서 만든 수용액의 부피가 100 mL이므로 몰농도는 $\frac{\frac{w}{100} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{w}{10}$ M이다.

② 용액을 희석할 때 희석한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 희석 전 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 같다는 것을 적용한다.

(나)의 수용액 20 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{w}{10}$ mol/L

$\times 0.02 \text{ L} = \frac{w}{500}$ mol이고, 부피가 100 mL이므로 몰농도는

$\frac{w}{50}$ M이다. 이때 용액의 몰농도가 0.4 M이므로 $\frac{w}{50} = 0.4$,

$w = 20$ 이다.

04 — **꼼꼼 문제 분석**

수용액	몰농도 (M)	용질의 질량 (g)	용액의 질량 (g)	용액의 밀도 (g/mL)
A(aq)	x	$2w_1$	w_2	d_A
B(aq)	y	w_1	$2w_2$	d_B

• A(aq) w_2 g의 부피는 $\frac{w_2}{d_A}$ mL이고, A $2w_1$ g의 양은 $\frac{2w_1}{2a} = \frac{w_1}{a}$ mol이다.

• B(aq) $2w_2$ g의 부피는 $\frac{2w_2}{d_B}$ mL이고, B w_1 g의 양은 $\frac{w_1}{3a}$ mol이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 용질의 질량과 물질량을 이용하여 용질의 양(mol)을 구하고, 용액의 질량을 용액의 밀도로 나누어 용액의 부피를 구한다.

A(aq)의 질량 w_2 g을 밀도 d_A g/mL로 나누어 용액의 부피를 구하면 $\frac{w_2}{d_A}$ mL이고, A의 물질량(g/mol)이 $2a$ 이므로 A $2w_1$ g

의 양은 $\frac{2w_1}{2a} = \frac{w_1}{a}$ mol이다. 따라서 A(aq)의 몰농도(M)

$x = \frac{\frac{w_1}{a}}{\frac{w_2}{d_A}} = \frac{1000w_1d_A}{aw_2}$ 이다. B(aq)의 질량 $2w_2$ g을 밀도

d_B g/mL로 나누어 용액의 부피를 구하면 $\frac{2w_2}{d_B}$ mL이고, B w_1 g

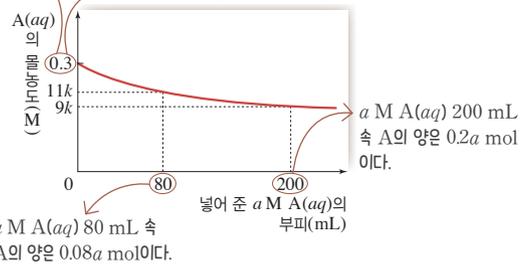
의 양은 $\frac{w_1}{3a}$ mol이므로 B(aq)의 몰농도(M) $y = \frac{\frac{w_1}{3a}}{\frac{2w_2}{1000d_B}}$

$= \frac{500w_1d_B}{3aw_2}$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{500w_1d_B}{1000w_1d_A} = \frac{d_B}{6d_A}$ 이다.

05 — **꼼꼼 문제 분석**

A(s) w g의 양은 $\frac{w}{60}$ mol이고, 부피가 100 mL인 A(aq)의 몰농도는 $\frac{w}{6}$ M이다.

→ $\frac{w}{6} = 0.3$ 0.3 M A(aq) 100 mL 속 A의 양은 0.03 mol이다.



선택지 분석

- ① 9 ② 12 ③ 15 ④ 18 ⑤ 21

전략적 풀이 ① 용질의 질량과 물질량을 이용하여 용질의 양(mol)을 구하고, 용질의 양(mol)과 용액의 부피를 이용하여 몰농도(M)를 구한다.

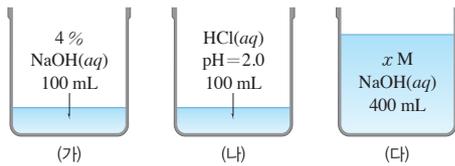
A(s) w g의 양은 $\frac{w}{60}$ mol이고, 부피가 100 mL인 A(aq)의 몰농도는 $\frac{w}{6}$ M이다. 따라서 $\frac{w}{6} = 0.3$, $w = 1.8$ 이다.

② 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 몰농도와 부피의 곱으로 구하고, 혼합한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다는 것을 적용한다.

0.3 M A(aq) 100 mL 속 A의 양은 0.03 mol이고, a M A(aq) 80 mL 속 A의 양은 $0.08a$ mol이므로 A(aq) 80 mL를 넣어 준 용액에 녹아 있는 용질의 양은 $(0.03 + 0.08a)$ mol이고, 용액의 부피는 180 mL이다. a M A(aq) 200 mL에 녹아 있는 A의 양은 $0.2a$ mol이므로 A(aq) 200 mL를 넣어 준 용액에 녹아 있는 용질의 양은 $(0.03 + 0.2a)$ mol이고, 용액의 부피는 300 mL이다. 이때 두 수용액의 몰농도의 비가 11 : 9이므로 $\frac{0.03 + 0.08a}{180} : \frac{0.03 + 0.2a}{300} = 11 : 9$, $a = 0.12$ 이다.

따라서 $\frac{w}{a} = \frac{1.8}{0.12} = 15$ 이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



- (가)의 밀도는 1 g/mL이다.
 → (가)의 질량은 100 mL × 1 g/mL = 100 g이고, (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 100 g × $\frac{4}{100}$ = 4 g이다.
- NaOH의 질량은 (다)에서가 (가)에서의 2배이다.
 → (다)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 8 g이다.
 → NaOH 8 g의 양은 0.2 mol이다.

선택지 분석

- ㉠ $x=0.5$ 이다.
- ㉡ (가)의 pH / (나)의 pOH = $\frac{7}{6}$ 이다.
- ㉢ (가)와 (다)를 모두 혼합한 용액의 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]} = \frac{9}{25} \times 10^{14}$ 이다.

전략적 풀이 ① 용액의 밀도를 이용하여 용액의 질량을 구하고, 용액의 퍼센트 농도로부터 용액에 녹아 있는 용질의 질량을 구한다.

(가)의 밀도가 1 g/mL이므로 (가)의 질량은 100 g이고, (가)의 퍼센트 농도가 4%이므로 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{4}{100} = 4 \text{ g}$ 이다.

② 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다는 것을 적용하고, 25 °C에서 pH + pOH = 14.0을 이용하여 pH, pOH를 구한다.

㉠. (다)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (가)의 2배인 8 g이고, NaOH 8 g의 양은 $\frac{8 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. 이때 (다)의 부피가 0.4 L이므로 (다)의 몰농도 $x \text{ M} = \frac{0.2 \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

㉡. (가)의 몰농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이고, $[OH^-] = 1 \text{ M}$ 이므로 pOH = 0, pH = 14.0이다. (나)의 pH = 2.0이므로 pOH = 12.0이다. 따라서 $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} = \frac{7}{6}$ 이다.

㉢. (가)와 (다)를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.3 mol이고, 부피가 500 mL이므로 몰농도는 $\frac{0.3 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{3}{5} \text{ M}$ 이다. 따라서 혼합 용액의 $[Na^+] = [OH^-] = \frac{3}{5} \text{ M}$ 이므로 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{\frac{3}{5}} = \frac{5}{3} \times 10^{-14} \text{ M}$ 이다.

$$\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{5}{3} \times 10^{-14}} = \frac{9}{25} \times 10^{14} \text{이다.}$$

07 **꼼꼼 문제 분석**

pH가 클수록 용액의 $[H_3O^+]$ 가 작다. → pH가 더 큰 (나)는 염기성 용액인 NaOH(aq)이고, (가)는 HCl(aq)이다.

수용액	(가)	(나)
pH	2a	5a
$\frac{[Cl^-]}{[OH^-]}$ 또는 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]}$ (상댓값)	1	1
부피(mL)	100	10

- (가) HCl(aq)에서 $[H_3O^+] = [Cl^-]$ 이다.
- (나) NaOH(aq)에서 $[Na^+] = [OH^-]$ 이다.

선택지 분석

- ㉠ (가)는 HCl(aq)이다.
- ㉡ (나)의 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = 1 \times 10^6$ 이다.
- ㉢ (가)의 OH^- 의 양(mol) / (나)의 H_3O^+ 의 양(mol) = 1×10^{-3} 이다. 10

전략적 풀이 ① 용액의 pH가 클수록 $[H_3O^+]$ 가 작다는 것을 이용하여 (가), (나)를 결정한다.

㉠. pH가 클수록 용액의 $[H_3O^+]$ 가 작으므로 pH가 더 큰 (나)는 염기성 용액인 NaOH(aq)이고, (가)는 HCl(aq)이다.

② 25 °C에서 pH + pOH = 14.0을 적용하여 (가)와 (나)의 pH로부터 각 용액의 몰농도를 구한다.

㉡. (가) HCl(aq)에서 $[H_3O^+] = [Cl^-]$ 이므로 $\frac{[Cl^-]}{[OH^-]} = \frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$ 이다. (나) NaOH(aq)에서 $[OH^-] = [Na^+]$ 이므로 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]} = \frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ 이다. (가)의 pH가 2a이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2a} \text{ M}$ 이고, $[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2a}} = 1 \times 10^{2a-14}$ 이다. (나)의 pH가 5a이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5a} \text{ M}$ 이고, pOH = 14.0 - 5a이며 $[OH^-] = 1 \times 10^{-(14-5a)} \text{ M} = 1 \times 10^{5a-14} \text{ M}$ 이다. 따라서 (가)의 $\frac{[Cl^-]}{[OH^-]} = 1 \times 10^{-4a+14}$ 이고, (나)의 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]} = 1 \times 10^{10a-14}$ 이다. 이때 (가)와 (나)의 $\frac{[Cl^-]}{[OH^-]}$ 와 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]}$ 의 상댓값이 1로 같으므로 $10^{-4a+14} = 10^{10a-14}$ 이고, $a = 2$ 이다. 따라서 (나)의 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^6$ 이다.

③ 용액의 몰농도와 부피의 곱은 용질의 양(mol)과 같다는 것을 적용한다.

ㄷ. (가)의 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-10}$ M이고 부피가 100 mL이며, (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-10}$ M이고 부피가 10 mL이므로

$$\frac{\text{(가)의 OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(나)의 H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-10} \times 0.1}{1 \times 10^{-10} \times 0.01} = 10 \text{이다.}$$

08 — 꼼꼼 문제 분석

수용액	(가)	(나)	(다)
몰농도(M)	a	$100a$	$10a$
$[\text{H}_3\text{O}^+]:[\text{OH}^-]$	$1:10^6$	$x:1$	$1:1$

- (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=b$ M라고 하면 $[\text{OH}^-]=10^6b$ M이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=10^6b^2=1 \times 10^{-14}$, $b=1 \times 10^{-10}$ 이다. \rightarrow (가)는 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-10}$ M, $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-4}$ M인 염기성 용액이다.
- (다)는 $[\text{H}_3\text{O}^+]=[\text{OH}^-]$ 인 중성 용액이다.

선택지 분석

- (가) (다)의 액성은 중성이다.
- (가)의 pH / (나)의 pOH = $\frac{5}{6}$ 이다.
- $x=10^8$ 이다. 10^{10}

전략적 풀이 ① 용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 를 비교하여 용액의 액성을 파악한다.

ㄱ. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=[\text{OH}^-]$ 이므로 (다)는 중성 용액이다.

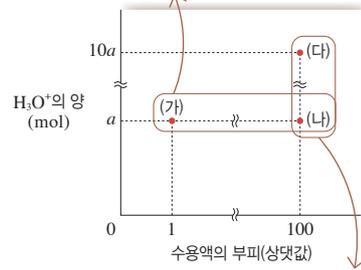
② 25 °C에서 K_w , 용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 비를 이용하여 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 또는 $[\text{OH}^-]$ 를 구하고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 또는 $[\text{OH}^-]$ 로부터 pH, pOH를 구한다.

ㄴ. (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=b$ M라고 하면 $[\text{OH}^-]=10^6b$ M이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=10^6b^2=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $b=1 \times 10^{-10}$ 이다. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-10}$ M, $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-4}$ M이므로 (가)는 염기성 용액이고, (가)의 몰농도(M) $a=1 \times 10^{-4}$ 이다. (가)의 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-4}$ M이므로 pOH=4.0이고, pH=14.0-4.0=10.0이다. (나)의 몰농도는 1×10^{-2} M인데, (가)~(다)의 액성이 모두 다르고 (가)는 염기성, (다)는 중성이므로 (나)는 산성이다. 따라서 (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-2}$ M이므로 pH=2.0이고, pOH=14.0-2.0=12.0이므로 $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} = \frac{10.0}{12.0} = \frac{5}{6}$ 이다.

ㄷ. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-2}$ M이고, $[\text{OH}^-]=\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12}$ M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]:[\text{OH}^-]=10^{10}:1$ 이다. 따라서 $x=10^{10}$ 이다.

09 — 꼼꼼 문제 분석

(가)와 (나)의 H_3O^+ 의 양(mol)이 같고 부피는 (나)가 (가)의 100배이다. $\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 100배이고, (가)의 pH를 k 라고 하면 (나)의 pH는 $k+2$ 이다.



(나)와 (다)의 부피는 같고 H_3O^+ 의 양(mol)은 (다)가 (나)의 10배이다. $\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다)가 (나)의 10배이고, pH는 (다)가 (나)보다 1만큼 작다.

선택지 분석

- (가)의 액성은 염기성이다.
- (나)의 pOH=1.5이다.
- (가)의 OH^- 의 양(mol) / (다)의 H_3O^+ 의 양(mol) = 1×10^6 이다.

전략적 풀이 ① H_3O^+ 의 양(mol)이 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 부피의 곱과 같다는 것을 적용하여 (가)~(다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 비교하고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 10배 증가할 때 pH가 1만큼 감소함을 파악한다.

ㄱ. 부피는 (나)가 (가)의 100배인데, H_3O^+ 의 양(mol)은 같으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 100배이다. 따라서 (가)의 pH를 k 라고 하면 (나)의 pH는 $k+2$ 이고, pOH는 (가)가 $14-k$, (나)가 $14-(k+2)$ 이므로 $(14-k):(12-k)=7:3$, $k=10.5$ 이다. (가)의 pH가 10.5로 7.0보다 크므로 (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. (나)의 pH는 12.5이므로 pOH=14.0-12.5=1.5이다.

② 용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$ 와 부피를 이용하여 H_3O^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)을 구한다.

ㄷ. (나)와 (다)의 부피는 같고 H_3O^+ 의 양은 (다)가 (나)의 10배이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다)가 (나)의 10배이고, pH는 (다)가 (나)보다 1만큼 작다. 따라서 (다)의 pH는 11.5이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-11.5}$ M이다. (가)의 pH는 10.5이므로 pOH=14-10.5=3.5이고, $\frac{\text{(가)의 OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(다)의 H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-3.5} \times 1}{1 \times 10^{-11.5} \times 100} = 1 \times 10^6$ 이다.

2 중화 반응

01 / 중화 반응

개념 확인 문제

228쪽

- 1 중화 반응 2 알짜 이온 반응식 3 구경꾼 이온 4 염
5 수소 이온(H⁺) 6 수산화 이온(OH⁻)

1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ 2 H₂O 3 (1) H⁺(aq) + OH⁻(aq)
→ H₂O(l) (2) Na⁺, SO₄²⁻ 4 ⊖, ⊕, ⊕ 5 (1) 중성
(2) 0.2 M 6 40 mL

- 1 (1) 중화 반응은 산의 양이온인 H⁺과 염기의 음이온인 OH⁻이 반응하여 물을 생성하는 반응이다.
(2) 산은 수용액에서 이온화하여 공통으로 H⁺을 내놓고, 염기는 수용액에서 이온화하여 공통으로 OH⁻을 내놓는다. 따라서 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 산과 염기의 종류와 관계없이 H⁺(aq) + OH⁻(aq) → H₂O(l)이다.
(3) 산의 음이온과 염기의 양이온은 산과 염기의 종류에 따라 다르므로 중화 반응에서 구경꾼 이온은 산과 염기의 종류에 따라 다르다.
(4) 산의 H⁺과 염기의 OH⁻이 1 : 1의 몰비로 반응하여 H₂O를 생성한다.

2 중화 반응은 산의 양이온인 H⁺과 염기의 음이온인 OH⁻이 반응하여 물(H₂O)을 생성하는 반응이므로 반응하는 산과 염기의 종류와 관계없이 H₂O이 생성된다.

3 (1) 이 반응에서 반응에 참여한 이온만으로 반응식을 나타내면 H⁺(aq) + OH⁻(aq) → H₂O(l)이다.
(2) 구경꾼 이온은 반응에 참여하지 않으므로 반응 전과 후의 상태와 그 수가 같다. 따라서 구경꾼 이온은 Na⁺과 SO₄²⁻이다.

4 산성 물질이 원인인 경우는 염기성 물질을 이용하여 중화하고, 염기성 물질이 원인인 경우는 산성 물질을 이용하여 중화한다. 염기성 물질은 ⊖(비린내), ⊕(탄산수소 나트륨), ⊕(제산제)이다.

5 (1) HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺ 수가 1이고, (나)에는 OH⁻ 수가 1이므로 (다)에는 H⁺과 OH⁻이 존재하지 않는다. 따라서 (다)의 액성은 중성이다.

(2) 0.2 M NaOH(aq) 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 HCl(aq)의 부피가 20 mL이므로 HCl(aq)의 몰농도를 x M라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$1 \times 0.2 \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times x \times 20 \times 10^{-3}, x = 0.2$$

6 중화 반응에 필요한 0.05 M Ba(OH)₂(aq)의 최소 부피를 x mL라고 하면 $1 \times 0.2 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 0.05 \times x \times 10^{-3}$, $x = 40$ 이다.

대표 자료 분석 1

229쪽

- 1 ⊖ 10x ⊖ 60y - 10x 2 ⊖ 30x ⊖ 90x 3 2 : 3
4 8 5 (1) × (2) ×

꼼꼼 문제 분석

혼합 용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의	x M H ₂ A(aq)	10	20	30
부피(mL)	y M NaOH(aq)	30	20	10
액성		염기성		산성
혼합 용액에 존재하는 A ²⁻ 의 양(mol) 모든 이온의 양(mol) (상댓값)		3	a	8

- 산성인 혼합 용액에 존재하는 이온은 산의 음이온, 염기의 양이온, H⁺이다.
- 염기성인 혼합 용액에 존재하는 이온은 산의 음이온, 염기의 양이온, OH⁻이다.
- 혼합 전 x M H₂A(aq) 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $10x$, H⁺의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20x$ 이다.
- 혼합 전 y M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $30y$ 이다.

1 혼합 전 x M H₂A(aq) 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $10x$ 이고, H⁺의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20x$ 이다. 또 혼합 전 y M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $30y$ 이다. (가)의 액성이 염기성이므로 (가)에 존재하는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 A²⁻이 $10x$, Na⁺이 $30y$, OH⁻이 $30y - 20x$ 이다. 따라서 A²⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $10x$ 이고 모든 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $60y - 10x$ 이다.

2 혼합 전 x M $H_2A(aq)$ 30 mL에 들어 있는 A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30x$ 이고 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $60x$ 이다. 또 혼합 전 y M $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $10y$ 이다. (다)는 산성 용액이므로 (다)에 존재하는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 A^{2-} 이 $30x$, Na^+ 이 $10y$, H^+ 이 $60x - 10y$ 이다. 따라서 A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30x$ 이고 모든 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $90x$ 이다.

3 $\frac{A^{2-} \text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 은 (가)에서 $\frac{10x}{60y - 10x}$ 이고, (나)에서 $\frac{30x}{90x}$ 이다. 따라서 $\frac{10x}{60y - 10x} : \frac{30x}{90x} = 3 : 8$ 이므로 $x : y = 2 : 3$ 이다.

4 혼합 전 x M $H_2A(aq)$ 20 mL에 들어 있는 A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20x$ 이고 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $40x$ 이다. 또 혼합 전 y M $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20y (= 30x)$ 이다. 혼합 용액 (나)에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 A^{2-} 이 $20x$, Na^+ 이 $30x$, H^+ 이 $10x$ 이므로 A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20x$ 이다. 따라서 모든 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $60x$ 이므로 $\frac{A^{2-} \text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ = $\frac{20x}{60x} = \frac{1}{3}$ 이다. (다)에서 $\frac{A^{2-} \text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ = $\frac{30x}{90x} = \frac{1}{3}$ 이고 상댓값이 8이므로 (나)에서 $\frac{A^{2-} \text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 상댓값 $a = 8$ 이다.

5 (1) (나)에는 H^+ 이 존재하므로 (나)의 액성은 산성이다.
 (2) (가)에서 Na^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30y$, A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $10x$ 이고, (나)에서 Na^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20y$, A^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20x$ 이다. 이때 $x : y = 2 : 3$ 이므로 Na^+ 과 A^{2-} 의 양(mol)의 합의 비는 (가) : (나) = 11 : 10이고, 부피는 (가)와 (나)가 같으므로 $[Na^+] + [A^{2-}]$ 는 (가) > (나)이다.

꼼꼼 문제 분석

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	2x M HA(aq)	a	0	a
	x M H ₂ B(aq)	b	b	c
	y M NaOH(aq)	0	c	b
혼합 수용액에 존재하는 모든 이온 수의 비율				

- (가)는 서로 다른 산 수용액을 혼합한 용액이므로 가장 많이 존재하는 이온은 H^+ 이다.
- (다)는 3가지 용액의 혼합 용액이고 존재하는 이온의 종류가 3가지이므로 중성 용액이다.
- 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
2x M HA(aq)	H^+	2xa	0	2xa
	A^-	2xa	0	2xa
x M H ₂ B(aq)	H^+	2xb	2xb	2xc
	B^{2-}	xb	xb	xc
y M NaOH(aq)	Na^+	0	yc	yb
	OH^-	0	yc	yb

1 (가)에서 혼합 전 $2x$ M $HA(aq)$ a mL에 들어 있는 H^+ 과 A^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $2xa$ 이고, 혼합 전 x M $H_2B(aq)$ b mL에 들어 있는 B^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 xb , H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $2xb$ 이다. 이때 (가)의 액성이 산성이므로 가장 큰 비율로 존재하는 이온은 H^+ 이고, (가)에서 이온 수비는 $A^- : B^{2-} = 2xa : xb = 1 : 1$ 이므로 $a : b = 1 : 2$ 이다.

2 (다)에서 혼합 전 $2x$ M $HA(aq)$ a mL에 들어 있는 H^+ 과 A^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $2xa$ 이고, 혼합 전 x M $H_2B(aq)$ c mL에 들어 있는 B^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 xc , H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $2xc$ 이다. 혼합 전 y M $NaOH(aq)$ b mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 yb 이다. (다)는 중성 용액이므로 혼합 전 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)과 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)이 같다. 따라서 $2(a+c)x = 2ay$ 이며, $b = 2a$ 이므로 $ay = (a+c)x$ 이고, (다)에 존재하는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 A^- 이 $2xa$, B^{2-} 이 xc , Na^+ 이 $2(a+c)x$ 이므로 이온 수비는 $A^- : B^{2-} : Na^+ = 2xa : xc : 2(a+c)x = 1 : 1 : 3$, $a : c = 1 : 2$ 이다.

3 $ay = (a+c)x$ 에서 $c = 2a$ 이므로 $ay = (a+2a)x = 3ax$ 이고, $y = 3x$ 이다. 따라서 $x : y = 1 : 3$ 이다.

대표 자료 분석 2

230쪽

1 1 : 2 2 1 : 2 3 1 : 3 4 3 5 (1) × (2) ○ (3) ×

4 혼합 전 x M $H_2B(aq)$ b mL에 들어 있는 B^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 xb 이고, y M $NaOH(aq)$ c mL에 들어 있는 Na^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 yc 이므로 $\frac{(나)에\ 존재하는\ Na^+\의\ 양(mol)}{(나)에\ 존재하는\ B^{2-}\의\ 양(mol)}$
 $= \frac{yc}{xb} = \frac{3x \times 2a}{x \times 2a} = 3$ 이다.

5 (1) (가)에 존재하는 A^- 의 양(mol)과 B^{2-} 의 양(mol)은 같다.

(2) 혼합 전 x M $H_2B(aq)$ b mL에 들어 있는 B^{2-} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 xb , H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $2xb$ 이고, 혼합 전 y M $NaOH(aq)$ c mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 yc 이다. 이때 $b=2a$, $c=2a$, $y=3x$ 이므로 (나)에 존재하는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 B^{2-} 이 $2xa$, Na^+ 이 $6xa$, OH^- 이 $2xa$ 이다. 따라서 $\frac{B^{2-}\의\ 양(mol)}{\text{모든 이온의 양(mol)}} = \frac{2xa}{10xa} = \frac{1}{5}$ 이다.

(3) (다)는 중성 용액이므로 (다)에 BTB 용액을 떨어뜨리면 초록색을 나타낸다.

내신 만점 문제

231쪽~234쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ② 04 해설 참조 05 나, 다
 06 ② 07 ④ 08 ② 09 ④ 10 해설 참조 11 ⑤
 12 ④ 13 ⑤ 14 ③ 15 ③ 16 ⑤ 17 ③
 18 ③

01 가. 중화 반응은 산과 염기가 반응하여 물을 생성하는 반응이다.

다. $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 중화 반응에서 산의 음이온인 Cl^- 과 염기의 양이온인 Na^+ 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

바로알기 나. 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온이 항상 1 : 1의 몰비로 반응하여 염을 생성하는 것은 아니다. 중화 반응은 산의 양이온인 H^+ 과 염기의 음이온인 OH^- 이 항상 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성한다.

02 가. $HCl(aq)$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 수와 $NaOH(aq)$ 50 mL에 들어 있는 OH^- 수가 같으므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액 (다)는 H^+ 과 OH^- 이 존재하지 않는 중성 용액이다.

나. $HCl(aq)$ 의 Cl^- 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 혼합 전과 후 양(mol)이 같다. 따라서 Cl^- 의 양(mol)은 (가)에서와 (다)에서가 같다.

바로알기 다. Na^+ 의 양(mol)은 (나)에서와 (다)에서가 같지만 용액의 부피는 (다) > (나)이므로 Na^+ 의 몰농도(M)는 (나) > (다)이다.

03 혼합 용액에 존재하는 이온의 종류가 3가지이므로 혼합 용액의 액성은 산성과 염기성 중 하나이다. 혼합 용액이 염기성일 때 혼합 용액에 존재하는 이온은 Ca^{2+} , OH^- , Cl^- 이다. 이때 용액 속 모든 이온의 전하량 합은 0이 되어야 하는데, 음이온의 전하가 모두 -1 이므로 Ca^{2+} 을 ▲라고 하면 모든 이온의 전하량 합이 0이 될 수 없다. 마찬가지로 Ca^{2+} 은 ☆ 또는 ●이 될 수 없으므로 용액의 액성은 산성이고, 혼합 용액에 존재하는 이온은 Ca^{2+} , H^+ , Cl^- 이다. 혼합 용액에 존재하는 ▲은 Cl^- 이고, ☆과 ●은 각각 양이온인 Ca^{2+} 과 H^+ 중 하나인데, 모든 음이온의 전하량 합이 -1×5 이므로 모든 양이온의 전하량 합이 $+5$ 가 되어야 한다. 따라서 ●은 Ca^{2+} 이고, ☆은 H^+ 이다.

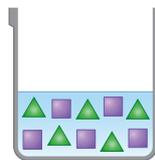
나. ▲은 Cl^- 으로 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

바로알기 가. ☆(H^+)은 양이온이다.

다. x M $Ca(OH)_2(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Ca^{2+} 의 수가 2일 때 y M $HCl(aq)$ 15 mL에 들어 있는 Cl^- 의 수는 5이므로 $10x : 15y = 2 : 5$ 이고, $\frac{y}{x} = \frac{5}{3}$ 이다.

04 모범 답안 (1) (가)와 (다)에 공통으로 존재하는 ●은 반응에 참여하지 않는 산의 음이온인 A^- 이고, (가)에 존재하고 (다)에 존재하지 않는 ☆은 반응에 참여한 H^+ 이다. (다)에 존재하는 ■과 ▲은 각각 B^+ 과 OH^- 중 하나인데, OH^- 은 산의 H^+ 과 반응하므로 그 수가 작은 ▲이 OH^- 이다. 따라서 (다)에는 OH^- 이 존재하므로 (다)는 염기성 용액이다.

(2) (다)에 존재하는 ■은 반응에 참여하지 않는 B^+ 이고, BOH 는 수용액에서 B^+ 과 OH^- 으로 이온화하므로 (나)에 존재하는 B^+ 과 OH^- 의 수는 각각 5이다. 따라서 (나)에 존재하는 이온을 모형으로 나타내면 다음과 같다.



채점 기준	배점
(1) 용액의 액성을 옳게 쓰고, 끼담을 옳게 서술한 경우 용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50%
	25%
(2) 이온 모형을 옳게 나타내고, 끼담을 옳게 서술한 경우 이온 모형만 옳게 나타낸 경우	50%
	25%

05 나. 생선 비린내의 원인 물질은 염기성 물질이므로 산성 물질인 레몬즙을 뿌려 비린내를 없앤다.

ㄷ. 위산은 산성 물질이므로 염기성 물질이 포함된 제산제를 먹어 위산을 중화시킨다.

바로알기 ㄱ. 염기는 단백질을 녹이는 성질이 있으므로 머리카락으로 막힌 하수구에 염기성 물질이 포함된 세정제를 뿌려 머리카락을 녹인다. 이는 염기의 성질을 이용한 예이다.

06 나. (가)에 들어 있는 H^+ 의 수가 6이고, (나)에 들어 있는 OH^- 의 수가 4이며, H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 (가)와 (나)의 혼합 용액에는 H^+ 이 남아 있다. 따라서 혼합 용액의 액성은 산성이다.

바로알기 ㄱ. 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로 모두 이온화하므로 (가)에 존재하는 양이온의 양(mol)은 음이온의 양(mol)의 2배이다. BOH 는 B^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화하므로 (나)에 존재하는 양이온의 양(mol)은 음이온의 양(mol)과 같다. 따라서 용액에 들어 있는 양이온의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄷ. 중화 반응한 OH^- 의 양이 0.4 mol이므로 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양은 0.4 mol이다.

07 나. Na^+ 과 SO_4^{2-} 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다. ㄷ. $NaOH$ 은 수용액에서 Na^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화하고, H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 $NaOH$ 의 양(mol)과 같다.

바로알기 ㄱ. Na^+ 과 SO_4^{2-} 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 반응 전과 후 그 양(mol)이 같다.

a M $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)을 $10a$ 라고 하면 b M $H_2SO_4(aq)$ 10 mL에 들어 있는 SO_4^{2-} 의 양(mol)은 $10b$ 이고, 혼합 용액 속 이온 수비가 1 : 1이므로 $10a : 10b = 1 : 1$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = 1$ 이다.

08 0.1 M $HCl(aq)$ 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 x M $NaOH(aq)$ 의 부피가 5 mL이므로 $1 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times x \times 5 \times 10^{-3}$, $x = 0.4$ 이다. 0.4 M $NaOH(aq)$ 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.1 M $H_2SO_4(aq)$ 의 부피가 y mL이므로 $1 \times 0.4 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 0.1 \times y \times 10^{-3}$, $y = 40$ 이다. 따라서 $x \times y = 0.4 \times 40 = 16$ 이다.

09 몰농도는 산 수용액과 염기 수용액이 모두 같으므로 (가)에서 $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 은 1 : 1의 부피비로 반응하고, $Ca(OH)_2$ 은 2가 염기이므로 (나)에서 $HCl(aq)$ 과 $Ca(OH)_2(aq)$ 은 2 : 1의 부피비로 반응한다.

(다)에서 $H_2SO_4(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 은 1 : 2의 부피비로 반응하고, (라)에서 $H_2SO_4(aq)$ 과 $Ca(OH)_2(aq)$ 은 1 : 1의 부피비로 반응한다. (가)~(라)에서 반응 후 남은 H^+ 과 OH^- 의 양(mol)과 혼합 용액의 부피는 다음과 같다.

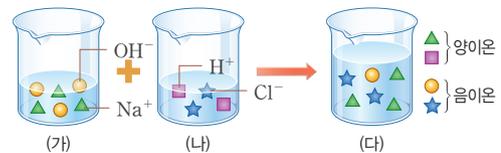
혼합 용액	H^+ 또는 OH^- 의 양 ($\times 10^{-3}$ mol)	혼합 용액의 부피(mL)
(가)	$H^+ 10a$	30
(나)	$OH^- 10a$	20
(다)	$H^+ 10a$	20
(라)	0	20

(나)는 염기성이므로 pH가 가장 크다. (라)는 중성이고, (가)와 (다)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 같지만 부피는 (가) > (다)이므로 H^+ 의 몰농도는 (다) > (가)이다. 따라서 pH는 (나) > (라) > (가) > (다)이다.

10 **모범 답안** (가)와 (나)에서 이온의 종류가 각각 3가지이고 모두 같지 않으므로 (가)와 (나)에서 혼합 용액은 각각 산성과 염기성 중 하나이다. (가)가 염기성이면 (나)도 염기성인데, 이는 자료와 맞지 않으므로 (가)는 산성이고, (나)는 염기성이다. 1가 산 수용액과 1가 염기 수용액을 혼합한 경우 산성 용액에서 가장 많이 존재하는 이온은 산의 음이온이고, 염기성 용액에서 가장 많이 존재하는 이온은 염기의 양이온이므로 (가)에서 A는 Cl^- 이고, (나)에서 B는 Na^+ 이다. 따라서 (가)에 존재하고 (나)에 존재하지 않는 C는 H^+ 이고, (나)에 존재하고 (가)에 존재하지 않는 D는 OH^- 이다.

채점 기준	배점
A~D에 해당하는 이온을 모두 옳게 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
A~D에 해당하는 이온 중 2가지만 옳게 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	80 %
A~D에 해당하는 이온만 모두 옳게 쓴 경우	50 %

11 **꿈꿈 문제 분석**



- (가)에서 반응 전과 후 양이온인 \blacktriangle 의 개수는 일정하고, 음이온인 \bullet 의 개수는 감소한다. $\Rightarrow \bullet$ 은 반응에 참여하는 OH^- 이다.
- (나)에서 반응 전과 후 양이온인 \blackstar 의 개수는 감소하고, 음이온인 \blacklozenge 의 개수는 일정하다. $\Rightarrow \blacklozenge$ 은 반응에 참여하는 H^+ 이다.

ㄱ. (가)에는 OH^- 이 존재하므로 A(aq)은 염기성 용액인 $NaOH(aq)$ 이다. 따라서 A는 $NaOH$ 이다.

나. (가)와 (다)에 존재하는 모든 이온 수는 같고, 용액의 부피는 (다) > (가)이므로 모든 이온의 몰농도(M) 합은 (가) > (다)이다.

ㄷ. (나)는 H^+ 이 존재하는 산성 용액이고, 혼합 용액 (다)는 OH^- 이 존재하는 염기성 용액이다. 따라서 pH는 염기성 용액인 (다)가 산성 용액인 (나)보다 크다.

12 ㄴ. (나)에는 산과 염기의 구경꾼 이온만 존재하므로 (나)는 중성이다. 따라서 $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 은 1 : 2의 부피비로 반응한다. (가)에서 $HCl(aq)$ 10 mL 중 2.5 mL만 반응하고 7.5 mL가 남으므로 (가)는 산성이고 (가)에 존재하는 이온은 H^+ , Cl^- , Na^+ 이다.

ㄷ. $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 은 1 : 2의 부피비로 반응하므로 몰농도의 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1$ 이다. 따라서 $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양을 각각 $20k$ mol이라고 하면, $NaOH(aq)$ 5 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 각각 $5k$ mol이므로 (가)에 존재하는 음이온은 Cl^- 이고, 그 양은 $20k$ mol이다. (다)에서 $NaOH(aq)$ 30 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 각각 $30k$ mol이므로 (다)에는 Cl^- 20k mol과 반응하고 남은 OH^- 10k mol이 존재하고 모든 음이온의 양은 $30k$ mol이다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰비는 (가) : (다) = 2 : 3이다.

바로알기 ㄱ. (다)에는 OH^- 이 존재하므로 (다)는 염기성이다.

13 ← **꼼꼼 문제 분석**

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		혼합 용액에 존재하는 모든 이온
	$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	
(가)	10	20	A, B, D
(나)	20	10	A, C, D

(가), (나)에 공통으로 존재하는 A, D는 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 각각 Cl^- , Na^+ 중 하나이다.

• (가), (나)에 존재하는 이온의 종류가 각각 3가지이고, 이온의 종류가 다르다. ⇒ (가)와 (나)는 액성이 다르다.

(가)와 (나)는 액성이 다르고, (가), (나)에 공통으로 존재하는 A, D는 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 각각 Cl^- , Na^+ 중 하나이다.

ㄱ. (가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 A, D는 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

ㄴ. (가)를 산성이라고 하면 (나)는 염기성이다. 이때 (가)에서 $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양은 $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양보다 많아 (나)는 산성이 되어야 하므로 타당하지 않다. 따라서 (가)는 염기성이고, (나)는 산성이므로 (가)에 존재하는 B는 OH^- 이다.

ㄷ. (가)는 염기성이고, (나)는 산성이므로 용액의 pH는 (가) > (나)이다.

14 혼합 용액 (가)와 (나)의 부피가 같고 모든 이온의 몰농도 (M) 합이 같으므로 용액에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)이 같다. 따라서 (가)에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 $HCl(aq)$ 40 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)과 같고, (나)에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 $NaOH(aq)$ 30 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)과 같다. 몰농도의 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 3 : 4$ 이므로 $a = \frac{2}{15}$ 이다. 따라서 $\frac{2}{15}$ M $NaOH(aq)$ 50 mL를 완전히 중화시키는 데 필요한 0.1 M $HCl(aq)$ 의 최소 부피를 V mL라고 하면 $1 \times \frac{2}{15} \times 50 \times 10^{-3} = 1 \times 0.1 \times V \times 10^{-3}$, $V = \frac{200}{3}$ 이다.

15 ← **꼼꼼 문제 분석**

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$HCl(aq)$	10	15	20	25	30
	$NaOH(aq)$	30	25	20	15	10
$\frac{Cl^- \text{의 몰농도(M)}}{Na^+ \text{의 몰농도(M)}}$				①		

(다)에서 Na^+ 의 양(mol)과 Cl^- 의 양(mol)이 같다. ⇒ (다)에서 완전히 중화된다. ⇒ 반응 부피비가 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 1$ 이다. ⇒ $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 몰농도가 같다.

ㄱ. (가)와 (마)에서 반응한 $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 부피는 각각 10 mL로 같으므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 같다.

ㄷ. (다)는 중성 용액이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서는 중화 반응 후 $NaOH(aq)$ 10 mL가 남고, (라)에서는 중화 반응 후 $HCl(aq)$ 10 mL가 남으므로 (나)는 염기성 용액, (라)는 산성 용액이다. 따라서 pH는 (나) > (라)이다.

16 ← **꼼꼼 문제 분석**

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		몰농도(M)가 가장 큰 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)
	$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	
(가)	10	20	2
(나)	20	20	3

• 1가 산 수용액과 1가 염기 수용액이 반응한 경우 혼합 용액이 산성일 때 양(mol)이 가장 큰 이온은 산의 음이온이고, 염기성일 때 양(mol)이 가장 큰 이온은 염기의 양이온이다.

• (가)와 (나)에서 $NaOH(aq)$ 의 부피가 같다. ⇒ Na^+ 의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다.

ㄱ. (가)에서 양(mol)이 가장 큰 이온은 Na^+ 이고, (나)에서 양(mol)이 가장 큰 이온은 Cl^- 이다. 따라서 (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 몰비가 2 : 3이므로 $a : b = 3 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 혼합 전과 후 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 이온의 양 ($\times 10^{-3}$ mol)		혼합 후 이온의 양 ($\times 10^{-3}$ mol)
(가)	H^+ : 1.5 Cl^- : 1.5	Na^+ : 2 OH^- : 2	Na^+ : 2 Cl^- : 1.5 OH^- : 0.5
(나)	H^+ : 3 Cl^- : 3	Na^+ : 2 OH^- : 2	Na^+ : 2 Cl^- : 3 H^+ : 1

(가)와 (나)를 모두 혼합한 용액에는 H^+ 이 남아 있으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

17 - 꼼꼼 문제 분석

산과 염기 수용액의 혼합 용액이 산성일 때 용액에 존재하는 음이온은 산의 음이온뿐이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		용액의 액성	전체 음이온 수
	$\text{HCl}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$		
(가)	80	30	산성	$2N$
(나)	30	20	염기성	N
(다)	40	10		zN

산과 염기 수용액의 혼합 용액이 염기성일 때 용액에 존재하는 음이온은 산의 음이온과 OH^- 이다.

- x M $\text{HCl}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 Cl^- 수와 H^+ 수는 각각 $2N$ 이다.
- (나)에서 혼합 전 x M $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 Cl^- 수와 H^+ 수는 각각 $\frac{3}{4}N$ 이고, (나)에 존재하는 OH^- 수는 $\frac{1}{4}N$ 이다.
 $\Rightarrow y$ M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 수는 N 이다.

(가)의 액성이 산성이므로 용액에 존재하는 음이온은 Cl^- 이고, Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 혼합 전과 후에 그 수가 같다. 따라서 x M $\text{HCl}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 Cl^- 수와 H^+ 수는 각각 $2N$ 이다. (나)의 액성이 염기성이므로 용액에 존재하는 음이온은 Cl^- 과 OH^- 인데, x M $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 Cl^- 수와 H^+ 수는 각각 $\frac{3}{4}N$ 이므로 (나)에 존재하는 OH^- 수는 $\frac{1}{4}N$ 이다. 따라서 y M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 N 이므로 $x \times 80 : y \times 20 = 2 : 1$, $y = 2x$ 이다.

x M $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 들어 있는 Cl^- 수와 H^+ 수는 각각 N 이고, y M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 $\frac{1}{2}N$ 이므로 (다)에 존재하는 이온 수는 Cl^- 이 N , H^+ 이 $\frac{1}{2}N$, Na^+ 이 $\frac{1}{2}N$ 이다. 따라서 (다)에서 전체 음이온 수는 N 이므로 $z=1$ 이고, $\frac{x}{y} \times z = \frac{1}{2}$ 이다.

18 - 꼼꼼 문제 분석

생성된 H_2O 의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

\Rightarrow (가)에서 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL는 모두 반응한다.

\Rightarrow (가)의 액성은 염기성이다.

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$\text{HCl}(aq)$	10	20	30	40	50
	$\text{NaOH}(aq)$	50	40	30	20	10
생성된 H_2O 의 양(mol)(상댓값)		2	4	6	x	3

생성된 H_2O 의 양은 (다)에서가 (마)에서보다 크다.

\Rightarrow (마)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL는 모두 반응한다.

\Rightarrow (마)의 액성은 산성이다.

ㄱ. $\text{HCl}(aq)$ 10 mL가 모두 반응할 때 생성된 H_2O 의 양(mol)을 2라고 하면, $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL가 모두 반응할 때 생성된 H_2O 의 양(mol)은 3이다. 이때 (나)에서 생성된 H_2O 의 양(mol)이 4이므로 (나)에서 $\text{HCl}(aq)$ 20 mL가 모두 반응하고 $\text{NaOH}(aq)$ 이 남는다. 따라서 (나)의 액성은 염기성이다.

ㄷ. (마)에서 $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)을 10이라고 하면 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 3이다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)은 3이고, H^+ 의 양(mol)은 7이므로 $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{Na}^+]} = \frac{7}{3} < 3$ 이다.

바로알기 ㄴ. $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)을 2라고 하면, $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 3이다. (라)에서 $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 8이고, $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 6이므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 6이다. 따라서 $x=6$ 이다.

01 — **꼼꼼 문제 분석**

(가) → (라)에서 산 수용액 부피 감소,
염기 수용액 부피 증가

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(aq)	20	15	10	5
	NaOH(aq)	10	15	20	25
모든 이온의 몰농도(M) 합(상댓값)		8	6	4	5
모든 이온의 양(mol)		240n	180n	120n	150n

- 1가 산과 1가 염기를 혼합한 용액의 액성이 산성이면 용액의 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 산 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같고, 염기성이면 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 염기 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같다.
- 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 용액에 들어 있는 모든 이온의 몰농도(M) 합과 부피를 곱한 것과 같다.
- (가)~(다)에서 모든 이온의 양(mol) 감소한다. → (가)와 (나)는 산성이고, (다)는 중성, (라)는 염기성이다.
- (가) → (나)에서 HCl(aq)이 5 mL 감소할 때 모든 이온의 양(mol)이 60n 감소한다. → HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)은 60n이고, H⁺과 Cl⁻의 양(mol)은 각각 30n이다.
- (다) → (라)에서 NaOH(aq)이 5 mL 증가할 때 모든 이온의 양(mol) 30n 증가한다. → NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)은 30n이고, Na⁺과 OH⁻의 양(mol)은 각각 15n이다.

(나)에서 혼합 전 HCl(aq) 15 mL와 NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
H ⁺ : 90n, Cl ⁻ : 90n	H ⁺ : 45n, Cl ⁻ : 90n
Na ⁺ : 45n, OH ⁻ : 45n	Na ⁺ : 45n

따라서 (나)에서 $\frac{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}}{\text{Na}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{90n}{45n} = 2$ 이다.

02 — **꼼꼼 문제 분석**

[자료]

• 수용액에서 HX는 H⁺과 X⁻으로, H₂Y는 H⁺과 Y²⁻으로 모두 이온화한다. $\text{HX} \rightarrow \text{H}^+ + \text{X}^-$ $\text{H}_2\text{Y} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{Y}^{2-}$

[실험 과정] 산

(가) 1 M HX(aq) 10 mL와 a M H₂Y(aq) 10 mL를 혼합하여 용액 I을 만든다. 산성

(나) 용액 I에 1 M NaOH(aq) b mL를 혼합하여 용액 II를 만든다. 중성

[실험 결과]

- I에 존재하는 모든 이온의 몰비는 1 : 2 : 5이다.
- II의 액성은 중성이다.

- 용액 I은 서로 다른 산 수용액을 혼합한 용액이다. → 존재하는 이온은 H⁺, X⁻, Y²⁻이고, 가장 많은 수로 존재하는 이온은 H⁺이다.
- 용액 II는 중성이므로 I에 들어 있는 H⁺의 양(mol)과 1 M NaOH(aq) b mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)은 같다.

(가)에서 만든 용액 I에 존재하는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 H⁺이 10+20a, X⁻이 10, Y²⁻이 10a이다. I에서 모든 이온의 몰비가 1 : 2 : 5이고, 가장 많은 수로 존재하는 이온은 H⁺이다. 이때 I에서 가장 작은 수로 존재하는 이온을 X⁻이라고 하면, $10 : 10 + 20a = 1 : 5$, a=2가 되어 모든 이온의 몰비가 1 : 2 : 5이므로 자료에 부합한다. 용액 I에서 가장 작은 수로 존재하는 이온을 Y²⁻이라고 하면, $10a : 10 + 20a = 1 : 5$, a = $\frac{1}{3}$ 이 되어 모든 이온의 몰비가 1 : 3 : 5가 되므로 자료에 부합하지 않는다. 용액 II의 액성이 중성이므로 용액 I에 들어 있는 H⁺의 양($\times 10^{-3}$ mol)과 1 M NaOH(aq) b mL에 들어 있는 OH⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)이 같다. 따라서 $10 + 20a = b$, b=50이고, $\frac{b}{a} = \frac{50}{2} = 25$ 이다.

03 — **꼼꼼 문제 분석**

• 수용액에서 H₂X는 H⁺과 X²⁻으로 모두 이온화한다. $\text{H}_2\text{X} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{X}^{2-}$

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		모든 양이온의 몰농도(M) 합	모든 이온 수비
	H ₂ X(aq)	NaOH(aq)		
(가)	x	30	4	3 : 4 : 5
(나)	x	60	4	⊖

- (가)에 존재하는 이온의 종류가 3가지이므로 (가)는 산성과 염기성 중 하나이다.
- (가)가 염기성이면 (나)는 염기성이다. → 양이온은 Na⁺뿐이고, 양이온의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 2가 되어야 하므로 자료에 부합하지 않는다. → (가)는 산성이다.

ㄴ. (가)는 산성이므로 용액에 존재하는 이온은 H^+ , X^{2-} , Na^+ 이고 혼합 전과 후 이온의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$H^+ : 0.4x, X^{2-} : 0.2x$ $Na^+ : 30y, OH^- : 30y$	$H^+ : 0.4x - 30y, X^{2-} : 0.2x,$ $Na^+ : 30y$

이온 수비가 $X^{2-} : Na^+ = 0.2x : 30y = 4 : 5$ 일 때 조건을 만족하므로 $x = 120y$ 이고 $\frac{x}{y} = 120$ 이다.

ㄷ. $x = 120y$ 이므로 $0.2 \text{ M } H_2X(aq)$ $x \text{ mL}$ 에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)과 $y \text{ M } NaOH(aq)$ 60 mL 에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$H^+ : 0.4x (=48y)$ $X^{2-} : 0.2x (=24y)$ $Na^+ : 60y, OH^- : 60y$	$X^{2-} : 24y$ $Na^+ : 60y$ $OH^- : 12y$

따라서 (다)에 존재하는 모든 이온 수비는 $OH^- : X^{2-} : Na^+ = 12y : 24y : 60y = 1 : 2 : 5$ 이므로 ㉠은 $1 : 2 : 5$ 이다.

(바로알기) ㄱ. (가)에 존재하는 이온의 종류가 3가지이므로 (가)는 산성과 염기성 중 하나이다. (가)가 염기성이면 (나)에서 산 수용액의 부피는 (가)와 같고 염기 수용액의 부피는 (가)보다 크므로 (나)는 염기성이다. 이때 용액 속 양이온의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배가 되어야 하지만, 자료에 부합하지 않는다. 따라서 (가)의 액성은 산성이다.

04 품평 문제 분석



• 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로, $Y(OH)_2$ 는 Y^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화한다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			모든 양이온의 몰농도(M) 합 (상댓값)
	$HCl(aq)$	$H_2X(aq)$	$Y(OH)_2(aq)$	
(가)	20	10	10	9
(나)	30	20	10	16
(다)	10	10	20	x

• (가)의 액성은 중성, (나)의 액성은 산성이다.

- 중성 용액에 존재하는 양이온은 염기의 양이온뿐이고, 산성 용액에 존재하는 양이온은 염기의 양이온과 H^+ 이다.
- 중성 용액에서 산이 내놓는 H^+ 의 양(mol)과 염기가 내놓는 OH^- 의 양(mol)은 같다.
- (다)는 중성인 (가)보다 산 수용액의 부피가 작고, 염기 수용액의 부피가 크므로 염기성이다. \rightarrow (다)에 존재하는 양이온은 Y^{2+} 이다.

(가)는 중성이므로 용액에 존재하는 양이온은 염기의 양이온인 Y^{2+} 이다. (다)는 중성인 (가)보다 산 수용액의 부피가 작고, 염기 수용액의 부피가 크므로 염기성이고, (다)에 존재하는 양이온은 Y^{2+} 이다. 이때 염기 수용액의 부피가 (다)에서가 (가)에서의 2배이고 혼합 용액의 부피가 40 mL 로 같으므로 모든 양이온의 몰농도(M) 합은 (다)가 (가)의 2배이다. 따라서 $x = 18$ 이다.

(가)에서 혼합 전과 후 이온의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$H^+ : 20a, Cl^- : 20a$ $H^+ : 20b, X^{2-} : 10b$ $Y^{2+} : 10c, OH^- : 20c$	$Cl^- : 20a$ $X^{2-} : 10b$ $Y^{2+} : 10c$

(가)는 중성이므로 산이 내놓는 H^+ 의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)과 염기가 내놓는 OH^- 의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)이 같아 $20a + 20b = 20c \dots$ ㉠이다. (나)는 산성이므로 혼합 전과 후 이온의 양($\times 10^{-3} \text{ mol}$)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$H^+ : 30a, Cl^- : 30a$ $H^+ : 40b, X^{2-} : 20b$ $Y^{2+} : 10c, OH^- : 20c$	$Cl^- : 30a$ $X^{2-} : 20b$ $Y^{2+} : 10c$ $H^+ : 30a + 40b - 20c$

따라서 모든 양이온의 몰농도(M) 합의 비는 (가) : (나) = $\frac{10c}{40}$: $\frac{30a + 40b - 10c}{60} = 9 : 16 \dots$ ㉡이다. ㉠, ㉡를 풀면 $a = \frac{1}{3}c$, $b = \frac{2}{3}c$ 이므로 $\frac{a+c}{b} \times x = 36$ 이다.



02 / 중화 적정

개념 확인 문제

239쪽

- ① 중화 적정 ② 표준 용액 ③ 중화점 ④ 지시약 ⑤ 피펫
⑥ 뷰렛 ⑦ 붉은색 ⑧ 부피

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) (다), (나), (마), (라) (2) 페놀프탈레인 3 0.05 M 4 (1) (가) 파란색 (나) 파란색 (다) 초록색 (라) 노란색 (2) (다) (3) 1 : 1

- 1 (1) 중화 적정은 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산 수용액이나 염기 수용액의 농도를 알아내는 방법이다.
(2) 중화점은 중화 적정에서 반응하는 산의 H^+ 의 양(mol)과 염기의 OH^- 의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 지점이다.
(3) 중화 적정 실험에서 중화 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 구할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

- 2 (1) (가)~(마)를 순서대로 나열하면 (가)-(다)-(나)-(마)-(라)이다.
(2) (마)에서 중화 반응이 완결됐을 때 용액이 붉은색으로 변한 것으로 보아 산성에서 무색을 띠고 중화 반응이 완결된 지점 이후에는 붉은색을 띠는 페놀프탈레인이 ㉠으로 적절하다.

- 3 중화 반응의 양적 관계를 이용하면 $1 \times x \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 10 \text{ mL}$, $x = 0.05$ 이다.

- 4 (1) (가)와 (나)는 OH^- 이 존재하므로 염기성이고, (다)는 H^+ 과 OH^- 이 모두 존재하지 않으므로 중성, (라)는 H^+ 이 존재하므로 산성이다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨렸을 때의 색은 (가)와 (나)는 파란색, (다)는 초록색, (라)는 노란색이다.
(2) 액성이 중성인 (다)에서 중화 반응이 완결된다.
(3) $a \text{ M NaOH}(aq)$ 10 mL에 $b \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL를 넣은 (다)에서 중화 반응이 완결되므로 $1 \times a \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times b \times 10 \times 10^{-3}$ 이 성립한다. 따라서 $a : b = 1 : 1$ 이다.

대표 자료 분석 1

240쪽

- 1 0.1 M 2 ㉠ 부피 플라스크 ㉡ 뷰렛 3 20 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

꼼꼼 문제 분석

[실험 과정] → (가)에서 만든 수용액의 몰농도(M) = $\frac{x \times 10 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.1$
(가) $x \text{ M}$ 의 $CH_3COOH(aq)$ 10 mL를 취하여 100 mL

㉠에 넣고 표시선까지 물을 넣는다.

(나) (가)에서 만든 수용액 $y \text{ mL}$ 를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다. → CH_3COOH 의 양(mol) = $0.1 \times y \times 10^{-3}$

(다) 그림과 같이 ㉡에 들어 있는 0.2 M $NaOH(aq)$ 을 (나)의 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 준다.

(라) (다)의 삼각 플라스크 속 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고, 적정에 사용된 $NaOH(aq)$ 의 부피(V)를 측정한다.

[실험 결과] → $NaOH$ 의 양(mol) = $0.2 \times 10 \times 10^{-3}$
• V : 10 mL • x : 1

- 용액을 희석하거나 표준 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.
- 중화 적정에서 표준 용액을 넣어 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

- 1 $x=1$ 이므로 (가)에서 1 M의 $CH_3COOH(aq)$ 10 mL에 물을 넣어 100 mL로 만든 용액의 몰농도는 $\frac{1 \text{ mol/L} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

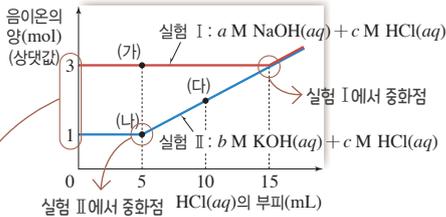
- 2 일정 농도의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구(㉠)는 부피 플라스크이고, 중화 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 구할 때 사용하는 실험 기구(㉡)는 뷰렛이다.

- 3 (가)에서 만든 용액의 몰농도는 0.1 M이다. 0.1 M $CH_3COOH(aq)$ $y \text{ mL}$ 를 중화시키는 데 사용된 0.2 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로 $1 \times 0.1 \times y \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times 10 \times 10^{-3}$, $y = 20$ 이다.

- 4 (1) 용액의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 실험 기구는 피펫이다.
(2) (다)에서 산 수용액에 염기 수용액을 넣어 반응시키므로 중화점에 도달할 때까지 플라스크 속 용액의 pH는 증가한다.
(3) 중화점까지 넣어 준 0.2 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로 넣어 준 $NaOH$ 의 양(mol)은 $0.2 \times 10 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$ 이다.
(4) 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 $NaOH$ 의 양(mol)과 같은 2×10^{-3} 이다.

1 2 2 (가) 염기성 (나) 중성 (다) 산성 3 3 4 (1) ×
 (2) ○ (3) ×

꼼꼼 문제 분석



반응 전 수용액 속 음이온의 몰비가 $\text{NaOH}(aq) : \text{KOH}(aq) = 3 : 1$ 이므로 몰농도의 비는 $\text{NaOH}(aq) : \text{KOH}(aq) = 3 : 1$ 이다. $\Rightarrow a : b = 3 : 1$ 이다.

- 실험 I에서는 $\text{HCl}(aq)$ 15 mL를 넣은 지점에서 중화 반응이 완결된다.
- 실험 II에서는 $\text{HCl}(aq)$ 5 mL를 넣은 지점인 (나)에서 중화 반응이 완결된다.

1 NaOH 과 KOH 은 모두 1가 염기이고, $\text{HCl}(aq)$ 을 넣기 전 수용액 속 음이온의 몰비가 $\text{NaOH}(aq) : \text{KOH}(aq) = 3 : 1$ 이므로 몰농도의 비는 $\text{NaOH}(aq) : \text{KOH}(aq) = 3 : 1$ 이다. 따라서 $a : b = 3 : 1$ 이다. 1가 염기 수용액에 1가 산 수용액을 넣어 반응시킬 때 반응하여 소모된 염기 수용액 속 OH^- 의 양(mol)만큼 산의 음이온이 들어오므로 중화점까지 용액에 존재하는 모든 음이온의 양(mol)은 일정하다. 따라서 실험 I에서 a M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL를 중화시키는 데 사용된 c M $\text{HCl}(aq)$ 의 부피는 15 mL이므로 $1 \times a \times 10 = 1 \times c \times 15$, $a : c = 3 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{a+b}{c} = \frac{3k+k}{2k} = 2$ 이다.

2 실험 I에서 $\text{HCl}(aq)$ 5 mL를 넣은 용액 (가)는 중화 반응이 완결되기 이전 용액이므로 염기성이다. 실험 II에서 $\text{HCl}(aq)$ 5 mL를 넣은 용액 (나)는 중화 반응이 완결된 용액으로 중성이고, (다)는 중화점 이후 $\text{HCl}(aq)$ 을 더 넣어 준 용액으로 산성이다.

3 실험 I에서 중화 반응은 $\text{HCl}(aq)$ 15 mL를 넣은 지점에서 완결되므로 (가)는 중화 반응이 $\frac{1}{3}$ 진행된 지점이다. $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)을 3이라고 하면, (가)에서 Cl^- 의 양(mol)은 1이므로 (가)에서 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{Cl}^-\text{의 양(mol)}} = 3$ 이다.

4 (1) 실험 I에서 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)을 3이라고 하면, (가)에서 반응하지 않고 남아 있는 OH^- 의 양(mol)은 2이다. 실험 II에서 $\text{KOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있

는 OH^- 의 양(mol)은 1이므로 $\text{HCl}(aq)$ 5 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 1이고, (다)에 존재하는 H^+ 의 양(mol)은 1이다. 따라서 (가)와 (다)를 혼합한 용액에는 OH^- 이 존재하므로 혼합 용액의 색상은 염기성이다.

(2) 실험 I과 II에서 반응한 산과 염기가 모두 1가이므로 중화점까지 용액에 존재하는 전체 이온의 양(mol)은 반응 전 염기 수용액 속 전체 이온의 양(mol)과 같다. (가)와 (나)에서 Cl^- 의 양(mol)은 같고 전체 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)의 3배이므로 $\frac{\text{전체 이온의 양(mol)}}{\text{Cl}^-\text{의 양(mol)}}$ 은 (가)가 (나)의 3배이다.

(3) 반응한 산과 염기가 모두 1가이므로 전체 양이온의 양(mol)은 전체 음이온의 양(mol)과 같다. 따라서 용액에 존재하는 전체 양이온의 양(mol)은 (가)가 (다)의 1.5배이다.

나신 만점 문제

242쪽~245쪽

01 (가)-(다)-(나)	02 ⑤	03 ②	04 ③	05 ④
06 ④	07 ④	08 해설 참조	09 ⑤	10 ⑤
11 ③	12 해설 참조	13 ①	14 ③	15 ②
16 ②	17 ②			

01 중화 적정 실험은 적정할 용액을 삼각 플라스크에 넣고 중화점을 확인할 지시약을 넣은 다음, 표준 용액을 뷰렛에 넣고, 중화 반응이 완결될 때까지 사용된 표준 용액의 부피를 측정하는 순서로 진행한다. 따라서 실험 과정 (가)~(다)를 순서대로 나열하면 (가)-(다)-(나)이다.

02 x M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL를 중화하는 데 사용된 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 20 mL이므로 $1 \times x \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times 20 \times 10^{-3}$, $x = 0.4$ 이다.

03 다. (다)는 피펫으로 액체의 부피를 측정하여 옮길 때 사용한다.

ⓑ로알기 가. (가)는 삼각 플라스크로 중화 적정 실험에서 농도를 모르는 용액을 넣을 때 사용한다.

나. (나)는 부피 플라스크로 표준 용액을 만들거나 일정 농도의 용액을 희석할 때 사용한다.

04 가. ㉠은 표준 용액을 넣어 사용하는 뷰렛이다.

다. 지시약으로 페놀프탈레인 용액을 사용했으므로 혼합 용액 전체가 무색에서 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈춘다.

ⓑ로알기 나. ㉡은 삼각 플라스크로, 농도를 모르는 용액인 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣어 사용한다.

05 x M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.4 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로 $1 \times x \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times 0.4 \times 10 \times 10^{-3}$, $x = 0.2$ 이다.
(라)에서 용액이 무색에서 붉은색으로 변한 것으로 보아 ㉠으로 적절할 것은 페놀프탈레인이다.

06 $\frac{1}{10}$ 로 묽힌 식초 A 용액 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로 묽힌 용액의 몰농도를 x M라고 하면 $1 \times x \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times 10 \times 10^{-3}$, $x = 0.1$ 이다. 따라서 식초 A의 몰농도는 1 M이다. 식초 A 1000 mL에 들어 있는 CH_3COOH 의 양은 1 mol이고, 질량은 60 g이다. 식초 A의 밀도가 d g/mL이므로 1000 mL의 질량은 $1000 \text{ mL} \times d \text{ g/mL} = 1000d \text{ g}$ 이다. 따라서 식초 A 속 CH_3COOH 의 함량은 $\frac{60 \text{ g}}{1000d \text{ g}} \times 100 = \frac{6}{d} \%$ 이다.

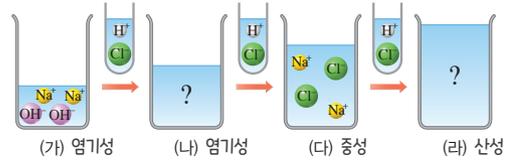
07 식초 A의 밀도가 1 g/mL이므로 10 mL의 질량은 10 g이다. 식초 A에서 CH_3COOH 의 함량이 6%이므로 식초 A 10 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 0.6 g이고, 그 양은 $\frac{0.6 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. 따라서 식초 A 10 mL를 적정할 때 사용된 0.4 M $\text{NaOH}(aq)$ V mL에 들어 있는 NaOH 의 양은 0.01 mol이므로 $0.4 \text{ mol/L} \times V \times 10^{-3} \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, $V = 25$ 이다.
식초 B 10 mL를 적정할 때 사용된 0.4 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 40 mL이므로 적정에 사용된 NaOH 의 양은 $0.4 \text{ mol/L} \times 40 \times 10^{-3} \text{ L} = 0.016 \text{ mol}$ 이고, 식초 B 10 mL에 들어 있는 CH_3COOH 의 양은 0.016 mol이다. CH_3COOH 0.016 mol의 질량은 $0.016 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 0.96 \text{ g}$ 이고, 식초 B 10 mL의 질량은 10 g이므로 식초 B 속 CH_3COOH 의 함량은 $\frac{0.96 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 = 9.6 \%$ 이다.

08 **모범 답안** (가)의 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰농도가 a M이므로 (나)에서 만든 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰농도는 $\frac{1}{10}a$ M이다. $\frac{1}{10}a$ M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 으로 적정할 때 사용된 부피가 30 mL이므로 $1 \times 0.1a \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times 30 \times 10^{-3}$ 이고 $a = 30$ 이다.

채점 기준	배점
답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
답만 옳은 경우	50%

09 ㄱ. 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 과 a M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 몰비는 2 : 1이다. 따라서 $0.1 \times 20 : a \times 10 = 2 : 1$ 이므로, $a = 0.1$ 이다.
ㄴ. Cl^- 의 양(mol)은 (다)와 (라)에서 같고, 용액의 부피는 (다) < (라)이므로 $[\text{Cl}^-]$ 는 (다) > (라)이다.
ㄷ. (다)는 중화 반응이 완결된 중성, (나)는 중화 반응이 완결되기 이전이므로 산성이다. 따라서 pH는 (다) > (나)이다.

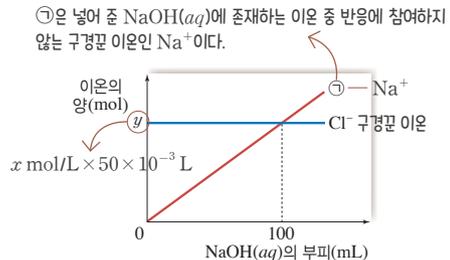
10 **품평 문제 분석**



- 일정량의 $\text{NaOH}(aq)$ 에 $\text{HCl}(aq)$ 을 차례대로 넣어 주므로 용액 속 Na^+ 의 양(mol)은 (가)~(라)에서 일정하고, Cl^- 의 양(mol)은 넣어 준 $\text{HCl}(aq)$ 의 부피에 비례한다.
- (다)는 H^+ 과 OH^- 이 모두 존재하지 않으므로 중화 반응이 완결된 중성 용액이다. $\Rightarrow 1 \times 0.1 \times 0.2 = 1 \times x \times 0.2$, $x = 0.1$ 이다.

ㄱ. Na^+ 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 Na^+ 의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
ㄴ. (다)에서 중화 반응이 완결되므로 $1 \times 0.1 \times 0.2 = 1 \times x \times 0.2$, $x = 0.1$ 이다.
ㄷ. 혼합 전 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 300 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양은 각각 0.03 mol이고, 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 200 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 각각 0.02 mol이다. 따라서 (라)에 존재하는 Cl^- 의 양은 0.03 mol, H^+ 의 양은 0.01 mol이고 용액의 부피가 같으므로 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{H}^+]} = 3$ 이다.

11 **품평 문제 분석**



- $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 Cl^- 의 양(mol)은 같다. $\Rightarrow \text{H}^+$ 의 양은 y mol이다.
- $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 같다. $\Rightarrow \text{Cl}^-$ 의 양(mol)과 Na^+ 의 양(mol)이 같은 지점에서 중화 반응이 완결된다. $\Rightarrow x$ M $\text{HCl}(aq)$ 50 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 100 mL이다.

ㄱ. ㉠은 넣어 준 NaOH(aq)의 부피에 비례하여 그 수가 증가하므로 NaOH(aq)에 존재하는 이온 중 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Na⁺이다.

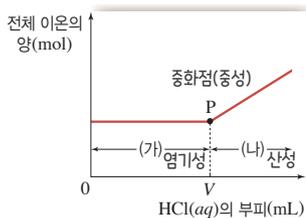
ㄷ. $x=0.2$ 이므로 0.2 M HCl(aq) 50 mL에 들어 있는 Cl⁻의 양(mol)은 $0.2 \text{ mol/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이다. 따라서 $y=0.01$ 이다.

바로알기 ㄴ. Cl⁻의 양(mol)과 Na⁺의 양(mol)이 같은 지점에서 중화 반응이 완결되므로 $x \text{ M HCl(aq)}$ 50 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 100 mL이다. 따라서 $1 \times x \times 50 \times 10^{-3} = 1 \times 0.1 \times 100 \times 10^{-3}$, $x=0.2$ 이다.

12 **모범 답안** (1) $x \text{ M HCl(aq)}$ 30 mL에 $y \text{ M Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 을 조금씩 넣을 때 H⁺ 수는 넣어 준 Ca(OH)₂(aq) 속 OH⁻ 수만큼 감소하다가 중화점에서 0이 된다. 따라서 X 이온은 반응에 참여하는 이온인 H⁺이다. (2) H⁺ 수가 0이 되는 지점에서 중화 반응이 완결되므로 $x \text{ M HCl(aq)}$ 30 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 $y \text{ M Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피는 20 mL이다. $1 \times x \times 30 \times 10^{-3} = 2 \times y \times 20 \times 10^{-3}$ 이므로 $\frac{y}{x} = \frac{3}{4}$ 이다.

채점 기준	배점
(1) X 이온의 화학식을 옳게 쓰고, 이온 수 변화를 이용하여 까닭을 옳게 서술한 경우	50%
X 이온의 화학식만 옳게 쓴 경우	25%
(2) 답과 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50%
답만 옳은 경우	25%

13 **꼼꼼 문제 분석**



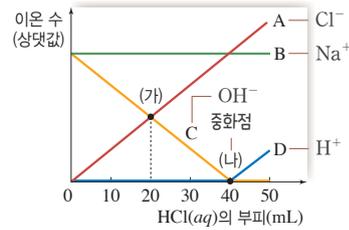
- 1가 염기 수용액에 1가 산 수용액을 혼합하는 경우 중화점까지 전체 이온 수는 일정하다가 중화점 이후 넣어 준 산 수용액의 부피에 비례하여 전체 이온 수가 증가한다.
- P는 중화 반응이 완결된 지점이다. $\Rightarrow 1 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times V \times 10^{-3}$
- P를 제외한 (가) 구간에서 용액은 중화 반응이 완결되기 이전이므로 염기성이다.
- (나) 구간에서 Na⁺의 양(mol)은 일정하고, Cl⁻의 양(mol)은 넣어 준 HCl(aq)의 부피에 비례하여 증가한다. $\Rightarrow \frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Na}^+]}$ 는 증가한다.

ㄱ. P를 제외한 (가) 구간에서 용액은 염기성이다.

바로알기 ㄴ. 0.1 M NaOH(aq) 20 mL에 0.2 M HCl(aq) $V \text{ mL}$ 를 넣을 때 완전히 중화되므로 $1 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times V \times 10^{-3}$, $V=10$ 이다.

ㄷ. (나) 구간에서 Na⁺의 양(mol)은 일정하고, Cl⁻의 양(mol)은 넣어 준 HCl(aq)의 부피에 비례하여 증가하므로 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Na}^+]}$ 는 증가한다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



- A와 B는 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다. \Rightarrow A는 Cl⁻, B는 Na⁺이다.
- C와 D는 반응에 참여하는 이온이다. \Rightarrow C는 OH⁻, D는 H⁺이다.
- C의 수가 감소하다가 0이 되는 지점에서 중화 반응이 완결된다. \Rightarrow 0.2 M NaOH(aq) 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 $x \text{ M HCl(aq)}$ 의 부피는 40 mL이다.

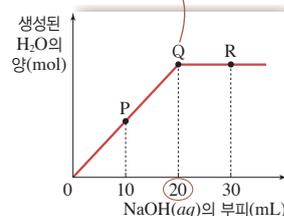
ㄱ. C와 D는 각각 OH⁻과 H⁺으로 중화 반응하여 H₂O를 생성한다.

ㄴ. 0.2 M NaOH(aq) 20 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 $x \text{ M HCl(aq)}$ 의 부피는 40 mL이므로 $1 \times 0.2 \times 20 \times 10^{-3} = 1 \times x \times 40 \times 10^{-3}$, $x=0.1$ 이다.

바로알기 ㄷ. 일정량의 NaOH(aq)에 HCl(aq)을 넣을 때 넣어 준 HCl(aq) 속 H⁺ 수만큼 OH⁻ 수가 감소하고 Cl⁻ 수가 증가하므로 중화점까지 전체 이온 수는 일정하다. 따라서 용액 속 전체 이온 수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

15 **꼼꼼 문제 분석**

생성된 H₂O의 양이 일정하게 유지되기 시작하는 지점이 중화점이다. $\Rightarrow a \text{ M HCl(aq)}$ 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 $b \text{ M NaOH(aq)}$ 의 부피는 20 mL이다.



ㄷ. Cl^- 의 양(mol)은 P에서와 Q에서가 같고, Na^+ 의 양(mol)은 Q에서가 P에서의 2배이므로 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Cl}^-]}$ 는 Q에서가 P에서의 2배이다.

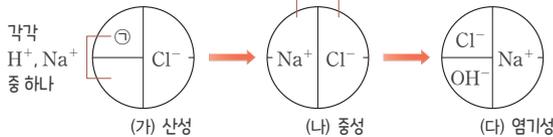
바로알기 ㄱ. $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 $b \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피는 20 mL이므로 $1 \times a \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times b \times 20 \times 10^{-3}$, $\frac{b}{a} = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. R는 중화점 이후 $\text{NaOH}(aq)$ 을 10 mL 추가한 지점이므로 용액 속 전체 이온의 양(mol)은 R에서가 Q에서보다 크다.

16 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 $\text{HCl}(aq)$ 을 조금씩 넣을 때 용액에 존재하는 Na^+ 의 양(mol)은 일정하다. Cl^- 은 반응에 참여하지 않으므로 넣어 준 $\text{HCl}(aq)$ 의 부피에 따라 양(mol)이 증가한다. 따라서 양(mol)이 일정한 B는 Na^+ 이고, 양(mol)이 증가하는 C는 Cl^- 이다. Cl^- 의 양(mol)이 가장 큰 (가)는 산성 용액이므로 A는 H^+ 이고, Na^+ 의 양(mol)이 가장 큰 (나)와 (다)는 염기성 용액이므로 D는 OH^- 이다.

17 **꼼꼼 문제 분석**

이온의 종류가 2가지인 (나)에는 구경꾼 이온만 존재한다. \Rightarrow 반응 부피비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = 1 : 1$ 이다. \Rightarrow $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도가 같다.



- (가)는 산성 용액이다. \Rightarrow Cl^- 은 H^+ 과 Na^+ 중 하나이다.
- (나)는 중성 용액이고, (다)는 중성인 (나)에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 추가했으므로 염기성 용액이다.

ㄷ. (다)는 염기성 용액이므로 용액에 존재하는 이온은 Na^+ , Cl^- , OH^- 이고, (다)에서 가장 많은 수로 존재하는 이온은 Na^+ 이므로 이온 수비는 $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- : \text{OH}^- = 2 : 1 : 1$ 이다. 이때 Cl^- 의 양(mol)을 $10a$ 라고 하면 Na^+ 의 양(mol)은 $20a$ 이고, $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도가 같으므로 (다)에서 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 20 mL이다. 따라서 $V = 20$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 산성 용액이므로 OH^- 이 존재하지 않으며, Cl^- 은 H^+ 과 Na^+ 중 하나이다.

ㄴ. (가)~(다)에 존재하는 Cl^- 의 양(mol)은 일정하고, (나)는 중화점이므로 Na^+ 의 양(mol)은 Cl^- 의 양(mol)과 같다. 이때 용

액의 부피는 (나) > (가)이므로 (가)의 $[\text{Cl}^-] >$ (나)의 $[\text{Na}^+]$ 이다. 따라서 $\frac{(\text{나}) \text{의 } [\text{Na}^+]}{(\text{가}) \text{의 } [\text{Cl}^-]} < 1$ 이다.

실력 UP 문제

246쪽

- 01 ① 02 ② 03 ① 04 ①

01 밀도가 $d \text{ g/mL}$ 인 수용액 50 g의 부피는 $\frac{50}{d} \text{ mL}$ 이다. (나)에서 만든 수용액의 몰농도를 $b \text{ M}$ 라고 하면 $1 \times b \times 20 = 1 \times x \times 50$ 이므로, $b = \frac{5x}{2}$ 이다. (나)에서 만든 수용액의 몰농도가 $\frac{5x}{2} \text{ M}$ 이고, 부피는 $\frac{50}{d} \text{ mL}$ 이므로 용액 속 CH_3COOH 의 양은 $\frac{5x}{2} \text{ mol/L} \times \frac{50}{d} \times 10^{-3} \text{ L} = \frac{x}{8d} \text{ mol}$ 이다. 식초 10 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 양은 (나)에서 만든 수용액 50 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 양과 같으므로 $\frac{x}{8d} \text{ mol}$ 이고 질량은 $\frac{x}{8d} \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = \frac{15x}{2d} \text{ g}$ 이다. 따라서 식초 1 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 $\frac{15x}{2d} \text{ g} \times \frac{1}{10} = \frac{3x}{4d} \text{ g}$ 이므로 $a = \frac{3x}{4d}$ 이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

	산성 (가)	중성 (나)	염기성 (다)
혼합 용액	(가)	(나)	(다)
$\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	10	20	30
모든 음이온의 양(mol)	$x \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
모든 양이온의 양(mol)			

• 2가 산 수용액에서 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다. 중화점까지 넣어 준 염기 수용액 속 OH^- 의 양만큼 H^+ 이 감소하고, 감소한 H^+ 의 양만큼 염기의 양이온이 첨가되므로 용액 속 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 로 일정하다.

• (가)는 산성이므로 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이고, (다)는 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} > \frac{1}{2}$ 이므로 중화점을 지난 염기성이다.

(가)는 산성 용액이므로 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $x = \frac{1}{2}$ 이다.

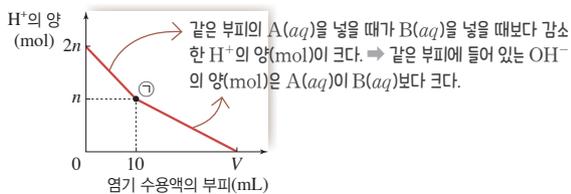
(다)에서 혼합 전 0.2 M $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 20 mL와 a M $\text{NaOH}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$\text{H}^+ : 8, \text{X}^{2-} : 4$	$\text{X}^{2-} : 4$
$\text{Na}^+ : 30a, \text{OH}^- : 30a$	$\text{Na}^+ : 30a, \text{OH}^- : 30a - 8$

따라서 (다)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{30a - 4}{30a} = \frac{2}{3}$ 이므로

$a = \frac{2}{5}$ 이고, $x \times a = \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} = \frac{1}{5}$ 이다.

03 품평 문제 분석



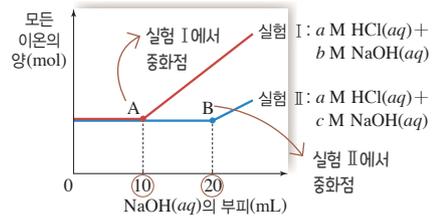
- $\text{A}(aq)$ 은 x M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$, $\text{B}(aq)$ 은 x M $\text{XOH}(aq)$ 이다.
- 0.4 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 x M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)의 2배이다.
 $\Rightarrow 1 \times 0.4 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 2 \times x \times 10 \times 10^{-3}$, $x = 0.2$ 이다.

ㄱ. 그림에서 기울기가 급할수록 일정 부피의 염기 수용액에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)이 크다. 이때 넣어 준 염기 수용액의 농도가 x M로 같으므로 $\text{A}(aq)$ 은 2가 염기 수용액인 x M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 이다.

ㄴ. 0.4 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 x M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 10 mL를 넣었을 때 H^+ 의 양(mol)이 절반이 되었으므로 0.4 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 x M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)의 2배이다. 따라서 $1 \times 0.4 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 2 \times x \times 10 \times 10^{-3}$, $x = 0.2$ 이다. 0.2 M $\text{XOH}(aq)$ ($V - 10$) mL를 첨가했을 때 중화 반응이 완결되는데, $\text{XOH}(aq)$ 과 $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 의 몰농도가 같으므로 같은 양(mol)의 OH^- 을 포함한 염기 수용액의 부피는 $\text{XOH}(aq)$ 이 $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 의 2배이다. 따라서 $V - 10 = 20$, $V = 30$ 이고 $x \times V = 0.2 \times 30 = 6$ 이다.

㉠에서 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 0.2 M $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 같다. 따라서 생성된 H_2O 의 양(mol)은 $2 \times 0.2 \times 10 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3}$ mol이다.

04 품평 문제 분석



- 일정량의 1가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 중화점까지 모든 이온의 양(mol)은 일정하게 유지되다가 중화점 이후 넣어 준 염기 수용액 속 모든 이온의 양(mol)만큼 증가한다.
- 실험 I에서 a M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 b M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 10 mL이다. $\Rightarrow a : b = 1 : 1$ 이다.
- 실험 II에서 a M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 c M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 20 mL이다. $\Rightarrow a : c = 2 : 1$ 이다.

ㄱ. $a : b = 1 : 1$ 이고 $a : c = 2 : 1$ 이므로 $a : b : c = 2 : 2 : 1$ 이다. 따라서 $\frac{b+c}{a} = \frac{3}{2}$ 이다.

ㄴ. I의 A와 II의 B는 각각 모든 이온의 양(mol)이 일정하게 유지되다가 증가하기 시작하므로 완전히 중화된 지점인 중화점이다. 따라서 I의 A와 II의 B에서 용액의 색상은 모두 중성이므로 pH는 I의 A에서와 II의 B에서가 같다.

ㄷ. I의 A와 II의 B는 모두 중화점이므로 각각 용액 속 Cl^- 의 양(mol)과 Na^+ 의 양(mol)이 같다. 따라서 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Cl}^-]}$ 는 I의 A에서와 II의 B에서가 모두 1로 같다.

중단원 핵심 정리

247쪽

- ① 중화 반응 ② 알짜 이온 반응식 ③ 구경꾼 이온 ④ 염
- ⑤ 염기성 ⑥ 산성 ⑦ 제산제 ⑧ 1 : 1 ⑨ 표준 용액
- ⑩ 중화점 ⑪ 지시약 ⑫ 피펫 ⑬ 뷰렛 ⑭ H^+ ⑮ Na^+

중단원 마무리 문제

248쪽~252쪽

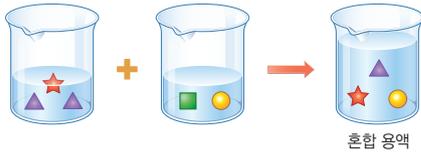
- 01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ③ 06 ③
- 07 ③ 08 ③ 09 ⑤ 10 ② 11 ③ 12 ①
- 13 ④ 14 ④ 15 ③ 16 ④ 17 해설 참조
- 18 해설 참조 19 해설 참조 20 해설 참조

01 학생 C. 중화 반응에서 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 반응한 H^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 같다.

바로알기 학생 A. 중화 반응에서 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 반응에 참여하는 이온이다.

학생 B. 염기 수용액에 산 수용액을 넣으면 중화점까지 OH^- 수는 감소하고 용액의 부피가 증가하므로 OH^- 의 몰농도(M)는 감소한다.

02 **꼼꼼 문제 분석**



- ★과 ●은 혼합 전과 혼합 후에 수가 일정하다. → 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.
- ▲, ■은 혼합 후 수가 감소한다. → 반응에 참여하는 이온으로 각각 H^+ 과 OH^- 중 하나이다.

ㄱ. ●은 혼합 전과 후에 수가 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

바로알기 ㄴ. ★은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 산의 음이온 또는 염기의 양이온이다. 따라서 ★은 OH^- 이 아니다.

ㄷ. 혼합 용액에는 중화 반응에 참여하는 이온인 ▲이 존재하므로 혼합 용액의 액성은 산성과 염기성 중 하나이다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

혼합 용액	염기성		중성	산성
	(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(aq) 5	NaOH(aq) 10	15	20
	NaOH(aq) 25	HCl(aq) 20	15	10

부피비 1 : 1

- HCl(aq)과 NaOH(aq)의 몰농도(M)가 같으므로 같은 부피에 들어 있는 H^+ 수와 OH^- 수가 같다. → HCl(aq)과 NaOH(aq)은 1 : 1의 부피비로 반응한다.
- (가)와 (나)는 염기성, (다)는 중성, (라)는 산성 용액이다.
- 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 H^+ 의 양(mol) 또는 OH^- 의 양(mol)과 같다. → 생성된 H_2O 의 양(mol)은 (다) > (나) = (라) > (가)이다.

ㄱ. HCl(aq)과 NaOH(aq)은 1 : 1의 부피비로 반응하므로 (라)에는 반응하지 않은 HCl(aq)이 남아 있으며, (라)의 pH가 가장 작다.

ㄴ. 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 H^+ 의 양(mol) 또는 OH^- 의 양(mol)과 같으므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 (가)에서 가장 작다.

ㄷ. (나)에는 반응하지 않은 NaOH(aq)이 10 mL 남아 있고, (라)에는 반응하지 않은 HCl(aq)이 10 mL 남아 있다. 이때 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 몰농도가 같으므로 같은 부피에 들어 있는 전체 이온 수가 같다. 따라서 전체 이온 수는 (나)와 (라)가 같다.

04 ㄱ. (가)~(다)는 모두 중화 반응을 이용한 사례이다.

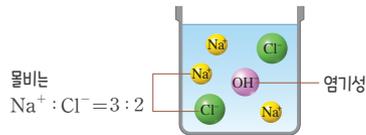
ㄷ. 제산제, 탄산수소 나트륨, 생선의 비린내의 원인 물질은 모두 염기성 물질이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 위산은 산성 물질이고, 제산제는 염기성 물질이므로 반응이 일어날 때 pH가 증가한다.

(나)에서 김치찌개의 신맛을 내는 물질은 산성 물질이고, 탄산수소 나트륨은 염기성 물질이므로 반응이 일어날 때 pH가 증가한다.

(다)에서 생선의 비린내는 염기성 물질이고, 레몬즙에는 산성 물질이 들어 있으므로 반응이 일어날 때 pH가 감소한다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



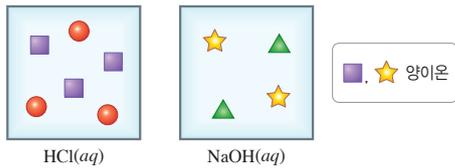
- 산의 음이온과 염기의 양이온은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다. → 혼합 전과 후 양(mol)이 각각 일정하다.
- x M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 과 y M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 몰비는 2 : 3이다.
→ $x : y = 2 : 3$
- 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 H^+ 의 양(mol) 또는 OH^- 의 양(mol)과 같다.

ㄱ. 혼합 용액은 OH^- 이 존재하는 염기성 용액이므로 25 °C에서 pH > 7.0이다.

ㄴ. 산의 음이온과 염기의 양이온은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 혼합 전과 후 양(mol)이 같다. 따라서 x M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 과 y M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 몰비는 2 : 3이므로 $x : y = 2 : 3$ 이고, $\frac{y}{x} = \frac{3}{2}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 반응한 H^+ 의 양(mol) 또는 OH^- 의 양(mol)과 같다. 혼합 용액에는 반응하지 않은 OH^- 이 존재하므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 용액 속 Na^+ 의 양(mol)보다 작다.

06 — 꼼꼼 문제 분석



- HCl(aq)에 들어 있는 양이온인 \blacksquare 은 H^+ 이므로 \bullet 은 음이온인 Cl^- 이다.
- NaOH(aq)에 들어 있는 양이온인 \star 은 Na^+ 이므로 \blacktriangle 은 음이온인 OH^- 이다.
- \blacksquare (H^+)과 \blacktriangle (OH^-)은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 혼합 용액은 \blacksquare (H^+)이 존재하는 산성 용액이다.

ㄱ. 혼합 용액은 \blacksquare (H^+)이 존재하는 산성 용액이므로 25 °C에서 $pH < 7.0$ 이다.

ㄷ. 혼합 용액에 존재하는 \blacksquare (H^+) 수는 1이고, NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 \blacktriangle (OH^-) 수는 1이므로, 혼합 용액에 NaOH(aq) 5 mL를 추가하면 용액의 액성은 중성이 된다.

바로알기 ㄴ. \bullet 은 반응에 참여하지 않는 이온이므로 혼합 용액에 존재하는 \bullet 수는 3이다. \blacktriangle 은 반응에 참여하는 OH^- 으로 H^+ 과 반응하여 모두 소모되므로 산성인 혼합 용액에는 존재하지 않는다.

07 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		모든 이온의 몰농도(M) (할상댓값)
	HCl(aq)	NaOH(aq)	
(가)	10	20	3
(나)	20	10	2

- 1가 산 수용액과 1가 염기 수용액이 반응한 혼합 용액의 액성이 산성일 때 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 산 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같고, 용액의 액성이 염기성일 때 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 염기 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같다.
- 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 모든 이온의 몰농도 합과 부피의 곱에 비례한다. \Rightarrow (가)와 (나)의 부피가 같고 몰농도 합의 비는 (가) : (나) = 3 : 2이다. \Rightarrow 모든 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)의 1.5배이다.
- (가)가 산성이면 (나)는 (가)보다 염기 수용액의 부피가 작고, 산 수용액의 부피가 크므로 산성이다. \Rightarrow 모든 이온의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이어야 한다. \Rightarrow 타당하지 않다.
- (나)가 염기성이면 (가)는 염기성이고, 모든 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이어야 한다. \Rightarrow 타당하지 않다.
- (가)가 중성이면 (나)는 산성이고 모든 이온의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이어야 한다. \Rightarrow 타당하지 않다. \Rightarrow (가)는 염기성이다.
- (나)가 중성이면 (가)는 염기성이고 모든 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이어야 한다. \Rightarrow 타당하지 않다. \Rightarrow (나)는 산성이다.

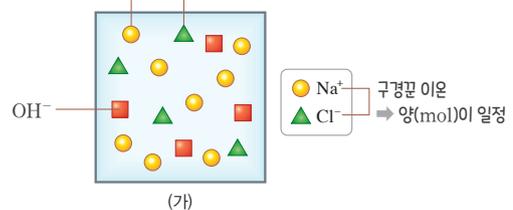
ㄱ. (가)는 염기성이다.

ㄴ. (가)는 염기성이므로 (가)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 b M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)과 같다. (나)는 산성이므로 (나)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 a M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)과 같다. 따라서 $b \times 20 : a \times 20 = 3 : 2$, $a : b = 2 : 3$ 이고, $\frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 몰농도(M)의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 3이므로 반응 부피비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 3 : 2이다. 따라서 a M HCl(aq) 15 mL와 b M NaOH(aq) 15 mL를 혼합한 용액의 액성은 염기성이다.

08 — 꼼꼼 문제 분석

몰비는 $Na^+ : Cl^- = 8 : 4 = 2 : 1$



- Na^+ 과 Cl^- 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 반응 전과 후 양(mol)이 각각 일정하다. $\Rightarrow x$ M NaOH(aq) 8 mL에 들어 있는 Na^+ 수는 8이고, y M HCl(aq) 8 mL에 들어 있는 Cl^- 수는 4이다.
- 가장 많이 존재하는 이온이 염기의 양이온(Na^+)이므로 (가)의 액성은 염기성이다. $\Rightarrow \blacksquare$ 은 OH^- 이다.

ㄱ. Na^+ 과 Cl^- 은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 반응 전과 후 양(mol)이 각각 일정하다. 따라서 x M NaOH(aq) 8 mL에 들어 있는 Na^+ 수는 8이고, y M HCl(aq) 8 mL에 들어 있는 Cl^- 수는 4이므로 $x : y = 2 : 1$ 이고, $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

ㄴ. 가장 많이 존재하는 이온이 염기의 양이온(Na^+)이므로 (가)의 액성은 염기성이다. 따라서 (가)에 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉은색을 나타낸다.

바로알기 ㄷ. (가)에 존재하는 OH^- 수는 4이고, y M HCl(aq) 4 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 2이다. 따라서 (가)에 y M HCl(aq) 4 mL를 추가한 용액의 액성은 염기성이고, 이 혼합 용액에 존재하는 이온은 Na^+ , Cl^- , OH^- 3가지이다.

09 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			혼합 용액 속 H ⁺ 또는 OH ⁻ 의 양(mol)(상댓값)
	HX(aq)	HY(aq)	ZOH(aq)	
(가) 염기성	30	10	40	5
(나) 중성	20	30	30	① 중성
(다) 산성	20	40	20	6

- (나)는 H⁺ 또는 OH⁻이 모두 존재하지 않으므로 중성 용액이다.
- (다)는 중성인 (나)보다 산 수용액의 부피가 크고 염기 수용액의 부피가 작다. → (다)는 산성이고, (가)는 염기성이다.
- 중성 용액에서 혼합 전 산 수용액 속 H⁺의 양(mol)과 염기 수용액 속 OH⁻의 양(mol)은 같다. → $20a + 30b = 30c$

ㄱ. (가)와 (다)의 액성은 서로 다르고, (나)는 중성, (다)는 산성이므로 (가)는 염기성이다.

ㄴ. (가)는 염기성, (나)는 중성, (다)는 산성이므로 (가)~(다)에 서는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

(가) $40c - (30a + 10b) = 5k \dots ①$

(나) $20a + 30b - 30c = 0 \dots ②$

(다) $20a + 40b - 20c = 6k \dots ③$

①~③을 풀면 $a = 0.3k, b = 0.2k, c = 0.4k$ 이므로 $a + b > c$ 이다.

ㄷ. 산과 염기가 각각 1가 산, 1가 염기이므로 산 수용액과 염기 수용액의 혼합 용액이 염기성일 때 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 염기 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같다. 산 수용액과 염기 수용액의 혼합 용액이 중성일 때 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 산 또는 염기 수용액 속 모든 이온의 양(mol)과 같다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

10 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		pH
	HCl(aq)	NaOH(aq)	
(가)	80	20	①.0 [H ⁺] = 1×10^{-1} M
(나)	60	40	a

- (가)의 pH가 1.0이므로 [H⁺] = 0.1 M이고, 용액의 부피가 0.1 L이므로 H⁺의 양은 0.01 mol이다.
- 0.5 M HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 $0.5 \times 80 \times 10^{-3} = 0.04$ mol이다. → x M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH⁻의 양은 0.03 mol이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액은 0.5 M HCl(aq) 140 mL와 1.5 M NaOH(aq) 60 mL를 혼합한 용액과 같다. 따라서 혼합 용액에서 Cl⁻의 양(mol)은 $0.5 \times 140 \times 10^{-3} = 0.07$, Na⁺의 양(mol)은 $1.5 \times 60 \times 10^{-3} = 0.09$ 이므로 $\frac{[Na^+]}{[Cl^-]} = \frac{9}{7}$ 이다.

ㄱ. (가)의 pH가 1.0이므로 [H⁺] = 0.1 M이고, 용액의 부피가 0.1 L이므로 H⁺의 양은 0.01 mol이다. 이때 0.5 M HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)이 $0.5 \times 80 \times 10^{-3} = 0.04$ 이므로 x M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH⁻의 양은 0.03 mol이다. $x \times 20 \times 10^{-3} = 0.03$ 이고, $x = 1.5$ 이다.
 ㄴ. 0.5 M HCl(aq) 60 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)은 $0.5 \times 60 \times 10^{-3} = 0.03$ 이고, 1.5 M NaOH(aq) 40 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)은 $1.5 \times 40 \times 10^{-3} = 0.06$ 이다. 따라서 (나)에 존재하는 OH⁻의 양은 0.03 mol이고, 부피가 0.1 L이므로 [OH⁻] = 0.3 M이다. pOH = 1.0 - log 3이므로 pH = a = 14.0 - (1.0 - log 3) = 13.0 + log 3 > 13이다.

11 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		모든 음이온의 몰농도(M) 합(상댓값)	모든 음이온의 양(mol)
	H ₂ A(aq)	NaOH(aq)		
(가) 중성	10	30	3	120n
(나) 염기성	10	40	4	200n
(다) 염기성	5	20	x	

- (가)와 (나)에서 H₂A(aq)의 부피가 같고, 모든 음이온의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다. → (가)와 (나)는 산성이 아니다.
- (가)와 (나)가 모두 염기성이면 (가)에서 A²⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 10a, OH⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30b - 20a$ 이고, (나)에서 A²⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 10a, OH⁻의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $40b - 20a$ 이다. → 모든 음이온의 몰비는 (가) : (나) = 3 : 5이므로 $30b - 10a : 40b - 10a = 3 : 5$ 인데, 이 경우 (가)는 중성이 되므로 가정에 모순이 된다.
- (가)와 (나)에서 산 수용액의 부피는 같고, 염기 수용액의 부피는 (나)가 (가)보다 크므로 (가)는 중성, (나)는 염기성이다.

ㄱ. 용액 속 모든 음이온의 양(mol)은 모든 음이온의 몰농도와 부피의 곱에 비례하므로 (가)에 존재하는 모든 음이온의 양(mol)을 120n이라고 하면, (나)에 존재하는 모든 음이온의 양(mol)은 200n이다. 이때 (가)와 (나)에서 산 수용액의 부피가 같으므로 (가)와 (나)는 산성이 될 수 없다.

(가)와 (나)가 모두 염기성이면 조건에 부합하지 않으므로 (가)는 중성이고, (나)는 염기성이다. 따라서 $2 \times a \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times b \times 30 \times 10^{-3}$, $\frac{b}{a} = \frac{2}{3}$ 이다.

ㄴ. a M H₂A(aq) 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 양(mol)을 120n이라고 하면, b M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)이 240n이므로 (나)에서 혼합 전과 후 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
H ⁺ : 240n, A ²⁻ : 120n	A ²⁻ : 120n
Na ⁺ : 320n, OH ⁻ : 320n	Na ⁺ : 320n, OH ⁻ : 80n

(다)에서 혼합 전과 후 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$H^+ : 120n, A^{2-} : 60n$	$A^{2-} : 60n$
$Na^+ : 160n, OH^- : 160n$	$Na^+ : 160n, OH^- : 40n$

따라서 (나)와 (다)에서 모든 음이온의 몰농도(M)의 비는 $\frac{200n}{50}$
 $: \frac{100n}{25} = 4 : x, x = 4$ 이다.

바로알기 ㉔. (다)에는 OH^- 이 존재하므로 (다)의 액성은 염기성이다.

12 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액	(가) 중성	(나) 염기성
혼합 전 용액의 부피(mL)		
A(OH) ₂ (aq)	$V_1 \xrightarrow{2\text{배}} 2V_1$	
HB(aq)	15	V_2
H ₂ C(aq)	15	V_3
혼합 용액에 존재하는 모든 이온 수비	$C^{2-} : B^- : A^{2+}$ 1 : 2 : 2	1 : 1 : 2 : 3
모든 양이온의 양(mol)(상댓값)	1 $\xrightarrow{2\text{배}}$ 2	

- (가)에 존재하는 이온의 종류는 3가지이다. \Rightarrow (가)는 중성이고, 존재하는 이온은 A^{2+}, B^-, C^{2-} 이다.
- (나)에서 염기 수용액의 부피는 (가)의 2배이고, 모든 양이온의 양(mol)은 2배이다. $\Rightarrow A^{2+}$ 의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이다.

(가)에 존재하는 모든 이온의 종류가 3가지이므로 존재하는 이온은 A^{2+}, B^-, C^{2-} 이고, 용액의 액성은 중성이다. 즉, (가)에 존재하는 양이온은 A^{2+} 뿐이고, 이온 수비가 1 : 2 : 2이다. 용액은 전기적으로 중성이므로 이 조건을 만족하는 이온 수비는 $A^{2+} : B^- : C^{2-} = 2 : 2 : 1$ 이다.

이때 A(OH)₂(aq) V_1 mL에 들어 있는 A^{2+} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)을 $2n$ 이라고 하면, (가)에서 이온 수비 조건에 맞는 혼합 전과 후 용액 속 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$A^{2+} : xV_1 (=2n)$	$A^{2+} : xV_1 (=2n)$
$OH^- : 2xV_1 (=4n)$	$B^- : 30x (=2n)$
$H^+ : 30x (=2n), B^- : 30x (=2n)$	$C^{2-} : 15y (=n)$
$H^+ : 30y (=2n), C^{2-} : 15y (=n)$	

따라서 $30x = 30y$ 이고, OH^- 의 양(mol)과 H^+ 의 양(mol)이 같으므로 $2xV_1 = 30x + 30y = 60x, V_1 = 30$ 이다.

(나)에서 A(OH)₂(aq)의 부피가 (가)의 2배이고 모든 양이온의 양(mol)이 (나)가 (가)의 2배이므로 (나)는 염기성이다. 따라서 (나)에 존재하는 이온은 $A^{2+}, B^-, C^{2-}, OH^-$ 이고, 용액은 전기적으로 중성이므로 이온 수비는 $A^{2+} : B^- : C^{2-} : OH^- = 3 : 1 : 2 : 1$ 이다. A^{2+} 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $4n$ 이므로 이온 수비 조건에 맞는 혼합 전과 후 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$A^{2+} : 60x (=4n)$	$A^{2+} : 60x (=4n)$
$OH^- : 120x (=8n)$	$B^- : 2xV_2 (= \frac{4}{3}n)$
$H^+ : 2xV_2 (= \frac{4}{3}n)$	$C^{2-} : xV_3 (= \frac{8}{3}n)$
$B^- : 2xV_2 (= \frac{4}{3}n)$	$OH^- : 120x - 2xV_2 - 2xV_3$ $(= \frac{4}{3}n)$
$H^+ : 2xV_3 (= \frac{16}{3}n)$	
$C^{2-} : xV_3 (= \frac{8}{3}n)$	

따라서 $2xV_2 : 60x = \frac{4}{3}n : 4n$ 이므로 $V_2 = 10$ 이고,

$2xV_2 : xV_3 = \frac{4}{3}n : \frac{8}{3}n$ 이므로 $V_3 = 4V_2 = 40$ 이다.

$\frac{V_3}{V_1 + V_2} = \frac{40}{30 + 10} = 1$ 이다.

13 ④ (가)에서 $CH_3COOH(aq)$ 의 몰농도가 1 M이므로 (나)에서 만든 $CH_3COOH(aq)$ 의 몰농도는 0.1 M이다. 0.1 M $CH_3COOH(aq)$ x mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.2 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로

$1 \times 0.1 \times x \times 10^{-3} = 1 \times 0.2 \times 10 \times 10^{-3}, x = 20$ 이다.

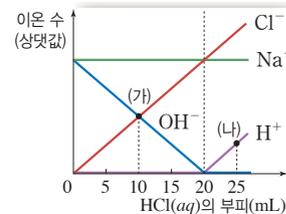
바로알기 ① 표준 용액을 만들거나 일정 농도로 용액을 희석할 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다. 따라서 '부피 플라스크'는 ㉠으로 적절하다.

② 중화 적정 실험에서 농도를 모르는 용액은 삼각 플라스크에 넣는다. 따라서 '삼각 플라스크'는 ㉡으로 적절하다.

③ 중화 적정 실험에서 표준 용액을 넣어 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다. 따라서 '뷰렛'은 ㉢으로 적절하다.

⑤ (라)에서 산 수용액을 염기 수용액으로 적정하므로 중화점까지 용액의 pH는 증가한다.

14 — 꼼꼼 문제 분석



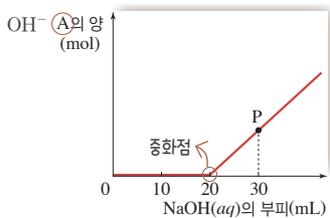
OH^- 수가 감소하다가 0이 되는 지점에서 중화 반응이 완결된다. \Rightarrow a M $NaOH(aq)$ 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 b M $HCl(aq)$ 의 부피는 20 mL이다. \Rightarrow 반응 부피비는 $NaOH(aq) : HCl(aq) = 1 : 2$ 이다. \Rightarrow 몰농도(M)의 비는 $a : b = 2 : 1$ 이다.

a M NaOH(aq) 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용한 b M HCl(aq)의 부피가 20 mL이므로 a M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 b M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 같다. 따라서 $a \times 10 \times 10^{-3} = b \times 20 \times 10^{-3}$ 이므로 $a = 2b$ 이다.

(가)에서 a M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $10a$ 이고, (나)에서 b M HCl(aq) 25 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $25b$ 이다. 이때 $a = 2b$ 이고, 혼합 용액의 부피는 (가)가 20 mL이고, (나)가 35 mL이므로

$$\frac{\text{(가)에서 } [\text{Na}^+]}{\text{(나)에서 } [\text{Cl}^-]} = \frac{\frac{20b}{20}}{\frac{25b}{35}} = \frac{7}{5} \text{이다. 따라서 } \frac{a}{b} \times \frac{\text{(가)에서 } [\text{Na}^+]}{\text{(나)에서 } [\text{Cl}^-]} = 2 \times \frac{7}{5} = \frac{14}{5} \text{이다.}$$

15 품평 문제 분석



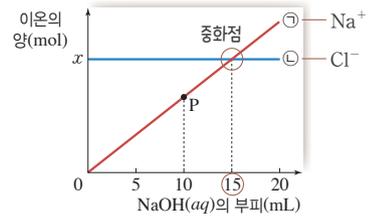
- A는 NaOH(aq)을 넣어 주는 반응 초기에는 존재하지 않다가 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL 이후부터 증가한다. \Rightarrow A는 OH^- 이다.
- 0.1 M HCl(aq) 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 a M NaOH(aq)의 부피는 20 mL이다.
 $\Rightarrow 1 \times 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times a \times 20 \times 10^{-3}$

ㄱ. A는 NaOH(aq)을 넣어 주는 반응 초기에는 존재하지 않다가 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL일 때부터 NaOH(aq)의 부피에 비례하여 증가하므로 OH^- 이다.

ㄷ. 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 $0.1 \times 10 \times 10^{-3}$ 이고, 0.05 M NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)은 $0.05 \times 30 \times 10^{-3}$ 이다. 따라서 P에서 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Cl}^-]} = \frac{3}{2}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL일 때가 중화점이므로 $1 \times 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times a \times 20 \times 10^{-3}$, $a = 0.05$ 이다.

16 품평 문제 분석



- ㉠은 넣어 준 NaOH(aq)에 들어 있는 구경꾼 이온인 Na^+ 이고, ㉡은 HCl(aq)에 들어 있는 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.
- 혼합 전 HCl(aq)에 들어 있는 H^+ 수는 Cl^- 수와 같고, NaOH(aq)에 들어 있는 OH^- 수는 Na^+ 수와 같다. \Rightarrow ㉠의 수와 ㉡의 수가 같아지는 지점이 중화점이다.

ㄴ. ㉠의 수와 ㉡의 수가 같아지는 지점이 중화점이므로

$$1 \times a \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times b \times 15 \times 10^{-3}, \frac{a}{b} = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

ㄷ. 반응 전 H^+ 의 양은 Cl^- 의 양과 같은 x mol이고, P는 중화 반응이 $\frac{10}{15} = \frac{2}{3}$ 만큼 진행된 지점이므로 생성된 H_2O 의 양은 $\frac{2}{3}x$ mol이다.

바로알기 ㄱ. ㉡은 수가 일정하므로 HCl(aq)에 들어 있는 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.

17 모범 답안 0.1 M KOH(aq) 30 mL에 들어 있는 이온은 K^+ 3개, OH^- 3개이고, KOH(aq)과 HCl(aq)의 몰농도가 같으며, KOH(aq)의 부피가 HCl(aq)의 3배이므로 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 이온은 H^+ 1개, Cl^- 1개이다. 따라서 혼합 용액에는 K^+ , OH^- , Cl^- 이 들어 있고, 이온 수비는 $\text{K}^+ : \text{OH}^- : \text{Cl}^- = 3 : 2 : 1$ 이다.

채점 기준	배점
이온의 종류와 이온 수비를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100%
이온의 종류와 이온 수비만 옳게 쓴 경우	40%

18 A~E의 양(mol)은 몰농도와 부피의 곱과 같으므로 I과 II에서 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

이온		A	B	C	D	E
이온의 양(mol) (상댓값)	I	60	60	120	0	0
	II	60	0	120	180	240

모범 답안 A와 C는 각각 HCl(aq)과 KOH(aq)의 혼합 용액에 존재하는 이온 중 반응에 참여하지 않는 Cl^- , K^+ 중 하나이고, B는 I에 NaOH(aq)을 추가할 때 양(mol)이 0이 되므로 넣어 준 OH^- 과 반응하는 H^+ 이다. 따라서 C는 I에서 H^+ 보다 양(mol)이 많으므로 Cl^- 이고, A는 K^+ 이다. D와 E는 각각 NaOH(aq)에 존재하는 Na^+ 과 OH^- 중 하나인

데, OH^- 은 I에 존재하는 H^+ 과 일부 반응하므로 양(mol)이 작은 D가 OH^- 이고, E는 Na^+ 이다.

채점 기준	배점
A~E에 해당하는 이온이 모두 옳고, 판단 근거를 옳게 서술한 경우	100 %
A~E에 해당하는 이온 중 4가지를 옳게 서술한 경우	70 %
A~E에 해당하는 이온 중 2가지를 옳게 서술한 경우	30 %

19 1가 산과 1가 염기의 혼합 용액이 염기성일 때 용액 속 모든 양이온 수는 혼합 전 염기 수용액 속 양이온 수와 같고, 혼합 용액이 산성일 때 용액 속 모든 양이온 수는 혼합 전 산 수용액 속 양이온(H^+) 수와 같다. $\text{NaOH}(aq)$ 속 Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 용액 속 이온의 양(mol)은 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 비례한다. 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 (가)가 (나)보다 크지만 용액 속 모든 양이온의 양은 0.01 mol로 같으므로 (가)와 (나)의 액성이 다르고, (가)의 액성은 염기성이다. 이로부터 $\text{NaOH}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 각각 0.01 mol이다. (나)의 액성은 (가)와 다른데, (나)의 액성이 중성이라면 용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 의 Na^+ 의 양(mol)과 같으며, (가)와 (나)의 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피비가 4 : 3이므로 용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{3}{4}$ 이 되어야 하는데, 모든 양이온의 양(mol)이 같으므로 조건에 맞지 않다. 따라서 (나)의 액성은 산성이다. 이로부터 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)와 이온의 양(mol)				혼합 용액 속 모든 양이온의 양(mol)
	$\text{HCl}(aq)$		$\text{NaOH}(aq)$		
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-	
(가)	20		80		0.01
	0.005	0.005	0.01	0.01	
(나)	40		60		0.01
	0.01	0.01	0.0075	0.0075	

같은 부피에 들어 있는 이온의 양(mol)은 $\text{HCl}(aq)$ 이 $\text{NaOH}(aq)$ 의 2배이므로 $x : y = 2 : 1$ 이다.

모범 답안 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 (가)가 (나)보다 크지만 혼합 용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 같으므로 (가)와 (나)의 액성이 다르며, (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다. $\text{NaOH}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)이 같으므로 용액의 몰농도는 $\text{HCl}(aq)$ 이 $\text{NaOH}(aq)$ 의 2배이다. 따라서 $x : y = 2 : 1$ 이므로 $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

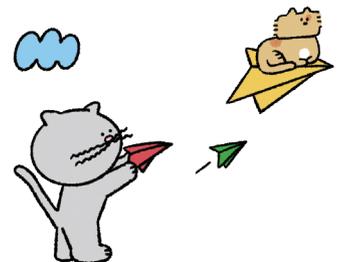
채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

20 (1) ㉠은 용액의 부피를 측정하여 옮기는 데 사용하므로 피펫이다. 중화점에서 혼합 용액 전체가 붉은색으로 변하므로 ㉡은 페놀프탈레인이다.

모범 답안 (1) ㉠ 피펫 ㉡ 페놀프탈레인

(2) $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰농도를 x M라고 하면 x M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 10 mL를 완전히 중화시키는 데 사용된 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 20 mL이므로 $1 \times x \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3}$, $x = 0.2$ 이다.

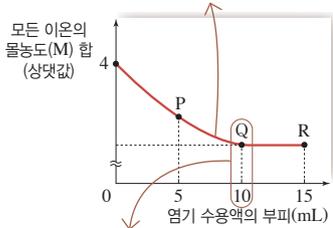
채점 기준	배점
(1) ㉠, ㉡이 모두 옳은 경우	50 %
	㉠, ㉡ 중 1가지만 옳은 경우
(2) 답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	50 %
	답만 옳은 경우



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

01 — **꼼꼼 문제 분석**

1가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 중화점까지 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 일정하다. ⇒ 혼합 용액의 부피가 증가하므로 몰농도는 감소하다가 일정해진다.



Q에서 중화 반응이 완결된다. ⇒ a M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 b M NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 c M KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)의 합과 같다.

선택지 분석

✗ 용액의 pH는 $P > Q > R$ 이다. $R > Q > P$

✗ $\frac{a+b}{c} = 4$ 이다. 5

Ⓒ P에서 H^+ 의 몰농도(M)의 상댓값은 $\frac{1}{3}$ 이다.

전략적 풀이 ① 1가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 중화점까지 모든 이온의 양(mol)이 일정하다는 것을 적용하여 P, Q, R의 액성을 파악한다.

ㄱ. 중화점까지 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 일정하고 부피가 증가하므로 모든 이온의 몰농도 합은 감소하다가 일정해진다. 따라서 Q가 중화점이므로 P는 산성, Q는 중성, R는 염기성이고 용액의 pH는 $R > Q > P$ 이다.

② 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰농도 합을 이용하여 a M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)을 구한다.

ㄴ. (가)에서 a M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 모든 이온의 몰농도(M) 합이 4이므로 모든 이온의 양(mol)을 $40n$ 이라고 하면, H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)은 각각 $20n$ 이다. Q가 중화점이므로 Q에 존재하는 이온은 Cl^- , Na^+ , K^+ 이고 Cl^- 의 양(mol)이 $20n$ 이므로 Na^+ 의 양(mol)과 K^+ 의 양(mol)의 합은 $20n$ 이다. 즉, Q에서 모든 이온의 양(mol)이 $40n$ 이고 혼합 용액의 부피가 20 mL이므로 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{40n}{20 \times 10^{-3}} = 2000n$ 이다. 중화점 이후 몰농도 합이 일정하므로 R에서도 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $2000n$ 이고, 혼합 용액의 부피가 25 mL이므로 모든 이온의 양(mol)은 $50n$ 이다. 따라서 c M KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)이 $10n$ 이고,

K^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $5n$ 이므로 Q에서 K^+ 의 양(mol)이 $5n$, Na^+ 의 양(mol)이 $15n$ 이다. a M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 $20n$, b M NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)은 $15n$, c M KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 K^+ 의 양(mol)은 $5n$ 이므로 같은 부피에 들어 있는 이온의 몰비는 $Cl^- : Na^+ : K^+ = 2 : 3 : 1$ 이고, $\frac{a+b}{c} = 5$ 이다.

③ P에서 혼합 전과 후 용액에 존재하는 이온의 종류와 양을 구하여 H^+ 의 몰농도의 상댓값을 구한다.

ㄷ. a M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $20n$ 이고, b M NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $15n$ 이므로 P에서 H^+ 의 양(mol)은 $5n$ 이다. 이때 용액의 부피가 15 mL이므로 P에서 H^+ 의 몰농도의 상댓값을 x 라고 하면

$$\frac{40n}{10} : \frac{5n}{15} = 4 : x, x = \frac{1}{3}$$

02 — **꼼꼼 문제 분석**

혼합 용액		(가) 산성	(나) 산성	(다)
혼합 전 용액의	$H_2A(aq)$	20	20	20
부피(mL)	$NaOH(aq)$	20	30	60
pH			1.0	
모든 이온의 몰농도(M) 비		$\begin{matrix} A^{2-} & H^+ \\ Na^+ \end{matrix}$	A^{2-}	\ominus

- (나)는 $pH < 7.0$ 이다. ⇒ 산성 용액이다.
- (가)는 산성인 (나)보다 염기 수용액의 부피가 작다. ⇒ (가)는 산성이고, 존재하는 이온은 H^+ , A^{2-} , Na^+ 이다.
- 용액에 존재하는 이온의 몰농도 비는 이온 수비와 같다. ⇒ (가)에서 이온 수비는 1 : 2 : 3이다.

선택지 분석

Ⓐ (가)의 액성은 산성이다.

Ⓑ $x = 0.1$ 이다.

Ⓒ (다)에서 \ominus 에 해당하는 이온의 몰농도는 $\frac{1}{20}$ M이다.

전략적 풀이 ① (나)의 액성으로부터 (가)의 액성을 파악하고, 용액에 존재하는 이온의 몰농도 비 조건에 맞는 이온의 양(mol)을 파악한다.

ㄱ. (나)는 pH가 1.0인 산성 용액이고, (가)는 (나)에 비해 산 수용액의 부피는 같고, 염기 수용액의 부피가 작으므로 산성 용액이다.

ㄴ. (가)는 산성이므로 존재하는 이온은 H^+ , A^{2-} , Na^+ 이고, 용액 속 이온의 몰비가 1 : 2 : 3이다. 그런데 용액에서 전체 양이온의 전하량과 전체 음이온의 전하량 합은 0이므로 A^{2-} 의 양

(mol)이 가장 클 수는 없다.

양(mol)이 가장 큰 이온을 Na^+ 으로 하여 양(mol)을 $3n$ 이라고 하고, H^+ 의 양(mol)을 n , A^{2-} 의 양(mol)을 $2n$ 으로 하면 (다)에서 모든 이온의 몰농도(M) 비가 1 : 2 : 3이 되지 않아 자료에 부합하지 않는다. 따라서 몰농도가 가장 큰 이온은 H^+ 이고, 그 양(mol)을 $3n$ 이라고 하면 A^{2-} 의 양(mol)은 $2n$, Na^+ 의 양(mol)은 n 이다. (가)에서 0.2 M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 A^{2-} 과 x M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 의 몰비가 2 : 1이므로 $0.2 \times 20 : x \times 20 = 2 : 1$ 이다. 따라서 $x = 0.1$ 이다.

② 용액의 몰농도와 부피로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구하고, (다)에서 ㉠에 해당하는 이온의 몰농도를 구한다.

㉡. (다)에서 혼합 전과 후 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
H^+ : 8, A^{2-} : 4 Na^+ : 6, OH^- : 6	H^+ : 2 A^{2-} : 4 Na^+ : 6

(다)에서 이온의 몰농도 비는 $\text{H}^+ : \text{A}^{2-} : \text{Na}^+ = 1 : 2 : 3$ 이므로 ㉠은 A^{2-} 이고, 그 양은 4×10^{-3} mol이다. 이때 용액의 부피가 80 mL이므로 ㉠의 몰농도는 $\frac{4 \times 10^{-3}}{80 \times 10^{-3}} = \frac{1}{20}$ M이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

• 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로 모두 이온화한다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			모든 양이온의 몰농도(M) 합 (상댓값)
	$\text{HCl}(aq)$	$\text{H}_2\text{A}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	
(가)	30	10	20	5
(나)	10	30	x	9
(다)	30	30	30	y

• (가)의 액성은 중성이고, (나)의 액성은 염기성이다.

- (가)의 액성은 중성이므로 (가)에서 산이 내놓는 H^+ 의 양(mol)의 합과 염기가 내놓는 OH^- 의 양(mol)은 같다.
- (가)와 (나)에 각각 존재하는 양이온은 Na^+ 뿐이다.

선택지 분석

① 10 ② 15 ③ 20 ④ 25 ⑤ 30

전략적 풀이 ① (가)의 액성을 이용하여 a 와 b 의 관계를 구한다.

a M $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30a$ 이고 b M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $20b$ 이며, $\frac{5}{2}a$ M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $50a$ 이다. 이때 (가)는 중성이므로 $30a + 20b = 50a$, $a = b$ 이다.

② 혼합 용액에 존재하는 모든 양이온의 몰농도 합(상댓값)을 이용하여 x 를 구한다.

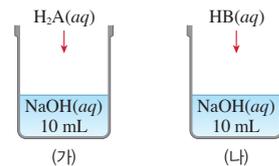
$\frac{5}{2}a$ M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL와 x mL에 들어 있는 Na^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $50a$, $\frac{5}{2}ax$ 이다. (나)는 염기성이므로 용액에 존재하는 양이온은 Na^+ 뿐이고 (가)와 (나)의 모든 양이온의 몰농도(M) 합의 비는 $\frac{50a}{60} : \frac{2.5ax}{40+x} = 5 : 9$, $x = 60$ 이다.

③ (다)에서 혼합 전과 후 용액에 존재하는 이온의 양(mol)을 구하여 모든 양이온의 몰농도 합(상댓값)을 구한다.

(다)에서 a M $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $30a$ 이고, b M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $60b (= 60a)$ 이며, $\frac{5}{2}a$ M $\text{NaOH}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 OH^- 의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $75a$ 이다. 따라서 (다)에 들어 있는 모든 양이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $90a$ 이므로 모든 양이온의 몰농도(M) 합의 비는 (가) : (다) = $\frac{50a}{60} : \frac{90a}{90} = 5 : y$,

$y = 6$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} \times \frac{x}{y} = 1 \times \frac{60}{6} = 10$ 이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



넣어 준 산 수용액의 부피(mL)	0	V	$3V$
혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰농도(M) 합 (상댓값)	(가)	1	$\frac{1}{2}$ 염기성 $\frac{1}{2}$ 산성
	(나)	1	$\frac{3}{5}$ 염기성 x

- (가)에서 산 수용액 V mL를 넣은 용액과 $3V$ mL를 넣은 용액의 모든 이온의 몰농도(M) 합이 같다. $\Rightarrow V$ mL를 넣은 용액은 염기성이고, $3V$ mL를 넣은 용액은 산성이다.
- (나)에서 산 수용액 V mL를 넣은 용액은 염기성이다.

선택지 분석

① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40 ⑤ 50

전략적 풀이 ① 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰농도(M) 합을 이용하여 NaOH(aq)과 H₂A(aq)의 몰농도 비를 구한다.

a M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양(mol)을 각각 n이라고 하고, H₂A(aq)과 HB(aq)의 농도가 b M로 같으므로 V mL에 들어 있는 A²⁻과 B⁻의 양(mol)을 m이라고 하면 산 수용액 V mL를 넣기 전과 후 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

이온	(가)		(나)	
	넣기 전	넣은 후	넣기 전	넣은 후
Na ⁺	n	n	n	n
OH ⁻	n	n-2m	n	n-m
H ⁺	2m	0	m	0
A ²⁻	m	m		
B ⁻			m	m

이때 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 (가)에서 2n-m, (나)에서 2n이고, 수용액의 부피가 같으므로 2n-m : 2n = 1/2 : 3/5, n=3m...①이다.

② (가)에서 산 수용액을 각각 V mL, 3V mL 넣은 후 이온의 몰농도를 비교하여 V와 x를 구한다.

(가)에서 H₂A(aq) 3V mL에 들어 있는 H⁺과 A²⁻의 양(mol)은 각각 6m, 3m이므로 혼합 용액 속 이온의 양(mol)은 Na⁺이 n, H⁺이 6m-n, A²⁻이 3m으로 모든 이온의 양은 9m이다.

따라서 $\frac{2n-m}{10+V} : \frac{9m}{10+3V} = 1 : 1$...②이고, 식 ①, ②를 풀면 $V = \frac{20}{3}$ 이다.

(나)에서 HB(aq) 3V mL에 들어 있는 H⁺과 B⁻의 양(mol)은 각각 3m이므로 혼합 용액 속 이온의 양(mol)은 Na⁺이 n(=3m), B⁻이 3m으로 모든 이온의 양(mol)은 6m이다. 따라

서 $\frac{6m}{10+V} : \frac{6m}{10+3V} = \frac{3}{5} : x$, $x = \frac{1}{3}$ 이고, $\frac{V}{x} = \frac{3}{\frac{1}{3}} = 20$

이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



• 수용액에서 H₂A는 H⁺과 A²⁻으로 모두 이온화한다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		모든 음이온의 몰농도(M) 합 (상댓값)
	H ₂ A(aq)	NaOH(aq)	
(가)	x	20	4
(나)	2x	60	3
(다)	x	y	6

• (나)의 액성은 중성이고, (가)와 (다)의 액성은 서로 다르다.

• (나)의 액성은 중성이다. → (나)에 존재하는 음이온은 A²⁻이고 양이온은 Na⁺이다.

선택지 분석

- ① 15 ② 20 ③ 25 ④ 30 ⑤ 35

전략적 풀이 ① (나)의 액성을 이용하여 a와 x를 구한다.

0.2 M NaOH(aq) 60 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 12이고, a M H₂A(aq) 2x mL에 들어 있는 H⁺과 A²⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 4ax, 2ax이다. (나)는 중성이므로 용액에 존재하는 이온은 Na⁺과 A²⁻이고, a M H₂A(aq) 2x mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)과 0.2 M NaOH(aq) 60 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)이 같으므로 4ax=12, ax=3이다.

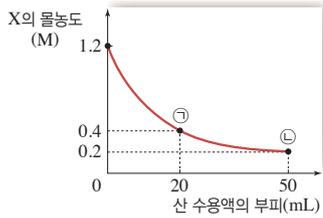
(가)에서 a M H₂A(aq) x mL에 들어 있는 H⁺과 A²⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 2ax(=6), ax(=3)이고, 0.2 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 4이므로 (가)는 산성이고, (가)에 존재하는 음이온은 A²⁻이다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰농도(M) 합의 비는 (가) : (나) = $\frac{ax}{20+x} : \frac{2ax}{60+2x} = 4 : 3$ 이고, x=10, a=0.3이다.

② (가)와 (다)에서 음이온의 몰농도 합의 비를 이용하여 y를 구한다.

(다)는 염기성이다. a M H₂A(aq) x mL에 들어 있는 H⁺과 A²⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 2ax(=6), ax(=3)이고, 0.2 M NaOH(aq) y mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양(×10⁻³ mol)은 각각 0.2y이므로 (다)에 존재하는 음이온의 양(×10⁻³ mol)은 A²⁻이 3, OH⁻이 0.2y-6이므로 모든 음이온의 양(×10⁻³ mol)은 0.2y-3이다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 모든 음이온

의 몰농도(M) 합의 비는 (가) : (다) = $\frac{3}{10+20} : \frac{0.2y-3}{10+y} = 4 : 6$, y=90이고, a×(x+y)=0.3×(10+90)=30이다.

06 — 꼼꼼 문제 분석



혼합 용액	㉠	㉡
모든 음이온의 몰농도(M) 비	1 : 1	1 : 1 : 3

- X는 Na^+ 과 OH^- 중 하나이다.
- 반응 전 X의 양(mol)을 $12n(=1.2 \times 10 \times 10^{-3})$ 이라고 하면 ㉠에서 X의 양(mol)은 $12n(=0.4 \times 30 \times 10^{-3})$ 이다. \rightarrow X는 반응에 참여하지 않는 Na^+ 이다.

선택지 분석

X는 OH^- 이다. Na^+

$\frac{c}{a+b} = \frac{2}{45}$ 이다.

㉠에서 A^- 의 양(mol) / ㉡에서 B^{2-} 의 양(mol) = 1이다. 3

전략적 풀이 1 넣어 준 산 수용액의 부피에 따른 X의 양(mol)을 비교하여 X를 파악한다.

ㄱ. $a \text{ M NaOH}(aq) 10 \text{ mL}$ 에 들어 있는 X의 양(mol)을 $12n$ 이라고 하면 ㉠에서 용액의 부피가 30 mL 이므로 X의 양(mol)은 $12n$ 이다. 따라서 X는 반응에 참여하지 않는 Na^+ 이다.

㉡ ㉠과 ㉡에서 모든 음이온의 몰농도 비를 이용하여 $a : b : c$ 와 이온의 양(mol)을 구한다.

ㄴ. ㉠에서 음이온의 종류가 2가지이므로 ㉠은 염기성이고 존재하는 음이온은 A^- 과 OH^- 인데, 몰농도 비가 $1 : 1$ 이므로 $b \text{ M HA}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 과 A^- 의 양(mol)을 각각 m 이라고 하면 $\text{A}^- : \text{OH}^- = m : 12n - m = 1 : 1$, $m = 6n$ 이다. 따라서 $10a : 20b = 12n : 6n$, $a = 4b$ 이다.

㉡에서 음이온의 종류가 3가지이므로 ㉡은 염기성이고, 존재하는 음이온은 A^- 과 B^{2-} , OH^- 이다. 이때 음이온의 몰농도 비가 $1 : 1 : 3$ 이므로 이온의 양(mol)은 A^- 이 $6n$, B^{2-} 이 $2n$, OH^- 이 $2n$ 이다. 따라서 $20b : 30c = 6n : 2n$, $c = \frac{2}{9}b$ 이다. $\frac{c}{a+b}$

$$= \frac{\frac{2}{9}b}{4b+b} = \frac{2}{45}$$

ㄷ. ㉠에서 A^- 의 양(mol)이 $6n$ 이고, ㉡에서 B^{2-} 의 양(mol)이 $2n$ 이므로 $\frac{\text{㉠에서 } \text{A}^- \text{의 양(mol)}}{\text{㉡에서 } \text{B}^{2-} \text{의 양(mol)}} = 3$ 이다.

07 — 꼼꼼 문제 분석

- 수용액에서 XOH 는 X^+ 과 OH^- 으로, HY 는 H^+ 과 Y^- 으로, HZ 는 H^+ 과 Z^- 으로 모두 이온화한다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			모든 음이온의 몰농도(M) 비
	$\text{XOH}(aq)$	$\text{HY}(aq)$	$\text{HZ}(aq)$	
(가) 염기성	20	5	15	2 : 3 : 3
(나) 중성	40	20	20	1 : 3

- (나)의 액성은 중성과 염기성 중 하나이다.

- (가)에 존재하는 음이온의 종류는 3가지이다. \rightarrow (가)에 존재하는 음이온은 Y^- , Z^- , OH^- 이고 (가)는 염기성이다.
- (나)에 존재하는 음이온의 종류는 2가지이다. \rightarrow (나)에 존재하는 음이온은 Y^- 과 Z^- 이고, (나)는 중성이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 1 (나)에 존재하는 음이온의 몰농도 비로 이온의 양(mol)을 구한다.

(나)에 존재하는 음이온은 Y^- 과 Z^- 이고, (나)는 중성이다. $a \text{ M XOH}(aq) 40 \text{ mL}$ 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $b \text{ M HY}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 $c \text{ M HZ}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)의 합과 같다.

(나)에서 $\text{HY}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 Y^- 의 양(mol)을 $30n$, $\text{HZ}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 Z^- 의 양(mol)을 $10n$ 이라고 하면, (나)에서 혼합 전과 후 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$\text{X}^+ : 40n, \text{OH}^- : 40n$	$\text{X}^+ : 40n$
$\text{H}^+ : 30n, \text{Y}^- : 30n$	$\text{Y}^- : 30n$
$\text{H}^+ : 10n, \text{Z}^- : 10n$	$\text{Z}^- : 10n$

이로부터 (가)에서 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 전	혼합 후
$\text{X}^+ : 20n, \text{OH}^- : 20n$	$\text{X}^+ : 20n$
$\text{H}^+ : \frac{15}{2}n, \text{Y}^- : \frac{15}{2}n$	$\text{OH}^- : 20n - 15n = 5n$
$\text{H}^+ : \frac{15}{2}n, \text{Z}^- : \frac{15}{2}n$	$\text{Y}^- : \frac{15}{2}n$
	$\text{Z}^- : \frac{15}{2}n$

따라서 (가)에서 모든 음이온의 몰농도 비는 $2 : 3 : 3$ 이므로 자료에 부합한다.

(나)에서 $\text{HY}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 Y^- 의 양(mol)을 $10n$, $\text{HZ}(aq) 20 \text{ mL}$ 에 들어 있는 Z^- 의 양(mol)을 $30n$ 이라고 하면 자료에 부합하지 않는다.

② 용액의 부피를 고려하여 (가) 10 mL와 (나) 10 mL에 들어 있는 음이온의 양(mol)을 구한다.

(가)의 부피가 40 mL이므로 (가) 10 mL에 들어 있는 음이온의 양(mol)은 $\text{OH}^- \frac{5}{4}n$, $\text{Y}^- \frac{15}{8}n$, $\text{Z}^- \frac{15}{8}n$ 이다. (나)의 부피가 80 mL이므로 (나) 10 mL에 들어 있는 음이온의 양(mol)은 $\text{Y}^- \frac{30}{8}n$, $\text{Z}^- \frac{10}{8}n$ 이다. 따라서 (가) 10 mL와 (나) 10 mL를 혼합한 용액에 존재하는 OH^- 과 Y^- 의 양(mol)은 각각 $\frac{5}{4}n$, $\frac{45}{8}n$ 이므로 $\frac{\text{OH}^- \text{의 몰농도(M)}}{\text{Y}^- \text{의 몰농도(M)}} = \frac{2}{9}$ 이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**

[자료]

수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로 모두 이온화한다.

$$\text{H}_2\text{X} \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{X}^{2-}$$

 이온의 양(mol)은 양이온 : 음이온 = 2 : 1이므로 H_2X 수용액에서 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = 2이고, 1가 염기인 NaOH 수용액을 추가하면 넣어 준 OH^- 만큼 H^+ 이 감소하고 감소한 H^+ 만큼 Na^+ 이 추가되므로 중화점까지 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = 2가 된다.

[실험 과정]

(가) a M $\text{H}_2\text{X}(aq)$ V mL와 b M $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL를 혼합하여 용액 I을 만든다.
 (나) 용액 I에 c M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL를 첨가하여 용액 II를 만든다.

[실험 결과] 용액 I의 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) < 2이다.

• 용액 I과 II에 대한 자료 → 용액 I의 액성은 염기성이다.

용액	I	II
양이온의 양(mol)	5	3
음이온의 양(mol)	3	2
모든 이온의 몰농도(M) 합(상댓값)	1	1

용액 I과 II의 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) 이 서로 다르다. → 용액 II의 액성은 용액 I과 다르므로 산성이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 일정량의 2가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 용액 속 양이온의 양(mol)과 음이온의 양(mol)의 변화를 파악하여 용액 I과 II의 액성을 판단한다.

H_2X 수용액에서 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = 2이고, NaOH 수용액을 추가하면 넣어 준 OH^- 만큼 H^+ 이 감소하고 감소한 H^+ 만큼 Na^+ 이 추가되므로 중화점까지 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = 2가 된다.

용액 I에서 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = $\frac{5}{3}$ 로 2보다 작으므로 용액 I의 액성은 염기성이고, 용액에 존재하는 양이온은 Na^+ 이다. 이때 Na^+ 의 양(mol)을 $5k$ 라고 하면 혼합 전후 용액 I에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

구분	Na^+	H^+	X^{2-}	OH^-
혼합 전 이온 양(mol)	$5k$	$4k$	$2k$	$5k$
혼합 후 이온 양(mol)	$5k$	0	$2k$	k

용액 II의 액성은 산성이므로 용액에 존재하는 양이온은 Na^+ , H^+ 이고 음이온은 X^{2-} , Cl^- 이다.

② 용액 II의 액성과 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol)을 이용하여 c M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)을 구한다.

c M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)을 각각 x 라고 하면, H^+ x mol 중 k mol은 OH^- 과 반응하므로 용액 II 속 H^+ 의 양(mol)은 $x - k$ 이다. 즉, 용액 II의 양이온의 양(mol)은 Na^+ $5k$, H^+ $x - k$ 이고, 음이온의 양(mol)은 X^{2-} $2k$, Cl^- x 이다. 따라서 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = $\frac{5k + (x - k)}{2k + x} = \frac{3}{2}$ 이므로 $x = 2k$ 이다. 이로부터 용액 II에 들어 있는 이온의 양(mol)은 Na^+ $5k$, H^+ k , X^{2-} $2k$, Cl^- $2k$ 이다.

③ 용액 I과 II의 전체 이온의 양(mol)과 부피를 이용하여 $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 의 부피(V)를 구한다.

용액 I에 들어 있는 전체 이온의 양은 $8k$ mol, 부피는 $(V + 50)$ mL이고, 용액 II에 들어 있는 전체 이온의 양은 $10k$ mol, 부피는 $(V + 70)$ mL이다. 이때 용액 I과 II에서 모든 이온의 몰농도(M) 합이 같으므로 $\frac{8k}{V + 50} = \frac{10k}{V + 70}$, $V = 30$ 이다.

④ 3가지 산, 염기 수용액의 구경꾼 이온의 양(mol)과 용액의 부피로부터 각 용액의 몰농도를 비교한다.

a M $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 X^{2-} 의 양(mol)이 $2k$, b M $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)이 $5k$, c M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 $2k$ 이므로 용액의 몰농도 비는 $a : b : c = \frac{2k}{30} : \frac{5k}{50} : \frac{2k}{20} = 2 : 3 : 3$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a+c} = \frac{3}{5}$ 이다.

09 — 꼼꼼 문제 분석

[자료]

- CH_3COOH 의 몰질량은 60 g/mol 이다.
- 25°C 에서 식초 A, B의 밀도(g/mL)는 각각 d_A, d_B 이다.
- [실험 과정] 물농도는 I이 식초 A의 $\frac{1}{10}$ 이고, II가 식초 B의 $\frac{1}{10}$ 이다.
- (가) 식초 A, B를 준비한다.
- (나) (가)의 A, B 각 10 mL 에 물을 넣어 각각 100 mL 수용액 I, II를 만든다.
- (다) $x \text{ mL}$ 의 I에 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 넣고 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 으로 적정하였을 때, 수용액 전체가 붉게 변하는 순간까지 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(V)를 측정한다.
- (라) $x \text{ mL}$ 의 I 대신 $y \text{ mL}$ 의 II를 이용하여 (다)를 반복한다.

[실험 결과]

- (다)에서 $V: 40 \text{ mL}$ • (라)에서 $V: 50 \text{ mL}$
- (가)에서 식초 1 g 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량

식초	A	B
CH_3COOH 의 질량(g)	$16w$	$15w$

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 실험 결과를 이용하여 수용액 I과 II의 몰농도를 구한다.

I의 몰농도를 $a \text{ M}$ 라고 하면 적정에 사용된 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피가 40 mL 이므로 $1 \times a \times x = 1 \times 0.2 \times 40$, $a = \frac{8}{x}$ 이다.

II의 몰농도를 $b \text{ M}$ 라고 하면 적정에 사용된 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피가 50 mL 이므로 $1 \times b \times y = 1 \times 0.2 \times 50$, $b = \frac{10}{y}$ 이다.

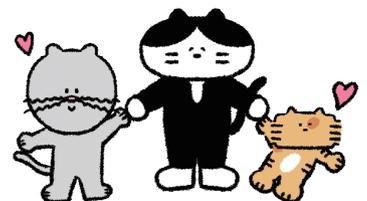
② 식초 A, B의 몰농도를 이용하여 식초 1 g 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량을 구해 x, y 를 구한다.

식초 A의 몰농도는 $\frac{80}{x} \text{ M}$ 이므로 식초 A 1 L 에 들어 있는 CH_3COOH 의 양은 $\frac{80}{x} \text{ mol}$ 이다. 식초 A 1000 mL 의 질량은 $1000 \text{ mL} \times d_A \text{ g/mL} = 1000d_A \text{ g}$ 이고, $1000d_A \text{ g}$ 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 $\frac{80}{x} \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = \frac{4800}{x} \text{ g}$ 이다. 식초 A 1 g 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 $16w \text{ g}$ 이므로 $1000d_A : \frac{4800}{x} = 1 : 16w$, $x = \frac{3}{10d_A w}$ 이다.

식초 B의 몰농도는 $\frac{100}{y} \text{ M}$ 이므로 식초 B 1000 mL 의 질량은 $1000d_B \text{ g}$ 이고 $1000d_B \text{ g}$ 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은

$\frac{100}{y} \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = \frac{6000}{y} \text{ g}$ 이다. 식초 B 1 g 에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 $15w \text{ g}$ 이므로 $1000d_B : \frac{6000}{y} =$

$1 : 15w$, $y = \frac{2}{5d_B w}$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{4d_A}{3d_B}$ 이다.





Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.



Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.



Memo

A large white rectangular area with rounded corners, containing 20 horizontal dashed lines for writing.