

1 화학과 우리 생활

빈칸 자료 보기

5쪽

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

- 1 (1) 암모니아는 질소 비료의 원료가 되므로 암모니아의 합성은 질소 비료의 생산을 증가시켰다.
(3) 암모니아를 물에 녹이면 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ 의 반응이 일어난다. 암모니아를 물에 녹인 수용액에는 OH^- 이 있으므로 수용액의 액성은 염기성이다.
(4) 암모니아를 구성하는 원소는 질소와 수소이다.

바로알기 | (2) Fe_3O_4 는 암모니아 합성 반응을 촉진시켜 주는 촉매이다.

- 2 (1) (가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 아세트산(CH_3COOH), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다. 메테인은 천연가스의 주성분이다.
(3) 에탄올은 살균, 소독 작용을 하므로 소독용 의약품의 원료로 이용된다.

바로알기 | (2) 아세트산은 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 아세트산 수용액은 산성이다.

- (4) $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 (가) $\frac{4}{1}=4$, (나) $\frac{4}{2}=2$, (다) $\frac{6}{2}=3$ 이므로 (가)가 가장 크다.

난이도별 필수 기출

6~9쪽

- | | | | | | |
|----------|------------|------|------|------|-----|
| 3 ③ | 4 ① | 5 ④ | 6 ④ | 7 ② | 8 ④ |
| 9 해설 참조 | 10 ⑥ | 11 ③ | 12 ④ | 13 ④ | |
| 14 ④ | 15 나, 다, 라 | 16 ⑤ | 17 ⑤ | | |
| 18 해설 참조 | 19 ④ | 20 ④ | 21 ③ | | |
| 22 해설 참조 | 23 ②, ⑦ | 24 ② | | | |

- 3 가. 1906년 하버는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 합성하였고, 이에 따라 암모니아를 원료로 하는 질소 비료의 대량 생산이 가능해졌다.

다. 암모니아를 원료로 이용하여 만든 질소 비료는 농산물의 생산량을 크게 증가시켜 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

바로알기 | 나. 암모니아의 화학식은 NH_3 이고, 구성 원소는 N(질소)와 H(수소)이다.

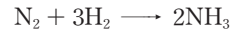
- 4 ② 하버는 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 대량으로 암모니아를 합성하는 방법을 개발하였다.

③ 질소는 생명체의 단백질과 핵산 등을 구성하므로 식물 성장에 필수적인 원소이다.

④ 질소와 수소는 공기 중에서 쉽게 반응하지 않으므로 고온 상태에서 촉매를 이용하여 반응시킨다.

⑤ 암모니아는 질소 비료의 원료로 이용되어 식량 생산량을 크게 증가시켰다.

바로알기 | ① 암모니아 생성 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $a=1$, $b=3$, $c=2$ 이므로 $a+b>c$ 이다.

- 5 가. 합성 섬유는 화석 연료를 원료로 하여 만들어진다. 화석 연료의 주요 원소는 탄소와 수소이다.

나. 합성 섬유는 공장에서 대량으로 생산하는 것이 가능하기 때문에 값이 싸고 대량으로 공급된다.

바로알기 | 다. 합성 섬유는 천연 섬유에 비해 질기지만 수분을 잘 흡수하지 못해 흡습성이 좋지 않다.

- 6 가. ㉠은 천연 섬유이고, ㉡은 합성 섬유이다.

나. 천연 섬유의 예로는 면, 마, 모, 견 등이 있고, 합성 섬유의 대표적인 예로는 나일론, 폴리에스터 등이 있다.

바로알기 | 다. 천연 섬유는 합성 섬유보다 흡습성이 좋으므로 속옷, 운동복 등을 만드는 데 사용한다.

- 7 (가)는 시멘트이고, (나)는 유리이다. 시멘트는 건축물의 외벽, 구조물 등을 만들 때 사용하고, 유리는 건축물 내부와 외부를 차단하면서 빛을 통과시키기 위해 사용한다.

8 플레밍은 푸른곰팡이에서 항생제로 사용할 수 있는 페니실린을 발견하였다. 페니실린은 최초의 항생제로, 인류의 수명 증가에 기여하였다.

- 9 **모범 답안** 암모니아를 대량으로 합성하는 제조 공정이 개발되어 질소 비료가 대량 생산되었고, 이로 인해 농업 생산량이 증가하였다.

- 10 ① 질소 비료의 사용으로 식량 생산량이 증가하였으므로 질소 비료는 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

② 합성 의약품의 개발로 질병을 쉽게 치료할 수 있어 인간의 평균 수명이 증가하였다.

③ 스티로폼은 단열 효과가 있어 추운 겨울철에도 건축물 내부의 온도를 따뜻하게 유지할 수 있게 하였다.

④ 합성염료의 개발로 의류의 색깔을 마음대로 조절할 수 있게 되었다.

⑤ 철근 콘크리트와 같은 건축 자재를 이용하여 높고 튼튼한 건물을 지을 수 있게 되었다.

바로알기 | ⑥ 질기고 값이 싼 합성 섬유의 개발은 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.

- 11 가. ㉠은 암모니아, ㉡은 나일론, ㉢은 철이다.

다. 콘크리트 속에 철을 넣어 만든 철근 콘크리트는 건축물을 높고 튼튼하게 지을 수 있게 하였다.

바로알기 | 나. 전 세계에서 가장 널리 사용되는 합성 섬유는 폴리에스터이고, ㉡(나일론)은 최초의 합성 섬유이다.

- 12 가. 콘크리트는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞어 반죽하여 만든 건축 자재로 강도가 크다.

나. 최초의 합성 섬유는 나일론이며, 나일론은 천연 섬유인 면보다 흡습성이 작다.

바로알기 | 다. 최초의 합성 의약품은 진통제, 해열제로 이용되는 아스피린이다.

- 13 나. C(탄소) 원자와 H(수소) 원자가 포함된 물질을 연소시키면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 따라서 (나)와 (다)의 연소 생성물은 이산화 탄소와 물로 같다.

ㄷ. 나일론과 폴리에스터는 합성 섬유로, 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.

바로알기 | ㄱ. (가)~(다)에는 모두 C(탄소) 원자가 포함되어 있으므로 (가)~(다)는 모두 탄소 화합물이다.

14 ㄱ. 탄소 원자는 원자가 전자 수가 4이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합할 수 있다.

ㄷ. 단백질, 지방, 탄수화물에는 모두 탄소 원자가 포함되어 있으므로 이들은 모두 탄소 화합물이다.

바로알기 | ㄴ. 탄소 수가 같은 물질이라도 탄소와 결합한 다른 원자의 종류와 수가 다를 수 있으므로 같은 탄소 수를 가지는 물질의 결합 구조가 항상 같지는 않다.

15 ㄴ, ㄷ, ㄹ. 탄소 원자가 포함되어 있는 물질은 탄소 화합물이므로 에탄올(C_2H_5OH), 메테인(CH_4), 아세트산(CH_3COOH)은 탄소 화합물이다.

바로알기 | ㄱ, ㅁ, ㅂ. 물(H_2O), 암모니아(NH_3), 염화 나트륨($NaCl$)은 탄소 원자가 포함되어 있지 않으므로 탄소 화합물이 아니다.

16 ㄱ. 석유 가스, 휘발유, 등유, 경유, 중유 등에는 탄소 원자가 포함되어 있다. 따라서 원유는 탄소 화합물의 혼합물이다.

ㄴ. 원유에 포함된 성분 물질들은 끓는점이 다르므로 원유는 성분의 끓는점 차를 이용한 분별 증류로 분리한다.

ㄷ. 석유 가스, 휘발유, 등유, 경유, 중유 등은 화학적 처리를 거쳐 화학 제품의 원료로 이용된다.

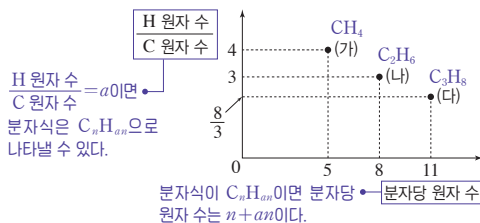
17 ㄱ. 탄소 원자는 원자가 전자 수가 4이므로 4개의 다른 원자와 공유 결합할 수 있다.

ㄴ. 탄소 원자는 다른 탄소 원자와 직선 형태인 사슬 모양으로 공유 결합하거나 고리 형태인 고리 모양으로 공유 결합할 수 있다.

ㄷ. 탄소 원자 사이에는 공유 결합이 1개인 단일 결합, 2개인 2중 결합, 3개인 3중 결합이 가능하다.

18 **모범 답안** 탄소 원자는 다른 원자들과 최대 4개의 결합을 하면서 다양한 구조를 만들 수 있기 때문이다.

19



ㄱ. $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 로부터 (가)는 C_nH_{4n} 으로 나타낼 수 있고, (가)의 분자당 원자 수는 5이므로 (가)는 CH_4 이다. (나)와 (다)도 같은 방법으로 분자식을 구하면 (나)는 C_2H_6 이고, (다)는 C_3H_8 이다. (가)는 액화 천연가스(LNG)의 주성분이다.

ㄷ. C 원자와 H 원자가 포함된 물질이 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다.

바로알기 | ㄴ. (나)의 분자식은 C_2H_6 이다.

20 (가)는 메테인(CH_4)이고, (나)는 에테인(C_2H_6)이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 탄화수소이고, 분자량이 (가)<(나)이므로 끓는점은 (가)<(나)이다.

ㄷ. 탄소 화합물에 포함된 C 원자는 완전 연소 후 이산화 탄소가 된다.

분자 1개에 들어 있는 C 원자 수는 (가) 1, (나) 2이므로 분자 1개가 완전 연소했을 때 생성되는 이산화 탄소의 수는 (가) 1, (나) 2이다. 따라서 완전 연소했을 때 분자 1개당 생성되는 이산화 탄소의 질량은 (가)<(나)이다.

바로알기 | ㄴ. 분자 1개당 $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 (가) 4, (나) 3이다.

21 ③ 아세트산(CH_3COOH)은 다른 물질과 잘 섞이므로 용매로 사용된다.

바로알기 | ① 새집 증후군을 유발하는 물질은 포름알데하이드($HCHO$)이다.

② 가정용 연료로 이용되는 물질은 메테인(CH_4)이다.

④ 식초의 성분으로, 알코올을 발효시켜 얻는 물질은 아세트산(CH_3COOH)이다.

⑤ 술의 성분으로, 곡물이나 과일을 발효시켜 얻는 물질은 에탄올(C_2H_5OH)이다.

22 **모범 답안** (1) (가) 포름알데하이드, (나) 에탄올

(2) 탄소 화합물이다. 물에 잘 녹는다. 완전 연소 생성물의 종류는 이산화 탄소와 물이다. 등

23 (가)는 메테인(CH_4), (나)는 에탄올(C_2H_5OH), (다)는 아세트산(CH_3COOH)이다.

① (가)는 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 사용된다.

③ (나)는 소독, 살균할 수 있으므로 손 소독제의 성분으로 이용된다.

④ (다)는 아스피린과 같은 의약품, 플라스틱과 같은 합성수지의 원료로 이용된다.

⑤ 분자 1개당 총 원자 수는 (가) 5, (나) 9, (다) 8이다.

⑥ C와 H 사이의 결합 수는 (가) 4, (다) 3이므로 (가)>(다)이다.

바로알기 | ② (나)는 물에 녹지만 H^+ 이나 OH^- 을 내놓지 않으므로 (나)의 수용액은 중성이다.

⑦ (나)와 (다)는 물에 잘 녹지만 (가)는 물에 잘 녹지 않는다.

24 메테인(CH_4)은 구성 원소가 C, H 2가지이고, 에탄올(C_2H_5OH)과 아세트산(CH_3COOH)은 구성 원소가 C, H, O 3가지이다. 메테인은 물에 거의 녹지 않고, 에탄올 수용액은 중성이며, 아세트산 수용액은 산성이다. 따라서 (가)는 ㄴ, (나)는 ㄱ이다.

2 화학식량과 몰

빈출 자료 보기

11쪽

25 (1) ○ (2) × (3) ×

26 (1) × (2) ○ (3) ×

25 (1) 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.

(가)~(다)의 질량이 같고, 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)~(다)의 밀도는

부피에 반비례한다. (가)~(다)의 분자량비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{1}{22}$

: $\frac{1}{11}$: $\frac{1}{8}$ = 4 : 8 : 11이다.

바로알기 | (2) 1 g에 들어 있는 원자 수는 $\frac{\text{분자당 원자 수}}{\text{분자량}}$ 에 해당하

로 (가) $\frac{5}{4}$, (나) $\frac{2}{8} = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 1 g에 들어 있는 원자 수는 (가)가 (나)의 5배이다.

(3) XY_4 의 분자량을 $4M$ 이라고 하면 Z_2 와 XZ_2 의 분자량은 각각 $8M$, $11M$ 이다. X의 원자량은 XZ_2 의 분자량 - Z_2 의 분자량 = $11M - 8M = 3M$ 이고, Z의 원자량은 $\frac{Z_2 \text{의 분자량}}{2} = \frac{8M}{2} = 4M$ 이다. 따라서 원자량은 Z가 X보다 크다.

26 (2) 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 기체의 부피는 A_2B_4 가 3 L, A_4B_8 이 2 L이므로 기체의 몰비는 $A_2B_4 : A_4B_8 = 3 : 2$ 이다. A_2B_4 를 구성하는 원자 수는 6이고, A_4B_8 을 구성하는 원자 수는 12이므로 총 원자 수비는 $A_2B_4 : A_4B_8 = 3 \times 6 : 2 \times 12 = 3 : 4$ 이다. 따라서 $x=4$ 이다.

바로알기 | (1) 기체의 몰비는 $A_2B_4 : A_4B_8 = 3 : 2$ 이다.

(3) 같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 안에 같은 분자 수를 가지므로 단위 부피당 질량은 분자량에 비례한다. A_4B_8 은 A_2B_4 보다 A, B 원자 수가 각각 2배이므로 분자량은 A_4B_8 이 A_2B_4 의 2배이다. 따라서 $y=1$ 이다.

난이도별 필수 기출

12~17쪽

- | | | | | | |
|-----------------------|------|----------|------|------|------|
| 27 ② | 28 ④ | 29 ⑤ | 30 ⑤ | 31 ⑤ | 32 ⑤ |
| 33 해설 참조 | 34 ③ | 35 해설 참조 | 36 ③ | | |
| 37 ② | 38 ② | 39 ⑤ | 40 ④ | 41 ③ | 42 ① |
| 43 ㉠ 16, ㉡ 11, ㉢ 2.24 | 44 ③ | 45 해설 참조 | | | |
| 46 해설 참조 | 47 ④ | 48 ③ | 49 ⑤ | 50 ③ | |
| 51 ③ | 52 ③ | 53 ② | 54 ④ | 55 ③ | |
| 56 해설 참조 | 57 ④ | 58 ④ | | | |

27 ① ^{12}C 원자의 원자량을 12로 정하고, 이를 기준으로 하여 나타낸 각 원자의 상대적인 질량을 원자량이라고 한다.

③ 원자 1개의 질량은 매우 작아 다루기 어려우므로 간단하게 표현할 수 있는 원자량을 이용한다.

④, ⑤ 분자량은 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다.

⑥ NaCl을 구성하는 원소는 Na와 Cl이므로 NaCl의 화학식량은 Na의 원자량과 Cl의 원자량의 합이다.

바로알기 | ② 원자량은 상대적인 질량이므로 단위가 없다.

28 첫 번째 저울에서 ' $4 \times C$ 의 원자량 = $3 \times X$ 의 원자량' 식이 성립하고, 두 번째 저울에서 ' $7 \times X$ 의 원자량 = $4 \times Y$ 의 원자량' 식이 성립한다. 따라서 C의 원자량이 12이면 X의 원자량은 16이고, Y의 원자량은 28이므로 화합물 YX_2 의 화학식량은 $28 + 2 \times 16 = 60$ 이다.

29 ① O_2 의 화학식량은 $2 \times 16 = 32$ 이다.

② CO_2 의 화학식량은 $12 + 2 \times 16 = 44$ 이다.

③ NH_3 의 화학식량은 $14 + 3 \times 1 = 17$ 이다.

④ C_3H_8 의 화학식량은 $3 \times 12 + 8 \times 1 = 44$ 이다.

⑤ NaCl의 화학식량은 $23 + 35.5 = 58.5$ 이다.

따라서 화학식량이 가장 큰 물질은 NaCl이다.

30 $A+B=25$, $A+3B=55$ 에서 A의 원자량은 10, B의 원자량은 15이고, $C+2B=46$ 에서 C의 원자량은 16이다. 따라서 원자량의 크기는 $C > B > A$ 이다.

31 ㄴ. 원자 1개의 질량비와 원자량비는 같으므로 $A : B = \frac{5}{3} \times 10^{-24} : x \times 10^{-23} = 0.5a : 6a$, $x=2$ 이다. A와 C에서 원자 1개의 질량비는 $A : C = \frac{5}{3} \times 10^{-24} : \frac{8}{3} \times 10^{-23} = 0.5a : y$, $y=8a$ 이다.

ㄷ. A~C의 원자량은 각각 $0.5a$, $6a$, $8a$ 이므로 BA_4 의 분자량은 $8a$, A_2C 의 분자량은 $9a$ 이다. 1 g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례하므로 BA_4 가 $\frac{1}{8a}$, A_2C 가 $\frac{1}{9a}$ 이다. 따라서 1 g에 들어 있는 분자 수는 $BA_4 > A_2C$ 이다.

바로알기 | ㄱ. $x=2$ 이다.

32 분자식이 X_2Y 이거나 XY_2 이다.

분자	분자당 원자 수	분자량
(가)	3	46
(나)	2	30

분자식은 XY 이다.

ㄱ. (가)의 분자식은 X_2Y 이거나 XY_2 이고, (나)의 분자식은 XY 이다. (가)의 분자식이 X_2Y 이면 X_2Y 의 분자량은 46, XY 의 분자량은 30이므로 X의 원자량은 16, Y의 원자량은 14이다. 이는 원자량은 Y가 X보다 크다는 조건에 부합하지 않으므로 모순이다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_2 이고, X의 원자량은 14, Y의 원자량은 16이다.

ㄴ. (가)의 분자식은 XY_2 이므로 $\frac{X \text{ 원자 수}}{Y \text{ 원자 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄷ. 1 g에 포함된 X 원자 수는 $\frac{\text{분자당 X 원자 수}}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. 따라

서 1 g에 포함된 X 원자 수는 (가) $\frac{1}{46}$, (나) $\frac{1}{30}$ 이므로 1 g에 포함된 X 원자 수는 (가) < (나)이다.

33 원자, 분자, 이온 1개의 질량이 매우 작으므로 적은 양에 포함되어 있는 원자, 분자, 이온의 수가 매우 크다. 매우 큰 수를 묶음 단위로 다루면 편리하므로 원자, 분자, 이온의 개수를 나타낼 때 몰(mol)이라는 단위를 사용한다.

모범 답안 원자, 분자, 이온 등은 매우 작고 가벼워 물질의 양이 적어도 그 속에는 많은 수의 입자가 포함되어 있으므로 묶음 단위를 사용하면 편리하기 때문이다.

34 ①, ② 원자 1 mol의 질량은 원자량 뒤에 g을 붙인 값과 같고, ^{16}O 의 원자량은 16이므로 O 원자 1 mol의 질량은 16 g이다.

④ 입자 6.02×10^{23} 개를 1 mol이라고 한다.

⑤ O_2 1 mol에는 O 원자 2 mol이 들어 있다. 6.02×10^{23} 을 아보가드로수(N_A)라고 하므로 O_2 1 mol에는 O 원자 수가 $2 \times$ 아보가드로수만큼 존재한다.

바로알기 | ③ ^{16}O 원자 1개의 질량은 $\frac{16}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

35 **모범 답안** C 원자 1개의 질량을 x 라고 하면 $12 \text{ g} : 6.02 \times 10^{23} \text{ 개} = x \text{ g} : 1 \text{ 개}$ 이므로 $x = \frac{12}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

36

$\bullet$ 분자의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$
 $\bullet$ CH₄의 양(mol) = $\frac{8 \text{ g}}{(\ominus)}$ = 0.5 mol
 $\bullet$ CH₄의 부피 = 0.5 mol $\times$ ($\ominus$)
 $\bullet$ CH₄의 수소 원자 수 = 0.5 mol $\times$ ($\ominus$) $\times$ 6.02 $\times$ 10²³
 $\bullet$ = 분자의 양(mol) $\times$ 분자당 수소 원자 수
 $\bullet$ 기체의 부피 = 기체의 양(mol) $\times$ 기체 1 mol의 부피

ㄱ. $\ominus$ 은 CH₄의 분자량이다. 분자 1 mol의 질량은 분자량 뒤에 g를 붙인 값과 같으므로 $\ominus$ 은 CH₄ 1 mol의 질량과 같다.

ㄴ. 모든 기체는 일정한 온도와 압력에서 같은 부피 안에 같은 분자 수를 가지므로 $\ominus$ 은 t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피이다.

바로알기 | ㄷ. CH₄ 1 mol에는 H 원자 4 mol이 들어 있으므로 CH₄ 0.5 mol에 들어 있는 H 원자 수는 0.5 mol $\times$ 4 $\times$ 6.02 $\times$ 10²³이다. 따라서 $\ominus$ 은 4이다.

37 ② CH₄ 16 g은 $\frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이고, 분자당 H 원자 수는 4이므로 CH₄ 16 g에 들어 있는 H 원자 수는 4 mol $\times$ N_A이다.

바로알기 | ① H₂O 27 g은 $\frac{27 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{3}{2} \text{ mol}$ 이므로 H₂O 27 g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{3}{2} \text{ mol} \times N_A$ 이다.

③ CO₂ 11.2 L는 $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이고, CO₂에서 분자당 O 원자 수는 2이므로 CO₂ 11.2 L에 들어 있는 O 원자 수는 1 mol $\times$ N_A이다.

④ O₃ 1 g은 $\frac{1}{48} \text{ mol}$ 이고, O₃에서 분자당 전체 원자 수는 3이므로 O₃ 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 $\frac{1}{16} \text{ mol} \times N_A$ 이다.

⑤ C₂H₆ 5.6 L는 $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = \frac{1}{4} \text{ mol}$ 이고 C₂H₆에서 분자당 전체 원자 수는 8이므로 C₂H₆ 5.6 L에 들어 있는 전체 원자 수는 2 mol $\times$ N_A이다.

38 ㄴ. O₂ 0.5 mol의 질량은 32 g/mol $\times$ 0.5 mol = 16 g이고, CH₄ 1 mol의 질량은 16 g/mol $\times$ 1 mol = 16 g이므로 질량은 서로 같다.

바로알기 | ㄱ. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, 1 mol의 부피는 모든 기체가 같으며, 1 mol의 질량은 분자량 뒤에 g를 붙인 값과 같으므로 밀도는 분자량에 비례한다. O₂의 분자량은 32, CH₄의 분자량은 16이다.

ㄷ. O₂는 분자당 원자 수가 2이므로 O₂ 0.5 mol의 원자 수는 1 mol $\times$ N_A이고, CH₄은 분자당 원자 수가 5이므로 CH₄ 1 mol의 원자 수는 5 mol $\times$ N_A이다.

ㄹ. O₂의 분자 수는 0.5 mol $\times$ N_A, CH₄의 분자 수는 1 mol $\times$ N_A이다.

39 NH₃ 85 g의 양(mol)은 $\frac{85 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$ 이다. 같은 조건에서 같은 용기에 N₂ 5 mol을 담을 수 있으며, N₂ 5 mol의 질량은 28 g/mol $\times$ 5 mol = 140 g이다.

40 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 질량 = 2.5 g/L $\times$ 22.4 L = 56 g이다. 각 기체의 분자량은 H₂S 34, CO₂ 44, NO₂ 46, C₄H₈ 56, SO₂ 64이므로 가능한 기체의 분자식은 C₄H₈이다.

41 (가)에서 CH₄은 $\frac{33.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.5 \text{ mol}$, (나)에서 NH₃는

$$\frac{17 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}, (\text{다}) \text{에서 } \text{CO}_2 \text{는 } \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} = 0.5 \text{ mol} \text{이다.}$$

ㄱ. CH₄과 NH₃의 분자량은 각각 16, 17이므로 CH₄ 1.5 mol의 질량은 24 g이고, NH₃ 1 mol의 질량은 17 g이다. 따라서 기체의 질량은 (가) > (나)이다.

ㄷ. 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. CH₄과 CO₂의 분자량은 각각 16, 44이므로 기체의 밀도는 (가) < (다)이다.

바로알기 | ㄴ. 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 NH₃ 1 mol의 부피는 22.4 L이고, CO₂ 0.5 mol의 부피는 11.2 L이다.

42 N₂의 분자량은 28이므로 N₂ $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 의 질량은 14 g이고, a = 14이다. C₆H₁₂O₆의 분자량은 180이므로 C₆H₁₂O₆ 60 g은 $\frac{1}{3} \text{ mol}$

이고, b = $\frac{1}{3}$ 이다. O₂의 분자량은 32이므로 O₂ 16 g은 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다.

25 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 O₂ 16 g의 부피는 12 L이고, c = 12이다. 따라서 a + b $\times$ c = 14 + $\frac{1}{3} \times 12 = 18$ 이다.

43

	$\frac{8}{0.5} = 16$	$44 \times 0.25 = 11(\text{g})$	$\frac{6.4}{64} = 0.1(\text{mol})$
분자	(가)	(나)	(다)
분자량	$\ominus$	44	64
질량(g)	8	$\ominus$	6.4
부피(L)	11.2	5.6	$\ominus$
	$\frac{11.2}{22.4} = 0.5(\text{mol})$	$\frac{5.6}{22.4} = 0.25(\text{mol})$	$0.1 \times 22.4 = 2.24(\text{L})$

(가)의 양(mol)은 0.5 mol, (나)의 양(mol)은 0.25 mol, (다)의 양(mol)은 0.1 mol이다. (가)에서 분자량 = $\frac{\text{질량}}{\text{기체의 양(mol)}}$ =

$\frac{8 \text{ g}}{0.5 \text{ mol}} = 16$ 이고, $\ominus = 16$ 이다. (나)에서 질량 = 분자량 $\times$ 기체의 양(mol) = 44 g/mol $\times$ 0.25 mol = 11 g이고, $\ominus = 11$ 이다. (다)에서 기체의 부피 = 기체의 양(mol) $\times$ 기체 1 mol의 부피 = 0.1 mol $\times$ 22.4 L/mol = 2.24 L이고, $\ominus = 2.24$ 이다.

44 ㄱ. 아보가드로수는 탄소 원자 1 mol에 들어 있는 입자 수로, 원자량의 기준이 달라지면 아보가드로수도 달라진다.

ㄴ. 원자량의 기준인 ¹²C의 원자량을 13으로 변경하면 다른 원자의 원자량도 현재 사용하는 값과 달라지므로 NH₃의 분자량도 달라진다.

바로알기 | ㄷ. 원자의 실제 질량은 변하지 않는 값이므로 ¹²C의 원자량을 13으로 바꾸어도 H 원자 1개의 질량은 변하지 않는다.

45 A와 B의 원자량을 각각 a, b라고 하면 (가)에서 2a + b = 44, (나)에서 a + 2b = 46이고, 이 식을 풀면 a = 14, b = 16이다. (다)는 분자량이 74이므로 14 $\times$ 3 + 16 $\times$ 2 = 74에 의해 A 원자 3개와 B 원자 2개로 이루어진다. 따라서 (다)의 분자식은 A₃B₂이고, A와 B의 질량비는 14 $\times$ 3 : 16 $\times$ 2 = 21 : 16이다.

모범 답안 A와 B의 원자량은 각각 14, 16이고 (다)의 분자식은 A₃B₂이므로 (다)에서 A와 B의 질량비는 21 : 16이다.

46 (1) NaCl이 물에 녹으면 Na⁺과 Cl⁻이 생성되고, MgCl₂이 물에 녹으면 Mg²⁺과 2Cl⁻이 생성된다. ■의 수가 가장 크므로 ■는 Cl⁻이다. ▲가 Mg²⁺이면 ■의 수는 5개여야 하지만, 그렇지 않으므로 ▲는 Na⁺, ●는 Mg²⁺이다.

물에 녹인 NaCl의 양(mol)은 0.2 mol이고, 수용액에서 Na^+ 수가 Mg^{2+} 수의 2배이므로 물에 녹인 MgCl_2 의 양(mol)은 0.1 mol이다. 따라서 $x=0.1 \text{ mol} \times 95 \text{ g/mol}=9.5 \text{ g}$ 이다.

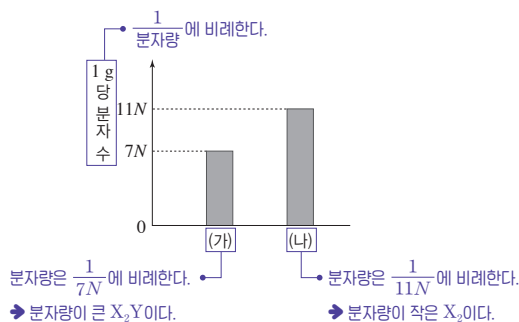
(2) 수용액에 녹아 있는 Na^+ 과 Mg^{2+} 의 양(mol)은 각각 0.2 mol, 0.1 mol이므로 수용액에서 모형 1개의 양(mol)은 0.1 mol이다.

모범 답안 (1) 물에 녹인 MgCl_2 의 양(mol)은 $\frac{1}{2} \times \frac{11.7 \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol}}=0.1 \text{ mol}$

이므로 $x=0.1 \text{ mol} \times 95 \text{ g/mol}=9.5 \text{ g}$ 이다.

(2) 수용액에서 모형 1개는 0.1 mol에 해당하므로 ■의 양(mol)은 0.4 mol이다.

47



ㄴ. 1 g당 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례하므로 분자량은 $\frac{1}{1 \text{ g당 분자 수}}$

에 비례한다. (가)와 (나)의 분자량비는 (가) : (나) = $\frac{1}{7N} : \frac{1}{11N} = 11 : 7$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같으므로 (가)와 (나)의 밀도비는 (가) : (나) = 11 : 7이다.

ㄷ. 분자량은 (가) > (나)이므로 (가)는 X_2Y 이고, (나)는 X_2 이다. (가)와 (나)의 분자량을 각각 11M, 7M이라고 하면 1 g당 원자 수는 (가) $\frac{3}{11M}$, (나) $\frac{2}{7M}$ 이므로 (가) < (나)이다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)의 분자량을 각각 11M, 7M이라고 하면, (나)에서 X의 원자량은 $\frac{7M}{2}=3.5M$ 이고, (가)와 (나)의 분자량 차로부터 Y의 원자량은 $11M-7M=4M$ 이므로 원자량은 $X < Y$ 이다.

48 ㄱ. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)의 밀도는 $\frac{w}{5V}$ 이고, (나)의 밀도는

$\frac{2w}{8V}=\frac{w}{4V}$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량은 (가) < (나)이다. 원자량은 $A > B$ 이므로 분자량은 $A_2B > AB_2$ 이다. 따라서 (가)는 AB_2 이고, (나)는 A_2B 이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다. 기체의 부피는 (가) < (나)이므로 기체의 양(mol)은 (가) < (나)이다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)의 분자량비는 $\frac{w}{5V} : \frac{w}{4V}=4 : 5$ 이다. (가)의 분자량을 4M이라고 하면 (나)의 분자량은 5M이므로 1 g에 들어 있는 A 원자 수는 (가) $\frac{1}{4M}$, (나) $\frac{2}{5M}$ 이다. 따라서 1 g에 들어 있는 A 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{4M} : \frac{2}{5M}=5 : 8$ 이다.

49 ㄱ. (가)의 양(mol)은 0.5 mol이므로 (가)의 분자량은 16이다. 따라서 분자량은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

ㄴ. (다)의 양(mol)은 $\frac{56 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}}=2 \text{ mol}$ 이고, 분자의 양(mol)은 (다)가 (가)의 4배이므로 분자 수비는 (가) : (다) = 1 : 4이다.

ㄷ. (나)는 1.5 mol이고, (다)는 2 mol이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 양(mol)이 작은 (나)가 (다)보다 부피가 작다.

50 ㄷ. (나)는 기체의 양(mol)이 $\frac{1}{2}N_A$ 이므로 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다. (나)에 포함된 H 원자의 질량은 $\frac{1}{2} \text{ mol} \times 4 \text{ g/mol}=2 \text{ g}$ 이고, (가)~(다)에 포함된 H 원자의 전체 질량이 같으므로 (가)의 양(mol)은 1 mol이고, (다)의 양(mol)은 $\frac{2}{3} \text{ mol}$ 이다. (가)~(다)의 총 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = $1 \times 2 : \frac{1}{2} \times 5 : \frac{2}{3} \times 4 = 12 : 15 : 16$ 이다.

바로알기 ㄱ. (다)에서 $\frac{2}{3} \text{ mol}$ 인 기체의 부피가 V L이므로 기체 1 mol의 부피는 $\frac{3}{2}V \text{ L}$ 이다. (가)는 1 mol이므로 $x=\frac{3}{2}V$ 이다.

ㄴ. (다)에서 NH_3 의 양(mol)은 $\frac{2}{3} \text{ mol}$ 이다.

51

$\text{분자량} = \frac{\text{질량}}{\text{기체의 양(mol)}} = \frac{15}{0.25} = 60$ $A \text{의 원자량} \times A \text{ 원자의 양(mol)} = 12 \times 0.25 = 3$				
기체	분자식	질량(g)	A의 질량(g)	전체 분자 수
(가)	AB_2	15	3	$0.25N_A$
(나)	A_3C	60	36	1

$A \text{의 질량} = A \text{의 원자량} \times A \text{ 원자의 양(mol)}$
 $36 = A \text{의 원자량} \times 3 \text{ mol}$
 $A \text{의 원자량} = 12$

$A \text{의 질량} = 12 \times 0.25 = 3$
 $\text{기체의 양(mol)} = \frac{\text{질량}}{\text{분자량}} = \frac{60}{60} = 1 \text{ (mol)}$

ㄱ. (가)에서 전체 분자 수가 $0.25N_A$ 이므로 0.25 mol이고, 질량이 15 g이므로 AB_2 의 분자량은 $\frac{15 \text{ g}}{0.25 \text{ mol}}=60$ 이다. (가)와 (나)의 분자량이 60으로 같고, (나)의 질량은 60 g이므로 (나)의 양(mol)은 1 mol이다. A_3C 1 mol에 포함된 A 원자의 양(mol)은 3 mol이므로 A 3 mol의 질량은 36 g이고, A의 원자량은 12이다. (가)에서 AB_2 0.25 mol에 포함된 A 원자의 양(mol)은 0.25 mol이므로 A의 질량은 $0.25 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol}=3 \text{ g}$ 이다. 따라서 ㉠은 3이다.

ㄴ. (나)의 양(mol)은 1 mol이므로 ㉡은 N_A 이다.

바로알기 ㄷ. (가)에서 AB_2 0.25 mol에 포함된 B 원자의 양(mol)은 0.5 mol이고, B 원자의 질량은 $15 \text{ g}-3 \text{ g}=12 \text{ g}$ 이므로 B의 원자량은 24이다. (나)에서 A_3C 1 mol에 포함된 C 원자의 양(mol)은 1 mol이고, C 원자의 질량은 $60 \text{ g}-36 \text{ g}=24 \text{ g}$ 이므로 C의 원자량은 24이다. 따라서 원자량비는 $A : B : C = 12 : 24 : 24 = 1 : 2 : 2$ 이다.

52 ㄱ. Y와 X_2Z 의 분자량은 각각 4, a이고, 분자당 원자 수는 각각 1, 3이다. 단위 질량당 원자 수는 $\left(\frac{1}{\text{분자량}} \times \text{분자당 원자 수}\right)$ 에 비례하고, Y와 X_2Z 는 단위 질량당 원자 수(상댓값)가 각각 3, 2이므로 $\frac{1}{4} \times 1 : \frac{1}{a} \times 3 = 3 : 2$ 가 성립하고, 이를 풀면 $a=18$ 이다. 온도와 압력이 일정할 때 밀도는 분자량에 비례하고, X_2 와 X_2Z 의 분자량은 각각 2, 18이므로 밀도비는 $\text{X}_2 : \text{X}_2\text{Z} = 1 : 9$ 이다.

ㄴ. 단위 질량당 부피는 밀도의 역수와 같으므로 $18 : b : c = \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{18}$ 이며, 이를 풀면 $b=9$, $c=2$ 이다. 따라서 b와 c를 곱한 값은 a의 값과 같다.

바로알기 | ㄷ. X_2 와 Y 의 분자당 원자 수는 각각 2, 1이고, 분자량은 각각 2, 4이며, 단위 질량당 원자 수(상댓값)가 각각 d , 3이다. 따라서 $\frac{1}{2} \times 2 : \frac{1}{4} \times 1 = d : 3$ 이 성립하고, 이를 풀면 $d=12$ 이므로 d 는 c 의 6배이다.

53 ㄴ. (가)는 A와 B로 이루어진 2원자 분자이므로 분자식이 AB이고, (가)를 구성하는 A와 B의 질량비는 7 : 8이므로 A와 B의 원자량비는 7 : 8이다. (나)를 구성하는 A와 B의 질량비는 7 : 16이므로 (나)를 구성하는 A와 B의 원자 수비는 $A : B = \frac{7}{7} : \frac{16}{8} = 1 : 2$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A와 B의 원자량비는 7 : 8이므로 원자량은 $A < B$ 이다.
ㄷ. (가)는 7 g의 A와 8 g의 B가 결합한 화합물이므로 1 g의 A와 결합하는 B의 질량은 $\frac{8}{7}$ g이다. (나)는 7 g의 A와 16 g의 B가 결합한 화합물이므로 1 g의 A와 결합하는 B의 질량은 $\frac{16}{7}$ g이다. 따라서 1 g의 A와 결합하는 B의 질량은 (가) < (나)이다.

54 ① (가)와 (나)에 들어 있는 O_2 와 CO_2 의 분자 수는 5로 같다.
② 같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자를 가진다. 따라서 (가)와 (나)는 1 mol의 부피가 모두 같다.
③ 분자량은 O_2 가 32, CO_2 가 44이므로 1 mol의 질량은 (가) 32 g, (나) 44 g이다. 따라서 1 mol의 질량은 (가) < (나)이다.
⑤ 분자당 원자 수는 O_2 가 2, CO_2 가 3이다. (가)와 (나)에서 기체의 분자 수는 5로 같으므로 전체 원자 수는 (가) $2 \times 5 = 10$, (나) $3 \times 5 = 15$ 이다. 따라서 전체 원자 수는 (가) < (나)이다.

바로알기 | ④ 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 밀도는 (가) < (나)이다.

55 ㄱ, ㄴ. (가)~(나)에서 기체의 온도, 압력, 부피가 같으므로 용기 속에 들어 있는 기체의 양(mol)은 모두 같다. 따라서 기체의 질량비는 분자량비에 비례한다. 기체의 분자량비는 $X_2 : Y_2 : ZX_2 = 6.4 \text{ g} : 0.4 \text{ g} : 8.8 \text{ g} = 16 : 1 : 22$ 이다. X_2 의 분자량을 $32M$ 이라고 하면 X 의 원자량은 $16M$, Y_2 의 분자량은 $2M$, Y 의 원자량은 M , ZX_2 의 분자량은 $44M$, Z 의 원자량은 $44M - 2 \times 16M = 12M$ 이다. 따라서 원자량은 X 가 Z 의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

바로알기 | ㄷ. ZY_4 의 분자량은 $12M + 4 \times M = 16M$ 이다. 분자량이 $32M$ 인 X_2 의 질량이 6.4 g이므로 분자량이 $16M$ 인 ZY_4 의 질량은 3.2 g이다.

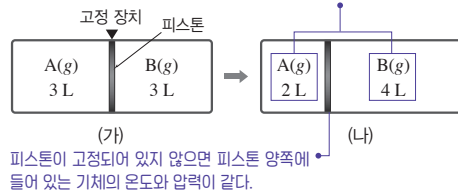
56 (1) 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)의 밀도는 $\frac{w}{2V}$ 이고, (나)의 밀도는 $\frac{w}{V}$ 이다. 따라서 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{w}{2V} : \frac{w}{V} = 1 : 2$ 이다.
(2) 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같으므로 (가)와 (나)의 분자량비는 1 : 2이다. 분자량은 XY_2 가 Y_2 보다 크므로 (가)와 (나)의 분자식은 각각 Y_2 , XY_2 이다. (가)의 분자량을 M 이라고 하면 Y 의 원자량은 $\frac{1}{2}M$ 이고, X 의 원자량은 $2M - 2 \times \frac{1}{2}M = M$ 이다. 따라서 X 와 Y 의 원자량비는 $M : \frac{1}{2}M = 2 : 1$ 이다.

모범 답안 (1) (가)와 (나)의 밀도비는 $\frac{w}{2V} : \frac{w}{V} = 1 : 2$ 이다.

(2) (가)와 (나)는 분자식이 각각 Y_2 , XY_2 이고 분자량비가 1 : 2이므로 X 와 Y 의 원자량비는 2 : 1이다.

57

온도와 압력이 같을 때 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다.
→ 기체의 몰비는 $A(g) : B(g) = 2 \text{ L} : 4 \text{ L} = 1 : 2$ 이다.

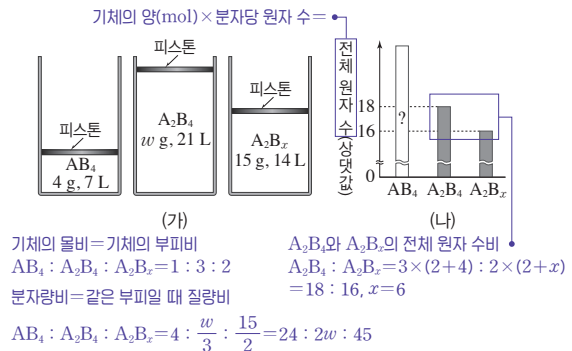


ㄴ. (나)에서 피스톤의 고정 장치를 풀었으므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 온도와 압력이 같다. 온도와 압력이 같은 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례하므로 기체의 몰비는 $A : B = 2 \text{ L} : 4 \text{ L} = 1 : 2$ 이다. 따라서 (나)에서 분자 수비는 $A : B = 1 : 2$ 이다.

ㄷ. 실린더에 넣은 기체의 질량비는 $A : B = 2w \text{ g} : w \text{ g} = 2 : 1$ 이고, 기체의 몰비는 $A : B = 1 : 2$ 이므로 분자량비는 $A : B = \frac{2}{1} : \frac{1}{2} = 4 : 1$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같으므로 (나)에서 밀도비는 $A : B = 4 : 1$ 이다.

바로알기 | ㄱ. 분자량은 A가 B의 4배이다.

58



ㄱ. (가)에서 AB_4 의 양(mol)은 $\frac{7 \text{ L}}{28 \text{ L/mol}} = \frac{1}{4} \text{ mol}$, A_2B_4 의 양(mol)은 $\frac{21 \text{ L}}{28 \text{ L/mol}} = \frac{3}{4} \text{ mol}$, A_2B_x 의 양(mol)은 $\frac{14 \text{ L}}{28 \text{ L/mol}} = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다. (나)에서 A_2B_4 와 A_2B_x 의 전체 원자 수비는 $\frac{3}{4} \times (2+4) : \frac{1}{2} \times (2+x) = 18 : 16$ 이므로 $x=6$ 이다. (가)에서 AB_4 7 L의 질량이 4 g이고, A_2B_6 14 L의 질량이 15 g이므로 부피가 14 L일 때 AB_4 와 A_2B_6 의 질량은 각각 8 g, 15 g이다. A와 B의 원자량을 각각 a , b 라고 하면 분자량비는 $AB_4 : A_2B_6 = (a+4b) : (2a+6b) = 8 : 15$ 이므로 $a=12b$ 이다. 따라서 원자량비는 $A : B = a : b = 12 : 1$ 이다.

ㄷ. 기체의 분자량비는 기체의 밀도비와 같으므로 $AB_4 : A_2B_4 = (12+4 \times 1) : (2 \times 12+4 \times 1) = \frac{4}{7} : \frac{w}{21}$, $w=21$ 이다.

ㄴ. $x=6$ 이므로 A_2B_x 의 분자식은 A_2B_6 이고, A_2B_6 분자 1개당 원자 수는 8이다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 AB_4 의 전체 원자 수의 상댓값을 y 라고 하면, AB_4 와 A_2B_4 의 전체 원자 수비는 $\frac{1}{4} \times (1+4) : \frac{3}{4} \times (2+4) = y : 18$ 이므로 $y=5$ 이다. 따라서 (나)에서 AB_4 의 전체 원자 수의 상댓값은 5이다.

3 화학 반응식

빈출 자료 보기

19쪽

59 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

59 (1) $X_2(g)$ 와 $Y_2(g)$ 가 반응하여 $X_2Y(g)$ 를 생성하는 반응에서 화학 반응식은 $2X_2(g) + Y_2(g) \rightarrow 2X_2Y(g)$ 이다.

바로알기 | (2) 화학 반응식에서 $X_2(g)$ 와 $Y_2(g)$ 의 몰비는 2 : 1이고, 실험 II에서 $X_2(g)$ 와 $Y_2(g)$ 가 모두 반응했으므로 반응한 양(mol)은 $X_2(g)$ 가 $Y_2(g)$ 의 2배이다. 따라서 $a=2 \times 4b=8b$ 이다.

(3) 실험 I에서 화학 반응의 양적 관계를 구하면 다음과 같다.

	$2X_2(g)$	+	$Y_2(g)$	$\rightarrow$	$2X_2Y(g)$
반응 전(L)	$4b$		$3b$		
반응(L)	$-4b$		$-2b$		$+4b$
반응 후(L)	0		b		$4b$

반응 후 남은 반응물의 부피는 b L이다.

(4) 실험 I에서 $X_2(g)$ 0.5a L와 $Y_2(g)$ 2b L가 반응하고 실험 II에서 $X_2(g)$ a L와 $Y_2(g)$ 4b L가 반응한다. 반응한 반응물의 부피는 실험 II에서 실험 I에서의 2배이므로 생성된 $X_2Y(g)$ 의 부피도 실험 II에서 실험 I에서의 2배이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 생성물의 몰비는 실험 I : 실험 II = 1 : 2이다.

난이도별 필수 기출

20~27쪽

60 ⑤	61 해설 참조	62 해설 참조	63 ②
64 해설 참조	65 ②	66 ④	67 4.5 mol
68 ①	69 ③	70 ②	71 ④
72 ③	73 ⑤	74 ③	75 ①
76 ③	77 ③	78 ③	79 ②
80 ③	81 ③	82 ②, ④	83 ⑤
84 ③	85 ③	86 ⑤	87 ⑤
88 ⑤	89 ⑤	90 ③	91 ②
92 ⑤	93 해설 참조	94 ③	95 해설 참조

60 ①, ②, ④ 화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 분자 수비와 같다. 분자 수는 물질의 양(mol)에 비례하고, 일정한 온도와 압력에서 물질의 양(mol)과 기체의 부피는 비례하므로 반응 계수비는 물질의 몰비, 기체의 부피비와 같다. 반응물과 생성물은 모두 기체이므로 반응 계수비, 몰비, 분자 수비, 부피비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 2 : 1 : 2$ 이다. ③ 분자당 원자 수는 H_2 가 2, O_2 가 2, H_2O 가 3이므로 원자 수비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 2 \times 2 : 1 \times 2 : 2 \times 3 = 2 : 1 : 3$ 이다.

바로알기 | ⑤ H, O의 원자량이 같지 않으므로 H_2 , O_2 , H_2O 의 질량비는 2 : 1 : 2가 되지 않는다.

61 $aFe_2O_3(s) + bCO(g) \rightarrow cFe(s) + dCO_2(g)$ 반응에서 $a=1$ 이라고 하면 반응 전과 후 Fe 원자 수는 2이어야 하므로 $c=2$ 이다. C 원자 수는 반응 전과 후에 같아야 하므로 $b=d$ 이다. Fe_2O_3 에서 O 원자 수는 3, bCO 에서 O 원자 수는 b 이고, dCO_2 에서 O 원자 수는 $2d$ 이므로 $3+b=2d$ 이다. $b=d$, $3+b=2d$ 식을 풀면 $b=d=3$ 이므로 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



모범 답안 Fe 원자 수는 $2a=c$, O 원자 수는 $3a+b=2d$, C 원자 수는 $b=d$ 이다. 이 식에서 $a=1$ 이라고 하면 $b=3$, $c=2$, $d=3$ 이다.

62 (1) 반응물은 $X(s)$ 와 $Y_2(g)$ 이고, 생성물은 $X_3Y(s)$ 이다. 화학 반응식이 $aX(s) + bY_2(g) \rightarrow cX_3Y(s)$ ($a \sim c$ 는 반응 계수)이고, $b=1$ 이라고 하면 반응 전과 후에 Y 원자 수는 같아야 하므로 $c=2$ 이다. 반응 후 X 원자 수는 $2 \times 3=6$ 이므로 반응 전 X 원자 수는 6이고, $a=6$ 이다. 따라서 화학 반응식을 완성하면 $6X(s) + Y_2(g) \rightarrow 2X_3Y(s)$ 이다.

(2) 원자의 원자량은 '원자 1개의 질량 $\times$ 아보가드로수'로 구할 수 있다. X의 원자량은 $\frac{1}{3} \times 10^{-23} \times 6 \times 10^{23}=2$ 이고, Y의 원자량은 $\frac{4}{3} \times 10^{-23} \times 6 \times 10^{23}=8$ 이다. X_3Y 의 화학식량은 $3 \times 2 + 8=14$ 이므로 X_3Y 14 g은 $\frac{14 g}{14 g/mol}=1$ mol이다. 화학 반응식 $6X(s) + Y_2(g) \rightarrow 2X_3Y(s)$ 에서 X(s)와 $X_3Y(s)$ 의 반응 계수비가 3 : 1이므로 $X_3Y(s)$ 1 mol이 생성될 때 반응한 X(s)의 양(mol)은 3 mol이고, X의 원자량은 2이므로 X(s) 3 mol의 질량은 6 g이다.

모범 답안 (1) $6X(s) + Y_2(g) \rightarrow 2X_3Y(s)$

(2) X와 Y의 원자량은 각각 2, 8이므로 생성된 X_3Y 14 g은 1 mol이다. 따라서 반응한 X의 양(mol)은 3 mol이므로 X의 질량은 6 g이다.

63 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 화학 반응식을 완성하면 $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g)$ 이고, $a=b=c=6$ 이다. $C_6H_{12}O_6$ 의 분자량은 180이므로 $C_6H_{12}O_6$ 90 g은 $\frac{90 g}{180 g/mol}=\frac{1}{2}$ mol이고, 화학 반응식에서 $C_6H_{12}O_6$ 과 H_2O 의 반응 계수비가 1 : 6이므로 생성된 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{1}{2} \text{ mol} \times 6=3$ mol이다. 따라서 $\left(\frac{a}{b+c}\right) \times x = \frac{6}{6+6} \times 3 = \frac{3}{2}$ 이다.

64 **모범 답안** H_2 와 O_2 의 반응 계수비가 2 : 1이고, 기체의 부피와 양(mol)은 비례하므로 반응한 H_2 와 O_2 의 부피는 각각 500 mL, 250 mL이다. 따라서 반응 전 H_2 와 O_2 의 몰비는 $(500+300) : 250=16 : 5$ 이다.

65 $N_2(g)$ 6.72 L의 양(mol)은 $\frac{6.72 L}{22.4 L/mol}=0.3$ mol이고, 화학 반응식에서 NaN_3 과 N_2 의 반응 계수비가 2 : 3이므로 반응한 $NaN_3(s)$ 의 양(mol)은 0.2 mol이다. NaN_3 의 화학식량은 $23+3 \times 14=65$ 이므로 반응한 $NaN_3(s)$ 의 질량은 $65 g/mol \times 0.2 \text{ mol}=13.0$ g이다.

66 $CH_4(g)$ 의 완전 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



CH_4 의 분자량은 16이므로 반응한 $CH_4(g)$ 6.4 g의 양(mol)은 $\frac{6.4 g}{16 g/mol}=0.4$ mol이다. 화학 반응식에서 CH_4 와 CO_2 의 반응 계수비가 1 : 1이므로 생성된 $CO_2(g)$ 의 양(mol)은 0.4 mol이고, 부피는 $0.4 \text{ mol} \times 22.4 L/mol=8.96$ L이다.

67 A 9 mol이 들어 있는 용기에 B 2 mol을 넣었을 때의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	+	$B(g)$	$\rightarrow$	$2C(g)$
반응 전(mol)	9		2		
반응(mol)	$-2a$		-2		$+4$
반응 후(mol)	$(9-2a)$		0		4

$\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 4$ 이므로, $\frac{4}{9-2a} = 4$, $a=4$ 이다. 따라서 (나)의 용기에는

A 1 mol, C 4 mol이 들어 있고, 이 용기에 B 2 mol을 더 넣으면 A 1 mol과 B 0.25 mol이 반응하여 C 0.5 mol을 생성한다. 따라서 C의 총 양(mol)은 4.5 mol이다.

68 ㄱ. 이 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=1$, $b=3$, $c=2$, $d=2$ 이므로 $a+b=c+d$ 이다.

바로알기 | ㄴ. 화학 반응식에서 C_2H_4 와 O_2 의 반응 계수비는 1 : 3이므로 C_2H_4 2 mol은 O_2 6 mol과 반응한다.

ㄷ. C_2H_4 의 분자량은 28이므로 C_2H_4 5.6 g은 $\frac{5.6 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$

이다. 화학 반응식에서 C_2H_4 와 H_2O 의 반응 계수비는 1 : 2이므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 0.4 mol이고, H_2O 의 분자량은 18이므로 생성된 H_2O 의 질량은 $0.4 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 7.2 \text{ g}$ 이다.

69 ㄱ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 연소 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=3$, $b=2$, $c=3$ 이므로 $a+b+c=8$ 이다.

ㄷ. O_2 33.6 L는 $\frac{33.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = \frac{3}{2} \text{ mol}$ 이며, 화학 반응식에서 O_2

와 CO_2 의 반응 계수비가 3 : 2이므로 생성된 CO_2 의 양(mol)은 $\frac{2}{3} \times \frac{3}{2} \text{ mol} = 1 \text{ mol}$ 이다. 따라서 생성된 CO_2 의 부피는 22.4 L이다.

바로알기 | ㄴ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 분자량은 46이므로 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 23 g은 $\frac{23 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식에서 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 과 H_2O 의 반

응 계수비가 1 : 3이므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 $3 \times \frac{1}{2} \text{ mol} = \frac{3}{2} \text{ mol}$ 이다.

70 ① Al_2O_3 제련 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=2$, $b=3$, $c=4$, $d=3$ 이므로 $\frac{a+b}{c+d} = \frac{5}{7}$ 이다.

③ Al_2O_3 의 화학식량은 102이므로 Al_2O_3 51 g은 $\frac{51 \text{ g}}{102 \text{ g/mol}} =$

$\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식에서 Al_2O_3 과 CO_2 의 반응 계수비가 2 : 3

이므로 생성된 CO_2 의 양(mol)은 $\frac{3}{2} \times \frac{1}{2} \text{ mol} = \frac{3}{4} \text{ mol}$ 이다. 따라

서 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 생성된 CO_2 의 부피는 $\frac{3}{4} \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 16.8 \text{ L}$ 이다.

④ 화학 반응이 일어나도 원자가 생성되거나 소멸되지 않으므로 반응 전후 원자의 종류와 수는 변하지 않는다.

⑤ 반응 전후 원자의 종류와 수는 일정하므로 반응물의 총 질량과 생성물의 총 질량이 같아 질량 보존 법칙이 성립한다.

바로알기 | ② 화학 반응식에서 Al_2O_3 과 Al 의 반응 계수비가 1 : 2이므로 Al_2O_3 3 mol을 모두 제련하면 Al 6 mol을 얻을 수 있다. Al 의 원자량이 27이므로 생성된 Al 의 질량은 $6 \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} = 162 \text{ g}$ 이다.

71 ① 이 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=4$, $b=5$, $c=4$, $d=6$ 이므로 $a+b < c+d$ 이다.

②, ③ 실험 I에서 반응물의 양(mol)은 NH_3 가 $\frac{34 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$

이고, O_2 가 $\frac{100 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{25}{8} \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식에서 NH_3 와 O_2

의 반응 계수비가 4 : 5이므로 NH_3 2 mol과 O_2 $\frac{5}{2} \text{ mol}$ 이 반응하고,

O_2 $\frac{25}{8} \text{ mol} - \frac{5}{2} \text{ mol} = \frac{5}{8} \text{ mol}$ 이 남는다. 화학 반응식에서 NH_3

2 mol이 반응하면 NO 2 mol과 H_2O 3 mol이 생성되며, NO 의 분자량은 30이므로 $x=2 \text{ mol} \times 30 \text{ g/mol} = 60 \text{ g}$ 이고, $y=3$ 이다.

⑤ 실험 I에서 NH_3 가 모두 반응하고 O_2 의 일부가 남는다.

⑥ 실험 II에서 NH_3 2 mol과 O_2 $\frac{5}{2} \text{ mol}$ 이 반응하고 NH_3 2 mol

이 남는다. 남은 NH_3 의 질량은 $2 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 34 \text{ g}$ 이다.

바로알기 | ④ 실험 II에서 O_2 $\frac{5}{2} \text{ mol}$ 이 반응하므로 생성된 NO 의 양(mol)은 2 mol이다. t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 NO 2 mol의 부피는 48 L이다. 따라서 $z=48$ 이다.

72 ㄱ. 실험 I에서 A 4 g과 B 2 g이 반응하여 B 1 g이 남았으므로 질량 보존 법칙에 의해 반응 후 생성된 C의 질량은 5 g이다. A 4 g과 B 1 g이 반응하여 C 5 g이 생성되므로 반응 질량비는 A : B : C = 4 : 1 : 5이다. 실험 II에서 A 10 g과 B 2 g을 반응시키면 반응 질량비로부터 A 8 g과 B 2 g이 반응하여 C 10 g이 생성된다. 이때 반응 후 남은 A의 질량은 $10 \text{ g} - 8 \text{ g} = 2 \text{ g}$ 이다. 따라서 $x=2$ 이다.

ㄴ. 화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 몰비와 같고, 몰(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로 반응 계수비는 반응 질량비를 분자량비로 나눈 값과 같다. 따라서 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수비로 나눈 값과 같다. A ~ C의 반응 질량비는 4 : 1 : 5이고 반응 계수비는 1 : 2 : 2이므로 분자량비는 $\frac{4}{1} : \frac{1}{2} : \frac{5}{2} = 8 : 1 : 5$ 이다. A ~ C의 분자량을 각

각 8M, M, 5M이라고 하면, 실험 I에서 반응 후 실린더에 B 1 g, C 5 g이 있으므로 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{1}{M} + \frac{5}{5M} = \frac{2}{M}$ 이다.

실험 II에서 반응 후 실린더에 A 2 g, C 10 g이 있으므로 전체 기체의 양은 $\frac{2}{8M} + \frac{10}{5M} = \frac{9}{4M}$ 이다. 기체의 양(mol)과 기체의 부피는

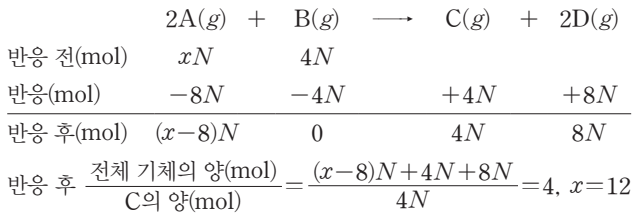
비례하므로 $V_1 : V_2 = \frac{2}{M} : \frac{9}{4M} = 8 : 9$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 분자량비는 A : B : C = 8 : 1 : 5이다.

다른 해설 | ㄴ. 실험 I에서 A 4 g과 B 1 g이 반응하여 C 5 g이 생성된다. 화학 반응식에서 A ~ C의 반응 계수비는 몰비와 같으므로 A 4 g을 N mol이라고 하면, B 1 g은 2N mol, C 5 g은 2N mol이다. 실험 I에서 반응 후 실린더에 B 1 g, C 5 g이 있으므로 실린더에 들어 있는 기체의 양(mol)은 B 2N mol, C 2N mol이다. 실험 II에서 반응 후 실린더에 A 2 g, C 10 g이 있으므로 실린더에 들어 있는 기체의 양(mol)은 A $\frac{1}{2}N \text{ mol}$, C 4N mol이다. 기체의 양(mol)과

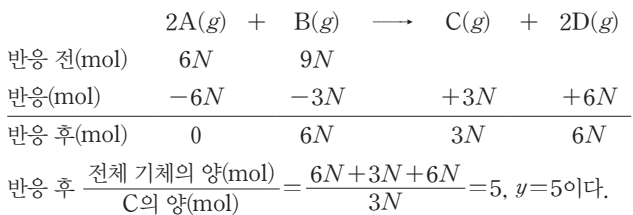
기체의 부피는 비례하므로 $V_1 : V_2 = (2N + 2N) : \left(\frac{1}{2}N + 4N\right) = 8 : 9$ 이다.

73 기체 1 L의 양(mol)을 N mol이라고 하면 실험 I에서 반응 전 A의 양(mol)은 xN mol, B의 양(mol)은 $4N$ mol이다. 실험 I에서 B가 모두 반응하였으므로 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.



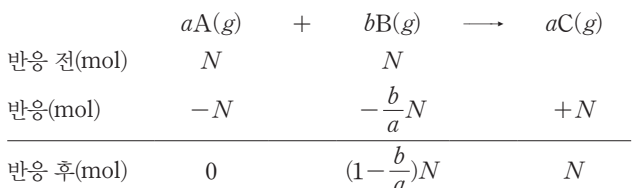
이다.

실험 II에서 반응 전 A의 양(mol)은 $6N$ mol, B의 양(mol)은 $9N$ mol이고, A가 모두 반응하였으므로 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.



따라서 $x+y=12+5=17$ 이다.

74 ㄱ. 실험 I에서 반응 전 A와 B의 양(mol)을 각각 N mol이라고 하면 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.



반응 후 기체의 몰비는 $B:C=(1-\frac{b}{a})N:N=1:2$ 이므로 $a=2b$

이다. 화학 반응식은 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이므로 $\frac{b}{a}=\frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. 실험 II에서 반응 후 A와 C의 질량을 각각 w g, $23w$ g이라고 하면 질량 보존 법칙에 의해 반응 전 A와 B의 질량의 합은 $24w$ g이다. 반응 전 A와 B의 질량비는 $2:1$ 이므로 반응 전 A의 질량은 $16w$ g, B의 질량은 $8w$ g이다. 실험 II에서 A $15w$ g($=16w-w$)과 B $8w$ g이 반응하여 C $23w$ g이 생성되므로 A~C의 반응 질량비는 $15:8:23$ 이다.

실험 III에서 반응 전 A의 질량을 $15w$ g이라고 하면 B의 질량도 $15w$ g이며, A~C의 반응 질량비는 $15:8:23$ 이므로 A $15w$ g과 B $8w$ g이 반응하여 B $7w$ g($=15w-8w$)이 남고 C $23w$ g이 생성된다. 따라서 $x=7$ 이다.

바로알기 | ㄷ. A와 B의 반응 계수비는 $2:1$ 이고 반응 질량비는 $15:$

8 이므로 분자량비는 $\frac{15}{2}:\frac{8}{1}=15:16$ 이다.

따라서 $\frac{\text{A의 분자량}}{\text{B의 분자량}}=\frac{15}{16}$ 이다.

75 실험 I과 II에서 생성된 C의 질량이 같으므로 반응한 A의 양(mol)과 B의 양(mol)은 각각 실험 I과 II에서 같고, 실험 I과 II에서 반응 전 A의 부피가 12 L로 같으므로 실험 I에서 A 12 L, 실험 II에서 A 12 L가 모두 반응한다.

실험 II는 실험 I보다 B w g을 더 넣은 실험이고, 실험 II에 더 넣은 B w g은 반응하지 않으므로 '실험 II에서 반응 후 전체 부피-실험 I에서 반응 후 전체 부피'는 B w g의 부피이다. 따라서 B w g의 부피는 36 L- 24 L= 12 L이다. 20°C , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 B w g은 0.5 mol이고, B의 분자량은 $2w$ 이다. 실험 I에서 표의 자료를 기체의 양(mol)으로 정리하면 다음과 같다.

실험	반응 전		반응 후 전체 물질의 양(mol)
	A의 양(mol)	B의 양(mol)	
I	0.5	0.5	1

화학 반응식에서 b 가 2 이상이면 실험 I에서 A가 모두 반응하지 않고 B가 모두 반응하므로 모순이다. 따라서 $b=1$ 이고, A와 B가 모두 반응하므로 반응 후 전체 물질의 양(mol)은 C의 양(mol)이다. A 0.5 mol과 B 0.5 mol이 반응하여 C 1 mol이 생성되므로 반응 계수 $b=1$, $c=2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{B의 분자량}}{b+c}=\frac{2w}{1+2}=\frac{2w}{3}$ 이다.

개념 보충

화학 반응에서의 부피 관계

같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 안에 같은 분자 수를 가진다. $\rightarrow$ 온도와 압력이 같을 때 기체의 양(mol)과 기체의 부피는 비례하므로 기체의 몰비와 부피비는 같다.

76 ㄱ. 화학 반응식에서 반응 계수비는 몰비와 같으므로 A 1 mol과 B 2 mol이 반응하면 C 1 mol이 생성된다. 질량 보존 법칙에 의해 반응물의 질량의 합이 생성물의 질량의 합과 같으므로 A 1 mol의 질량+ $2\times$ B 1 mol의 질량=C 1 mol의 질량과 같다. 물질 1 mol의 질량은 분자량과 같은 값을 가지므로 'A의 분자량+($2\times$ B의 분자량)=C의 분자량'이라는 식을 얻을 수 있다.

ㄴ. 반응 전 A는 고체이므로 기체의 밀도에 영향을 주는 것은 B뿐이다.

바로알기 | ㄷ. 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	A(s)	+	2B(g)	$\longrightarrow$	C(g)
반응 전(mol)	3		8		
반응(mol)	-3		-6		+3
반응 후(mol)	0		2		3

$\frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}}=\frac{1}{16}$ 이므로 B의 분자량을 M 이라고 하면 C의 분자량은 $16M$ 이다. 반응 전 기체는 B(g)만 있고, 반응 후 기체는 B(g)와 C(g)가 있다. 반응 전 기체의 질량은 $8\times M$ 이고, 반응 후 기체의 질량은 $2\times M+3\times 16M=50M$ 이다. 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 반응 전과 후 기체의 밀도비는 $\frac{8M}{8}:\frac{50M}{2+3}=1:x$, $x=10$ 이다.

77 ㄱ. 생성된 C의 양(mol)이 $2a$ mol이므로 화학 반응식의 반응 계수비로부터 반응한 A와 B의 양(mol)은 각각 $\frac{2}{3}a$ mol, $\frac{4}{3}a$ mol이며, 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	2B(g)	$\longrightarrow$	3C(g)
반응 전(mol)	$\frac{5}{3}a$		$\frac{4}{3}a$		
반응(mol)	$-\frac{2}{3}a$		$-\frac{4}{3}a$		$+2a$
반응 후(mol)	a		0		$2a$

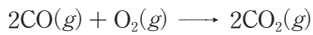
따라서 반응 전 분자 수비는 $A : B = \frac{5}{3}a : \frac{4}{3}a = 5 : 4$ 이다.

ㄴ. 반응한 A의 양(mol)은 남은 A의 양(mol)의 $\frac{2}{3}$ 배이므로 반응한 A의 질량은 $\frac{2}{3} \times 6w \text{ g} = 4w \text{ g}$ 이다. 생성된 C의 질량은 $6w \text{ g}$ 이므로 반응한 B의 질량은 $6w \text{ g} - 4w \text{ g} = 2w \text{ g}$ 이다. B와 C의 반응 질량비는 $2w : 6w = 1 : 3$ 이고 반응 계수비는 $2 : 3$ 이므로 분자량비는 $\frac{1}{2} : \frac{3}{3} = 1 : 2$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 반응 전 A의 양(mol)은 $\frac{5}{3}a \text{ mol}$ 이고 반응 후 A의 양(mol)은 $a \text{ mol}$ 이다. 따라서 A의 분자 수비는 반응 전 : 반응 후 = $\frac{5}{3}a : a = 5 : 3$ 이다.

78 기체 1 L의 양(mol)을 $N \text{ mol}$ 이라고 하면 실험 I에서 $A_2 \ 2N \text{ mol}$ 과 $B_2 \ 10N \text{ mol}$ 을 반응시키면 $A_2 \ 2N \text{ mol}$ 과 $B_2 \ 6N \text{ mol}$ 이 반응하여 $X \ 4N \text{ mol}$ 이 생성된다. A_2, B_2, X 의 반응 몰비는 $2N : 6N : 4N = 1 : 3 : 2$ 이므로 반응 계수비 $a : b : c = 1 : 3 : 2$ 이다. 실험 II에서 반응한 A_2 의 질량은 $20 \text{ g} - 6 \text{ g} = 14 \text{ g}$ 이고, B_2 의 질량은 3 g 이며, 생성된 X 의 질량은 17 g 이다. A_2, B_2, X 의 반응 질량비는 $14 : 3 : 17$ 이다. 반응 질량비와 반응 계수비를 이용하여 분자량비를 구하면, A_2, B_2, X 의 분자량비는 $\frac{14}{1} : \frac{3}{3} : \frac{17}{2} = 28 : 2 : 17$ 이다. A_2 와 B_2 의 분자량비는 $28 : 2$ 이므로 A와 B의 원자량비는 $14 : 1$ 이다.

79 ㄷ. 이 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



$\text{CO} \ 2 \text{ mol}$ 과 $\text{O}_2 \ 4 \text{ mol}$ 을 넣어 반응시켰을 때 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	$2\text{CO}(g)$	+	$\text{O}_2(g)$	$\longrightarrow$	$2\text{CO}_2(g)$
반응 전(mol)	2		4		
반응(mol)	-2		-1		+2
반응 후(mol)	0		3		2

따라서 반응 후 실린더에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $3 \text{ mol} + 2 \text{ mol} = 5 \text{ mol}$ 이다.

바로알기 | ㄴ. 화학 반응식은 $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g)$ 이다.

ㄴ. 반응이 일어나면 $\text{CO} \ 2 \text{ mol}$ 과 $\text{O}_2 \ 1 \text{ mol}$ 이 반응하여 없어지고, $\text{CO}_2 \ 2 \text{ mol}$ 이 생성된다. 감소하는 반응물의 양(mol)이 증가하는 생성물의 양(mol)보다 크므로 반응이 일어나면 기체의 양(mol)은 감소한다. 기체의 양(mol)과 기체의 부피는 비례하므로 반응이 일어나면 기체의 부피는 감소한다.

다른 해설 | ㄴ. 반응물의 반응 계수 합은 $2 + 1 = 3$ 이고, 생성물의 반응 계수는 2 이다. 반응물의 반응 계수 합이 생성물의 반응 계수보다 크므로 반응이 일어나면 전체 물질의 양(mol)은 감소한다.

80 ㄴ. 이 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



$a = 4, m = 3, n = 4$ 이므로 $a \times \frac{m}{n} = 4 \times \frac{3}{4} = 3$ 이다.

ㄴ. C_3H_4 과 O_2 의 분자량은 각각 $40, 32$ 이므로 C_3H_4 과 O_2 의 반응 질량비는 $40 : 4 \times 32 = 5 : 16$ 이다.

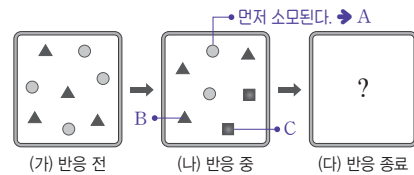
제시된 자료에서 $\text{C}_3\text{H}_4 \ x \text{ g}$ 이 모두 반응했으므로 반응한 O_2 의 질량은 $\frac{16}{5}x \text{ g}$ 이다. 반응 후 $\text{O}_2 \ 0.8x \text{ g}$ 이 남았으므로 반응 전 O_2 의 질량은 $\frac{16}{5}x \text{ g} + \frac{4}{5}x \text{ g} = 4x \text{ g}$ 이다. 반응 전 C_3H_4 과 O_2 의 양(mol)은 각각

$$\frac{x}{40} \text{ mol}, \frac{4x}{32} \text{ mol} \text{ 이므로 } \frac{\text{O}_2(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{\frac{4x}{32}}{\frac{x}{40} + \frac{4x}{32}} =$$

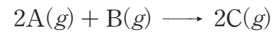
$\frac{5}{6}$ 이다.

바로알기 | ㄷ. C_3H_4 과 CO_2 의 반응 질량비는 $40 : 3 \times 44 = 10 : 33$ 이다. $\text{C}_3\text{H}_4 \ x \text{ g}$ 이 모두 반응했으므로 생성된 CO_2 의 질량은 $\frac{33}{10}x \text{ g}$ 이다.

81



ㄴ. (가) → (나)에서 $\bullet$ 2개와 $\blacktriangle$ 1개가 반응하여 $\blacksquare$ 2개가 생성된다. (나) → (다)에서 $\bullet$ 가 모두 소모되므로 $\bullet$ 는 A, $\blacktriangle$ 는 B, $\blacksquare$ 는 C이므로 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 A와 B는 $2 : 1$ 의 몰비로 반응한다.

ㄴ. (나) → (다)에서 A 2개와 B 1개가 반응하여 B 2개가 남고, C 2개가 더 생성되어 C 4개가 존재한다. 따라서 (다)에서 기체의 분자 수비는 $B : C = 2 : 4 = 1 : 2$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 (가)~(다)에서 기체의 질량은 모두 같다.

82 ② $A_2 \ 2$ 개와 $B_2 \ 6$ 개가 반응하여 $AB_3 \ 4$ 개가 생성되므로 화학 반응식은 $A_2 + 3B_2 \longrightarrow 2AB_3$ 이다. 반응물의 반응 계수 합이 생성물의 반응 계수보다 크므로 반응이 끝나면 전체 분자 수는 감소한다.

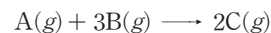
④ 반응이 일어나도 원자의 종류와 수는 일정하다.

바로알기 | ① 화학 반응식은 $A_2 + 3B_2 \longrightarrow 2AB_3$ 이다.

③ 생성물은 AB_3 1가지이다.

⑤ 반응 후 B_2 가 남아 있지 않으므로 A_2 를 더 넣어 주어도 반응이 일어나지 않아 생성물의 양(mol)이 증가하지 않는다.

83 ㄴ. 기체 1 L의 양(mol)을 $N \text{ mol}$ 이라고 하면 반응 전 실린더 속 A의 양(mol)은 $6N \text{ mol}$ 이며, B $w \text{ g}$ 을 넣었을 때 그래프의 기울기가 변하므로 A와 B가 모두 반응하여 실린더에 C만 존재한다. 이때 전체 기체의 부피가 12 L 이므로 C의 양(mol)은 $12N \text{ mol}$ 이다. B $\frac{3}{2}w \text{ g}$ 을 넣었을 때 A $6N \text{ mol}$ 과 B $w \text{ g}$ 이 반응하고, 실린더에는 C $12N \text{ mol}$ 과 B $\frac{w}{2} \text{ g}$ 이 존재한다. 이때 전체 기체의 부피가 21 L 이므로 B $\frac{w}{2} \text{ g}$ 의 부피는 9 L 이다. 따라서 B $w \text{ g}$ 은 $18N \text{ mol}$ 이다. A $6N \text{ mol}$ 과 B $18N \text{ mol}$ 이 반응하여 C $12N \text{ mol}$ 이 생성되므로 화학 반응식은 다음과 같다.



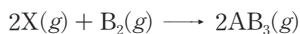
A 7 g 과 B $w \text{ g}$ 이 반응하여 C 8.5 g 이 생성되었으므로 $w = 1.5$ 이고 A~C의 반응 질량비는 $7 : 1.5 : 8.5 = 14 : 3 : 17$ 이다.

A~C의 반응 계수비는 1 : 3 : 2이므로 화학식량의 비는 $\frac{14}{1} : \frac{3}{3} : \frac{17}{2} = 28 : 2 : 17$ 이다.

ㄷ. A 6N mol과 B 9N mol($=\frac{w}{2}$ g)을 반응시키면 반응 후 실린더에는 A 3N mol과 C 6N mol이 존재한다. 이때 전체 기체의 부피는 9 L이므로 $x=9$ 이다. A 6N mol과 B 36N mol($=2w$ g)을 반응시키면 반응 후 B 18N mol과 C 12N mol이 존재한다. 이때 전체 기체의 부피는 30 L이므로 $y=30$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{3}{10}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 화학 반응식은 $A(g) + 3B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이므로 $b=3, c=2$ 이다. 따라서 $b+c=5$ 이다.

84 ㄱ. 기체 1 L의 양(mol)을 N mol이라고 하면 실린더에 들어 있는 X의 양(mol)은 12N mol이며, B₂ w g을 넣었을 때 X와 B₂가 모두 반응하고 실린더에 AB₃ 12 L만 존재한다. 이때 생성된 AB₃의 양(mol)은 12N mol이다. B₂ 2w g을 넣었을 때의 부피는 B₂ w g을 넣었을 때보다 전체 기체의 부피가 6 L 증가하므로 B₂ w g의 양(mol)은 6N mol이다. B₂ w g을 넣었을 때 X 12N mol과 B₂ 6N mol이 반응하여 AB₃ 12N mol이 생성되므로 화학 반응식은 다음과 같다.



반응 전후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 X는 AB₂이다.

ㄴ. $a=c=2$ 이다.

바로알기 ㄷ. AB₂ 4w g의 양(mol)은 12N mol이고, B₂ w g의 양(mol)은 6N mol이므로 AB₂와 B₂의 분자량비는 $\frac{4w}{12N} : \frac{w}{6N} = 2 : 1$ 이다. A와 B의 원자량을 각각 m, n이라고 하면 AB₂와 B₂의 분자량비는 $(m+2n) : 2n = 2 : 1, m=2n$ 이다. 따라서 A와 B의 원자량비는 2 : 1이다.

85 ㄱ. 제시된 물질의 화학 반응에서 반응물은 AB, B₂이고, 생성물은 A₂B이거나 AB₂이다. 생성물이 A₂B이면 화학 반응식은 $aAB + bB_2 \longrightarrow cA_2B$ 로 나타낼 수 있다. 반응 전과 후 A 원자 수와 B 원자 수가 같아야 하므로 $a=2c, a+2b=c$ 이고, 이 식을 정리하면 $b=-\frac{c}{2}$ 가 되어 모순이다. 따라서 생성물은 AB₂이고, 화학 반응식은 $aAB + bB_2 \longrightarrow cAB_2$ 로 나타낼 수 있다. 반응 전과 후 A 원자 수와 B 원자 수가 같아야 하므로 $a=c, a+2b=2c$ 이고 이 식을 정리하면 $b=\frac{c}{2}$ 이고, 화학 반응식은 $2AB + B_2 \longrightarrow 2AB_2$ 이다. 화학 반응식에서 반응 계수비는 AB : B₂ = 2 : 1이므로 반응 몰비는 AB : B₂ = 2 : 1이다.

ㄴ. 반응 후 생성물은 AB₂이므로 ㉠은 AB₂이다.

바로알기 ㄷ. 반응 전 실린더에 들어 있는 AB의 양(mol)을 4N mol이라고 하면 B₂의 양(mol)도 4N mol이며 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	2AB	+	B ₂	→	2AB ₂
반응 전(mol)	4N		4N		
반응(mol)	-4N		-2N		+4N
반응 후(mol)	0		2N		4N

반응 전 실린더에 들어 있는 전체 기체의 양(mol)이 8N mol일 때 4V L이고, 반응 후 남은 B₂(㉡)의 양(mol)은 2N mol이므로 부피는 V L이다.

86 ㄱ. (가)를 완전 연소시켰을 때 생성된 CO₂와 H₂O의 양(mol)은 각각 $\frac{55a}{44} = \frac{5a}{4}, \frac{27a}{18} = \frac{3a}{2}$ 이다. 생성물의 총 양(mol)은 $\frac{5a}{4} + \frac{3a}{2} = \frac{11a}{4} = 11n$ 이므로 $a=4n$ 이다. (나)를 완전 연소시켰을 때 생성된 CO₂와 H₂O의 양(mol)은 각각 $\frac{11b}{44} = \frac{b}{4}, \frac{2b}{18} = \frac{b}{9}$ 이다. 생성물의 총 양(mol)은 $\frac{b}{4} + \frac{b}{9} = \frac{13b}{36} = 13n, b=36n$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{36n}{4n} = 9$ 이다.

ㄴ. (가)를 완전 연소시켰을 때 생성된 CO₂에서 C의 양(mol)은 $\frac{5a}{4}$ 이고, H₂O에서 H의 양(mol)은 $2 \times \frac{3a}{2} = 3a$ 이다. (가)를 구성하는 C와 H의 몰비는 C : H = $\frac{5a}{4} : 3a = 5 : 12$ 이다. 따라서 (가)의 화학식은 C₅H₁₂이다.

ㄷ. (가)를 완전 연소시켰을 때 생성된 CO₂에서 O의 양(mol)은 $2 \times \frac{5a}{4} = \frac{5a}{2}$ 이고, H₂O에서 O의 양(mol)은 $\frac{3a}{2}$ 이다. 반응한 O₂에서 O의 양(mol)은 $2 \times \frac{256 \times 10^{-3}}{32} = 16 \times 10^{-3}$ 이다. 반응 전과 후 O의 양(mol)은 같으므로 $16 \times 10^{-3} = \frac{5a}{2} + \frac{3a}{2}, a=4 \times 10^{-3}$ 이다.

$\frac{b}{a} = 9$ 이므로 $b=36 \times 10^{-3}$ 이고, (나)를 완전 연소시켰을 때 생성된 CO₂에서 O의 양(mol)은 $2 \times \frac{b}{4} = \frac{b}{2} = 18 \times 10^{-3}$ 이고, 생성된 H₂O에서 O의 양(mol)은 $\frac{b}{9} = 4 \times 10^{-3}$ 이다. 반응 전과 후 O의 양(mol)은 같으므로 [(나)에 포함된 O의 양(mol) + 반응한 O₂에 포함된 O의 양(mol)] = [CO₂에서 O의 양(mol) + H₂O에서 O의 양(mol)]이다. 따라서 (나)에 포함된 O의 양(mol) = CO₂에서 O의 양(mol) + H₂O에서 O의 양(mol) - 반응한 O₂에 포함된 O의 양(mol) = $(18 + 4 - 2 \times \frac{288}{32}) \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3}$ 이다. O의 원자량은 16이므로 (나)에 포함된 O의 질량은 $4 \times 10^{-3} \times 16 = 64 \times 10^{-3} \text{ g} = 64 \text{ mg}$ 이다.

87 ㄴ. 실린더에 들어 있는 A의 양(mol)이 모두 반응하면 '반응 후 A의 부피 × C의 양(L · mol)' = 0이지만, 제시된 자료에서 0이 되는 값이 없으므로 B가 모두 반응한다. 기체 V L의 양(mol)을 n mol이라 하면 B 2 mol을 넣었을 때와 B 6 mol을 넣었을 때 화학 반응에서 양적 관계는 각각 다음과 같다.

	A(g)	+	2B(s)	→	cC(s)
반응 전(mol)	n		2		
반응(mol)	-1		-2		+c
반응 후(mol)	(n-1)		0		c

	A(g)	+	2B(s)	→	cC(s)
반응 전(mol)	n		6		
반응(mol)	-3		-6		+3c
반응 후(mol)	(n-3)		0		3c

반응 후 A의 부피는 A의 양(mol)에 비례하고, B 2 mol을 넣었을 때와 B 6 mol을 넣었을 때 '반응 후 A의 부피 × C의 양(L · mol)'이 같으므로 $(n-1) \times c = (n-3) \times 3c, n=4$ 이다.

따라서 V L에 해당하는 A의 양(mol)은 4 mol이다.

ㄷ. B 2 mol을 넣었을 때 반응 후 A는 3 mol이 남으며, 기체 4 mol의 부피가 V L이므로 A 3 mol의 부피는 $\frac{3}{4}V$ L이다. '반응 후 A의

부피 $\times$ C의 양(L $\cdot$ mol)' = $\frac{3}{4}V \times c = \frac{3}{2}V$, $c=2$ 이다.

B 4 mol을 넣었을 때 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	2B(s)	$\longrightarrow$	2C(s)
반응 전(mol)	4		4		
반응(mol)	-2		-4		+4
반응 후(mol)	2		0		4

반응 후 A의 부피 $\times$ C의 양(mol) = $\frac{1}{2}V \times 4 = 2V$ 이므로 $x=2$ 이다.

따라서 $c=x=2$ 이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠~㉣에서 B가 모두 반응하므로 반응한 B의 양(mol)이 가장 큰 것은 ㉣이다.

88 A x L의 양(mol)은 $\frac{x}{40}$ mol이며, B $4w$ g의 양(mol)을 n mol이라고 하면 B $4w$ g를 넣었을 때 B가 모두 반응하므로 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	5A(g)	+	B(g)	$\longrightarrow$	2C(g)
반응 전(mol)	$\frac{x}{40}$		n		
반응(mol)	-5n		-n		+2n
반응 후(mol)	$\left(\frac{x}{40}-5n\right)$		0		2n

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{x}{40}-5n+2n=\frac{26}{40}$ 이므로

$3n=\frac{x}{40}-\frac{13}{20}$ 이다. ... ㉠식

B $8w$ g의 양(mol)은 $2n$ mol이고, B $8w$ g를 넣었을 때 A가 모두 반응하므로 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	5A(g)	+	B(g)	$\longrightarrow$	2C(g)
반응 전(mol)	$\frac{x}{40}$		$2n$		
반응(mol)	$-\frac{x}{40}$		$-\frac{x}{200}$		$+\frac{x}{100}$
반응 후(mol)	0		$\left(2n-\frac{x}{200}\right)$		$\frac{x}{100}$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $2n-\frac{x}{200}+\frac{x}{100}=\frac{26}{40}$ 이므로

$2n=\frac{13}{20}-\frac{x}{200}$ 이다. ... ㉡식

㉠식과 ㉡식을 풀면 $x=50$, $n=\frac{1}{5}$ 이다.

89 ㉠ B를 넣기 전 A V L의 밀도는 1이므로 A의 질량은 V g이다. B w g를 넣은 P에서 전체 기체의 질량은 $(V+w)$ g이고, 부피는 $2.5V$ L이므로 밀도는 $\frac{V+w}{2.5V}=0.8$, $V=w$ 이다. 따라서 반응 전 A V L의 질량은 w g이다.

㉡ 분자량은 A가 B의 2배이므로 B w g의 부피는 $2V$ L이다. 기체 V L의 양(mol)을 n mol이라고 하면 B w g를 넣었을 때 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

	aA(g)	+	B(g)	$\longrightarrow$	aC(g)
반응 전(mol)	n		$2n$		
반응(mol)	$-n$		$-\frac{n}{a}$		$+n$
반응 후(mol)	0		$2n-\frac{n}{a}$		n

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $\left(2n-\frac{n}{a}\right)+n=2.5n$, $a=2$ 이다.

㉢ 화학 반응식에서 A와 C의 반응 계수가 같으므로 A가 반응할 때에는 전체 기체의 부피가 일정하고, 넣어 주는 B의 질량 때문에 전체 기체의 질량은 증가하여 전체 기체의 밀도(= $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$)는 증가한다. A가 모두 반응한 후에는 넣어 주는 B의 양(mol)만큼 전체 기체의 부피가 증가하므로 전체 기체의 밀도는 감소한다. 따라서 A는 전체 기체의 밀도가 x 일 때 모두 반응한다.

㉣ 화학 반응식은 $2A(g)+B(g)\longrightarrow 2C(g)$ 이므로 A n mol과 모두 반응하는 B의 양(mol)은 $\frac{n}{2}$ mol이다. B w g의 양(mol)은 $2n$ mol

이므로 B $\frac{n}{2}$ mol의 질량은 $\frac{w}{4}$ g이다. 따라서 전체 기체의 밀도가 x

일 때 반응한 B의 질량은 $\frac{w}{4}$ g이다.

바로알기 | ㉤ 전체 기체의 밀도가 x 일 때 반응한 A의 질량은 w g, B의 질량은 $\frac{w}{4}$ g이므로 전체 기체의 질량은 $\frac{5w}{4}$ g이다. 화학 반응식에서 A와 C의 반응 계수가 같으므로 A가 반응할 때에는 전체 기체의 부피는 V L로 일정하다. 이때 전체 기체의 밀도는 $x=\frac{\frac{5w}{4}}{V}$ 이고,

$V=w$ 이므로 $x=\frac{5}{4}$ 이다.

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

ㄴ. (가) $\rightarrow$ (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 mol이 반응하여 C $\frac{2}{3}$ mol이 생성되므로 A~C의 반응 계수비는 1 : 3 : 2이다. $b=3$, $c=2$ 이므로 $b+c=5$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 기체 $2.5V$ L의 양(mol)은 $\frac{5}{3}$ mol이며, (나) $\rightarrow$ (다)에서 A 또는 B가 모두 반응하므로 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

이 경우 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{5}{3}$ mol 이상이 되어 모순이다. 따라서 (나) → (다)에서 B가 모두 반응하고, 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 $\frac{2}{3}-\frac{x}{3}+\frac{2}{3}+\frac{2x}{3}=\frac{4}{3}+\frac{x}{3}=\frac{5}{3}$, $x=1$ 이다.

91 ㄷ. (나)에서 생성된 CH_4 의 양(mol)은 $\frac{48 \times 10^{-3} \text{ L}}{24 \text{ L/mol}}=0.002 \text{ mol}$ 이다. 두 번째 화학 반응식에서 C와 CH_4 의 반응 계수비는 1 : 1이므로 반응한 C의 양(mol)은 0.002 mol이다. C의 원자량이 12이므로 반응한 C의 질량은 $12 \times 0.002=0.024 \text{ g}$ 이다. 반응 후 남은 C의 질량은 0.012 g이므로 (나)에서 혼합한 C의 질량은 $24 \text{ mg}+12 \text{ mg}=36 \text{ mg}$ 이다. 따라서 $a=36$ 이다.

바로알기 ㄱ. 두 번째 화학 반응식에서 H_2 와 CH_4 의 반응 계수비는 2 : 1이므로 반응한 H_2 의 양(mol)은 0.004 mol이다. (가)에서 생성된 H_2 가 (나)에서 모두 반응했으므로 (가)에서 생성된 H_2 의 양(mol)은 0.004 mol이다.

ㄴ. 첫 번째 화학 반응식에서 M과 H_2 의 반응 계수비는 1 : 1이므로 반응한 M의 양(mol)은 0.004 mol이다. 반응한 M의 질량이 $w \text{ mg}$ 이므로 M의 원자량은 $\frac{\text{M의 질량}}{\text{M의 양(mol)}}=\frac{w \times 10^{-3}}{0.004}=\frac{w}{4}$ 이다.

92 ㄱ. (다)에서 $CaCO_3$ $w_1 \text{ g}$ 이 모두 반응하였으므로 반응한 $CaCO_3$ 의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$ mol이다.

ㄴ. $CaCO_3$ 과 HCl 이 반응하면 CO_2 가 생성되고, 생성된 CO_2 는 기체이므로 공기 중으로 날아간다. 질량 보존 법칙에 의해 $w_1+w_2=w_3$ + 생성된 CO_2 의 질량이므로 $w_1+w_2>w_3$ 이다.

ㄷ. 화학 반응식에서 $CaCO_3$ 과 CO_2 의 반응 계수가 같으므로 반응한 $CaCO_3$ 과 생성된 CO_2 의 양(mol)이 같다. 생성된 CO_2 의 질량은 $(w_1+w_2-w_3) \text{ g}$ 이고, CO_2 의 분자량을 M 이라고 하면 생성된 CO_2 의 양(mol)은 $\frac{w_1+w_2-w_3}{M}$ 이다. 반응한 $CaCO_3$ 의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$

이므로 $\frac{w_1}{100}=\frac{w_1+w_2-w_3}{M}$, $M=\frac{100(w_1+w_2-w_3)}{w_1}$ 이다.

93 **모범 답안** $CaCO_3$ 과 CO_2 의 반응 몰비는 1 : 1이므로 발생한 CO_2 의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$ mol이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 발생한 CO_2 의 부피는 $\left(\frac{w_1}{100} \times 24\right) \text{ L}$ 이다.

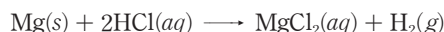
94 ㄱ. $CaCO_3$ 과 HCl 이 반응하면 생성된 CO_2 가 공기 중으로 날아가므로 질량이 감소한다. 감소한 질량은 CO_2 의 질량이므로 생성된 CO_2 의 양(mol)은 $\frac{202.81-202.37}{44}=0.01 \text{ mol}$ 이다.

화학 반응식에서 H_2O 과 CO_2 의 반응 계수가 같으므로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 0.01 mol이고, 질량은 $18 \text{ g/mol} \times 0.01 \text{ mol}=0.18 \text{ g}$ 이다.

ㄴ. 20°C , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 생성된 CO_2 의 부피는 $0.01 \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol}=0.24 \text{ L}$ 이다.

바로알기 ㄷ. $CaCO_3$ 1.5 g은 $\frac{1.5 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}}=0.015 \text{ mol}$ 이며, 화학 반응식에서 $CaCO_3$ 과 CO_2 의 반응 계수가 같으므로 반응한 $CaCO_3$ 의 양(mol)은 0.01 mol이다. 따라서 반응 후 남아 있는 $CaCO_3$ 의 양(mol)은 0.005 mol이다.

95 $Mg(s)$ 과 $HCl(aq)$ 이 반응하여 $H_2(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



H_2 18 L의 양(mol)은 $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 이고, 화학 반응식에서 Mg 과 H_2 의 반응 계수가 같으므로 필요한 Mg 의 양(mol)은 $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 이다. Mg 의 원자량은 24이므로 Mg $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 의 질량은 $24 \text{ g/mol} \times \frac{3}{4} \text{ mol}=18 \text{ g}$ 이다.

모범 답안 H_2 18 L의 양(mol)은 $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 이므로 필요한 Mg 의 최소 양(mol)은 $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 이며, Mg $\frac{3}{4} \text{ mol}$ 의 질량은 $24 \text{ g/mol} \times \frac{3}{4} \text{ mol}=18 \text{ g}$ 이다.

4 용액의 농도

빈칸 자료 보기

28쪽

96 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

97 (1) × (2) ○ (3) ×

96 (1) (가)에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L}=0.05 \text{ mol}$ 이다. 포도당의 분자량은 180이므로 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol}=9 \text{ g}$ 이다.

(3) (가)~(다)에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 각각 0.05 mol, 0.04 mol, 0.04 mol이므로 (가)~(다)를 혼합한 용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 0.13 mol이다. 혼합 용액의 부피가 1 L이므로 이 수용액의 몰 농도(M)는 $\frac{0.13 \text{ mol}}{1 \text{ L}}=0.13 \text{ M}$ 이다.

(4) 제시된 실험 기구는 부피 플라스크이다.

바로알기 (2) (나)에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L}=0.04 \text{ mol}$ 이고 (다)에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.4 \text{ M} \times 0.1 \text{ L}=0.04 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (나)와 (다)를 혼합한 용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 0.08 mol이다.

97 (2) (가)의 수용액의 부피는 $\frac{60 \text{ g}}{1 \text{ g/mL}}=60 \text{ mL}$ 이다.

바로알기 | (1) 10 % NaOH(aq) 60 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $\frac{10}{100} \times 60 \text{ g} = 6 \text{ g}$ 이다. NaOH의 화학식량은 40이므로 수용액에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $\frac{6 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.15 \text{ mol}$ 이다.

(3) (가)와 (나) 수용액을 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.15 \text{ mol} + 0.5 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. 이 혼합 용액의 몰 농도(M)는 0.2 M이므로 $0.2 \text{ M} \times \frac{(160+x)}{1000} \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$, $x=840$ 이다.

난이도별 필수 기출

29~31쪽

98 ⑤	99 ④	100 ①	101 ②	102 ④	103 ①
104 ②	105 해설 참조		106 ③	107 ③	108 ⑤
109 ②	110 ④	111 ①	112 ③		

98 ①, ② 퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 으로 나타내므로 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량을 백분율로 나타낸 것이다. 퍼센트 농도의 단위는 %이다.

③ 몰 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 으로 나타내므로 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 의미한다.

④ 몰 농도의 단위는 M 또는 mol/L이다.

⑥ 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M) × 부피(L)이다. 0.1 M 포도당 수용액 0.1 L와 0.1 M 설탕 수용액 0.1 L에 녹아 있는 입자 수는 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 로 같다.

바로알기 | ⑤ 10 % 포도당 수용액 100 g에 녹아 있는 포도당의 질량은 $\frac{10}{100} \times 100 \text{ g} = 10 \text{ g}$ 이고, 10 % 설탕 수용액 100 g에 녹아 있는 설탕의 질량은 $\frac{10}{100} \times 100 \text{ g} = 10 \text{ g}$ 이다. 포도당 수용액과 설탕 수용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같지만, 포도당과 설탕의 분자량이 다르므로 녹아 있는 입자 수는 다르다.

99 물을 모두 증발시키면 삼각 플라스크에는 NaCl(s)이 남아 있다. 삼각 플라스크의 질량은 505 g이므로 NaCl(s)의 질량은 $510.85 \text{ g} - 505 \text{ g} = 5.85 \text{ g}$ 이다. NaCl의 화학식량이 58.5이므로 NaCl 5.85 g은 $\frac{5.85 \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. NaCl(aq) 50 mL = 0.05 L이므로 이 수용액의 몰 농도(M) = $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 2 \text{ M}$ 이다.

100 (가) 0.5 M 설탕 수용액 500 mL에 녹아 있는 설탕의 양(mol)은 $0.5 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.25 \text{ mol}$ 이다.

(나) 9 % 포도당 수용액 300 g에 녹아 있는 포도당의 질량은 $\frac{9}{100} \times 300 \text{ g} = 27 \text{ g}$ 이다. 포도당의 분자량이 180이므로 포도당 27 g의 양(mol)은 $\frac{27 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.15 \text{ mol}$ 이다.

(다) 1 M 포도당 수용액 0.1 L에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 용질의 입자 수는 (가) > (나) > (다)이다.

101 1 M 포도당 수용액 800 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $1 \text{ M} \times 0.8 \text{ L} = 0.8 \text{ mol}$ 이고, 2 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ 이다. 혼합 용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.8 \text{ mol} + 0.4 \text{ mol} = 1.2 \text{ mol}$ 이고, 혼합 용액의 부피는 $0.8 \text{ L} + 0.2 \text{ L} = 1 \text{ L}$ 이므로 몰 농도(M)는 $\frac{1.2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 1.2 \text{ M}$ 이다.

102 2.0 M 설탕 수용액 x mL에 녹아 있는 설탕의 양(mol)과 0.4 M 설탕 수용액 2 L에 녹아 있는 설탕의 양(mol)이 같다. 따라서 $2.0 \text{ M} \times \frac{x}{1000} \text{ L} = 0.4 \text{ M} \times 2 \text{ L}$, $x=400$ 이다.

103 생성된 CO₂의 양(mol)은 $\frac{0.44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, CaCO₃과 CO₂의 반응 계수비는 1 : 1이므로 반응한 CaCO₃의 양(mol)도 0.01 mol이다. 따라서 반응한 CaCO₃의 질량은 $0.01 \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 1 \text{ g}$ 이고, 반응 후 남은 CaCO₃의 질량은 5 g이므로 a=5이다. HCl(aq)과 CO₂의 반응 계수비는 2 : 1이므로 반응한 HCl(aq)의 양(mol)은 0.02 mol이고, HCl(aq)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.02 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이므로 x=0.2이다. 따라서 x×a=1이다.

104 ① 0.5 M A 수용액 1 L에 녹아 있는 A의 양(mol)은 $0.5 \text{ M} \times 1 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

③ A의 화학식량은 180이므로 A 0.5 mol의 질량은 $0.5 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 90 \text{ g}$ 이다. A 수용액의 밀도는 1.08 g/mL이므로 수용액 1 L의 질량은 $1000 \text{ mL} \times 1.08 \text{ g/mL} = 1080 \text{ g}$ 이다. 따라서 수용액의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{90 \text{ g}}{1080 \text{ g}} \times 100 = \frac{25}{3} \%$ 이다.

④ 물을 추가하여도 녹아 있는 A의 양(mol)은 0.5 mol로 일정하므로 수용액의 부피를 4 L로 증가시킨 용액의 몰 농도(M)는 $\frac{0.5 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.125 \text{ M}$ 이다.

⑤ 물을 증발시켜도 녹아 있는 A의 양(mol)은 일정하므로 수용액의 부피가 $\frac{1}{4}$ 로 감소하면 0.25 L가 되어 몰 농도(M)는 $\frac{0.5 \text{ mol}}{0.25 \text{ L}} = 2 \text{ M}$ 이다.

바로알기 | ② A의 화학식량은 180이므로 A 0.5 mol의 질량은 90 g이다. 수용액 1 L에 녹아 있는 A의 질량은 90 g이므로 수용액 0.5 L에 녹아 있는 A의 질량은 절반인 45 g이다.

다른 해설 | ④ 몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 몰 농도(M)는 수용액의 부피에 반비례한다. 수용액의 부피가 1 L에서 4 L로 4배가 되면 몰 농도(M)는 $\frac{1}{4}$ 배가 되어 $0.5 \text{ M} \times \frac{1}{4} = 0.125 \text{ M}$ 이다.

⑤ 몰 농도는 수용액의 부피에 반비례하므로 수용액의 부피가 $\frac{1}{4}$ 배가 되면 몰 농도(M)는 4배가 되어 $0.5 \text{ M} \times 4 = 2 \text{ M}$ 이다.

105 (1) 몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 용질의 양(mol)은 몰 농도(M) × 용액의 부피(L)이다. A 수용액에 녹아 있는 A의 양(mol)은 $x \text{ M} \times 1 \text{ L} = x \text{ mol}$ 이고, B 수용액에 녹아 있는 B의 양(mol)은 $\frac{2}{3} x \text{ M} \times 1 \text{ L} = \frac{2}{3} x \text{ mol}$ 이다. 수용액에 녹아 있는 용질의 몰비는 (가) : (나) = $x : \frac{2}{3} x = 3 : 2$ 이다.

(2) 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{분자량(g/mol)}}$ 이므로 질량(g) = 물질의 양(mol) × 분자량(g/mol)이다. 수용액에 녹아 있는 용질의 몰비는 A : B = 3 : 2이고, 분자량비는 A : B = 1 : 3이므로 수용액에 녹아 있는 용질의 질량비는 (가) : (나) = $3 \times 1 : 2 \times 3 = 1 : 2$ 이다.

모범 답안 (1) 수용액에 녹아 있는 용질의 몰비는 (가) : (나) = $x \text{ M} \times 1 \text{ L} : \frac{2}{3} x \text{ M} \times 1 \text{ L} = 3 : 2$ 이다.

(2) 수용액에 녹아 있는 용질의 질량비는 수용액에 녹아 있는 용질의 몰비에 용질의 분자량비를 곱하여 구할 수 있다. 따라서 용질의 질량비는 (가) : (나) = $3 \times 1 : 2 \times 3 = 1 : 2$ 이다.

106 ㄱ. 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이므로 (가)에서 설탕 수용액의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{25 \text{ g}}{450 \text{ g} + 25 \text{ g}} \times 100(\%)$ 이고, (나)에서 포도당 수용액의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{25 \text{ g}}{450 \text{ g} + 25 \text{ g}} \times 100(\%)$ 이다. 따라서 (가)와 (나)에서 수용액의 퍼센트 농도(%)는 같다.

ㄷ. 용질의 입자 수는 $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 에 비례한다. 수용액에 녹아 있는 설탕과 포도당의 질량은 25 g으로 같지만, 용질의 분자량은 설탕이 포도당보다 크므로 용질의 입자 수는 (나)가 (가)보다 크다.

바로알기 ㄴ. 몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이다. (가)와 (나)에서 수용액의 질량은 475 g으로 같고, 수용액의 밀도도 1 g/mL로 같으므로 수용액의 부피($= \frac{\text{질량}}{\text{밀도}}$)는 (가)와 (나)에서 같다. 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 설탕의 양(mol)보다 크므로 수용액의 몰 농도(M)는 (나)가 (가)보다 크다.

다른 해설 ㄱ. 설탕 수용액과 포도당 수용액에서 수용액의 질량은 475 g (= 450 g + 25 g)으로 같고, 녹아 있는 설탕과 포도당의 질량은 25 g으로 같다. 퍼센트 농도(%)는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이므로 용액의 질량과 용질의 질량이 같은 설탕 수용액과 포도당 수용액의 퍼센트 농도(%)는 같다.

107 ㄱ. 용질의 질량(g) = $\frac{\text{퍼센트 농도(%)}}{100} \times \text{용액의 질량(g)}$ 이므로 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $\frac{1}{100} \times 500 = 5 \text{ g}$ 이다. 용질의 양(mol) = 몰 농도(M) × 용액의 부피(L)이므로 (나)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.2 \text{ M} \times 0.25 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. NaOH의 화학식량은 40이므로 (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (가)가 (나)의 2.5배이다.

ㄷ. (가)의 질량은 500 g이고 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 5 g이므로 (가) 수용액 400 g을 취한 용액에는 NaOH $5 \text{ g} \times \frac{4}{5} = 4 \text{ g}$ 이 녹아 있고, NaOH 4 g의 양(mol)은 $\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (가) 수용액 400 g에 물을 넣어 500 mL로 만든 용액의 몰 농도(M)는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄴ. (나)의 밀도는 1 g/mL이므로 (나)의 질량은 $250 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 250 \text{ g}$ 이고, (가)와 (나)의 혼합 용액의 질량은 $500 \text{ g} + 250 \text{ g} = 750 \text{ g}$ 이다.

(가)와 (나)의 혼합 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $5 \text{ g} + 2 \text{ g} = 7 \text{ g}$ 이므로 (가)와 (나) 혼합 용액의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{7 \text{ g}}{750 \text{ g}} \times 100 = \frac{14}{15} \%$ 이고, 이는 1 %보다 작다.

108 ㄱ. 1.5 M NaOH(aq) 20 mL에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $1.5 \text{ M} \times 0.02 \text{ L} = 0.03 \text{ mol}$ 이다. NaOH의 화학식량은 40이므로 (가)에 들어 있는 NaOH(s)의 질량은 $0.03 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 1.2 \text{ g}$ 이다.

ㄴ. (나)에 들어 있는 NaOH(aq)의 부피는 100 mL이고, NaOH(aq)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 0.03 mol이므로 NaOH(aq)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.03 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.3 \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = 0.3$ 이다.

ㄷ. 제시된 자료는 1.5 M NaOH(aq) 20 mL를 부피 플라스크에 넣고 수용액의 부피가 100 mL가 되도록 증류수를 채우면 $x \text{ M}$ NaOH(aq) 100 mL가 만들어지는 과정을 나타낸 것이다.

109 NaOH(aq)을 만들기 위해서 녹여야 하는 NaOH의 질량을 측정해야 하므로 가장 먼저 해야 하는 과정은 (가)이다. (가) 과정 후 NaOH을 녹이는 (다) 과정을 수행하며, (다) 과정 후 원하는 몰 농도(M)의 수용액을 만들기 위해 부피 플라스크로 옮기는 (나) 과정을 수행해야 한다. (나) 과정 후 정확한 실험을 위해 (마) 과정을 수행하고, 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 채워야 하므로 마지막으로 (라) 과정을 수행한다.

110 ㄱ. NaOH(aq)을 넣고 원하는 부피까지 증류수를 채우기 위해 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다. 따라서 ㉠은 부피 플라스크이다.

ㄷ. NaOH(aq)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이고 NaOH(aq)의 부피는 100 mL이므로 몰 농도(M)는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄴ. (라)에서 증류수를 100 mL 넣으면 (다)에서 비커에 넣은 증류수와 (마)에서 비커를 씻어 부피 플라스크에 넣은 증류수의 부피 때문에 전체 수용액의 부피는 100 mL 이상이 된다. 따라서 (라)에서 넣은 증류수의 부피는 100 mL보다 작다.

111 ㄱ. 2 M 포도당 수용액 300 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $2 \text{ M} \times 0.3 \text{ L} = 0.6 \text{ mol}$ 이다. 포도당 0.6 mol을 녹여 수용액 $x \text{ mL}$ 를 만들었을 때 수용액의 몰 농도(M)가 1.5 M이므로 $1.5 \text{ M} = \frac{0.6 \text{ mol}}{\frac{x}{1000} \text{ L}}$, $x = 400$ 이다.

바로알기 ㄴ. 2 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ 이며, 포도당의 분자량은 180이므로 포도당 0.4 mol의 질량은 $0.4 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 72 \text{ g}$ 이다. 2.5 M 포도당 수용액 400 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $2.5 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 1 \text{ mol}$ 이며, 포도당 1 mol의 질량은 $1 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 180 \text{ g}$ 이다. 2 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 질량과 포도당 $y \text{ g}$ 의 합은 2.5 M 포도당 수용액 400 mL에 녹아 있는 포도당의 질량과 같으므로 $72 \text{ g} + y \text{ g} = 180 \text{ g}$, $y = 108$ 이다.

(가)에서 만든 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 0.6 mol이고, (나)에서 만든 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 1 mol이므로 혼합 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 1.6 mol이다.

혼합 수용액의 부피는 $400\text{ mL} + 400\text{ mL} = 800\text{ mL}$ 이므로 물 농도(M)
 $= \frac{1.6\text{ mol}}{0.8\text{ L}} = 2\text{ M}$, $z=2$ 이다 따라서 $\frac{y}{z} = \frac{108}{2} = 54$ 이다.

ㄷ. (나) 과정 후에 수용액의 물 농도(M)는 2 M 이므로 이 수용액
 100 mL 에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $2\text{ M} \times 0.1\text{ L} = 0.2\text{ mol}$
 이다.

다른 해설 ㄱ. 2 M 포도당 수용액 300 mL 에 녹아 있는 포도당의 양
 (mol)과 1.5 M 포도당 수용액 $x\text{ mL}$ 에 녹아 있는 포도당의 양(mol)
 은 같으므로 $2\text{ M} \times 0.3\text{ L} = 1.5\text{ M} \times \frac{x}{1000}\text{ L}$, $x=400$ 이다.

112 A 10 g 을 녹인 수용액 10 mL 에서 1 mL 를 취한 수용액에 녹
 아 있는 A의 질량은 $10\text{ g} \times \frac{1}{10} = 1\text{ g}$ 이다. A의 화학식량이 40 이므
 로 (가) 수용액에 녹아 있는 A의 양(mol)은 $\frac{1}{40}$ mol이다. (가) 수용액

의 부피는 $\frac{1}{4}\text{ L} (=0.25\text{ L})$ 이므로 (가) 수용액의 물 농도(M) $x = \frac{\frac{1}{40}}{\frac{1}{4}}$

$= \frac{1}{10}$ 이다. (가) 수용액의 밀도가 1.2 g/mL 이므로 질량은 250 mL
 $\times 1.2\text{ g/mL} = 300\text{ g}$ 이다. (가) 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 1 g

이므로 퍼센트 농도(%) $y = \frac{1}{300} \times 100 = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{10}}$

$= \frac{10}{3}$ 이다.

최고 수준 도전 기출 (01~04강)

32~33쪽

113 ⑤ **114 ④** **115 ③** **116 ⑤** **117 ③** **118 ③**
119 해설 참조 **120** 해설 참조

113 ㄴ. (가)의 질량을 100 g 이라고 하면 C의 질량은 75 g , H의 질
 량은 25 g 이다. H와 C의 원자량은 각각 1 , 12 이므로 (가)에 포함된
 C 원자와 H 원자의 몰비는 $C : H = \frac{75}{12} : \frac{25}{1} = 1 : 4$ 이다. (가)는 분
 자 1개당 H 원자 수가 4 이므로 (가)의 분자식은 CH_4 이다. (나)에 포
 함된 C 원자와 H 원자의 몰비를 같은 형태로 구하면 $C : H = \frac{90}{12} :$
 $\frac{10}{1} = 3 : 4$ 이다. (나)는 분자 1개당 H 원자 수가 4 이므로 (나)의 분
 자식은 C_3H_4 이다. 분자 1개당 C 원자 수는 (가) 1 , (나) 3 이므로 (나)
 가 (가)의 3 배이다.

ㄷ. 분자량은 (가) 16 , (나) 40 이므로 (가) < (나)이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 분자식은 CH_4 , (나)의 분자식은 C_3H_4 이다.

114 ㄴ. CH_3COOH (아세트산)은 분자당 H 원자 수가 4 , O 원자
 수가 2 이므로 1 mol 에 들어 있는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{O 원자 수}} = \frac{4}{2} = 2$ 이다. $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$
 (아스피린)은 분자당 H 원자 수가 8 , O 원자 수가 4 이므로 1 mol 에
 들어 있는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{O 원자 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다.

따라서 (가)와 (나)는 1 mol 에 들어 있는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{O 원자 수}}$ 가 같다.

ㄷ. CH_3COOH 의 분자량은 60 이고, $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ 의 분자량은 180 이다.

1 g 에 들어 있는 C 원자 수는 $\frac{\text{분자당 C 원자 수}}{\text{분자량}}$ 에 해당하므로

CH_3COOH 이 $\frac{2}{60} = \frac{1}{30}$ 이고, $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ 이 $\frac{9}{180} = \frac{1}{20}$ 이다. 따라서

1 g 에 들어 있는 C 원자 수는 (가) < (나)이다.

바로알기 ㄱ. 1 mol 의 질량비는 분자량비와 같으므로 (가) : (나) =
 $60 : 180 = 1 : 3$ 이다.

115 ㄱ. (가)는 P에서 X $1.5w\text{ g}$ 과 Y $1.5w\text{ g}$ 으로 이루어진다. (가)
 의 분자식이 X_2Y 이면 Y의 원자량은 X의 2 배이다. (나)는 Q에서 X
 $\frac{2}{3}w\text{ g}$ 과 Y $w\text{ g}$ 으로 이루어진다. X와 Y의 질량비는 $2 : 3$ 이고, Y
 의 원자량은 X의 2 배이므로 (나)의 화학식은 X_4Y_3 , X_8Y_6 등이 되므
 로 (나)의 구성 원자 수는 5 이하라는 조건에 모순이다. 따라서 (가)의
 분자식은 XY_2 이고, X의 원자량은 Y의 2 배이다. (나)에서 X와 Y의
 질량비는 $2 : 3$ 이고 (나)의 구성 원자 수는 5 이하이므로 (나)의 분자
 식은 XY_3 이다.

ㄷ. $t^\circ\text{C}$, 1 atm 에서 기체 1 mol 의 부피는 $V\text{ L}$ 이므로 P에서 (가)의
 양(mol)은 1.5 mol 이다. (가)의 분자식은 XY_2 이므로 X 원자의 양
 은 1.5 mol , Y 원자의 양은 3 mol 이다. 따라서 P에서 X 원자와 Y
 원자의 양(mol)의 합은 4.5 mol 이다.

바로알기 ㄴ. P와 Q에서 기체의 밀도비는

$$\frac{1.5w + 1.5w}{1.5V} : \frac{\frac{2}{3}w + w}{\frac{2}{3}V} = 4 : 5 \text{이다.}$$

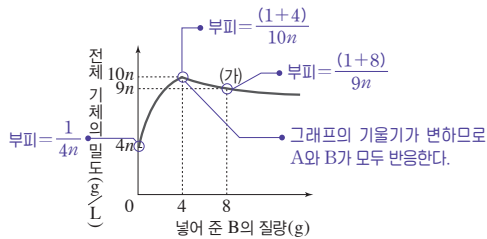
116 ⑤ (가)에 들어 있는 A와 B는 온도와 압력이 같고, (가)에 들어
 있는 기체와 (나)에 들어 있는 B는 온도가 같지만 압력이 다르다. 꼭
 지를 열면 (나)에 들어 있는 B는 압력이 변하지 않으므로 부피가 $V\text{ L}$ 로 일
 정하지만, (가)에 들어 있는 A와 B는 압력이 변하면서 부피가 변한다.
 꼭지를 열고 충분한 시간이 지났을 때 (나)의 부피가 $4V\text{ L}$ 이므로 (가)
 와 (나)의 부피의 합은 $V\text{ L} + 2V\text{ L} + 4V\text{ L} = 7V\text{ L}$ 이다. (나)에 있
 는 B의 부피가 $V\text{ L}$ 로 일정하므로 (가)에 들어 있는 A와 B는 각각
 $2V\text{ L}$, $4V\text{ L}$ 가 된다. 따라서 A와 B의 부피는 각각 $2V\text{ L}$, $5V\text{ L}$
 $(=4V + V)$ 이므로 A와 B의 부피비는 $2 : 5$ 이다.

바로알기 ① 꼭지를 열면 (가)에 들어 있는 기체의 부피가 증가하므로
 (가)에 들어 있는 기체의 압력은 (나)에서 피스톤에 작용하는 대기압보
 다 크다.

② 꼭지를 열고 충분한 시간이 지나면 모든 기체의 압력이 같아지므
 로 기체의 양(mol)과 부피가 비례한다. 꼭지를 열고 충분한 시간이 지
 났을 때 (가)에 들어 있는 기체의 부피는 $2V\text{ L} + 4V\text{ L} = 6V\text{ L}$ 에 해
 당하고, (나)에 들어 있는 기체의 부피는 $V\text{ L}$ 이므로 꼭지를 열기 전
 전체 기체의 양(mol)은 (가) : (나) = $6 : 1$ 이다.

③ (가)에서 A와 B의 질량이 $w\text{ g}$ 으로 같을 때 기체의 부피는 B가 A
 의 2 배이다. 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 분
 자량은 A가 B의 2 배이다.

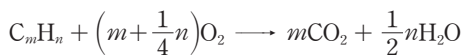
④ 꼭지를 열고 충분한 시간이 지났을 때 (가)에 들어 있는 B의 부피
 는 $4V\text{ L}$ 에 해당하고, (나)에 들어 있는 B의 부피는 $V\text{ L}$ 에 해당하므
 로 B의 양(mol)은 (가)가 (나)의 4 배이다. 따라서 (나)에 들어 있는 B
 의 질량은 (가)에 들어 있는 B의 $\frac{1}{4}$ 배가 되므로 $x = \frac{w}{4}$ 이다.



밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 부피 = $\frac{\text{질량}}{\text{밀도}}$ 이다. B를 넣기 전, B 4 g을 넣었을

때, B 8 g을 넣었을 때의 부피비를 구하면 $\frac{1}{4n} : \frac{(1+4)}{10n} : \frac{(1+8)}{9n}$
 $= 1 : 2 : 4$ 이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 B를 넣기 전 A의 양(mol)을 N mol이라고 하면, B 4 g을 넣었을 때 기체의 양(mol)은 $2N$ mol, B 8 g을 넣었을 때 기체의 양(mol)은 $4N$ mol이다. 그래프에서 B 4 g을 넣었을 때 그래프의 기울기가 변하므로 이때 A와 B가 모두 반응하고 실린더에는 C만 존재한다. B 8 g을 넣었을 때 넣어 준 B 4 g은 반응하지 않으므로 B 4 g을 넣었을 때보다 증가한 기체의 양 $2N$ mol은 B 4 g의 양(mol)이다. B 4 g을 넣었을 때 A N mol과 B $2N$ mol이 반응하여 C $2N$ mol이 생성된다. 따라서 A~C의 반응 몰비는 $1 : 2 : 2$ 이므로 반응 계수비 $a : b : c = 1 : 2 : 2$ 이다.

118 $\neg$. C_mH_n 이 연소하면 C 원자는 CO_2 가 되고 H 원자는 H_2O 가 된다. C_mH_n 1분자에는 C 원자 수가 m 개, H 원자 수가 n 개 있으므로 C_mH_n 1분자를 연소시키면 CO_2 m 개, H_2O $\frac{1}{2}n$ 개가 생성된다. CO_2 m 개에는 O 원자가 $2m$ 개 있고, H_2O $\frac{1}{2}n$ 개에는 O 원자가 $\frac{1}{2}n$ 개 있으므로 반응한 O_2 는 $\frac{1}{2}(2m + \frac{1}{2}n) = m + \frac{1}{4}n$ 개이다. 따라서 C_mH_n 의 연소 반응은 다음과 같이 정리할 수 있다.



반응 전과 후 기체의 부피가 일정하므로 반응물의 반응 계수 합은 생성물의 반응 계수 합과 같다. $1 + \left(m + \frac{1}{4}n\right) = m + \frac{1}{2}n$, $n=4$ 이다.

화학 반응식에서 CO_2 와 H_2O 의 계수는 b 로 같으므로 $m = \frac{1}{2}n = 2$ 이다. 따라서 연소시키는 물질의 분자식은 C_2H_4 이고, C_2H_4 의 분자량은 28이므로 C_2H_4 1.4 g은 0.05 mol이다.

(가)에서 $\frac{O_2(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}} = \frac{0.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ mol} + 0.05 \text{ mol}} = \frac{4}{5}$ 이다.

ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전과 후 기체의 질량은 같다. 반응 전과 후 기체의 부피가 같으므로 반응 전과 후 기체의 밀도는 같다.

바로알기 $\neg$. C_2H_4 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



C_2H_4 과 O_2 의 반응 계수비가 $1 : 3$ 이므로 C_2H_4 0.05 mol과 반응하는 O_2 의 양은 0.15 mol이고, 반응 후 O_2 0.05 mol이 남는다. O_2 의 분자량은 32이므로 남은 O_2 의 질량 $x = 0.05 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 1.6 \text{ g}$ 이다.

119 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응 전과 후 기체의 부피는 일정하며, 실험 I과 II에서 반응 전 전체 기체의 부피는 각각 6 L, 8 L이다. A의 분자량이 2이므로 실험 I과 II에서 A의 양(mol)은 각각 0.4 mol, 0.2 mol이다.

B 7.6 g을 n mol이라고 하면 반응 전 기체의 양(mol)은 실험 I에서 A 0.4 mol, B n mol이고, 실험 II에서 A 0.2 mol, B $3n$ mol이다. 기체의 부피와 기체의 양(mol)은 비례하므로 실험 I과 II의 반응 전 기체의 전체 부피비는 $I : II = 0.4 + n : 0.2 + 3n = 6 : 8$, $n = 0.2$ 이다. B 7.6 g이 0.2 mol이므로 B의 분자량은 38이다. 실험 I과 II의 화학 반응에서 양적 관계는 다음과 같다.

[실험 I]	A(g)	+	B(g)	$\longrightarrow$	2C(g)
반응 전(mol)	0.4		0.2		
반응(mol)	-0.2		-0.2		+0.4
반응 후(mol)	0.2		0		0.4

반응 후 A 0.2 mol이 남으므로 남은 A의 질량은 $0.2 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 0.4 \text{ g}$ 이다. 따라서 $x = 0.4$ 이다.

[실험 II]	A(g)	+	B(g)	$\longrightarrow$	2C(g)
반응 전(mol)	0.2		0.6		
반응(mol)	-0.2		-0.2		+0.4
반응 후(mol)	0		0.4		0.4

반응 후 B 0.4 mol이 남으므로 남은 B의 질량은 $0.4 \text{ mol} \times 38 \text{ g/mol} = 15.2 \text{ g}$ 이다. 따라서 $y = 15.2$ 이다.

화학 반응식에서 'A의 분자량 + B의 분자량 = 2 × C의 분자량'이므로

$$C \text{의 분자량} = \frac{2 + 38}{2} = 20 \text{이다.}$$

따라서 $\frac{x+y}{C \text{의 분자량}} = \frac{0.4 + 15.2}{20} = 0.78$ 이다.

모범 답안 실험 I에서 반응 후 A 0.2 mol이 남으므로 $x = 0.4$ 이고, 실험 II에서 반응 후 분자량이 38인 B 0.4 mol이 남으므로 $y = 15.2$ 이다. C의 분자량은 $\frac{2 + 38}{2} = 20$ 이므로 $\frac{x+y}{C \text{의 분자량}} = \frac{0.4 + 15.2}{20} = 0.78$ 이다.

120 (1) 수용액 (가)에 녹아 있는 X의 질량은 $\frac{10}{100} \times 100 \text{ g} = 10 \text{ g}$

이고, X의 양(mol)은 $\frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = \frac{1}{10} \text{ mol}$ 이다. 수용액의 밀도는 $d \text{ g/mL}$ 이므로 수용액 100 g의 부피는 $\frac{100}{d} \text{ mL}$ 이다. 따라서

$$\text{수용액 (가)의 몰 농도(M)은 } \frac{\frac{1}{10} \text{ mol}}{\left(\frac{100}{d} \times \frac{1}{1000}\right) \text{ L}} = d \text{ M이다.}$$

(2) 수용액 (나)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. X 10 g은 0.1 mol이므로 (나)에 X 10 g을 더 녹이면 용질의 양(mol)이 2배가 되므로 용액의 몰 농도(M)는 2배인 2 M이 된다.

(3) 수용액 (가)에 녹아 있는 X의 질량은 10 g이고, 수용액 (나)에 녹아 있는 X의 질량은 10 g이므로 수용액 (다)에 녹아 있는 X의 질량은 20 g이다. 수용액 (다)의 밀도는 1 g/mL 이므로 질량은 500 g이다.

따라서 수용액 (다)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{20 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100 = 4 \%$ 이다.

$$\text{모범 답안 (1) 몰 농도(M)은 } \frac{\frac{1}{10} \text{ mol}}{\left(\frac{100}{d} \times \frac{1}{1000}\right) \text{ L}} = d \text{ M이다.}$$

(2) X 10 g을 더 녹이면 용질의 양이 2배가 되므로 몰 농도(M)는 1 M의 2배인 2 M이 된다.

(3) 수용액 (다)에 녹아 있는 X의 질량은 20 g이고, 수용액 (다)의 질량은 500 g이므로 수용액 (다)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{20 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100 = 4 \%$ 이다.

5 원자를 구성하는 입자의 발견

빈출 자료 보기

34쪽

121 (1) × (2) × (3) × (4) ○

122 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

121 (4) (가)~(다)의 실험 결과로 음극선은 전자의 흐름임을 알아내었다.

바로알기 | (1) (가)에서 음극선의 경로에 물체를 놓아두었을 때 그림자가 생기는 것으로 보아 음극선은 직진하는 성질이 있음을 알 수 있다.
(2) (나)에서 음극선의 경로에 전기장을 걸어 주었을 때 음극선이 (+)극 쪽으로 휘어지는 것으로 보아 음극선은 (-)전하를 띠고 있음을 알 수 있다.
(3) (다)에서 음극선의 경로에 바람개비를 놓았을 때 바람개비가 회전하는 것으로 보아 음극선은 질량을 가지고 있음을 알 수 있다.

122 (1) 이 실험에서 대부분의 알파(α) 입자들은 금박을 통과한다.
(2) 이 실험에서 알파(α) 입자 중 극소수는 크게 휘어지거나 튕겨 나온다.
(4) 실험 결과 원자의 중심에는 (+)전하를 띠는 입자가 존재함을 알게 되었다.

바로알기 | (3) 이 실험 결과로 원자핵의 존재가 제안되었다.

난이도별 필수 기출

35~37쪽

123 ① 124 ③ 125 ③ 126 ① 127 ②
128 해설 참조 129 ⑤ 130 ③ 131 ④, ⑤
132 ③ 133 ① 134 ⑤

123 제시된 실험은 톰슨의 음극선 실험이다. 톰슨은 음극선 실험으로 전자를 발견하였다.

124 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험으로 원자핵을 발견하였다.

125 ㄱ. 톰슨은 음극선 실험 결과를 해석하여 음극선은 전자의 흐름임을 밝혀내었다.

ㄴ. 톰슨은 실험 결과를 설명하기 위해 (+)전하를 띠는 공 모양의 물질 속에 전자가 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다.

바로알기 | ㄷ. 알파(α) 입자는 금박을 통과하며 (+)전하를 띠는 원자핵의 영향을 받아 휘어지므로 (+)전하를 띤다.

126 ㄱ. 음극선이 지나가는 경로에 전기장을 걸어 주었을 때 (+)극 쪽으로 휘어지는 것으로 보아 이 입자는 (-)전하를 띤다.

바로알기 | ㄴ. 이 입자가 질량을 가지고 있는지를 확인하려면 음극선 경로에 바람개비 등을 두어 힘을 가하는지 확인해야 한다.

ㄷ. 전자의 흐름인 음극선이 직진하는 성질이 있는지 확인하려면 음극선 경로에 물체를 놓아두고 그림자가 생기는지 확인해야 한다.

127 ㄷ. 음극선의 진로에 설치한 바람개비가 돌아가는 것으로 보아 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

바로알기 | ㄱ. 음극선은 (-)극에서 (+)극 쪽으로 방출된다.

ㄴ. 음극선은 (-)전하를 띤 입자(전자)의 흐름이다.

128 (가)에서 음극선이 지나가는 길에 물체를 놓아두면 그림자가 생기는 것으로 보아 음극선은 직진하는 성질이 있다.

(나)에서 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휘어지는 것으로 보아 음극선은 (-)전하를 띤 입자의 흐름이다.

(다)에서 음극선이 지나가는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전하는 것으로 보아 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

모범 답안 (가) 음극선은 직진하는 성질이 있다.

(나) 음극선은 (-)전하를 띤 입자의 흐름이다.

(다) 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

129 ㄱ. 대부분의 알파(α) 입자들은 금박을 그대로 통과하였으므로 원자의 내부는 대부분 빈 공간이다.

ㄴ. (+)전하를 띤 알파(α) 입자의 일부가 크게 휘는 것으로 보아 금 원자의 중심에는 (+)전하를 띤 입자가 존재한다.

ㄷ. 극히 일부의 알파(α) 입자가 튕겨 나오는 것으로 보아 원자 중심에 있는 입자는 부피가 작고, 질량이 매우 크다.

130 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험 결과를 해석하여 원자 중심에는 부피가 매우 작고 질량이 매우 크며 (+)전하를 띤 원자핵이 있고, 원자핵 주위를 전자가 돌고 있는 모형(③)을 제안하였다.

바로알기 | ①은 돌턴, ②는 톰슨, ④는 보어, ⑤는 현대의 전자 모형이다.

131 ①, ② (가)에서 음극선은 전자의 흐름이며, (+)극 쪽으로 휘는 것으로 보아 (-)전하를 띤고 있음을 알 수 있다.

③ (나)에서 발견된 입자는 (+)전하를 띤 원자핵이다.

⑥ (가)에서 발견된 입자는 전자이고, (나)에서 발견된 입자는 원자핵이므로 질량은 (가) < (나)이다.

바로알기 | ④ (나)에서 발견된 입자는 원자 질량의 대부분을 차지한다.

⑤ (나)를 통해 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형이 제안되었다.

132 ㄱ. A는 (-)극에 나와 (+)극 쪽으로 이동하는 것으로 보아 전자이다. 전자는 톰슨이 음극선 실험으로 발견한 입자이다.

ㄴ. B는 (+)극에서 (-)극 쪽으로 이동하는 입자인 양성자이다.

바로알기 | ㄷ. 양성자는 원자핵을 구성하는 입자이지만, 전자는 원자핵을 구성하는 입자가 아니다.

133 ㄱ. (가)는 보어의 원자 모형, (나)는 러더퍼드의 원자 모형, (다)는 톰슨의 원자 모형으로, 제안 순서는 (다) → (나) → (가)이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 보어의 원자 모형으로, 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안된 모형이다. 실험 (라)를 통해 제안된 원자 모형은 (다)이다.

ㄷ. (가)~(다) 중 전자의 에너지 준위가 불연속적인 원자 모형인 것은 (가)이다.

134 원자핵을 포함한 원자 모형은 현대의 원자 모형과 보어의 원자 모형이므로 (다)는 톰슨의 원자 모형이다. 전자가 정해진 궤도를 돌고 있는 원자 모형은 보어의 원자 모형이므로 (가)는 보어의 원자 모형이고, (나)는 현대의 원자 모형이다.

ㄴ. (나)는 현대의 원자 모형으로, 전자의 에너지 준위가 불연속적이므로 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 있다.

ㄷ. (다)는 톰슨이 제안한 원자 모형이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 보어의 원자 모형으로, 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안된 모형이다.

원자 구조

빈출 자료 보기

39쪽

135 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

136 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

135 원자에서 양성자수는 전자 수와 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 X~Z에 대한 자료는 다음과 같다.

원자	X	Y	Z
중성자수	6	7	9
질량수	① 12	13	17
전자 수	6	6	8
양성자수	6	6	8

(1) X와 Y는 양성자수가 같고 질량수가 다르므로 X와 Y는 동위 원소이다.

(3) Z의 양성자수는 전자 수와 같은 8이다.

바로알기 | (2) X의 양성자수와 중성자수는 각각 6이므로 질량수 ①은 12이다.

(4) Z^{2-} 은 Z 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이고, Z 원자는 전자 수가 8이므로 Z^{2-} 의 전자 수는 10이다.

136 (2) 질량수는 (가)<(나)이고, 양성자수는 (가)=(나)이므로 중성자수는 (가)<(나)이다.

(4) $x+y=100$ 이므로 $y=100-x$ 이고, 평균 원자량이 35.5이므로 $35 \times \frac{x}{100} + 37 \times \frac{100-x}{100} = 35.5$ 이다. 이 식을 풀면 $x=75$,

$y=25$ 이므로 $\frac{x}{y}=3$ 이다.

바로알기 | (1) (가)와 (나)는 동위 원소이므로 양성자수는 (가)와 (나)가 같다.

(3) 질량수는 (가)<(나)이다.

난이도별 필수 기출

40~45쪽

137 ③ 138 ② 139 ⑤ 140 ① 141 해설 참조
142 ④ 143 ⑤ 144 ⑤ 145 ④ 146 ③ 147 ④
148 ① 149 ④ 150 ⑤ 151 ⑤ 152 ④ 153 ③
154 ③ 155 해설 참조 156 ② 157 ④ 158 ②
159 ③ 160 ④ 161 ① 162 ⑤ 163 해설 참조
164 ③

137 ㄱ, ㄴ. 원자핵은 (+)전하를 띠며, 원자 질량의 대부분을 차지하고, 양성자와 중성자로 이루어져 있다.

바로알기 | ㄷ. 전자는 (-)전하를 띠며, 질량은 양성자나 중성자에 비해 매우 작지만 질량이 있다.

138 (가)는 (-)전하를 띠고 있으므로 전자이다. (나)는 (+)전하를 띠고 있으므로 양성자이고, 전하를 띠지 않는 (다)는 중성자이다.

ㄴ. 원자는 전기적으로 중성이므로 원자에서 양성자수와 전자 수는 같다. 즉, (가)와 (나)의 수는 같다.

바로알기 | ㄱ. 원자핵을 구성하는 입자는 양성자인 (나)와 중성자인 (다)이다.

ㄷ. 원자에서 양성자수와 중성자수가 항상 같은 것은 아니다.

139 A^- 에서 양성자의 전하량은 $+14.4 \times 10^{-19}$ C이고, 양성자 1개의 전하량이 $+1.6 \times 10^{-19}$ C이다. 따라서 A^- 의 양성자수는 $\frac{14.4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9$ 이다. A^- 은 A 원자가 전자 1개를 얻어 형성된 음이온이므로 전자 수는 양성자수보다 1만큼 큰 10이다. 이때 A^- 의 양성자수+중성자수+전자 수=29이므로 중성자수=29-(9+10)=10이다. A^- 과 A 원자에서 양성자수와 중성자수는 같으므로 원자 A의 질량수는 9+10=19이다.

140 A의 질량수는 38이므로 B의 질량수도 38이다. 따라서 B의 중성자수 (가)=38-19=19이다.

B의 양성자수가 19이므로 B의 동위 원소인 C의 양성자수도 19이다. 따라서 C의 양성자수 (나)=19이다.

C의 원자 번호는 양성자수와 같은 19이므로 D의 양성자수는 19이다. 따라서 D의 전자 수는 D의 양성자수와 같은 19이므로 (다)=19이다.

(가)는 19, (나)는 19, (다)는 19이므로 $\frac{(나)+(다)}{(가)} = 2$ 이다.

141 (1) $^{27}_{13}\text{Al}$ 에서 원자 번호는 13이고, 질량수가 27이다. 원자 번호는 원자의 양성자수와 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합과 같다. 따라서 중성자수는 27-13=14이다.

(2) $^{27}_{13}\text{Al}$ 은 전기적으로 중성인 원자이므로 원자에서 전자 수는 양성자 수와 같다. 따라서 전자 수는 양성자수와 같은 13이다.

모범 답안 (1) 14. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 중성자수는 27-13=14이다.

(2) 13. 원자에서 전자 수는 양성자수와 같기 때문이다.

142 물질 X에서 전자 수가 양성자수보다 1만큼 작으므로 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 +1의 양이온이다. 또한 양성자수와 중성자수가 같으므로 질량수는 원자 번호의 2배이다. 이 조건을 만족하는 물질은 $^{22}_{11}\text{Na}^+$ 이다.

143 ㄱ. X의 이온에서 원자핵의 전하량이 $+1.28 \times 10^{-18}$ C이고, 양성자 1개의 전하량이 $+1.6 \times 10^{-19}$ C이므로 X의 이온에서 양성자수는 $\frac{1.28 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8$ 이다. 이온은 원자에서 전자의 이동으로 생

성되므로 이온과 원자에서 양성자수와 중성자수는 같다. 즉, X 원자에서 양성자수는 8이고, 중성자수는 8이므로 질량수는 16이다.

ㄴ. X 원자에서 양성자수가 8이고, X 이온의 전자 수가 10이므로 X 이온은 X 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이다. 따라서 X 이온의 전하는 -2이다.

ㄷ. ^{18}O 는 양성자수가 8이고 중성자수가 10이므로 X 원자와 양성자수가 같고 질량수가 다르다. 즉, ^{18}O 는 X의 동위 원소이다.

144 C^- 은 C 원자가 전자 1개를 얻어 형성된 음이온이므로 전자 수는 양성자수보다 1만큼 크다. 따라서 ①은 양성자이다.

A의 양성자수는 5이고, ①을 중성자라고 하면 ②이 전자가 되고 A의 전자 수 $a+1$ 은 양성자수와 같은 5이므로 $a=4$ 가 된다. B의 양성자수는 전자 수(②)와 같으므로 $\frac{1}{2}(a+b)=\frac{1}{2}(4+b)=8$ 이고, 이 식을 풀면 $b=12$ 가 되고, C는 원자 번호가 12인 3주기 원소가 되어 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ①은 전자, ②은 중성자이다.

ㄱ. ①은 전자이다.

ㄴ. A의 전자 수는 양성자수와 같은 5이고, B의 양성자수는 $\frac{1}{2}$

$(a+b)=\frac{1}{2}(5+b)=7$ 이므로 이 식을 풀면 $b=9$ 이다.

따라서 $a+b=5+9=14$ 이다.

ㄷ. A의 양성자수와 중성자수는 각각 5, 6이므로 질량수는 11이고, B의 양성자수와 중성자수는 각각 7, 8이므로 질량수는 15이며, C의 양성자수와 중성자수는 각각 9, 10이므로 질량수는 19이다. 따라서 질량수는 $A < B < C$ 이다.

145

원자	W	X	Y	Z
중성자수	12	12	18	20
질량수	24	23	35	37
양성자수 = 질량수 - 중성자수	12	11	17	17
전자 수	10	11	17	18

• 양성자수와 전자 수가 같은 X, Y는 원자이고, W는 +2의 양이온, Z는 -1의 음이온이다.

ㄴ. Y는 원자이고, Z는 -1의 음이온이며, Y와 Z는 양성자수가 17로 같으므로 Y는 Z의 원자와 동위 원소이다.

ㄷ. W~Z 중 원자 번호가 가장 작은 원소는 양성자수가 가장 작은 X이다.

바로알기 ㄱ. W는 양성자수가 12이고, X는 양성자수가 11로 서로 다른 원소이다.

146

이온	중성자수	전자 수
A^{2-}	8	10
B^+	12	10

• A^{2-} 은 A 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이다.
→ A 원자의 전자 수는 8이고, 양성자수 또한 8이다.

• B^+ 은 B 원자가 전자 1개를 잃어 형성된 양이온이다.
→ B 원자의 전자 수는 11이고, 양성자수 또한 11이다.

ㄱ. 원자핵을 구성하는 양성자수는 $A < B$ 이므로 원자핵의 전하량은 $A < B$ 이다.

ㄴ. A의 양성자수는 8, 중성자수는 8이므로 질량수는 16이다.

바로알기 ㄷ. B의 양성자수는 11, 중성자수는 12로 같지 않다.

147 ㄱ. 전하가 없는 입자는 중성자이고, 원자핵의 성분인 입자는 양성자이다. 따라서 A는 양성자, B는 전자, C는 중성자이다.

ㄷ. Y 이온의 양성자수는 19이고, 전자 수는 18이므로 Y 이온은 Y 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 +1의 양이온이다. 즉, Y 이온은 원자 번호가 19인 K의 양이온으로 $^{39}\text{K}^+$ 이다.

바로알기 ㄴ. X 이온의 양성자수는 17이고, 이온과 원자의 양성자수는 같으므로 X의 원자 번호는 17이다.

148 $^{24}\text{X}^{2+}$ 의 질량수가 24이고 중성자수가 12이므로 양성자수는 $24-12=12$ 이다. 이로부터 X 원자의 전자 수는 양성자수와 같은 12이므로 $^{24}\text{X}^{2+}$ 의 전자 수는 10이다. 즉, $a=12$, $c=10$ 이다.

$^{35}\text{Y}^-$ 에서 질량수가 35이고 중성자수가 18이므로 양성자수는 17이고 Y 원자의 전자 수는 양성자수와 같은 17이다. $^{35}\text{Y}^-$ 의 양성자수 $b=17$ 이다. 따라서 $a+b+c=12+17+10=39$ 이다.

149 원자에서 전자 수=양성자수이고, 질량수는 양성자수+중성자수이므로 X 원자에서 양성자수를 x 라고 하면 $\frac{x+6}{x}=2$ 이다. $x=6$ 이므로 X의 양성자수=전자 수=중성자수=6이다.

Y 원자의 양성자수를 y 라고 하면 $\frac{y+7}{y}=2$ 이다. $y=7$ 이므로 Y의 양성자수=전자 수=중성자수=7이다.

Z 원자의 양성자수를 z 라고 하면 $\frac{z+8}{z}=\frac{7}{3}$ 이다. $z=6$ 이므로 Z의 양성자수=전자 수=6이고, 중성자수는 8이다.

① X는 양성자수와 중성자수가 6으로 같다.

② Y는 양성자수와 중성자수가 7로 같으므로 Y의 원자 번호는 7이고, 질량수는 14이다. 따라서 Y는 $^{14}_7\text{N}$ 이다.

③ Z의 전자 수는 양성자수와 같은 6이다.

⑤ X와 Z는 양성자수가 6으로 같다.

⑥ Y와 Z는 질량수가 14로 같다.

바로알기 ④ 전자 수는 X가 6이고, Y가 7이므로 전자 수는 Y가 X보다 크다.

150 X 원자에서 양성자수는 중성자수보다 1만큼 크고, $\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}}=\frac{3}{2}$ 이다. X 원자의 양성자수를 x 라고 하면, 중성자수는 $x-1$ 이고

전자 수는 x 이므로 $\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}}=\frac{x+(x-1)}{x}=\frac{3}{2}$, $x=2$ 이다. 즉, X의 양성자수와 전자 수는 2이고 중성자수는 1이다.

Y 원자에서 양성자수를 y 라고 하면, 중성자수는 $y+1$ 이고 전자 수는 y 이므로 $\frac{y+(y+1)}{y}=3$, $y=1$ 이다. 즉, Y의 양성자수와 전자 수는 1이고 중성자수는 2이다.

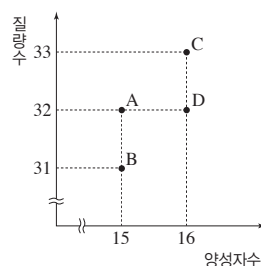
Z 원자에서 양성자수를 z 라고 하면, 중성자수는 $z+2$ 이고 전자 수는 z 이므로 $\frac{z+(z+2)}{z}=\frac{9}{4}$, $z=8$ 이다. 즉, Z의 양성자수와 전자 수는 8이고, 중성자수는 10이다.

ㄱ. 양성자수는 $X > Y$ 이므로 원자 번호는 $X > Y$ 이다.

ㄴ. Y의 질량수는 $1+2=3$ 이다.

ㄷ. Z의 중성자수는 10이다.

151



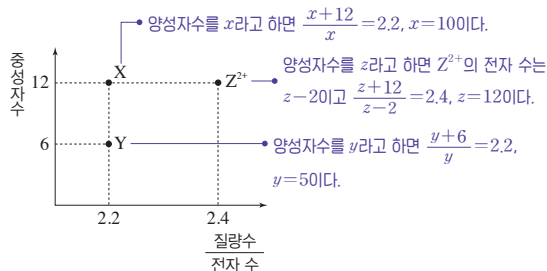
• A: 양성자수는 15, 중성자수는 $32-15=17$
• B: 양성자수는 15, 중성자수는 $31-15=16$
• C: 양성자수는 16, 중성자수는 $33-16=17$
• D: 양성자수는 16, 중성자수는 $32-16=16$

ㄴ. B와 D는 중성자수가 같고 양성자수는 $B < D$ 이므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ B가 D보다 크다.

ㄷ. C의 전자 수는 양성자수와 같은 16이므로 C^{2-} 의 전자 수는 18이다.

바로알기 | ㄱ. A와 D는 양성자수가 다르므로 서로 다른 원소이다.

152



ㄱ. X의 양성자수는 10, 중성자수는 12이므로 질량수는 22이고, Y의 양성자수는 5, 중성자수는 6이므로 질량수는 11이다. 따라서 질량수의 비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다.

ㄷ. X의 전자 수는 양성자수와 같은 10이고, Z^{2+} 의 전자 수는 10이므로 X와 Z^{2+} 은 전자 수가 같다.

바로알기 | ㄴ. Y의 양성자수는 5이므로 원자 번호는 5이다.

153 C의 동위 원소인 ^{12}C 와 ^{13}C 는 양성자수가 같으므로 원자 번호와 전자 수, 화학적 성질은 같지만 중성자수는 다르다.

154 (가)는 전자 수가 1이므로 양성자수도 1이다. (나)는 전자 수가 1이므로 양성자수는 1이고, 원자핵을 구성하며 전하를 띠지 않는 중성자수는 2이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 양성자수가 1이므로 원자 번호가 1이다.

바로알기 | ㄷ. (가)의 질량수는 1이고, (나)의 질량수는 3이다.

155 원자의 평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 구한 평균값이다.

모범 답안 B의 평균 원자량은 $10 \times \frac{20}{100} + 11 \times \frac{80}{100} = 10.8$ 이다.

156 서로 다른 분자량의 분자는 각각 다음과 같은 조합에 의해서 생성된다.

H 원자	Cl 원자	HCl의 분자량
1H	^{35}Cl	36
1H	^{37}Cl	38
2H	^{35}Cl	37
2H	^{37}Cl	39
3H	^{35}Cl	38
3H	^{37}Cl	40

따라서 HCl의 분자량은 36, 37, 38, 39, 40의 5가지가 존재하므로 분자량이 서로 다른 HCl은 5종류이다.

157 X는 양성자수, 전자 수, 중성자수가 모두 1이다. Y는 양성자수와 전자 수가 2이고 중성자수가 1이며, Z는 양성자수, 전자 수, 중성자수가 모두 2이다.

ㄴ. Y와 Z는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

ㄷ. X의 질량수는 2이고, Z의 질량수는 4이다. 따라서 질량수의 비는 $X : Z = 1 : 2$ 이다.

바로알기 | ㄱ. X와 Y는 양성자수가 다르므로 서로 다른 원소이다. 따라서 X와 Y는 화학적 성질이 다르다.

158 학생 C: X의 평균 원자량은 각 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 구하므로 $35.0 \times \frac{75}{100} + 37.0 \times \frac{25}{100} = 35.5$ 이다.

바로알기 | 학생 A: 질량수는 ^{37}X 가 ^{35}X 보다 크다.

학생 B: ^{35}X 와 ^{37}X 는 동위 원소이므로 두 원소에서 양성자수는 같다.

159 ^{63}A 의 양성자수가 29이고 질량수가 63이므로 중성자수는 $63 - 29 = 34$ 이고, ^{63}A 의 동위 원소인 ^{65}A 의 양성자수도 29이므로 중성자수인 $x = 65 - 29 = 36$ 이다. A의 동위 원소는 ^{63}A 와 ^{65}A 만 존재하므로 ^{63}A 의 존재 비율은 $(100 - y) \%$ 이다. 따라서 A의 평균 원자량은 $63 \times \frac{(100 - y)}{100} + 65 \times \frac{y}{100} = 63.6$ 이고, 이 식을 풀면 $y = 30$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{36}{30} = \frac{6}{5}$ 이다.

160 ㄱ. 1H 와 2H 는 양성자수가 같고, ^{14}N 와 ^{15}N 의 양성자수도 같다. 따라서 NH_3 분자 1개의 핵전하량은 모두 같다.

ㄴ. NH_3 분자 중 질량수가 가장 작은 원자들의 조합은 ^{14}N 와 1H 3개로 구성된 분자이다. ^{14}N 1개에 포함된 중성자는 7개이고, 1H 에는 중성자가 없으므로 분자 1개에 포함된 중성자수의 최솟값은 7이다.

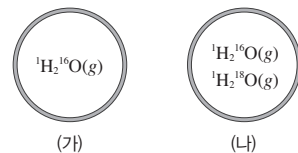
ㄷ. 분자량이 다른 NH_3 는 화학적 성질은 같고, 중성자수가 달라 물리적 성질이 다르다.

바로알기 | ㄷ. 서로 다른 분자량의 NH_3 분자는 각각 다음과 같은 조합에 의해서 생성된다.

N 원자	H 원자	H 원자	H 원자	NH_3 의 분자량
^{14}N	1H	1H	1H	17
^{14}N	1H	1H	2H	18
^{14}N	1H	2H	2H	19
^{14}N	2H	2H	2H	20
^{15}N	1H	1H	1H	18
^{15}N	1H	1H	2H	19
^{15}N	1H	2H	2H	20
^{15}N	2H	2H	2H	21

이로부터 NH_3 의 분자량은 17, 18, 19, 20, 21의 5가지이다.

161 (가)와 (나) 용기 속 기체의 온도와 압력, 부피가 같으므로 용기 속 기체의 양(mol)은 같다.



• $H_2^{16}O$ 의 분자량은 18이므로 45 g의 양(mol)은 $\frac{45 g}{18 g/mol} = 2.5$ mol이다.

• $H_2^{18}O$ 의 분자량은 20이고, (나) 용기 속 전체 기체의 양(mol)은 2.5 mol이다.

ㄱ. (나)에 들어 있는 전체 기체의 양(mol)은 2.5 mol이다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 $H_2^{16}O$ 의 양(mol)을 x mol이라고 하면 $H_2^{18}O$ 의 양(mol)은 $(2.5 - x)$ mol이다. 이때 (나)에 들어 있는 기체의 질량이 46 g이므로 $18 \times x + 20 \times (2.5 - x) = 46$ 이고, 이 식을 풀면 $x = 2$ 이다. 따라서 $H_2^{16}O(g)$ 의 양(mol)은 2 mol이다.

ㄷ. $H_2^{16}O$ 의 양(mol)은 2 mol, $H_2^{18}O$ 의 양(mol)은 0.5 mol이다. $H_2^{16}O$ 의 양성자수는 $1 \times 2 + 8 = 10$, 중성자수는 8, $H_2^{18}O$ 의 양성자수는 $1 \times 2 + 8 = 10$, 중성자수는 10이다. 이로부터 전체 양성자수가 $10 \times 2 + 10 \times 0.5 = 25$ 일 때, 전체 중성자수는 $8 \times 2 + 10 \times 0.5 = 21$ 이다. 따라서 전체 양성자수 : 전체 중성자수 = 25 : 21이다.

162 ㄱ. ^{10}B 와 ^{11}B 는 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.
 ㄴ. 원자 1개의 질량은 원자량이 큰 ^{11}B 가 ^{10}B 보다 크다.
 ㄷ. B의 평균 원자량은 $10 \times a + 11 \times (1-a) = 11-a$ 이다.

163 X의 동위 원소는 ^aX 와 ^{a+2}X 2가지가 존재하고 각 존재 비율은 $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ 이다.

모범 답안 X_2 분자 중 $^a\text{X}^{a+2}\text{X}$ 는 ^aX 와 ^{a+2}X 또는 ^{a+2}X 와 ^aX 가 결합한 경우이므로 그 존재 비율은 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times 2 = \frac{3}{8}$ 이다.

164 ㄱ. X_2 분자의 분자량이 서로 다른 종류가 3가지이므로 X의 동위 원소는 2가지가 존재한다. 이때 분자량은 $a < b < c$ 이고, 존재 비율은 $a : c = 9 : 1$ 이므로 X의 동위 원소 중 원자량이 작은 원소와 원자량이 큰 원소의 존재 비율은 3 : 1이다.

ㄴ. X의 동위 원소 중 질량수가 작은 원소의 원자량은 $\frac{a}{2}$ 이고, 질량수가 큰 원소의 원자량은 $\frac{c}{2}$ 이다. 분자량이 b 인 분자는 원자량이 $\frac{a}{2}$ 인 원자와 $\frac{c}{2}$ 인 원자가 결합한 것이므로 존재 비율은 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times 2 = \frac{6}{16}$ 이다. 분자량이 a 인 분자의 존재 비율은 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$ 이므로 x 는 6이다.

바로알기 ㄷ. X의 평균 원자량은 $\frac{a}{2} \times \frac{3}{4} + \frac{c}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{3a+c}{8}$ 이다.

7 보어 원자 모형

빈출 자료 보기

46쪽

165 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

165 (3) 바닥상태 수소 원자에서 전자는 $n=1$ 인 전자 껍질에 들어 있고, B는 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이이므로 B에서 흡수하는 에너지는 수소 원자의 이온화 에너지와 같다.

개념 보충

이온화 에너지

기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어낼 때 필요한 에너지

(4) $n \geq 3$ 인 전자 껍질에서 $n=2$ 인 전자 껍질로 전이할 때 가시광선을 방출한다. 따라서 가시광선을 방출하는 전자 전이는 C이다.
 (5) 빛을 방출하는 전자 전이는 A, C, D이고 전이 전후 전자 껍질의 에너지 차이가 가장 큰 것은 D이다. 따라서 가장 큰 에너지를 방출하는 전자 전이는 D이다.

바로알기 | (1) 전자가 에너지가 낮은 전자 껍질에서 에너지가 높은 전자 껍질로 전이할 때 빛을 흡수한다. 따라서 빛을 흡수하는 전자 전이는 B 1가지이다.

(2) 전자가 에너지가 높은 전자 껍질에서 에너지가 낮은 전자 껍질로 전이할 때 빛을 방출하고, 두 전자 껍질의 에너지 차이가 클수록 방출하는 빛의 파장이 짧다. 따라서 D의 전자 전이에서 방출하는 빛의 파장이 가장 짧다.

난이도별 필수 기출

47~49쪽

166 ③ **167** ⑤ **168** ⑤ **169** ③ **170** 해설 참조
171 ⑥ **172** ② **173** ⑤ **174** ③, ⑤ **175** ⑤
176 ③ **177** ③

166 ㄱ. 보어 원자 모형은 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안되었다.

ㄴ. 보어 원자 모형에서 전자는 특정한 에너지를 가진 원형 궤도를 따라 운동한다.

ㄷ. 전자가 더 낮은 에너지 준위의 전자 껍질로 이동할 때에는 두 전자 껍질의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 방출한다.

바로알기 | ㄷ. 원자핵에서 멀수록 핵과 전자 사이의 인력이 작아지므로 전자 껍질의 에너지 준위가 높다.

167 ㄱ. 전자 껍질 K, L, M, N은 각각 $n=1$, $n=2$, $n=3$, $n=4$ 인 전자 껍질이다. 따라서 주 양자수(n)가 클수록 에너지가 높아진다.

ㄴ. K 전자 껍질과 L 전자 껍질의 에너지 차이는 984 kJ/mol이고, L 전자 껍질과 M 전자 껍질의 에너지 차이는 182 kJ/mol이므로 주 양자수(n)가 클수록 에너지 준위 사이의 간격이 좁아진다.

ㄷ. N 전자 껍질과 L 전자 껍질의 에너지 차이는 246 kJ/mol이므로 수소 원자의 전자가 N 전자 껍질 → L 전자 껍질로 전이할 때에는 246 kJ/mol의 에너지를 방출한다.

168 ㄱ. 전자가 원자핵에 가까운 전자 껍질에 있을수록 에너지가 낮아 안정하다. 따라서 $n=1$ 인 전자 껍질에 전자가 있는 (가)가 $n=3$ 인 전자 껍질에 전자가 있는 (나)보다 안정하다.

ㄴ. 에너지는 (가) < (나)이므로 (가)에서 (나)로 전자가 전이할 때 에너지를 흡수한다.

ㄷ. (나)에서 (가)로의 전자 전이는 $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전이이므로 자외선을 방출한다.

169 ㄱ. A, B는 $n \geq 2$ 인 전자 껍질에서 $n=1$ 인 전자 껍질로 전자가 전이하므로 자외선을 방출한다.

ㄴ. A에서 방출하는 빛의 에너지는 $E_\infty - E_1$ 이고, B에서 방출하는 빛의 에너지는 $E_2 - E_1$ 이며, C에서 방출하는 빛의 에너지는 $E_\infty - E_2$ 이다. 따라서 A와 B의 에너지 차이는 $E_\infty - E_1 - (E_2 - E_1) = E_\infty - E_2$ 이므로 C의 에너지와 같다.

바로알기 | ㄷ. 전자 전이가 일어날 때 전자 껍질의 에너지 차이는 C가 D보다 크므로 방출하는 빛의 파장은 C가 D보다 짧다.

170 (1) a, b, c, d에서 방출하는 빛의 에너지는 다음과 같다.

$$a: k - \frac{k}{2^2} = \frac{3k}{4}, b: k - \frac{k}{4^2} = \frac{15k}{16}$$

$$c: \frac{k}{2^2} - \frac{k}{4^2} = \frac{3k}{16}, d: \frac{k}{2^2} - \frac{k}{\infty} = \frac{k}{4}$$

(2) a 와 d 에서 방출하는 빛에너지의 비는 $a:d = \frac{3k}{4} : \frac{k}{4} = 3:1$ 이고, 빛의 파장은 에너지에 반비례한다.

모범 답안 (1) $b > a > d > c$

(2) a 와 d 에서 방출하는 빛에너지의 비는 $a:d = \frac{3k}{4} : \frac{k}{4} = 3:1$ 이며, 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 방출하는 빛의 파장의 비는 $a:d = 1:3$ 이다.

171 ① 에너지가 높은 전자 껍질에서 에너지가 낮은 전자 껍질로의 전이는 A, B, C, D이다. 따라서 에너지를 방출하는 전자 전이는 4가지이다.

② 수소 원자에서 전자는 1개이므로 바닥상태에서 전자는 $n=1$ 인 전자 껍질에 있다. 따라서 전자 전이 후 바닥상태가 되는 것은 A, B, C 3가지이다.

③ 라이먼 계열은 $n \geq 2$ 인 전자 껍질에서 $n=1$ 인 전자 껍질로의 전이이므로 A, B, C에서 방출하는 빛은 라이먼 계열에 속한다.

④ D는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 가시광선 영역에 해당하는 빛을 방출한다.

⑤ A에서 방출하는 에너지의 크기와 E에서 흡수하는 에너지의 크기는 $|E_4 - E_1|$ 로 같다.

바로알기 | ⑥ D는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 방출하는 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{4^2} = \frac{3k}{16}$ 이고, C는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이이므로 방출하는 에너지는 $k - \frac{k}{2^2} = \frac{3k}{4}$ 이다. 따라서 방출하는 에너지는 C가 D보다 크다.

172 ㉔. 122 nm에 해당하는 빛은 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에 해당한다. 따라서 라이먼 계열 중 에너지가 가장 작다.

바로알기 | ㉔. 라이먼 계열은 $n \geq 2$ 인 전자 껍질에서 $n=1$ 인 전자 껍질로의 전자 전이에 의한 것으로, 해당 파장의 빛은 자외선 영역에 해당한다.

㉕. 95 nm에 해당하는 빛은 파장이 가장 짧으므로 방출하는 빛의 에너지는 가장 크다. 즉, $n=5 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에 해당한다.

173 ① 제시된 선 스펙트럼은 가시광선 영역을 나타낸 것이므로 해당 스펙트럼은 발머 계열이다.

② 빛의 파장이 짧을수록 방출하는 빛의 에너지가 크므로 $a \sim c$ 중 에너지가 가장 큰 것은 a 이다.

③ b 는 가시광선 영역의 선 중 파장이 두 번째로 길므로 전자가 $n=4 \rightarrow n=2$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지이다.

④ b 는 전자가 $n=4 \rightarrow n=2$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지이므로 방출하는 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{4^2} = \frac{3k}{16}$ 이다. c 는 전자가 $n=3 \rightarrow n=2$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지이므로 방출하는 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{3^2} = \frac{5k}{36}$ 이다. 따라서 $b:c = \frac{3k}{16} : \frac{5k}{36} = 27:20$ 이다.

바로알기 | ⑤ a 는 가시광선 영역에 해당하고, $n=2 \rightarrow n=1$ 로 전자 전이할 때 방출하는 빛의 에너지는 자외선 영역에 해당한다.

따라서 a 는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출하는 에너지보다 작다.

174 ③ A와 D는 각각 $n=\infty \rightarrow n=1$, $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이이므로 출입하는 빛은 모두 자외선이다.

⑤ 수소 방전관에서 방출하는 빛의 스펙트럼은 불연속적인 선 스펙트럼이므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

바로알기 | ① A, B, C는 높은 에너지 준위의 전자 껍질에서 낮은 에너지 준위의 전자 껍질로 전자가 전이하므로 에너지를 방출하고, D는 낮은 에너지 준위의 전자 껍질에서 높은 에너지 준위의 전자 껍질로 전자가 전이하므로 에너지를 흡수한다.

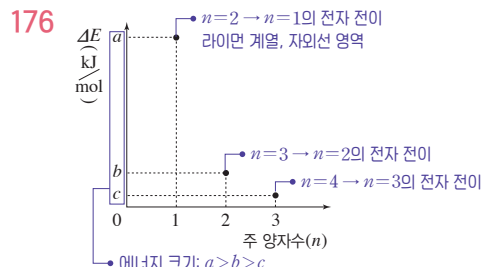
② A가 B보다 방출하는 에너지가 크므로 빛의 진동수도 A가 B보다 크다.

④ C는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 가시광선 영역 중 파장이 가장 긴 선에 해당한다. 따라서 (나)에서 해당하는 빛의 파장은 λ_3 이다.

175 ㉔. I은 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에 의한 선이므로 방출하는 빛의 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{4^2} = \frac{3k}{16}$ 이고, II는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에 의한 선이므로 방출하는 빛의 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{3^2} = \frac{5k}{36}$ 이다. III은 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 선이므로 방출하는 빛의 에너지는 $k - \frac{k}{2^2} = \frac{3k}{4}$ 이다. 따라서 $x < y < z$ 이다.

㉕. $n=2 \rightarrow n=4$ 로 전자가 전이할 때 흡수하는 에너지는 스펙트럼 선 I에 의한 빛의 에너지와 크기가 같다.

㉖. I ~ IV 중 전이하는 전자 껍질의 에너지 차이가 IV에서 가장 크므로 방출하는 빛의 파장은 IV에서 가장 짧다.



㉔. a 는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출하는 에너지이므로 라이먼 계열에 속한다.

㉕. b 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출하는 에너지이고, c 는 $n=4 \rightarrow n=3$ 의 전이에서 방출하는 에너지이므로 $b+c$ 는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출하는 에너지와 같다. 따라서 $b+c$ 의 빛에너지는 가시광선 영역에 해당한다.

바로알기 | ㉖. 전자 전이에서 방출하는 빛의 에너지가 $a > b > c$ 이므로 빛의 진동수는 $a > b > c$ 이다.

177 E_a 는 $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전이이므로 방출하는 빛의 에너지는 $k - \frac{k}{3^2} = \frac{8k}{9}$ 이다.

E_b 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 방출하는 빛의 에너지는 $\frac{k}{2^2} - \frac{k}{3^2} = \frac{5k}{36}$ 이다.

E_c 는 $n=3 \rightarrow n=\infty$ 의 전이이므로 흡수하는 빛의 에너지는 $\frac{k}{\infty^2} - \frac{k}{3^2} = -\frac{k}{9}$ 이다.

ㄱ. 방출하는 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 $\lambda_a : \lambda_b = \frac{9}{8k} : \frac{36}{5k} = 5 : 32$ 이다.

ㄴ. 선 스펙트럼에서 656 nm에 해당하는 선은 가시광선 영역 중 에너지가 가장 작은 것이므로 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출하는 빛에 의한 선이다. E_b 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출하는 에너지이므로 656 nm에 해당하는 빛의 에너지는 E_b 이다.

바로알기 | ㄷ. 수소 원자의 이온화 에너지는 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전이에서 흡수하는 에너지이므로 $\frac{k}{\infty^2} - \frac{k}{1^2} = -k$ 에 해당한다. 이때 E_c 는 $-\frac{k}{9}$ 이므로 수소 원자의 이온화 에너지 크기는 $|9E_c|$ 이다.

8 현대의 원자 모형

빈출 자료 보기

51쪽

178 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

178 (1) 에너지 준위는 (가)가 가장 높으므로 주 양자수(n)는 (가)가 가장 크다.

(2) (나)와 (다)는 모양과 오비탈의 크기가 같으므로 주 양자수(n)가 같다.

(4) 1개의 오비탈에는 스핀 방향이 서로 다른 전자 2개가 최대 채워질 수 있다.

바로알기 | (3) (나)와 (다)는 아령 모양이므로 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향에 따라 전자를 발견할 확률이 다르다.

난이도별 필수 기출

52~55쪽

179 ③ 180 ② 181 ② 182 ②, ⑥ 183 ②
184 ⑤ 185 ⑤ 186 ② 187 ① 188 ④ 189 ⑤
190 ③ 191 해설 참조 192 ③ 193 ④ 194 ④
195 ② 196 ⑤ 197 ③

179 ㄱ. 현대의 원자 모형에서 오비탈은 원자핵 주위에서 전자가 발견될 확률을 의미한다.

ㄷ. 원자 내에 있는 전자의 상태는 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l), 스핀 자기 양자수(m_s)로 나타낸다.

바로알기 | ㄴ. 현대의 원자 모형은 모든 원자에 적용할 수 있다.

180 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 전자가 발견될 확률 분포를 나타낸 것이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 전자가 발견될 확률을 점의 밀도로 나타낸 것으로, 진한 영역에서 전자가 발견될 확률이 높다.

ㄴ. (나)는 전자가 발견될 확률이 90%인 영역의 경계면을 나타낸 것으로, 경계면 밖에서도 낮은 확률로 전자가 발견될 수 있다.

181 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질에는 방위(부) 양자수(l)가 0인 오비탈과 1인 오비탈이 존재한다. $l=0$ 인 오비탈은 자기 양자수(m_l)가 0인 오비탈만 존재하고, $l=1$ 인 오비탈은 $m_l = -1, 0, +1$ 인 오비탈이 존재한다. 따라서 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질에는 총 4개의 오비탈이 존재한다.

182 ② 주 양자수(n)가 1인 전자 껍질에는 방위(부) 양자수(l)가 0인 s 오비탈만 존재하고, $n=2$ 인 전자 껍질에는 $l=0, l=1$ 인 오비탈이 존재한다. 따라서 주 양자수(n)가 클수록 오비탈 수가 많아진다.

⑥ 1개의 오비탈에는 서로 다른 스핀을 갖는 전자가 최대 2개 들어갈 수 있다.

바로알기 | ① 주 양자수(n)는 오비탈의 에너지 준위를 결정한다.

③ 방위(부) 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정한다.

④ 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 방향을 결정한다.

⑤ 주 양자수가 n 일 때 방위(부) 양자수(l)는 0, 1, ..., $(n-1)$ 까지 n 개 존재한다. 자기 양자수(m_l)는 l 에 대해 $-l$ 부터 $+l$ 까지 $(2l+1)$ 개 존재한다.

183 M 전자 껍질은 주 양자수(n)가 3인 전자 껍질이다. $n=3$ 인 전자 껍질에서 가능한 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l)의 조합은 다음과 같다.

l	0	1			2				
m_l	0	-1	0	+1	-2	-1	0	+1	+2

각 오비탈에는 스핀 방향이 반대인 전자가 2개까지 채워질 수 있다.

① $(3, 0, 0, +\frac{1}{2})$ 은 $3s$ 오비탈에 들어 있는 전자로, 가능한 양자수 조합이다.

③ $(3, 1, -1, +\frac{1}{2})$ 은 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자로, 가능한 양자수 조합이다.

④ $(3, 1, +1, -\frac{1}{2})$ 은 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자로, 가능한 양자수 조합이다.

⑤ $(3, 2, +2, +\frac{1}{2})$ 은 $3d$ 오비탈에 들어 있는 전자로, 가능한 양자수 조합이다.

바로알기 | ② $(3, 0, -1, -\frac{1}{2})$ 에서 $n=3$ 이고 $l=0$ 인 오비탈은 $3s$ 오비탈로, 가질 수 있는 m_l 는 0뿐이므로 이 조합은 불가능하다.

184 ①, ② s 오비탈은 공 모양으로, 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자를 발견할 확률이 같다. 즉, 방향성이 없다.

③ p 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 1이므로 오비탈의 방향을 결정하는 자기 양자수(m_l)는 $-1, 0, +1$ 의 값을 갖는다. 따라서 p 오비탈은 에너지가 같고 방향이 다른 3개의 오비탈이 있다.

④ p 오비탈은 아령 모양이므로 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향에 따라 전자를 발견할 확률이 다르다.

⑥ 주 양자수(n)가 클수록 오비탈의 크기가 커지므로 오비탈의 에너지 준위가 높아진다.

바로알기 | ⑤ p 오비탈은 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질부터 존재한다.

185 ㄴ. (가)와 (나)는 모두 공 모양인 s 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 0으로 같다.

ㄷ. (가)와 (나)의 방위(부) 양자수(l)가 0으로 같으므로 자기 양자수(m_l)도 0으로 같다.

바로알기 | ㄱ. 오비탈의 크기는 (가) < (나)이므로 주 양자수(n)는 (가) < (나)이다.

186 ${}_2\text{He}$ 원자의 전자는 2개이므로 바닥상태에서 2개의 전자는 모두 1s 오비탈에 들어 있고, 각 전자의 스핀 방향은 반대이다.

이로부터 전자 A의 주 양자수(n) ①은 1이고, 방위(부) 양자수(l)가 0이므로 자기 양자수(m_l) ②은 0이다. 전자 B는 1s 오비탈에 들어 있으므로 방위(부) 양자수(l) ③은 0이다. 또한 전자 A, B는 스핀 방향이 반대이므로 ④은 $-\frac{1}{2}$ 이다.

187 p 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 1이므로 자기 양자수(m_l)는 $-1, 0, +1$ 의 값을 갖는다. 즉, 방향이 서로 다른 3개의 오비탈이 존재하므로 ①과 ②은 각각 3이다.

L, M 전자 껍질의 오비탈 수는 각각 4, 9이고, 각 오비탈의 최대 수용 전자 수는 2이므로 ③은 8, ④은 18이다.

따라서 $\frac{①+②+③}{④} = \frac{3+3+8}{18} = \frac{7}{9}$ 이다.

188 ㄱ. 주 양자수(n) + 방위(부) 양자수(l)의 합이 1인 조합은 (n, l)이 (1, 0)인 것 뿐이므로 (가)는 1s 오비탈이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 0이다.

ㄴ. 주 양자수(n) + 방위(부) 양자수(l)의 합이 3인 조합은 (n, l)이 (2, 1), (3, 0)이며, (n, l)이 (2, 1)인 오비탈은 $2p$ 오비탈이고, (n, l)이 (3, 0)인 오비탈은 $3s$ 오비탈이다. s 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 0이고, 자기 양자수(m_l)도 0이므로 (다)가 $3s$ 오비탈이라면 방위(부) 양자수(l) + 자기 양자수(m_l)는 0이 된다. 따라서 (다)는 $2p$ 오비탈이므로 (다)는 아령 모양이다.

바로알기 | ㄴ. 주 양자수(n) + 방위(부) 양자수(l)의 합이 2인 조합은 (n, l)이 (2, 0)인 것 뿐이므로 (나)는 $2s$ 오비탈이다. 이때 (n, l)이 (1, 1)인 것은 불가능한데, 그 까닭은 방위(부) 양자수(l)가 1인 p 오비탈은 n 이 2인 전자 껍질부터 존재하기 때문이다. 오비탈의 크기는 주 양자수(n)가 클수록 크므로 오비탈의 크기는 (가) < (나)이다.

189 ① 주 양자수(n)가 1인 전자 껍질에는 방위(부) 양자수(l)가 0(①)인 s 오비탈이 존재하므로 (가)는 $1s$ 오비탈이다. 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질에는 방위(부) 양자수(l)가 0, 1인 오비탈이 존재하는데 방위(부) 양자수(l)가 0인 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 0(②)이므로 (나)는 $2s$ 오비탈이다. 즉, (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 오비탈의 모양은 공 모양으로 같다.

② (나)는 s 오비탈이므로 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다.

③ (다)는 방위(부) 양자수(l)가 1이므로 p 오비탈이다. p 오비탈은 아령 모양이므로 원자핵으로부터의 거리와 방향에 따라 전자 존재 확률이 다르다.

④ (라)는 방위(부) 양자수(l)가 2이므로 d 오비탈이다. d 오비탈은 주 양자수(n)가 3인 전자 껍질부터 존재하므로 ⑤은 3 이상의 자연수이다. 한편 같은 전자 껍질에서 에너지 준위는 d 오비탈이 p 오비탈보다 높으므로 (가)~(라) 중 에너지 준위는 (라)가 가장 높다.

바로알기 | ⑤ 각 오비탈에는 스핀 방향이 서로 반대인 전자가 최대 2개까지 들어간다. 따라서 각 오비탈에 최대 들어가는 전자 수는 (가)와 (나)에서 같다.

190 ㄱ. (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 ①과 ②은 0으로 같다. ㄴ. (라)는 d 오비탈이므로 ③은 3 이상의 자연수이다.

바로알기 | ㄷ. (라)는 d 오비탈로 방위(부) 양자수(l)가 2이므로 자기 양자수(m_l)는 $-2, -1, 0, +1, +2$ 의 5가지 값을 가질 수 있다.

191 ${}_{12}\text{Mg}$ 원자의 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자를 오비탈로 나타내면 $3s$ 이므로 주 양자수(n)는 3이고, 방위(부) 양자수(l)는 0이다. 방위(부) 양자수(l)가 0인 경우 가질 수 있는 자기 양자수(m_l)는 0뿐이다. 스핀 자기 양자수(m_s)는 다른 양자수에 관계없이 $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ 의 2가지 값을 갖는다.

모범 답안 ($3, 0, 0, +\frac{1}{2}$) 또는 ($3, 0, 0, -\frac{1}{2}$)이다.

192 ㄱ. 전자 X의 방위(부) 양자수(l)가 2이므로 X가 들어 있는 오비탈은 d 오비탈이다. d 오비탈은 주 양자수(n)가 3인 전자 껍질부터 존재하므로 $x \geq 3$ 이다. 따라서 x 의 최솟값은 3이다.

ㄴ. X는 d 오비탈에 들어 있으므로 자기 양자수(m_l)는 $-2, -1, 0, +1, +2$ 의 5가지 값을 갖는다. 따라서 X가 가질 수 있는 자기 양자수(m_l)의 값은 5가지이다.

바로알기 | ㄷ. x 는 3이므로 주 양자수(n)가 4인 N 전자 껍질에 전자 X가 존재하지 않는다.

193 자료를 분석하면 다음과 같다.

- 오비탈의 주 양자수(n)의 총합은 7이고, 주 양자수(n)는 (다)가 가장 크다.
- ➔ 가능한 조합은 (2, 2, 3), (1, 2, 4), (1, 1, 5)이다.
- 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 (가)와 (다)가 같다.
- ➔ (가)와 (다)의 오비탈의 모양은 같다.
- 오비탈의 주 양자수(n)와 방위(부) 양자수(l)의 합($n+l$)은 (나)와 (다)가 같다.
- ➔ 가능한 (나)와 (다)의 조합은 ($2p, 3s$), ($3p, 4s$), ($4p, 5s$)이다.
- ➔ 각 조건을 모두 만족하는 (가)~(다)는 각각 $2s, 2p, 3s$ 오비탈이다.

① (가)는 $2s$ 오비탈이므로 주 양자수(n)는 2이다.

② (가)는 $2s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈이므로 (가)와 (나)는 주 양자수(n)가 모두 2이다. 따라서 같은 전자 껍질에 들어 있다.

③ (나)는 $2p$ 오비탈이므로 전자가 발견될 확률은 핵으로부터의 거리와 방향에 따라 변한다.

⑤ (나)는 $2p$ 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)가 1이고, (다)는 $3s$ 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)가 0이다. 따라서 방위(부) 양자수(l)는 (나)가 (다)보다 크다.

⑥ (가)~(다)는 각각 $2s, 2p, 3s$ 오비탈이므로 에너지 준위는 (가) < (나) < (다)이다.

바로알기 | ④ (다)는 $3s$ 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)가 0이다.

194 (가)~(다)는 L 전자 껍질과 M 전자 껍질에 있으므로 주 양자수(n)가 2 또는 3이다. $n=2$ 인 전자 껍질에는 $2s, 2p$ 오비탈이 있고, $n=3$ 인 전자 껍질에는 $3s, 3p, 3d$ 오비탈이 있다.

(가)는 방향성이 없으므로 $2s$ 오비탈 또는 $3s$ 오비탈이다. (가)가 $2s$ 오비탈이면 (나)는 $2p$ 오비탈이고, (다)는 $3p$ 오비탈이다. (가)가 $3s$ 오비탈이면 (나)는 $3p$ 오비탈이고, (다)는 에너지 준위가 가장 높으면서 (나)와 방위 양자수(l)가 같은데 이 조건에 맞는 오비탈이 없다. 따라서 (가)는 $2s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈, (다)는 $3p$ 오비탈이다.

ㄴ, ㄷ, (나)는 $2p$ 오비탈, (다)는 $3p$ 오비탈이므로 오비탈의 크기는 (나) < (다)이다.

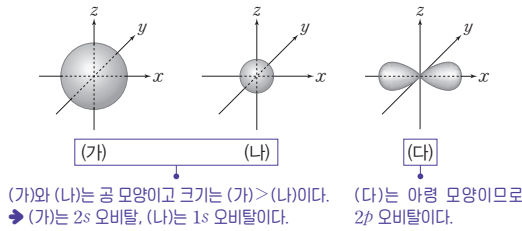
바로알기 | ㄱ. (가)는 $2s$ 오비탈, (다)는 $3p$ 오비탈이므로 (가)는 공 모양이고, (다)는 아령 모양이다.

195 ㄷ. 공 모양인 (가)는 $2s$ 오비탈이므로 (가)에 전자가 들어 있는 수소 원자는 들뜬상태이다.

바로알기 | ㄱ. 공 모양인 (가)는 $2s$ 오비탈이고, 아령 모양인 (나)는 $2p$ 오비탈이다. 전자가 1개인 수소 원자에서 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정되므로 에너지 준위는 (가) = (나)이다.

ㄴ. 1개의 오비탈에 최대 채워질 수 있는 전자는 스핀 방향이 서로 다른 전자 2개이다.

196



ㄴ. (가)와 (다)는 각각 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈이므로 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질, 즉 L 전자 껍질에 존재한다.

ㄷ. 다전자 원자에서는 주 양자수(n)뿐만 아니라 방위(부) 양자수(l)에 따라서도 에너지 준위가 달라지므로 에너지 준위는 (가) < (다)이다. 따라서 (다)에서 (가)로 전자가 이동할 때 에너지를 방출한다.

바로알기 | ㄱ. (가)와 (나)는 주 양자수(n)가 각각 2, 1로 서로 다르다.

197 L 전자 껍질은 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질이므로 (가)는 $2s$ 오비탈이고, (나)~(라)는 각각 방향이 서로 다른 $2p$ 오비탈이다.

③ 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 (가) < (나) = (다) = (라)이므로 L 전자 껍질에 전자가 채워질 때 (가)부터 채워진다.

바로알기 | ① (가)는 공 모양이므로 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다. 즉, 방향성이 없다.

② (가)는 $2s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 (가) 0, (나) 1이다. 따라서 방위(부) 양자수(l)는 (나)가 (가)보다 크다.

④ (나), (다), (라)는 방향만 다르고 에너지 준위는 모두 같다.

⑤ (나), (다), (라)는 방위(부) 양자수(l)가 1로 같고, 자기 양자수(m_l)는 -1, 0, +1로 서로 다르다.

원자의 전자 배치

빈출 자료 보기

57쪽

198 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

199 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

198 (1) 3개의 $2p$ 오비탈은 에너지 준위가 같으므로 (가)는 쌍을 원리를 만족하는 전자 배치이다.

(3) (다)는 에너지 준위가 낮은 $2p$ 오비탈에 전자가 모두 채워지지 않고 $3s$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 들뜬상태의 전자 배치이다.

(4) (가)~(다)에서 1개의 오비탈에 채워진 전자 수가 최대 2개이며, 전자쌍의 스핀 방향이 서로 반대이므로 파울리 배타 원리를 만족한다.

바로알기 | (2) (나)에서 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 채워진 전자들은 홀전자 수가 최대가 되는 전자 배치이므로 훈트 규칙을 만족한다.

199 (2) 원자 번호는 전자 수가 큰 X가 Y보다 크다.

(4) X와 Y의 바닥상태 전자 배치는 각각 다음과 같다.

X: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$

Y: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

전자가 들어 있는 오비탈 수는 X가 10이고, Y가 9이므로 $X > Y$ 이다.

바로알기 | (1) X^{2+} 은 X 원자가 전자 2개를 잃고 형성된 양이온이므로 X는 4주기 2족 원소이다. Y^- 은 Y 원자가 전자 1개를 얻어 형성된 음이온이므로 Y는 3주기 17족 원소이다.

(3) 원자가 전자 수는 X가 2이고 Y가 7이므로 $X < Y$ 이다.

(5) 바닥상태에서 홀전자 수는 X가 0이고 Y가 1이므로 X와 Y의 홀전자 수의 합은 1이다.

난이도별 필수 기출

58~63쪽

200 ③	201 ②	202 ④	203 ⑤	204 해설 참조
205 ⑤	206 해설 참조	207 해설 참조	208 ⑤	
209 ②	210 ③	211 ⑤	212 ③	213 ④
214 해설 참조	215 ④	216 ⑤	217 ③	218 ③
219 ②	220 ②	221 ④	222 ③	223 ⑤
224 ③				

200 ㄱ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정되므로 에너지 준위는 $2s$ 오비탈이 $1s$ 오비탈보다 높다. 따라서 $1s$ 오비탈에서 $2s$ 오비탈로 전자가 전이할 때 에너지를 흡수한다.

ㄴ. $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈의 주 양자수(n)가 같으므로 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈의 에너지 준위는 같다.

바로알기 | ㄷ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정되므로 $3d$ 오비탈은 $4s$ 오비탈보다 에너지 준위가 낮다.

201 ㄷ. 다전자 원자에서는 주 양자수(n)가 같더라도 방위(부) 양자수(l)에 따라 에너지 준위가 다르다.

바로알기 | ㄱ. X 원자에서 오비탈의 에너지 준위가 $2s < 2p$ 인 것으로 보아 X는 다전자 원자이다.

ㄴ. 다전자 원자에서는 주 양자수(n)뿐만 아니라 방위(부) 양자수(l)도 에너지 준위에 영향을 준다. 원자 X에서 오비탈의 에너지 준위는 $4s < 3d$ 이므로 주 양자수(n)가 커도 항상 에너지 준위가 높지는 않다.

202 A^+ 은 A 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 양이온이므로 바닥상태 A 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 이로부터 A의 원자가 전자 수는 1이고, 홀전자 수도 1이다.

203 ㄱ. 바닥상태 전자 배치이므로 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자는 홀전자이다. 따라서 홀전자 수는 3이다.

ㄴ. 전자가 들어 있는 오비탈은 $1s, 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z, 3s, 3p_x, 3p_y, 3p_z$ 이므로 오비탈수는 9이다.

ㄷ. L 전자 껍질은 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질이므로 L 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 8이다.

204 (2) X와 주기율표에서 가장 가까운 비활성 기체는 Ne이므로 X의 안정한 이온은 전자 2개를 얻어 형성된 -2 의 음이온이다.

모범 답안 (1) 6. 원자가 전자 수는 가장 바깥 전자 껍질에 채워진 전자이므로 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질에 채워진 전자가 원자가 전자이다.

(2) $1s^2 2s^2 2p^6$

205 제시된 X 원자의 전자 배치에서 전자 3개를 쌍을 원리와 훈트 규칙을 적용하여 배치하면 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다.

ㄱ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 7이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 3이고 홀전자 수는 1이므로 원자가 전자 수는 홀전자 수의 3배이다.

ㄷ. X의 안정한 이온은 원자가 전자를 잃고 형성되므로 안정한 이온의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이며, 이는 Ne의 전자 배치와 같다.

206 파울리 배타 원리에 따르면 한 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 최대 2이며, 이때 두 전자의 스핀 방향은 서로 반대여야 한다.

모범 답안 (가). $2s$ 오비탈에서 전자의 스핀 방향이 같으므로 이 전자 배치는 파울리 배타 원리에 위배되기 때문이다.

207 **모범 답안** (나). 에너지 준위가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자를 모두 채우기 전에 $2p$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 쌍을 원리에 위배되는 들뜬상태이다.

208 ㄴ. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 A와 B는 바닥상태에서 홀전자 수가 2로 같다.

ㄷ. 방위(부) 양자수(l)가 0인 오비탈은 s 오비탈이다. 따라서 바닥상태에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 A와 B에서 4로 같다.

바로알기 ㄱ. A의 전자 배치는 쌍을 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하는 바닥상태이고, B의 전자 배치는 쌍을 원리에 위배되는 들뜬상태이다.

209 ① (가)는 에너지 준위가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자를 모두 채우기 전에 $2p$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 들뜬상태이다.

③ 3개의 $2p$ 오비탈의 에너지 준위는 같으므로 (나)에서 p 오비탈에 있는 두 전자의 에너지는 같다.

④ (다)에서 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 홀전자 수가 최대인 전자 배치가 아니므로 훈트 규칙에 위배된다.

⑤ (가)~(다)에서 1개의 오비탈에 채워진 전자 수가 최대 2개이며, 전자쌍의 스핀 방향이 서로 반대이므로 파울리 배타 원리를 모두 만족한다.

⑥ (가)~(다)에서 원자가 전자는 모두 주 양자수(n)가 2이다.

바로알기 ② 3개의 $2p$ 오비탈의 에너지 준위는 같으므로 (나)는 쌍을 원리를 만족한다.

210 ㄱ. A와 D의 원자가 전자 수는 6으로 같으므로 같은 족 원소이다.

ㄴ. 홀전자 수는 A가 2, B가 3, C가 2, D가 2이므로 홀전자 수가 가장 큰 원소는 B이다.

바로알기 ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 C가 8이고 D가 9이다.

211 ㄱ. (가)는 에너지 준위가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자 2개를 채우기 전에 $2p$ 오비탈에 전자가 채워졌고, (나)는 에너지 준위가 낮은 $2p$ 오비탈에 전자 6개를 채우기 전에 $3s$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 쌍을 원리에 위배된다.

ㄴ. (가)의 전자 수는 7이므로 2주기 15족 원소이고, (다)의 전자 수는 15이므로 3주기 15족 원소이다. 즉, (가)와 (다)는 같은 족 원소로 원자가 전자 수가 같으므로 화학적 성질이 비슷하다.

ㄷ. 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 (나)와 (다)가 3으로 같다.

212 A^{2-}, B^-, C^{2+} 의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6$ 으로 동일하므로 바닥상태 A~C의 전자 배치는 각각 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2 2p^4$, B: $1s^2 2s^2 2p^5$, C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

ㄱ. A와 B에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5로 같다.

ㄷ. 원자가 전자는 B에서는 $2s$ 오비탈, $2p$ 오비탈에 들어 있고, C에서는 $3s$ 오비탈에 들어 있다. 따라서 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수(n)는 $B < C$ 이다.

바로알기 ㄴ. 홀전자 수는 A가 2이고, C는 0으로 서로 다르다.

213 학생 (나): B의 전자 배치에서 모든 오비탈에는 전자쌍이 들어 있으므로 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다.

학생 (다): C^+ 은 C 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 양이온이므로 C는 3주기 1족 원소이다. 따라서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 C가 A보다 크다.

바로알기 학생 (가): A의 전자 배치에서 3개의 $2p$ 오비탈의 에너지 준위가 같으므로 A의 전자 배치는 바닥상태이다.

214 A는 Na(나트륨), B는 O(산소), C는 N(질소)이다.

모범 답안 (1)

	1s	2s	2p	3s
A	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑
B	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑	
C	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	

(2) A: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, B: $1s^2 2s^2 2p^4$, C: $1s^2 2s^2 2p^3$

215

원자	(가)	(나)	(다)	(라)
전자가 들어 있는 오비탈 수	3	4	5	5
홀전자 수	1	2	1	2
원자의 전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^1$	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^5$	$1s^2 2s^2 2p^4$

ㄴ. 원자가 전자 수는 (가) 3, (나) 4, (다) 7이므로 (가)와 (나)의 원자가 전자 수의 합은 (다)의 원자가 전자 수와 같다.

ㄷ. (라)에서 s 오비탈과 p 오비탈에 채워진 전자 수는 4로 같다.

바로알기 ㄱ. 원자 번호는 전자 수가 가장 큰 (다)가 가장 크다.

216 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 같은 2, 3주기 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^4$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 전자 껍질 수가 $A < B$ 이므로 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이고, B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.

p 오비탈의 전자 수가 s 오비탈의 전자 수의 1.5배인 2, 3주기 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다. 전자 껍질 수가 $C < D$ 이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이고, D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다.

ㄱ. A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 안정한 이온이 되어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가질 때 전자 2개가 $2p$ 오비탈에 채워진다.

ㄴ. B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 안정한 이온이 되면 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 갖는다. 따라서 C와 전자 배치가 같다.

ㄷ. 홀전자 수는 A가 2, B와 C가 0, D가 3이므로 A~D 중 D가 가장 크다.

217 바닥상태인 (가)에서 p 오비탈의 전자 수가 6이고 홀전자 수가 1이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 따라서 $a=5$ 이다.

바닥상태인 (나)에서 p 오비탈의 전자 수가 3이고 홀전자 수가 3이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. 따라서 $b=4$ 이다.

바닥상태인 (다)에서 s 오비탈의 전자 수가 3이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이다. 따라서 $c=0$, $d=1$ 이다.

ㄱ. $a+b+c+d=5+4+0+1=10$ 이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 (나)가 5이고, (다)가 1이므로 (나)가 (다)보다 크다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 3주기 원소이고, (나)는 2주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 (가)가 (나)보다 크다.

218 A는 2주기 원소이므로 s 오비탈의 전자 수는 3 또는 4이다. 홀전자 수는 1, 2, 3 중 하나이고, $\frac{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}=3$

이므로 홀전자 수는 1이고, s 오비탈의 전자 수는 3이다. A의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이고, $y=1$ 이다.

B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 원자가 전자 수가 같으므로 2주기 원소이면 원자가 전자 수는 2이고, 3주기 원소이면 원자가 전자 수는 3이다. $\frac{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}=6$ 이므로 B의 전자

배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이고, $x=3$ 이다.

C는 3주기 원소이고 원자가 전자 수가 5이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이고, $z=\frac{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}=\frac{6}{3}=2$ 이다.

따라서 $x+y+z=3+1+2=6$ 이다.

219 K, L, M 전자 껍질은 각각 주 양자수(n)가 1, 2, 3인 전자 껍질이므로 A, B, C의 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2 2p^1$, B: $1s^2 2s^2 2p^4$, C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^1$

ㄱ. A, B는 모두 2주기 원소이다.

ㄴ. C의 전자 배치에서 에너지 준위가 낮은 $3s$ 오비탈에 전자 2개를 채우기 전에 $3p$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 들뜬상태이다.

바로알기 | ㄷ. A와 B는 쌍음 원리를 만족하지만 C의 전자 배치는 들뜬상태이므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

220 A, B는 2주기 원사이므로 전자 수는 3~10이고 전자 수의 비가 A : B = 1 : 2이므로 A, B의 가능한 전자 수 조합은 (3, 6), (4, 8), (5, 10)이다. 또한 전자가 들어 있는 오비탈 수의 비는 A : B = 1 : 2이므로 A, B의 가능한 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^1$, B: $1s^2 2s^2 2p^2$

ㄴ. 원자가 전자 수는 A가 1, B가 4이므로 원자가 전자 수는 B가 A의 4배이다.

바로알기 | ㄱ. 홀전자 수는 A가 1, B가 2이므로 B가 A의 2배이다.

ㄷ. B에서 s 오비탈의 전자 수는 4이고 p 오비탈의 전자 수는 2이므로 전자 수의 비는 s 오비탈 : p 오비탈 = 2 : 1이다.

221 $\frac{\text{전자가 들어 있는 } s \text{ 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } p \text{ 오비탈 수}}=1$ 인 2, 3주기 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^2$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 이때 A와 C의 홀전자 수의 합이 3이므로 A, C의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^2$ 와 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 중 하나이다.

p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 B가 C의 5배인데, C가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이라고 하면 B의 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 30이 되어 A~C가 2, 3주기 원소라는 조건에 부합하지 않는다. 이로부터 A는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, C는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이고, B는 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 10인 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다.

ㄴ. A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

ㄷ. B와 C의 홀전자 수는 2로 같다.

바로알기 | ㄱ. 3주기 원소는 A, B 2가지이다.

222 방향에 관계없이 원자핵으로부터 같은 거리에서 전자를 발견할 확률이 항상 같은 오비탈(X)은 s 오비탈이고, 공간적인 방향이 3가지인 오비탈(Y)은 p 오비탈이므로 A~C의 전자는 모두 s 오비탈과 p 오비탈에만 들어 있다. 또한 A~C의 전자 배치에서 p 오비탈의

전자 수가 s 오비탈의 전자 수의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 A~C의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$ 중 하나이다. 이때 원자 번호는 $A > B > C$ 이므로 A는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$, B는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, C는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이다.

ㄱ. A의 전자 배치에서 홀전자가 없으므로 모든 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다.

ㄷ. C는 비활성 기체이므로 원자가 전자 수는 0이다.

바로알기 | ㄴ. B의 전자 배치에서 홀전자 수는 3이고, 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수는 6이므로 $\frac{\text{전자쌍이 들어 있는 오비탈 수}}{\text{홀전자 수}}$ 는 2이다.

223 바닥상태 원자 A에서 원자가 전자가 $2s$ 오비탈과 2개의 $2p$ 오비탈에 들어 있으므로 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이다.

ㄱ. 홀전자 수는 쌍을 이루지 않은 전자 수로 2이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질에 들어 있는 전자 수로 4이다.

ㄷ. s 오비탈의 전자 수는 4이고, p 오비탈의 전자 수는 2이므로 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 2배이다.

224 조건에 맞는 A~D의 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^1$, B: $1s^2 2s^2 2p^2$, C: $1s^2 2s^2 2p^4$, D: $1s^2 2s^2 2p^3$

ㄱ. A에서 홀전자는 $2s$ 오비탈에 들어 있고, s 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 0이다.

ㄴ. B와 C에서 홀전자는 $2p$ 오비탈에 들어 있으므로 홀전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수(n) + 방위(부) 양자수(l) 값이 같다.

바로알기 | ㄷ. 원자 번호는 전자 수가 가장 큰 C가 가장 크다.

225 ㄱ. B의 전자 배치에서 $n=2$ 인 전자 껍질에는 전자가 최대 8개까지 채워질 수 있는데 7개만 채워지고 $n=3$ 인 전자 껍질에 전자가 채워졌으므로 B는 들뜬상태이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 A가 6이고, B가 1이므로 A가 B보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 전자 수는 A가 8이고, B가 11이다. 따라서 A는 2주기 16족 원소이고, B는 3주기 1족 원소이다.

226 ③ 227 ③ 228 ④ 229 ② 230 ⑤ 231 ③
232 ④ 233 ②

226 ㄱ. 원자 모형 A, B, D에는 원자핵이 있고, C에는 원자핵이 없다. 따라서 (가)에 ‘알파(α) 입자 산란 실험 결과를 설명할 수 있는가?’를 적용할 수 있다.

ㄷ. C에서 전자는 원자 전체에 등성등성 박혀 있으므로 불연속적인 에너지 준위를 갖지 않는다. 따라서 C로는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없으므로 C는 ㉠에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 수소 원자의 선 스펙트럼이 불연속적으로 나타나는 것은 전자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 전자가 불연속적인 에너지 준위를 갖는 모형은 B, D이다. 따라서 ㉠에 해당하는 모형은 2가지이다.

227 원자에서 양성자수=전자 수이고, 질량수=양성자수+중성자수
이므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{질량수}} = \frac{1}{2}$ 인 원자에서 전자 수(=양성자수)와 중성자수가 같다. 따라서 ㉠, ㉡은 각각 A와 B 중 하나이다.

(가)가 전자라고 하면 전자 수(=양성자수)가 같은 원자가 ㉠, ㉡, ㉢ 3가지이므로 B는 C와 D의 동위 원소가 된다. 따라서 (가)는 중성자이고, (나)는 전자이다. ㉠과 전자 수(=양성자수)가 같은 ㉢은 동위 원소이므로 A는 ㉠, B는 ㉠, C는 ㉢, D는 ㉢이다.

ㄱ. (가)는 중성자, (나)는 전자이다.

ㄷ. D의 전자 수가 9이므로 양성자수는 9이다.

바로알기 | ㄴ. A~C의 질량수는 각각 20, 16, 18이므로 질량수의 비는 A : B : C = 10 : 8 : 9이다.

228 두 용기 속 기체의 온도와 압력이 같으므로 용기에 들어 있는 기체의 분자 수비는 (가) : (나) = 5 : 2이다. $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ 와 $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ 를 구성하는 원자의 양성자수와 중성자수는 다음과 같다.

원자	^1H	^2H	^{16}O
양성자수	1	1	8
중성자수	0	1	8

(가)의 $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ 5k mol에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 $(1 \times 2 + 8) \times 5k = 50k$ mol이고, 중성자의 양(mol)은 $8 \times 5k = 40k$ mol이다.

(나)의 $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ 2k mol에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 $(1 \times 2 + 8) \times 2k = 20k$ mol이고, 중성자의 양(mol)은 $(1 \times 2 + 8) \times 2k = 20k$ mol이다. 따라서 전체 중성자수 전체 양성자수는 (가)에서는 $\frac{4}{5}$ 이고, (나)에서는 1

이므로 전체 중성자수 전체 양성자수의 비는 (가) : (나) = $\frac{4}{5} : 1 = 4 : 5$ 이다.

229 ㄷ. 분자량은 $a < c$ 이므로 분자 1 g에 들어 있는 분자 수는 분자량이 a 인 A_2 분자가 분자량이 c 인 A_2 분자보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 자연계에 존재하는 A_2 분자의 분자량이 3가지이므로 A의 동위 원소는 2가지이다. 분자량이 a 인 A_2 의 존재 비율이 $\frac{16}{25}$, 분

자량이 c 인 A_2 의 존재 비율이 $\frac{1}{25}$ 이므로 원자량이 $\frac{a}{2}$ 인 A 동위 원소의 존재 비율은 $\frac{4}{5}$ 이고, 원자량이 $\frac{c}{2}$ 인 A 동위 원소의 존재 비율은 $\frac{1}{5}$ 이다. 즉, 자연계에는 원자량이 $\frac{b}{2}$ 인 A가 존재하지 않는다.

ㄴ. 동위 원소로 이루어진 분자이므로 분자량이 a 인 A_2 분자의 양성자수와 분자량이 c 인 A_2 분자의 양성자수는 같다.

230 $n \leq 4$ 이므로 $y + 2 \leq 4$, $x \leq 4$ 이어야 한다. 따라서 $y = 1$ 또는 $y = 2$ 이고, 4가지 전자 전이 중 빛을 흡수하는 전자 전이가 3가지이므로 $y = 2$, $x = 3$ 이다.

ㄱ. $x = 3$ 이고, $y = 2$ 이므로 $x + y = 5$ 이다.

ㄴ. $a \sim d$ 는 각각 다음과 같다.

$a: E_2 - E_3$, $b: E_2 - E_1$, $c: E_4 - E_3$, $d: E_4 - E_1$

$(x + 1) \rightarrow y$ 의 전자 전이는 $n = 4 \rightarrow n = 2$ 의 전자 전이이며, 이때 방출하는 빛의 에너지는 $E_2 - E_4$ 이다. $a - c = (E_2 - E_3) - (E_4 - E_3)$ 이므로 그 크기는 $E_2 - E_4$ 와 같다.

ㄷ. 전자 전이에서 출입하는 빛에너지의 크기는 $c < a < b < d$ 이다. 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 파장은 $\lambda_c > \lambda_a > \lambda_b > \lambda_d$ 이다.

231 ① K 전자 껍질은 $n = 1$ 인 전자 껍질이고, L 전자 껍질은 $n = 2$ 인 전자 껍질이다. 이때 오비탈의 크기는 (가) < (나)이므로 (가)는 K 전자 껍질에 존재하는 1s 오비탈로 에너지 준위가 가장 낮다.

② (나)는 2s 오비탈이고, (다)~(마)는 아령 모양으로 L 전자 껍질부터 존재하는 2p 오비탈이다. 즉, (나)와 (다)의 주 양자수(n)는 2로 같다.

④ p 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 1이고, 방향을 결정하는 자기 양자수(m)는 $-1, 0, +1$ 의 값을 가지므로 3가지 방향을 갖는다.

⑤ 전자가 (라)에서 (가)로 전이할 때 $n = 2 \rightarrow n = 1$ 의 전이이므로 자외선 영역의 빛을 방출한다.

바로알기 | ③ 1개의 오비탈에 최대 들어갈 수 있는 전자 수는 2로 같으므로 (가)와 (다)가 같다.

232 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 p 오비탈 수가 3인 원소는 2주기 15족, 2주기 16족, 2주기 17족, 2주기 18족, 3주기 1족, 3주기 2족 원소이다. s 오비탈의 전자 수 < p 오비탈의 전자 수이므로 X는 2주기 17족, 2주기 18족, 3주기 1족 원소 중 하나이다. 바닥상태 2주기 17족, 2주기 18족, 3주기 1족 원소의 전자 배치와

전자가 들어 있는 p 오비탈 수 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 는 다음과 같다.

구분	2주기 17족 원소	2주기 18족 원소	3주기 1족 원소
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
전자가 들어 있는 p 오비탈 수 전자가 들어 있는 s 오비탈 수	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	1
$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{5}$

따라서 $\frac{\text{전자가 들어 있는 p 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 s 오비탈 수}} < \frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 인 원소는 3주기 1족 원소이므로 전자 배치는 ④와 같다.

233 조건에 맞는 (가)~(다)의 전자 배치는 각각 다음과 같다.

(가) $1s^2 2s^2 2p^3$, (나) $1s^2 2s^2 2p^2$, (다) $1s^2 2s^2 2p^4$

ㄱ. 전자 수는 (가) > (나)이므로 원자 번호는 (가) > (나)이다.

ㄴ. 전자 수는 (가) 7, (다) 8이므로 (가) < (다)이다.

바로알기 | ㄷ. 홀전자 수는 (나)와 (다)가 2로 같고, 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수는 (나)가 2, (다)가 3이다.

따라서 $\frac{\text{전자쌍이 들어 있는 오비탈 수}}{\text{홀전자 수}}$ 는 (나)가 (다)의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

10 주기율표

빈출 자료 보기

66쪽

234 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

234 (1) A는 H(수소)로, 비금속 원소이다.

바로알기 | (2) B는 18족 원소로 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 채워져 있어 화학 결합에 참여하는 전자가 없다. 따라서 원자가 전자는 0으로, 원자가 전자 수가 가장 작다.

(3) C, D, E는 주기율표에서 같은 가로줄에 있는 원소이므로 같은 주기 원소이다.

(4) E와 F는 주기가 다르므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 다르며, 같은 족 원소이므로 원자가 전자 수가 같다.

반미도별 필수 기출

67~69쪽

235 ③ 236 ③ 237 ⑤, ⑥ 238 ⑤ 239 ⑤
240 ④ 241 ② 242 ② 243 ① 244 ③ 245 ③
246 ② 247 ①

235 (가) 화학적 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 분류하여 세 쌍 원소설을 제안한 과학자는 뢰베라이너이다.

(나) 원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 8번째마다 성질이 비슷한 원소가 나타난다는 것을 발견하여 옥타브설을 제안한 과학자는 뉴랜즈이다.

(다) 원소들을 원자량 순으로 배열하면 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하고, 최초의 주기율표를 만든 과학자는 멘델레예프이다.

(라) 원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 현대 주기율표를 완성하는데 기여한 과학자는 모즐리이다.

236 ㄱ. 주기율표에 대한 이론을 주장한 과학자들을 시간 순서로 나열하면 뢰베라이너 → 멘델레예프 → 모즐리이다.

ㄷ. 멘델레예프는 당시까지 발견된 63종의 원소들을 원자량 순으로 배열할 때 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 하였다. 이때 아직 발견되지 않은 원소의 자리는 비워 두고 그 성질을 예측하였다.

바로알기 | ㄴ. 모즐리는 원자의 양성자수(=원자 번호)를 기준으로 원자 번호를 정하여 주기율표를 완성하였다.

237 ① 현대 주기율표는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 만든다.

② 주기율표의 가로줄은 주기이며, 1~7주기가 있다.

③ 주기율표의 세로줄은 족이며, 1~18족이 있다.

④ 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

바로알기 | ⑤ 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

⑥ 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같다.

238 ㄱ. 제시된 원소들은 1족에 속하는 원소로, 원자가 전자 수는 족 번호의 끝자리 수와 같은 1이다.

ㄴ. 1족에 속하는 알칼리 금속 원소는 전자 1개를 잃고 양이온이 되어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려는 경향이 있다.

ㄷ. 알칼리 금속은 물과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다.

239 ㄱ. 3주기 원소 중 원자가 전자 수가 7인 원소는 17족 원소이다.

ㄴ. 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이므로 홀전자 수는 1이다.

ㄷ. 전자 1개를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려는 경향이 있어 음이온이 되기 쉽다.

240 ④ D와 E의 바닥상태 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^4$, $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5로 같다.

바로알기 | ① A는 비금속 원소인 H(수소)이고, C는 알칼리 금속이므로 A와 C는 화학적 성질이 다르다.

② B는 비활성 기체로 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 채워져 있는 안정한 전자 배치를 가지므로 전자를 얻거나 잃으려는 경향이 없다.

③ C는 전자 1개를 잃고 B와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 되고, D와 E는 각각 전자 2개, 전자 1개를 얻어 2주기 18족 원소와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 된다.

⑤ F는 2족 원소로 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 0이다. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 가장 큰 원소는 홀전자 수가 2인 D이다.

241 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 6인 원소의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 또는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 따라서 A는 3주기 1족 원소이다. B는 A와 같은 족 원소이므로 B는 2주기 1족 원소이고, C는 B와 같은 주기 원소이므로 2주기 원소이다. 홀전자 수는 D가 E보다 크므로 D는 16족 원소이다. 이 조건을 만족하는 A~E의 주기율표 상의 위치는 다음과 같다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	B					D	C	
3	A						E	

ㄴ. D는 2주기 16족 원소로, 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{p \text{ 오비탈의 전자 수}} = \frac{4}{4} = 1$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A와 B는 1족에 속하는 알칼리 금속이다.

ㄷ. C와 E는 같은 족 원소이므로 원자가 전자 수는 서로 같다.

242 ① (가)는 H(수소)로 비금속 원소이다.

③ (다)에 속한 원소는 금속 원소로, 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 안정한 이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질의 전자 2개를 잃으므로 원자보다 반지름이 작아진다.

④ (라)에 속한 원소는 원자가 전자 수가 7인 할로젠으로, 전자 1개를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려는 경향이 크다.

⑤ (마)에 속한 원소는 비활성 기체로 상온에서 기체 상태로 존재한다.

바로알기 | ② (나)는 1족 원소로 2주기 원소는 전자가 s 오비탈에만 존재하고, 3주기 이상의 원소에서는 p 오비탈에도 전자가 존재한다.

243 (가) A~F 중 비금속 원소는 A, C, D, E, F이다.

(나) A~F의 바닥상태 전자 배치는 각각 다음과 같다.

A: $1s^1$, B: $1s^2 2s^1$, C: $1s^2 2s^2 2p^2$, D: $1s^2 2s^2 2p^4$,

E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, F: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

따라서 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 홀수인 것은 A, B, E이다.

(다) A~F의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 각각 0, 0, 2, 3, 6, 6이므로 p 오비탈 수가 홀수인 것은 D이다. 벤 다이어그램의 ㉠ 영역에는 기준 (가)에 해당하는 A, C, D, E, F에서 (가)와 (나)에 공통으로 해당하는 A, E와 (가)와 (다)에 공통으로 해당하는 D를 제외한 C, F가 속한다.

㉡ 영역에는 (가)와 (다)에 공통으로 해당하는 D에서 (가), (나), (다)에 공통으로 해당하는 원소를 제외한 원소가 속하므로 D가 속한다.

㉢ 영역은 (가), (나), (다)에 공통으로 해당하는 원소인데 해당하는 원소가 없다.

㉣ 영역에는 (나)에 해당하는 A, B, E에서 (가)와 (나)에 공통으로 해당하는 A, E를 제외한 B가 속한다.

㉤ 영역에는 (다)에 해당하는 D에서 (가)와 (다)에 공통으로 해당하는 D를 제외하므로 해당하는 원소가 없다.

따라서 포함된 원자 수가 가장 큰 영역은 ㉠이다.

244 Li, F, Mg, Cl를 기준에 따라 분류하면 다음과 같다.

기준	예	아니요
금속 원소인가?	(가) Li, Mg	(나) F, Cl
2주기 원소인가?	(다) Li, F	(라) Mg, Cl

ㄱ. (가)와 (다)에 공통으로 해당하는 원소는 Li이고, Li는 알칼리 금속이다.

ㄴ. (나)에 해당하는 F과 Cl는 같은 족 원소이므로 원자가 전자 수가 같다.

바로알기 | ㄷ. (라)에 해당하는 원소는 Mg과 Cl 2가지이다.

245 A는 2주기 17족 원소, B는 3주기 2족 원소, C는 3주기 17족 원소이고, 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2 2p^5$, B: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

ㄱ. A와 C는 모두 17족에 속하는 같은 족 원소이다. 따라서 A와 C는 화학적 성질이 비슷하다.

ㄴ. B와 C의 전자 배치로부터 전자가 들어 있는 오비탈 수는 B가 6이고, C가 9이다. 따라서 전자가 들어 있는 오비탈 수의 비는 B : C = 6 : 9 = 2 : 3이다.

바로알기 | ㄷ. A~C의 홀전자 수는 각각 1, 0, 1이므로 B가 가장 작다.

246 ㄷ. A~D의 원자가 전자 수는 각각 1, 7, 2, 1이므로 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 B이다.

바로알기 | ㄱ. A는 H(수소)로 비금속 원소이고, D는 1족에 속하는 알칼리 금속이다.

ㄴ. B^- 은 B 원자가 전자 1개를 얻어 형성된 음이온이므로 B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다. C^{2+} 은 C 원자가 전자 2개를 잃고 형성된 양이온이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 따라서 B는 2주기 원소이고, C는 3주기 원소이다.

247 ㄱ. C^{3+} 은 C 원자가 전자 3개를 잃고 형성된 양이온이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다. A의 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자 수가 3이므로 A와 C는 원자가 전자 수가 3인 같은 족 원소이다.

바로알기 | ㄴ. D^{2-} 은 D 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이므로 D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. 따라서 A~D 중 A, B, D는 2주기 원소이고, C는 3주기 원소이다.

ㄷ. A~D 중 원자 번호가 가장 큰 것은 3주기 원소인 C이다.

11 유효 핵전하, 원자 반지름과 이온 반지름

빈칸 자료 보기

71쪽

248 (1) ○ (2) × (3) ○

249 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

248 (1) 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크다.

(3) 같은 족에 속하는 2, 3주기 원소의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 주기가 클수록 크다. 따라서 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

바로알기 | (2) 같은 주기에서는 원자 번호 증가에 따라 전자 수가 증가하지만 증가한 전자가 가장 바깥 전자 껍질에 채워지므로 가려막기 효과 증가보다 핵전하 증가 효과가 크다.

249 (2) 안정한 전자 배치를 갖는 양이온은 원자와 핵전하는 같지만 전자 껍질 수는 원자보다 작으므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 작다. 따라서 원자 반지름이 이온 반지름보다 큰 B의 이온은 양이온이다.

(4) 안정한 전자 배치를 갖는 음이온은 원자와 핵전하는 같지만 전자 수는 크므로 원자보다 전자 간 반발력에 의해 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. 따라서 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 D의 이온은 음이온이다.

(5) 대체로 금속 원소는 전자를 잃고 양이온이 되고, 비금속 원소는 전자를 얻어 음이온이 된다. 원자 반지름이 이온 반지름보다 큰 A, B는 금속 원소이고, 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 C, D는 비금속 원소이다. 따라서 금속 원소와 비금속 원소의 수는 2로 같다.

바로알기 | (1) 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름이 가장 작은 D의 원자 번호가 가장 크다.

(3) C는 전자를 얻어 음이온이 되는 2주기 비금속 원소로, 안정한 이온의 전자 배치는 2주기 18족 원소인 Ne과 같다.

난이도별 필수 기출

72~75쪽

250 ⑤	251 ③	252 해설 참조	253 ⑤	254 ④
255 ⑤	256 해설 참조	257 해설 참조	258 ④	
259 ③	260 ③	261 ⑤	262 ⑤	263 ④
264 ②				
265 ①	266 ⑤	267 ⑤		

250 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지므로 2주기 원소 중 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소는 18족 원소인 Ne이다.

251 ㄱ. 같은 원자에서 원자핵에 가까이 있는 전자일수록 유효 핵전하가 크다. 따라서 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $a < b$ 이다.

ㄴ. 전자들의 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자가 같은 전자 껍질에 있는 전자보다 크다. 따라서 b 에 대한 핵전하의 가려막기 효과는 d 가 c 보다 크다.

바로알기 | ㄷ. d 는 같은 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과에 의해 실제로 느끼는 유효 핵전하는 +11보다 작다.

252 **모범 답안** (1) H 원자의 핵전하= a 가 느끼는 유효 핵전하, 수소 원자는 전자가 1개이므로 전자 사이의 반발력이 존재하지 않기 때문이다.
(2) C 원자의 핵전하 $>b$ 가 느끼는 유효 핵전하, 다전자 원자인 탄소 원자에는 전자 사이의 반발력이 존재하므로 전자의 가려막기 효과에 의해 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자핵의 핵전하보다 작기 때문이다.

253 ㄱ. A는 H(수소)로 비금속 원소이다.
ㄴ. B와 C의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^4$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 따라서 홀전자 수는 B가 2, C가 1이므로 B가 C의 2배이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 커지고, 같은 족에서도 원자 번호가 클수록 커진다. 따라서 A~D 중 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 D이다.

254 O, F, Mg, Al 중 바닥상태에서 홀전자 수가 0인 원소 (나)는 Mg이고, 홀전자 수가 1인 (라)는 F, Al 중 하나이다.
원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크고, 같은 족에서도 원자 번호가 클수록 크므로, 유효 핵전하가 (가), (다), (라) 중 가장 작은 (라)는 Al, 가장 큰 (가)는 F이고, (다)는 O이다.

ㄱ. (가)는 F이다.
ㄷ. (나)는 Mg로 같은 주기 원소인 Al보다 원자 번호가 작으므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (라)보다 작다. 따라서 c 는 4.07보다 작다.

바로알기 | ㄴ. (가)인 F의 홀전자 수는 1이고, (다)인 O의 홀전자 수는 2이므로 $a+b=3$ 이다.

255 각 원자의 전자 배치는 (가) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, (나) $1s^2 2s^2 2p^3$, (다) $1s^2 2s^1$ 이다.

원자	(가)	(나)	(다)
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	$a=5$	4	3
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	6	3	$b=0$
홀전자 수	1	$c=3$	$d=1$

ㄱ. (가)~(다)의 전자 배치로부터 $a=5$, $b=0$, $c=3$, $d=1$ 이므로 $a>b+c+d$ 이다.

ㄴ. (가)와 (다)는 같은 족 원소이고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다. 따라서 원자가 전자의 유효 핵전하는 (가) $>$ (다)이다.

ㄷ. (나)의 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 채워진 전자 수는 5이므로 원자가 전자 수는 5이다.

256 **모범 답안** 원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 작아지고, 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 커진다. 이로부터 원자 반지름이 가장 큰 D는 Na, C는 Mg이고, 원자 반지름이 가장 작은 A는 F, B는 O이다.

257 A^{2-} 은 A 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이고, B^+ 은 B 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 양이온이다.

모범 답안 $A^{2-}>B^+$, A^{2-} 과 B^+ 은 전자 배치가 같으므로 전자 수가 같다. 따라서 원자 번호가 $A<B$ 이며, 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커져 이온 반지름이 감소하기 때문이다.

258 ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하여 원자 반지름이 작아진다.

원자 번호는 금속 원소가 비금속 원소보다 작으므로 금속 원소의 원자가 비금속 원소의 원자보다 원자 반지름이 크다.

ㄷ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하의 증가 효과보다 전자 껍질 수의 증가 효과가 크기 때문에 원자 반지름이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커지므로 (가)는 3주기 원소이고, (나)는 2주기 원소이다.

259 ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소하는 것은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같고 유효 핵전하가 증가하기 때문이다. 따라서 원자 반지름이 $A>B$ 인 것은 유효 핵전하로 설명할 수 있다.

ㄷ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 증가하는 것은 유효 핵전하의 증가 효과보다 전자 껍질 수의 증가 효과가 크기 때문이다. 따라서 원자 반지름이 $B<D$ 인 것은 전자 껍질 수 증가로 설명할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 원자 반지름은 $B>C$ 이고, 이는 B보다 C의 유효 핵전하가 증가하기 때문이므로 유효 핵전하로 설명할 수 있다.

260 ㄱ. A는 원자 반지름 $>$ 이온 반지름이므로 안정한 이온은 양이온이다. 즉, A는 전자를 잃고 양이온이 되기 쉬운 금속 원소이다.

ㄷ. B와 C는 이온 반지름 $>$ 원자 반지름이므로 안정한 이온은 음이온이다.

바로알기 | ㄴ. B와 C는 전자를 얻어 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소이다. 이때 원자 반지름과 이온 반지름은 모두 $B>C$ 이므로 원자 번호는 $B<C$ 이다. 따라서 양성자수는 C가 B보다 크다.

261 O, F, Na, Mg의 안정한 이온의 전자 수는 같고 원자 번호는 $O<F<Na<Mg$ 이므로 이온 반지름은 $O>F>Na>Mg$ 이다. 이로부터 A는 Na, B는 Mg, C는 O, D는 F이다.

⑤ C와 D는 같은 2주기 원소이고 원자 번호는 $C<D$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $C<D$ 이다.

바로알기 | ① A와 B는 3주기 금속 원소이므로 안정한 이온은 양이온이다. 따라서 원자 반지름 $>$ 이온 반지름이므로 이온 반지름 <1 이다.

② A는 3주기 원소, C는 2주기 원소이므로 서로 다른 주기 원소이다.

③ 원자 반지름은 B(Mg)가 C(O)보다 크다.

④ 바닥상태에서 홀전자 수는 B가 0, D가 1이다.

⑥ C(O)와 D(F)는 1:2로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

262 2~4주기 1, 2, 17족 원소 중 이온이 되었을 때 전자 수가 같은 각 이온의 전자 배치는 Ne 또는 Ar이다. Ne의 전자 배치를 갖는 이온은 2주기 17족, 3주기 1족, 3주기 2족 원소의 이온이고, Ar의 전자 배치를 갖는 이온은 3주기 17족, 4주기 1족, 4주기 2족 원소의 이온이다.

A, B는 Ar의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 원자이며, 이온 반지름이 A가 가장 작고, B가 가장 크므로 A는 4주기 2족 원소(Ca), B는 3주기 17족 원소(Cl)이다. 따라서 (가)는 2족, (나)는 1족, (다)는 17족 원소이다.

C~E는 Ne의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 원자이며, 이온 반지름은 $C<D<E$ 이므로 C는 3주기 2족 원소(Mg), D는 3주기 1족 원소(Na), E는 2주기 17족 원소(F)이다.

ㄱ. A는 4주기 2족 원소이고 D는 3주기 1족 원소이므로 원자 번호는 $A>D$ 이다.

ㄴ. B와 C는 모두 3주기 원소이다.
 다. A~E 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 4주기 1족 원소인 A이고, 원자 반지름이 가장 작은 것은 2주기 17족 원소인 E이다.

263 O, F, Na, Mg, Al의 안정한 이온의 전자 배치는 Ne과 같으므로 이온 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 이온 반지름은 $O > F > Na > Mg > Al$ 이므로 A~E는 각각 Na, Mg, Al, O, F이다.
 ㄴ. B, C는 각각 Mg과 Al으로 금속 원소이므로 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

ㄷ. D, E는 각각 O, F으로 비금속 원소이다. O, F 원자가 이온이 될 때는 전자를 얻어 음이온이 되므로 원자보다 전자 수가 커서 전자 사이의 반발력이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 원자 번호는 C가 가장 크다.

264 원자 번호는 $N < O < F$ 이고 (가)의 크기는 $N > O > F$, (나)의 크기는 $N < O < F$ 이다. 따라서 (가)는 원자 반지름이고, (나)는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다.

ㄱ. (가)는 원자 반지름을 나타낸 것이다.

ㄴ. N, O, F은 2주기 원소이고, Na, Mg, Al은 3주기 원소이다. F에서 Na으로 될 때 (가)인 원자 반지름이 크게 증가하는 까닭은 전자 껍질 수가 증가하기 때문이다. 또한 F에서 Na으로 될 때 (나)인 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크게 감소하는 까닭도 전자 껍질 수가 증가하기 때문이다.

바로알기 | ㄷ. O와 Mg이 각각 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되었을 때 전자 수가 같으므로 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 감소한다. 따라서 원자 번호가 $O < Mg$ 이므로 이온 반지름은 $O > Mg$ 이다.

265 바닥상태 N, F, Na, S의 원자가 전자 수와 홀전자 수, (원자가 전자 수-홀전자 수)는 다음과 같다.

구분	N	F	Na	S
원자가 전자 수	5	7	1	6
홀전자 수	3	1	1	2
원자가 전자 수-홀전자 수	2	6	0	4

이로부터 A는 Na, B는 N, C는 S, D는 F이다.

ㄷ. 바닥상태 A와 C의 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

이로부터 전자가 들어 있는 오비탈 수는 A가 6이고, C가 9이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 C가 A의 1.5배이다.

바로알기 | ㄱ. A는 Na이고 D는 F이므로 A와 D의 안정한 이온의 전자 배치는 Ne과 같다. 이때 원자 번호는 $A > D$ 이므로 이온 반지름은 $A < D$ 이다.

ㄴ. B와 D는 2주기 원소이고 원자 번호는 $B < D$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $B < D$ 이다.

266 자료를 분석하면 다음과 같다.

- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B가 A보다 크다.
- 원자의 주기는 $A < B$ 이다.
- p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 B가 A의 2배이다.
- A⁻과 C²⁺의 전자 배치는 Ne과 같다.
- A는 2주기 17족 원소이고, C는 3주기 2족 원소이다.
- A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다.

ㄱ. A⁻은 A 원자가 전자 1개를 얻고 형성된 것이고 A⁻의 전자 배치가 Ne과 같으므로 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다. 즉, A는 2주기 17족 원소이다.

ㄴ. B는 3주기 16족 원소이므로 안정한 이온은 음이온이다. 따라서 B가 이온이 될 때 전자 껍질 수는 변하지 않는다.

ㄷ. A는 비금속 원소이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이고, C는 금속 원소이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이다. 따라서 A는 C보다 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 이 크다.

267 안정한 이온의 전자 수가 10인 A, B의 이온은 Ne의 전자 배치를 갖는다. 이때 A의 이온은 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이므로 A는 3주기

금속 원소이고, B의 이온은 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} < 1$ 이므로 B는 2주기 비금속 원소이다.

안정한 이온의 전자 수가 18인 C, D의 이온은 Ar의 전자 배치를 갖는다. 이때 C의 이온은 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이므로 C는 4주기 금속 원소

이고, D의 이온은 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} < 1$ 이므로 D는 3주기 비금속 원소이다.

ㄴ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 4주기 금속 원소인 C이다.

ㄷ. C 이온과 D 이온은 전자 수가 같고, 원자 번호는 C가 D보다 크므로 이온 반지름은 D가 C보다 크다.

바로알기 | ㄱ. A는 3주기 원소이고, B는 2주기 원소이다.

12 이온화 에너지

빈출 자료 보기

77쪽

268 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

269 (1) × (2) × (3) × (4) × (5) × (6) ○

268 (1) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름은 작아지고 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가하므로 이온화 에너지가 대체로 커진다.

(4) 제2 이온화 에너지는 +1의 양이온에서 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 같은 주기에서는 원자가 전자 수가 1인 1족 원소가 가장 큰 값을 가지며, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 그 값이 감소한다. 따라서 제2 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 2주기 1족 원소인 C이다.

바로알기 | (2) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하므로 이온화 에너지가 작아진다.

(3) 이온화 에너지가 작을수록 전자를 떼어 내기 쉽다. 즉 A~T 중 양이온이 되기 가장 쉬운 원소는 이온화 에너지가 가장 작은 S이다.

269 (6) A~C의 원자가 전자 수는 각각 2, 1, 3이므로 원자가 전자 수는 C가 B의 3배이다.

바로알기 | (1), (2) A는 $E_1 < E_2 \ll E_3$ 이므로 2족 원소이고, B는 $E_1 \ll E_2$ 이므로 1족 원소이며, C는 $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이므로 13족 원소이다. 따라서 원자 번호는 B가 가장 작다.

(3) 바닥상태에서 홀전자 수는 A가 0, B가 1, C가 1이므로 A가 가장 작다.

(4) B의 원자가 전자 수는 1이므로 B가 안정한 이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는 E_1 이다. 즉 B가 안정한 이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는 496 kJ/mol이다.

(5) 원자 번호는 $B < A < C$ 이므로 원자 반지름은 B가 가장 크다.

난이도별 필수 기출

78~83쪽

270 ①	271 ②	272 ④	273 ③	274 ②	275 ③
276 해설 참조	277 ③	278 ④	279 ②	280 ③	
281 ⑤	282 ④	283 ④	284 ①	285 ③	286 ②
287 ④	288 ③	289 ②	290 ③	291 ②	292 ⑤
293 해설 참조	294 ②, ⑥	295 ③			

270 ② 이온화 차수가 커질수록 전자 수가 감소하여 전자 사이의 반발력이 감소하고, 유효 핵전하가 증가하므로 이온화 에너지가 커진다.

③ 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커져 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하므로 이온화 에너지는 작아진다.

④ 이온화 에너지는 원자핵과 인력이 작용하고 있는 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 원자핵과 전자 사이의 인력이 커질수록 이온화 에너지가 커진다.

⑤ 같은 주기에서 금속 원소는 비금속 원소보다 원자 반지름은 크고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 작다. 따라서 같은 주기에서 금속 원소는 비금속 원소보다 이온화 에너지가 작다.

바로알기 | ① 이온화 에너지가 클수록 전자를 떼어 내는 데 많은 에너지가 필요하므로 양이온이 되기 어렵다.

271 같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하지만 전자 배치의 특성으로 2족 원소가 13족 원소보다 크다. 따라서 이온화 에너지는 $Al < Mg < Si$ 이고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Mg < Al < Si$ 이므로 Si의 이온화 에너지와 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하를 나타내면 (나) 영역에 위치한다.

272 ①~⑤는 모두 2주기 원소이고, 차례대로 2족, 13족, 14족, 15족, 16족 원소이다. 따라서 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 ④의 전자 배치를 갖는 15족 원소이다.

273 A는 2주기 16족 원소, B는 2주기 17족 원소, C는 3주기 1족 원소, D는 3주기 2족 원소이다.

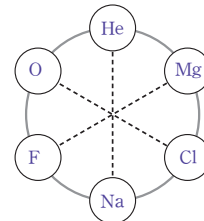
ㄷ. 이온화 에너지는 $C < D < A < B$ 이므로 그림과 같은 경향을 나타낸다.

ㄹ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $C < D < A < B$ 이므로 그림과 같은 경향을 나타낸다.

바로알기 | ㄱ. 원자 반지름은 $B < A < D < C$ 이다.

ㄴ. 이온 반지름은 $D < C < B < A$ 이다.

274 He, O, F, Na, Mg, Cl 중 이온화 에너지가 가장 작은 원소는 Na이므로 Na와 비활성 기체인 He은 서로 맞은편에 있다. F과 Cl는 같은 족 원소로 원자가 전자 수가 같으므로 Na 옆에는 F과 Cl가 있다. He을 제외한 원소 중 원자 반지름이 가장 작은 원소는 F이므로 F의 맞은편에는 금속 원소인 Mg이 있다. 각 조건에 맞는 원소들의 배치는 다음과 같다.



따라서 Cl의 맞은편에 위치하는 원소는 O이다.

275 Li, Be, B, C는 모두 2주기 원소이며, 2족 원소인 Be이 13족 원소인 B보다 이온화 에너지가 크므로 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C$ 이다. 따라서 W~Z는 각각 Li, B, Be, C이다.

ㄱ. 원자 반지름이 가장 작은 것은 원자 번호가 가장 큰 Z이다.

ㄴ. 원자 번호가 $X > Y$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $X > Y$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 바닥상태에서 W의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$, X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 W와 X가 모두 1로 같다.

276 (1) 이온화 에너지가 작을수록 전자를 떼어 내기 쉬우므로 양이온이 되기 쉽다.

모범 답안 (1) Na

(2) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자핵과 전자 사이의 인력이 작아지기 때문이다.

277 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 커지지만 예외로 2족 원소보다 13족 원소가, 15족 원소보다 16족 원소가 이온화 에너지가 작다. 이때 A~E는 원자 번호가 연속이므로 C는 15족, D는 16족 원소이고, A는 13족, B는 14족, E는 17족 원소이다.

ㄱ. 이온화 에너지가 $A < B$ 이므로 A는 B보다 양이온이 되기 쉽다.

ㄷ. C는 15족 원소이므로 p 오비탈에 홀전자만 존재하고, D는 16족 원소이므로 p 오비탈에 전자쌍이 존재한다. 따라서 D에서는 쌍을 이룬 전자 사이의 반발력 때문에 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지(이온화 에너지)가 C보다 작다.

바로알기 | ㄴ. B는 14족 원소이고, E는 17족 원소이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 각각 2, 1이다. 따라서 홀전자 수는 B가 E보다 크다.

278 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 작아지므로 A는 3주기 원소이고, B와 C는 2주기 원소이다.

ㄴ. 3주기 15족 원소인 A는 3주기 16족 원소보다 이온화 에너지가 크다.

ㄷ. B와 C는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 $B < C$ 이므로 원자 반지름은 $B > C$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A는 3주기 원소이다.

279 2주기 원소의 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 또한 제시된 이온화 에너지 변화로부터 A~G는 각각 F, O, N, C, B, Be, Li이다.

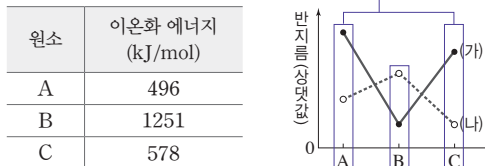
ㄷ. C는 N이고, F는 Be이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 C가 3, F가 0이다. 따라서 바닥상태에서 홀전자 수는 $C > F$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A, B는 각각 F, O로 모두 비금속 원소이다.

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 원자 반지름이 가장 작고, 이온화 에너지가 가장 큰 A이다.

280

A와 C는 (가) > (나)이고, 이온화 에너지가 작다.
 ➔ A, C는 양이온이 되기 쉬운 비금속 원소이다.



B는 (가) < (나)이고, 이온화 에너지가 크다.
 ➔ B는 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소이다.

ㄱ. C가 A보다 이온화 에너지가 크므로 A는 C보다 양이온이 되기 쉽다.

ㄴ. 금속 원소인 A와 C는 원자 반지름보다 이온 반지름이 작으므로 (가)는 원자 반지름이고, (나)는 이온 반지름이다.

바로알기 | ㄷ. B는 원자 반지름보다 이온 반지름이 크므로 비금속 원소이다.

281 비활성 기체를 제외한 원자 번호가 연속인 2, 3주기 바닥상태의 원자 A~F 중 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 인 원소는 비금속 원소이므로 2주기 비금속 원소이고, $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 인 원소는 금속 원소이므로 3주기 금속 원소이다. 이때 가능한 A~F는 N, O, F, Na, Mg, Al이고, 이들의 이온화 에너지는 $F > N > O > Mg > Al > Na$ 이므로 A~F는 각각 F, O, N, Al, Mg, Na이다.

ㄱ. A와 B는 각각 F, O이며, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작으므로 원자 반지름은 $A < B$ 이다.

ㄴ. E와 F는 각각 Mg, Na이므로 이온의 전자 배치는 Ne과 같고, 원자 번호는 $Na < Mg$ 이므로 이온 반지름은 $E < F$ 이다.

ㄷ. C와 D는 각각 N, Al이고 각 원자의 전자 배치는 다음과 같다.

C: $1s^2 2s^2 2p^3$ D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

따라서 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 C가 $\frac{3}{4}$ 이고, D가 $\frac{7}{6}$ 이므로 $C < D$ 이다.

282 원자가 가질 수 있는 원자가 전자 수는 0~7이고, A~C에는 비활성 기체가 없으므로 x 는 4보다 크고 7보다 작은 자연수이다.

x 가 5일 때 B의 전자 수는 11이며, 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 원자가 전자 수와 홀전자 수가 1로 같아 적절하지 않다.

x 가 6일 때 A의 전자 수는 9이며, 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 원자가 전자 수가 7이다. 따라서 제시된 자료에 적합하므로 $x=6$ 이다.

이를 통해 A는 F이고, B는 Mg, C는 S이다.

ㄴ. A는 2주기 17족 원소이고, B는 3주기 2족 원소이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 크므로 B는 3주기 17족 원소보다 이온화 에너지가 작다. 또한 같은 족에서 원자 번호가 작을수록 이온화 에너지가 크므로 A가 3주기 17족 원소보다 이온화 에너지가 크다. 따라서 이온화 에너지는 A가 B보다 크다.

ㄷ. B는 Mg이고, C는 S이므로 B와 C가 결합한 화합물의 화학식은 $BC(MgS)$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A는 전자 수가 9이므로 F이다.

283 2주기 원소 중 (홀전자 수 + 원자가 전자 수)가 같은 원자가 3개인 경우는 N, O, F이므로 $a=8$ 이다. N, O, F 중 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수가 4인 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 X는 F, 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수가 2인 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이므로 Y는 N이다. 따라서 Z는 O이며, O 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 $b=3$ 이다.

ㄴ. 이온화 에너지는 $X(F) > Y(N) > Z(O)$ 이다.

ㄷ. X~Z가 안정한 이온이 되었을 때 전자 수는 모두 10으로 같다.

바로알기 | ㄱ. $a=8, b=3$ 이므로 $a+b=11$ 이다.

284 원자 번호가 연속인 2주기 원소 A~C의 원자 번호가 $A < B < C$ 이고, 제1 이온화 에너지가 $A < C < B$ 이므로 B와 C는 각각 2족, 13족 또는 15족, 16족 원소 중 하나이다. 또한 제2 이온화 에너지가 $B < C < A$ 이므로 A는 1족 원소이다. 따라서 A~C는 각각 Li, Be, B이다.

285 원자 번호가 연속인 2주기 원소 중 홀전자 수가 0, 1, 2인 원소는 Be, B, C 또는 O, F, Ne이다. 이온화 에너지가 $B < C$ 이므로 B는 F가 아니다. 따라서 A~D 중 3가지는 Be, B, C이며, 이때 D의 이온화 에너지가 B보다 크므로 B는 Li이고, D는 B(붕소), A는 Be, C는 C(탄소)이다.

① D는 B(붕소)이므로 홀전자 수 x 는 1이다.

② A는 Be으로 제1 이온화 에너지는 D인 B(붕소)보다 크므로 $y > 1.5$ 이다.

④ 원자 번호는 $B < C$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $B < C$ 이다.

⑤ 제2 이온화 에너지는 +1의 양이온에서 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. A인 Be과 D인 B(붕소)의 +1의 양이온의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^1, 1s^2 2s^2$ 이다. 따라서 제2 이온화 에너지는 $A < D$ 이다.

바로알기 | ③ A는 Be이고 B는 Li이므로 원자 반지름은 $A < B$ 이다.

286 O, F, Na의 제1 이온화 에너지는 $Na < O < F$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $F < O < Na$ 이다. 또한 1족 원소인 Na의 제1 이온화 에너지 < 제2 이온화 에너지이므로 C는 Na이고, A는 F, B는 O이다.

ㄷ. A~C의 안정한 이온의 전자 배치는 모두 Ne과 같고, 원자 번호는 O가 가장 작으므로 Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름이 가장 큰 것은 B이다.

바로알기 | ㄱ. 원자 번호는 $A > B$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $A > B$ 이다.

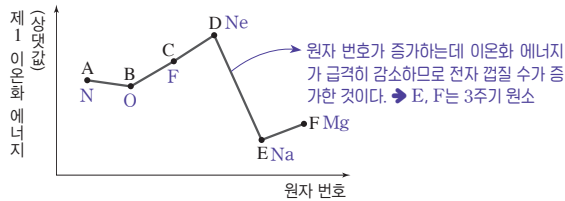
ㄴ. 원자 반지름은 3주기 원소인 C가 2주기 원소인 B보다 크다.

287 원자 번호가 $W < Y$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $W > Y$ 인 W, Y는 (Be, B)와 (N, O) 조합 중 하나이다. 바닥상태 X의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 9이므로 X는 15족 이상의 원소이다. 따라서 $n=15$ 이고, W는 N, Y는 O, X는 P, Z는 S이다.

ㄴ. 바닥상태의 전자 배치에서 홀전자 수는 W가 3이고, Y가 2이므로 홀전자 수는 W가 Y의 1.5배이다.

ㄷ. 제2 이온화 에너지는 3주기 16족 원소인 Z가 3주기 15족 원소인 X보다 크다.

바로알기 | ㄱ. W는 15족 원소이므로 $n=15$ 이다.



A~F는 차례대로 N, O, F, Ne, Na, Mg이다.

① B는 O이고, F는 Mg이며, 각 원자의 전자 배치는 다음과 같다.

O: $1s^2 2s^2 2p^4$ Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

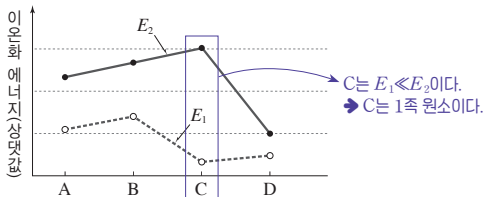
따라서 B와 F는 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 같으므로 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 1로 같다.

② C는 A보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크기 때문에 전자를 떼어 내기 어려우므로 이온화 에너지가 더 크다.

④ D는 비활성 기체이므로 원자가 전자 수가 0이다.

⑤ E와 F는 3주기 원소로 같은 주기 원소이다.

바로알기 ③ 제2 이온화 에너지는 +1의 양이온에서 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. B와 C의 +1의 양이온의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^3$, $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. p 오비탈에 전자가 쌍을 이루고 있을 때 전자 사이의 반발력 때문에 전자를 떼어 내기가 더 쉬우므로 제2 이온화 에너지는 B가 C보다 크다.



A~D의 원자 번호가 연속이므로 C는 3주기 1족 원소이고, A와 B는 각각 2주기 17족과 18족 원소, D는 3주기 2족 원소이다.

∴ C와 D는 같은 3주기 원소이고, 원자 번호는 C < D이므로 원자 반지름은 C > D이다.

바로알기 ① A와 B는 같은 2주기 주기 원소이고, 원자 번호는 A < B이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 A < B이다.

∴ B는 비활성 기체이므로 다른 원자와 화학 결합을 하지 않는다.

290 원자 번호가 8~14인 원소는 O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si이고, 이들 원소의 제2 이온화 에너지는 원자에서 전자 1개를 잃은 양이온에서 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 $Mg < Si < Al < F < O < Ne < Na$ 이다. 따라서 a~g는 각각 Mg, Si, Al, F, O, Ne, Na이다.

① a는 Mg이고, d는 F이다.

② 원자 번호가 가장 큰 원소는 원자 번호가 14인 b이다.

④ 원자 반지름이 가장 큰 것은 3주기 원소 중 원자 번호가 가장 작은 g이다.

⑤ 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 2주기 18족 원소인 f이다.

바로알기 ③ c는 Al로 3주기 원소이고, e는 O로 2주기 원소이다.

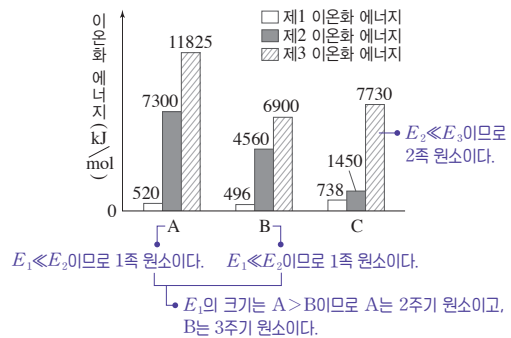
291 B, C, Na 중 제1 이온화 에너지(E_1) < 제2 이온화 에너지(E_2)인 원소는 Na이므로 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 가 가장 작은 것은 Na이다.

또한 E_1 은 B < C이고 E_2 는 B > C이므로 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 는 B < C이다. 따라서 X는 C, Y는 Na, Z는 B이다.

∴ Y는 Na로 3주기 원소이고, Z는 B로 2주기 원소이므로 바닥 상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Y가 Z보다 크다.

바로알기 ① X는 C이다.

∴ X는 C로 2주기 원소이고, Y는 Na로 3주기 원소이다.



① A는 1족 원소이다.

② 원자 반지름이 가장 큰 것은 3주기 1족 원소인 B이다.

③ A는 2주기 원소이고, B는 3주기 원소이므로 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수(n)는 B가 A보다 크다.

④ C는 2족 원소이므로 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 0이다.

바로알기 ⑤ B는 1족 원소이므로 안정한 이온이 되기 위해 필요한 에너지는 E_1 인 496 kJ/mol이다. C는 2족 원소이므로 안정한 이온이 되기 위해 필요한 최소 에너지는 $E_1 + E_2 = (738 + 1450)$ kJ/mol = 2188 kJ/mol이다. 따라서 안정한 이온이 되기 위해 필요한 최소 에너지는 C가 B보다 크다.

293 (1) X의 순차 이온화 에너지가 $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이므로 X의 원자가 전자 수는 3이다. 따라서 X는 3주기 13족 원소이다.

모범 답안 (1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

(2) X는 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자 3개를 잃어야 하므로 필요한 최소 에너지는 $E_1 + E_2 + E_3 = (578 + 1817 + 2745)$ kJ/mol = 5140 kJ/mol이다.

(3) 이온화 차수가 커질수록 전자 수가 작아지고, 전자 사이의 반발력이 작아져 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하기 때문이다.

294 순차 이온화 에너지 크기 변화에서 A는 $E_1 \ll E_2$ 이므로 1족 원소, B는 $E_2 \ll E_3$ 이므로 2족 원소, C는 $E_3 \ll E_4$ 이므로 13족, D는 $E_2 \ll E_3$ 이므로 2족 원소이다. 같은 2족 원소인 B와 D에서 E_1 의 크기는 B < D이므로 B는 3주기 원소이고, D는 2주기 원소이다.

① A는 $E_1 \ll E_2$ 이므로 1족에 속하는 금속 원소이다. 따라서 안정한 이온은 양이온이므로 원자 반지름이 안정한 이온의 반지름보다 크다.

③ C는 13족 원소이므로 원자가 전자 수는 3이다.

④ A는 1족 원소이고, C는 13족 원소이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 1로 같다.

⑤ B와 D는 모두 2족 원소이다.

바로알기 ② B는 3주기 원소이다.

⑥ D는 2족 원소이므로 안정한 이온이 되기 위해 전자 2개를 잃어야 한다. 따라서 필요한 최소 에너지는 $E_1 + E_2$ 이므로 $(806 + 1758)$ kJ/mol = 2564 kJ/mol이다.

295 F, Ne, Na, Mg, Al의 제1 이온화 에너지는 $Na < Al < Mg < F < Ne$ 이므로 A는 Na, B는 Al, C는 Mg, D는 F, E는 Ne이다.

∴ A는 Na이고, D는 F이므로 원자 번호는 A가 D보다 크다.

∴ B는 Al이고, C는 Mg이므로 B와 C는 모두 3주기 원소이다.

바로알기 ④ 핵전하량이 가장 큰 것은 원자 번호가 가장 큰 B이다.

296 해설 참조 297 ④ 298 해설 참조
299 해설 참조 300 ② 301 ② 302 ③ 303 ①

296 멘델레예프는 원소들을 원자량 순서로 배열하고, 화학적 성질이 비슷한 원소를 같은 세로줄에 오도록 배열하여 주기율표를 만들었는데, 몇몇 원소들의 성질이 주기성에서 벗어났다. 원소들의 화학적 성질은 양성자수(=전자 수)에 의해 결정되기 때문이다. 모즐리는 X선 연구를 통해 원소의 양성자수를 결정하는 방법을 알아내고, 양성자수를 기준으로 원자 번호를 정한 후 원자 번호 순서로 주기율표를 완성하여 멘델레예프의 주기율표가 지닌 문제점을 해결하였다.

모범 답안 모즐리는 양성자수를 기준으로 원자 번호를 정하고, 원자 번호 순서로 주기율표를 완성하였다.

297 ㄴ. B와 D는 금속 원소로 비금속 원소인 산소와 반응하여 화합물을 생성할 때 전자를 잃고 산화된다.

ㄷ. C는 비금속 원소이고, D는 금속 원소이다. 따라서 C는 D보다 전자를 얻어 환원되기 쉽다.

바로알기 ㄱ. B와 D는 알칼리 금속이고, A는 비금속 원소인 H이다.

개념 보충

산화 환원 반응		
구분	산화	환원
산소의 이동	물질이 산소를 얻는 반응	물질이 산소를 잃는 반응
전자의 이동	물질이 전자를 잃는 반응	물질이 전자를 얻는 반응
동시성	산화 환원 반응에서 산소를 얻거나 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃거나 전자를 얻는 물질이 있다. → 산화 환원 반응은 항상 동시에 일어난다.	

298 (2) 바닥상태 3주기 원자 중 홀전자 수가 1인 원소는 Na, Al, Cl이고, 홀전자 수가 2인 원소는 Si, S이며, 홀전자 수가 3인 원소는 P이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 가려막기 효과가 커진다.

모범 답안 (1) ㉠ Z(핵전하), ㉡ Z*(원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하), 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 전자 사이의 반발력에 의한 가려막기 효과로 인해 핵전하보다 작기 때문이다.

(2) A: Al, B: Na, C: S, D: Si, E: P

299 원자 반지름이 이온 반지름보다 큰 A와 B는 금속 원소이고, 원자 반지름이 이온 반지름보다 작은 C와 D는 비금속 원소이다. 이때 각 원자의 안정한 이온의 전자 배치가 Ne과 같으므로 A, B는 3주기 원소이고, C, D는 2주기 원소이다. 또한 원자 반지름은 $A < B$ 이므로 원자 번호는 $A > B$ 이다. 따라서 원자 번호가 가장 큰 것은 A이다.

모범 답안 A, A와 B는 3주기 금속 원소, C와 D는 2주기 비금속 원소이고, 원자 반지름은 $A < B$ 이므로 원자 번호는 A가 가장 크다.

300 원자 번호가 17, 19, 20인 원소는 각각 3주기 17족 원소인 Cl, 4주기 1족 원소인 K, 4주기 2족 원소인 Ca이다. Ar과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 3주기 17족 원소인 Cl는 음이온이 되고, 4주기 1족 원소인 K과 4주기 2족 원소인 Ca는 모두 양이온이 되므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 인 C는 비금속 원소인 Cl이다. 이로부터 A와 B는 각각 K과 Ca 중 하나인데, 이온 반지름은 $K > Ca$ 이고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $K < Ca$ 이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$ 이 작은 A가 Ca이고, B는 K이다.

ㄷ. A~C의 안정한 이온의 전자 배치는 Ar으로 모두 같으므로 이온 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 이온 반지름은 $A < B < C$ 이다.

바로알기 ㄱ. 원자 반지름은 4주기 1족 원소인 B가 가장 크다.

ㄴ. A와 B는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 $A > B$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $A > B$ 이다.

301 원자 C에서 D로 될 때 그 값이 크게 증가하는 (가)는 원자 반지름이다. 2주기 원소에서 3주기 원소로 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하기 때문이다. 따라서 A~C는 2주기 원소이고, D~F는 3주기 원소이다. A~F에서 그 크기가 작아지는 (다)는 이온 반지름이다. A~F의 이온의 전자 배치는 Ne과 같고, 원자 번호가 클수록 핵전하가 커져서 이온 반지름이 작아지기 때문이다. 따라서 나머지 (나)는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다.

ㄷ. $A \rightarrow F$ 로 갈수록 (다) 이온 반지름이 감소하는 까닭은 A~F의 전자 수는 일정하지만 원자 번호가 증가할수록 핵전하가 증가하기 때문이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 원자 반지름이고, (나)는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다.

ㄴ. A~C는 2주기 비금속 원소이다.

302 빛금 친 부분의 원소 중 홀전자 수가 3인 원소는 2주기 15족 원소이다. 홀전자 수가 2인 원소 중 원자 반지름이 B보다 큰 D는 3주기 16족 원소이고, A와 E 중에서 B보다 원자 반지름이 작은 A는 2주기 16족 원소이므로 홀전자 수는 2이다. 홀전자 수를 나타내지 않은 나머지 E는 홀전자 수가 0이어야 하므로 E는 2주기 2족 원소이다. 홀전자 수가 1인 원소는 각각 2, 3주기 1족, 2주기 13족 원소인데, 이온화 에너지로부터 G는 3주기 1족, F는 2주기 1족, C는 2주기 13족 원소이다.

원소 A~G의 위치를 주기율표에 나타내면 다음과 같다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	F	E	C		B	A		
3	G					D		

ㄱ. F는 2주기 1족 원소이므로 원자 반지름은 E보다 크고, G보다 작다. 따라서 $112 < x < 186$ 이다.

ㄴ. B는 2주기 15족 원소이므로 이온화 에너지는 2주기 16족 원소인 A보다 크다. 따라서 y 는 1314보다 크다.

바로알기 ㄷ. A는 2주기 16족 원소로 비금속 원소이고, E는 2주기 2족 원소로 금속 원소이다.

303 원자 번호가 3, 4, 11, 12, 13인 원소는 각각 Li, Be, Na, Mg, Al이다. 이들 원소 중 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 Be이고, 가장 작은 원소는 Na이므로 B는 Na이고 E는 Be이다. 이들 원소 중 제2 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 Li이고, 가장 작은 원소는 Mg이므로 A는 Li이고, D는 Mg이며, 나머지 C는 Al이다.

ㄱ. A는 Li이고 B는 Na이므로 A와 B는 같은 족 원소이다.

바로알기 ㄴ. 제3 이온화 에너지는 +2의 양이온에서 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. C인 Al과 E인 Be의 +2의 양이온의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, $1s^2$ 이다. 따라서 제3 이온화 에너지는 E가 C보다 크다.

ㄷ. B, C, D는 각각 Na, Al, Mg이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $B < D < C$ 이다.

13 이온 결합

빈출 자료 보기

87쪽

304 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) × (8) ○

304 A는 원자 번호가 11인 Na, B는 원자 번호가 17인 Cl, (가)는 이온 결합 물질인 NaCl이다.

바로알기 | (6) 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있지만, 고체 상태에서 전기 전도성이 없다. 따라서 (가)는 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

(7) (가)가 생성될 때 Na는 전자를 잃어 Na^+ 이 되고, Cl는 전자를 얻어 Cl^- 이 된다. 따라서 전자는 A(Na)에서 B(Cl)로 이동한다.

난이도별 필수 기출

88~93쪽

305 ⑥	306 ⑤	307 해설 참조	308 ②	309 ④
310 해설 참조	311 ⑤	312 ③	313 ①	314 ⑤
315 ④	316 ③	317 ④	318 ②	319 ③
321 ④	322 ③	323 ④	324 ②	325 ②, ⑤
326 ④	327 ③	328 ④	329 ③	330 해설 참조
331 ①	332 ③			

305 ⑥ 물에 전자의 흐름인 전류를 흘려 주었더니 공유 결합을 구성하는 H 원자와 O 원자가 분해되므로 화학 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

바로알기 | ① 순수한 물에는 이온과 같이 전하를 띠는 입자가 없으므로 전류가 거의 흐르지 않는다.

② 물을 전기 분해하면 (+)극에서 O_2 기체가 발생하고, (-)극에서 H_2 기체가 발생한다.

③ (-)극에서 발생한 H_2 기체는 불에 잘 탈 수 있는 성질(가연성)이 있다.

④ 물은 H 원자 2개와 O 원자 1개로 구성되므로 물을 전기 분해하면 발생하는 H_2 기체와 O_2 기체의 몰비는 2 : 1이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같으므로 (+)극에서 생성된 O_2 기체와 (-)극에서 생성된 H_2 기체의 부피비는 1 : 2이다.

⑤ 물을 전기 분해하면 H_2 기체와 O_2 기체가 생성되므로 물은 H 원자와 O 원자로 이루어진 화합물임을 알 수 있다.

306 물을 전기 분해하면 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

(-)극: $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$

(+)극: $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

∴ (+)극에서 생성된 H^+ 에 의해 용액의 액성은 산성이다. BTB 용액은 산성에서 노란색, 중성에서 초록색, 염기성에서 파란색을 나타내므로 용액의 색은 노란색으로 변한다.

∴ ㉔과 ㉕은 각각 H_2 , O_2 이다.

바로알기 | ∴ 생성된 기체의 부피 비는 ㉔이 다른 극의 2배이므로 ㉔은 (-)극이다.

307 순수한 물에는 이온과 같은 전하를 띠는 입자가 없기 때문에 전류가 흐를 수 없다. 물을 전기 분해하기 위해서는 물에 전류가 흐려야 하므로 전류가 흐를 수 있도록 전해질인 황산 나트륨을 넣어 준다.

모범 답안 순수한 물은 전기가 통하지 않으므로 전해질인 황산 나트륨을 넣어 전류가 흐르도록 하기 위해서이다.

308 ∴ 물을 전기 분해할 때 넣어주는 이온 결합 물질은 물보다 전기 분해가 잘 되지 않아야 한다. 물보다 전기 분해가 잘 되지 않는 이온 결합 물질에는 알칼리 금속의 양이온과 다원자 음이온으로 이루어진 이온 결합 물질이 포함된다. 따라서 황산 나트륨 대신 수산화 나트륨을 사용해도 같은 실험 결과를 얻을 수 있다.

바로알기 | ∴ 생성된 기체의 양(mol)은 B에서 A에서의 2배이므로 A에 모인 기체는 O_2 이고, B에 모인 기체는 H_2 이다.

∴ 물을 전기 분해하면 (+)극에서 O_2 기체가 생성되고, (-)극에서 H_2 기체가 생성되므로 B는 전원 장치의 (-)극에 연결되어 있다.

309 물을 전기 분해하면 (-)극에서 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서 O_2 기체가 발생하며, 발생하는 기체의 몰비는 $\text{H}_2 : \text{O}_2 = 2 : 1$ 이다. B극에서 발생하는 기체의 양(mol)이 A극에서 발생하는 기체의 양(mol)보다 2배 많으므로 A극은 (+)극, B극은 (-)극이다.

∴ B극에서 발생한 H_2 기체에 성냥불을 가까이 하면 ‘펑’ 소리를 내며 탄다. 이처럼 H_2 기체는 불에 잘 탈 수 있는 성질(가연성)이 있다.

∴ 물에 녹아 이온을 만들어 전류가 흐르도록 하는 물질을 전해질이라고 한다. 황산 나트륨은 물에 녹아 이온을 만들어 물에 전류가 흐를 수 있도록 하므로 전해질이다.

바로알기 | ∴ (+)극에서 일어나는 반응은 $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 이므로 A극에서는 전자를 잃는 반응이 일어난다.

310 (1) 염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

(-)극: $2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Na}$

(+)극: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

(-)극과 (+)극에서 일어나는 화학 반응식을 더해 주면 전체 화학 반응식이 된다.

모범 답안 (1) $2\text{NaCl} \longrightarrow 2\text{Na} + \text{Cl}_2$

(2) (+)극에서는 Cl^- 이 전자를 잃는 반응이 일어나 Cl_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 Na^+ 이 전자를 얻는 반응이 일어나 Na 이 생성된다.

311 ① A가 전자 1개를 잃으면 A^+ 이 생성되므로 A는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 인 Na이다. B가 전자를 1개 얻으면 B^- 이 생성되므로 B는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 인 Cl이다. A(Na)는 금속 원소이다.

② A(Na)와 B(Cl)는 모두 3주기 원소이다.

③ AB(NaCl) 용융액에는 Na^+ 과 Cl^- 이 있으므로 전원을 연결하면 전류가 흐른다.

④ AB(NaCl) 용융액을 전기 분해하면 (-)극에서 A(Na)가 생성되고, (+)극에서 $\text{B}_2(\text{Cl}_2)$ 기체가 발생한다.

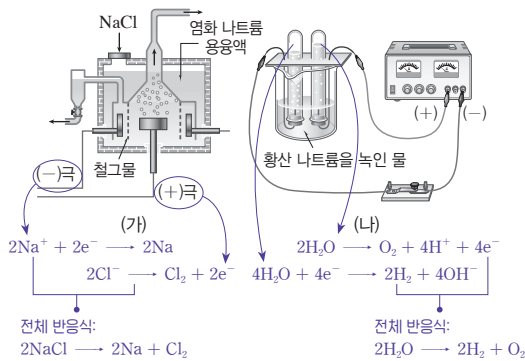
바로알기 | ⑤ AB(NaCl) 용융액을 전기 분해하면 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

(-)극: $2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Na}$

(+)극: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

AB(NaCl) 용융액을 전기 분해할 때 생성되는 물질의 양(mol)은 A(Na)가 $\text{B}_2(\text{Cl}_2)$ 의 2배이다. 따라서 생성되는 물질의 몰비는 (+)극 : (-)극 = $\text{B}_2(\text{Cl}_2) : \text{A(Na)} = 1 : 2$ 이다.

312



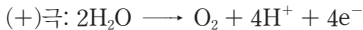
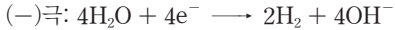
ㄱ. (가)의 (-)극에서는 Na, (+)극에서는 Cl_2 기체가 생성된다.

ㄴ. 염화 나트륨은 이온 결합 물질이고, 물은 공유 결합 물질이다. 염화 나트륨과 물은 모두 전류를 흐르게 하였을 때 화학 결합이 끊어져 성분 원소로 분해되므로 화학 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

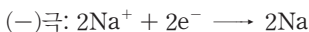
바로알기 ㄴ. (나)의 (-)극에서 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서 O_2 기체가 발생한다. H_2 기체는 불에 잘 타는 가연성 기체이고, O_2 기체는 불에 잘 탈 수 있도록 도와주는 조연성 기체이다. 따라서 (나)의 (+)극에서 조연성 기체가 발생한다.

313 ㄱ. 전기 분해하면 (-)극에서 전자를 얻는 반응이 일어나고, (+)극에서 전자를 잃는 반응이 일어난다. 산화 반응은 전자를 잃는 반응이고, 환원 반응은 전자를 얻는 반응이므로 (+)극에서는 산화 반응이 일어난다.

바로알기 ㄴ. 물을 전기 분해하면 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 각 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



물 x mol을 전기 분해하면 (+)극에서 발생한 O_2 기체의 양(mol)은 $\frac{1}{2}x$ mol이고, 염화 나트륨 용융액 x mol을 전기 분해하면 (+)극에

서 발생한 Cl_2 기체의 양(mol)은 $\frac{1}{2}x$ mol이다. 따라서 (+)극에서 발생한 기체의 양(mol)은 물과 염화 나트륨 용융액이 같다.

ㄴ. 물을 전기 분해하면 (-)극에서 생성되는 물질은 H_2 기체이고, 염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 (-)극에서 생성되는 물질은 Na이다. 따라서 (-)극에서 기체가 발생하는 것은 물을 전기 분해할 때 1가지이다.

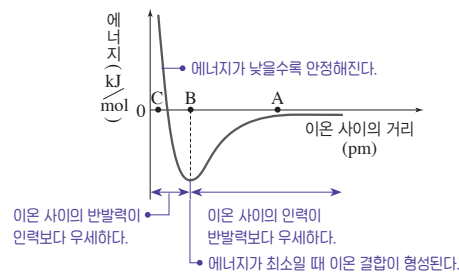
314 ㄴ. 원소는 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 가득 채워 비활성 기체와 같은 전자 배치를 만들면 안정해지므로 18족을 제외한 원자들은 화학 결합을 통해 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄴ. 비금속 원자는 전자를 얻어 옥텟 규칙을 만족하는 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.

ㄴ. 금속 원자는 원자가 전자를 잃어 옥텟 규칙을 만족하는 비활성 기체의 전자 배치와 같아지고, 양이온이 된다.

바로알기 ㄱ. 비활성 기체 중에서 He는 가장 바깥 전자 껍질에 2개의 전자가 채워져 있다. 따라서 모든 비활성 기체의 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 채워져 있는 것은 아니다.

315



ㄴ. B 지점에서 이온 사이의 거리에 따른 에너지가 최솟값을 가지므로 인력과 반발력이 균형을 이루어 이온 사이의 결합이 가장 안정해지고, 이온 결합이 형성된다.

ㄴ. 이온 사이의 거리가 너무 가까워지면 전자 사이의 반발력과 원자핵 사이의 반발력이 증가하므로 이온 사이의 반발력이 커진다. 따라서 이온 사이의 반발력은 C 지점이 B 지점보다 크다.

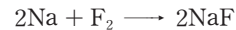
바로알기 ㄱ. A 지점에서 B 지점으로 갈수록 이온 사이의 정전기적 인력이 커져 에너지가 낮아지므로 안정해진다.

316 ㄱ. 이온 결합 물질을 구성하는 양이온의 총 전하량의 합과 음이온의 총 전하량의 합이 0이므로 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이다.

ㄴ. 양이온은 (+)전하를 띠고, 음이온은 (-)전하를 띠므로 양이온과 음이온 사이에는 서로 잡아당기는 정전기적 인력이 작용한다.

바로알기 ㄴ. XY_2 가 전기적으로 중성이므로 X^{2+} 1개와 Y^- 2개의 전하량의 합은 0이다. 따라서 XY_2 를 구성하는 X^{2+} 과 Y^- 는 1:2의 개수비로 결합한다.

317 제시된 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄴ. ㉠은 금속 원소인 Na과 비금속 원소인 F으로 이루어진 화합물이므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ. ㉠을 구성하는 양이온은 Na^+ 이고, 음이온은 F^- 이다. Na은 원자 번호가 11이므로 전자 수가 11이다. Na^+ 은 Na이 전자 1개를 잃어 생성되므로 Na^+ 의 전자 수는 10이다. F은 원자 번호가 9이므로 전자 수가 9이다. F^- 은 F이 전자 1개를 얻어 생성되므로 F^- 의 전자 수는 10이다. Na^+ 과 F^- 의 전자 수는 모두 10이므로 옥텟 규칙을 만족하는 Ne의 전자 배치와 같다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 이온 결합 물질이다.

318 이온 결합 물질은 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 물질이고, 공유 결합 물질은 비금속 원소로 이루어진 물질이다. 제시된 물질을 구성하는 원소 중 Cl, H, C, O, F은 비금속 원소이고, Ca은 금속 원소이다. 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 CaCO_3 은 이온 결합 물질이고, 비금속 원소로 이루어진 Cl_2 , HCl , CO_2 , H_2O , OF_2 는 공유 결합 물질이다. 따라서 이온 결합 물질은 CaCO_3 1가지이다.

319 A는 전자 수가 8이므로 원자 번호가 8인 O이고, B는 전자 수가 13이므로 원자 번호가 13인 Al이다. A(O)는 비금속 원소이고, B(Al)는 금속 원소이므로 A(O)와 B(Al)가 반응하여 생성되는 화합물은 이온 결합을 한다. 이온 결합을 형성할 때 A(O)는 전자를 2개 얻어 $\text{A}^{2-}(\text{O}^{2-})$ 이 되고, B(Al)는 전자를 3개 잃어 $\text{B}^{3+}(\text{Al}^{3+})$ 이 되며 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 A와 B로 이루어진 화합물의 화학식은 $\text{B}_2\text{A}_3(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 이다.

320 ⑤ 이온 결합 물질의 이름은 ‘음이온의 이름+양이온의 이름’이다. Na^+ 는 나트륨 이온, F^- 는 플루오린화 이온이므로 NaF 은 플루오린화 나트륨이다.

바로알기 | ① K^+ 은 칼륨 이온, Cl^- 은 염화 이온이므로 KCl 은 염화 칼륨이다.

② K^+ 은 칼륨 이온, NO_3^- 은 질산 이온이므로 KNO_3 은 질산 칼륨이다.

③ Na^+ 은 나트륨 이온, O^{2-} 은 산화 이온이므로 Na_2O 은 산화 나트륨이다.

④ Mg^{2+} 은 마그네슘 이온, SO_4^{2-} 은 황산 이온이므로 MgSO_4 은 황산 마그네슘이다.

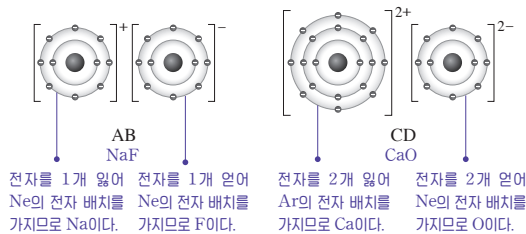
321 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 거리가 비슷한 경우에는 이온의 전하량이 클수록 높고, 이온의 전하량이 같을 경우에는 이온 사이의 거리가 짧을수록 높다. 이온의 전하량은 MgO , CaO 이 크고, 이온 반지름은 $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$ 이므로 이온 사이의 거리는 $\text{MgO} < \text{CaO}$ 이다. 따라서 녹는점이 가장 높을 것으로 예상되는 물질은 MgO 이다.

322 ㄱ. 결합을 형성할 때 Na 은 전자를 잃어 Na^+ 이 되고, Cl 는 전자를 얻어 Cl^- 이 되므로 Na 에서 Cl 로 전자가 이동한다.

ㄴ. Na 이 전자를 잃고 Na^+ 이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 줄어든다. 따라서 반지름은 $\text{Na} > \text{Na}^+$ 이다.

바로알기 | ㄷ. NaCl 은 Na^+ 과 Cl^- 으로 이루어져 있고, 전기적으로 중성이므로 NaCl 결정은 Na^+ 과 Cl^- 이 1 : 1의 개수비로 연속적으로 결합하여 이루어져 있다.

323



A~D는 각각 Na, F, Ca, O이다.

ㄱ. $\text{A}_2\text{D}(\text{Na}_2\text{O})$ 는 금속 원소인 Na과 비금속 원소인 O로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다.

ㄷ. $\text{CB}_2(\text{CaF}_2)$ 는 금속 원소인 Ca과 비금속 원소인 F으로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

바로알기 | ㄴ. 원자 번호는 B(F)가 9, D(O)가 8이다. 따라서 원자 번호는 $\text{B(F)} > \text{D(O)}$ 이다.

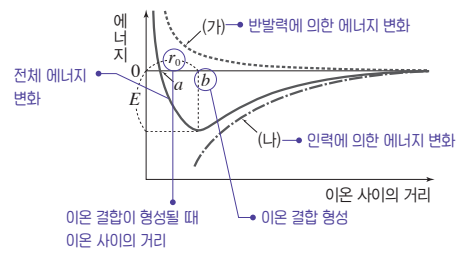
324 A~E는 각각 H, O, F, Na, Mg이다.

ㄴ. $\text{DC}(\text{NaF})$ 는 금속 원소인 Na과 비금속 원소인 F으로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 단단하지만, 외부에서 힘이나 충격을 가하면 이온 층이 밀리면서 두 층의 경계면에서 같은 전하를 띤 이온이 만나 반발력이 작용하므로 부서지기 쉽다.

바로알기 | ㄱ. A(H)와 C(F)는 비금속 원소이므로 공유 결합을 형성한다.

ㄷ. $\text{EB}(\text{MgO})$ 는 금속 원소인 Mg과 비금속 원소인 O로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

325



① (가)는 반발력에 의한 에너지 변화를 나타내고, (나)는 인력에 의한 에너지 변화를 나타낸다.

③ b 지점에서 전체 에너지가 최솟값이므로 이온 결합이 형성된다. 따라서 b 지점에서 NaCl 이 생성된다.

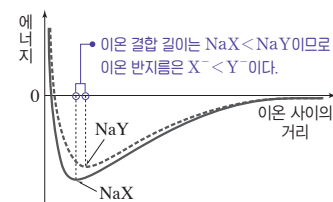
④ b 지점에서 NaCl 이 생성될 때 전체 에너지는 E만큼 감소하므로 NaCl 이 생성될 때 E의 에너지를 방출한다.

⑥ 이온 반지름은 $\text{Cl}^- < \text{Br}^-$ 이므로 이온 사이의 거리는 $\text{NaCl} < \text{NaBr}$ 이다. 따라서 NaBr 의 결합 길이는 r_0 보다 크다.

바로알기 | ② 두 이온 사이의 거리가 r_0 일 때 인력과 반발력이 균형을 이루어 이온 결합이 형성된다. 두 이온 사이의 거리가 너무 가까운 a 지점에서는 반발력이 크게 작용한다.

⑤ NaCl 에서 이온 사이의 거리가 r_0 이므로 Na^+ 의 반지름과 Cl^- 의 반지름의 합이 r_0 이다. 반지름은 $\text{Na}^+ < \text{Cl}^-$ 이므로 Na^+ 의 반지름은 $\frac{r_0}{2}$ 보다 작다.

326



ㄴ. 이온 결합이 형성될 때 이온 사이의 거리는 $\text{NaX} < \text{NaY}$ 이다. NaX 에서 이온 사이의 거리는 Na^+ 반지름과 X^- 반지름의 합이고, NaY 에서 이온 사이의 거리는 Na^+ 반지름과 Y^- 반지름의 합이다. 따라서 이온 반지름은 $\text{X}^- < \text{Y}^-$ 이다.

ㄷ. 이온 결합이 형성될 때 더 많은 에너지를 방출할수록 안정해지므로 이온 결합력은 $\text{NaX} > \text{NaY}$ 이고, 녹는점은 $\text{NaX} > \text{NaY}$ 이다.

바로알기 | ㄱ. X와 Y는 2, 3주기 임의의 할로젠이고, 이온 반지름은 $\text{X}^- < \text{Y}^-$ 이므로 X는 2주기 17족 원소이고, Y는 3주기 17족 원소이다. 따라서 원자 번호는 $\text{X} < \text{Y}$ 이다.

327 ㄱ. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 온도를 높여 액체가 되었을 때 전기 전도도가 크게 상승한다. 실험 결과 t °C일 때 전기 전도도가 크게 증가하므로 t °C는 녹는점이다.

ㄴ. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 힘을 가하면 쉽게 부서진다. NaCl 은 t °C보다 낮은 온도에서 고체 상태이므로 힘을 가하면 쉽게 쪼개지거나 부서진다.

바로알기 | ㄷ. NaCl 의 녹는점은 801 °C이다. 이온 반지름은 $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$, $\text{Cl}^- > \text{O}^{2-}$ 이므로 이온 사이의 거리는 $\text{NaCl} > \text{MgO}$ 이고, 이온의 전하량은 $\text{NaCl} < \text{MgO}$ 이므로 녹는점은 $\text{NaCl} < \text{MgO}$ 이다. 따라서 MgO 의 녹는점은 801 °C보다 높다.

328 ㄴ. 이온의 전하량은 CaO 과 MgO 이 같다. 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높으므로 ㉠ < 240이다.

ㄷ. NaF을 구성하는 이온은 Na^+ 과 F^- 이고, CaO을 구성하는 이온은 Ca^{2+} 과 O^{2-} 이다. 이온 사이 거리가 비슷하고, 이온의 전하량은 $\text{NaF} < \text{CaO}$ 이므로 두 물질의 녹는점을 비교하면 이온의 전하량이 녹는점에 미치는 영향을 알 수 있다.

바로알기 I ㄱ. 이온의 전하량은 KI과 NaF이 같다. 이온 사이의 거리는 $\text{KI} > \text{NaF}$ 이므로 이온 결합력은 $\text{KI} < \text{NaF}$ 이고, 녹는점은 $\text{KI} < \text{NaF}$ 이다. 따라서 ㉠ < 996이다.

329 ㄱ. 할로젠의 원자 번호는 $\text{F} < \text{Cl} < \text{Br} < \text{I}$ 이므로 이온 반지름은 $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$ 이다. 따라서 이온 사이의 거리는 $\text{NaCl} < \text{NaI}$ 이고, ㉠ < ㉡이다.

ㄴ. 이온 결합 물질의 녹는점이 높을수록 이온 결합력이 크고, 이온 사이의 정전기적 인력이 크다. 녹는점은 $\text{NaCl} > \text{NaBr}$ 이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 $\text{NaCl} > \text{NaBr}$ 이다.

바로알기 I ㄷ. 이온의 전하량이 같을 경우 이온 사이의 거리가 멀수록 녹는점이 낮다. NaF과 KF은 이온의 전하량이 같고, 이온 반지름이 $\text{Na}^+ < \text{K}^+$ 이므로 이온 사이의 거리는 $\text{NaF} < \text{KF}$ 이다. 따라서 녹는점은 $\text{NaF} > \text{KF}$ 이다.

330 Na과 할로젠으로 구성된 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리는 $\text{NaF} < \text{NaCl} < \text{NaBr} < \text{NaI}$ 이고, 녹는점은 $\text{NaF} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{NaI}$ 이다.

모범 답안 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높다.

331 ㄱ. A는 양성자수가 전자 수보다 2 크므로 A의 전하는 +2, B는 양성자수가 전자 수보다 1 크므로 B의 전하는 +1, C는 전자 수가 양성자수보다 1 크므로 C의 전하는 -1, D는 전자 수가 양성자수보다 2 크므로 D의 전하는 -2이다. 이온의 전하량은 AD가 BC보다 크므로 녹는점은 $\text{AD} > \text{BC}$ 이다.

바로알기 I ㄴ. 이온 사이의 결합력이 클수록 녹는점이 높다. 녹는점은 $\text{AD} > \text{BC}$ 이므로 이온 사이의 결합력은 $\text{AD} > \text{BC}$ 이다.

ㄷ. AD와 BC는 모두 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

332 각 실험에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



X와 Y는 각각 NaCl, NaOH이다.

ㄱ. NaCl은 Na^+ 과 Cl^- 의 결합으로 이루어지고, NaOH은 Na^+ 과 OH^- 의 결합으로 이루어지므로 X와 Y는 모두 이온 결합 물질이다.

ㄴ. X를 구성하는 입자는 Na^+ 과 Cl^- 이다. Na^+ 의 전자 배치는 Ne과 같고, Cl^- 의 전자 배치는 Ar과 같으므로 Na^+ 과 Cl^- 은 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 I ㄷ. Y를 구성하는 원소는 Na, O, H 3가지이다.

14 공유 결합과 금속 결합

빈출 자료 보기

95 쪽

333 (1) ○ (2) × (3) ×

334 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

333 A는 C(탄소), B는 O(산소), C는 H(수소), D는 N(질소)이다.

바로알기 I (2) $\text{B}_2(\text{O}_2)$ 는 원자 사이에 2중 결합이 있으므로 공유 전자쌍 수가 2이고, $\text{D}_2(\text{N}_2)$ 는 원자 사이에 3중 결합이 있으므로 공유 전자쌍 수가 3이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 $\text{B}_2(\text{O}_2) < \text{D}_2(\text{N}_2)$ 이다.

(3) 비공유 전자쌍 수는 $\text{AB}_2(\text{CO}_2)$ 가 4, $\text{CAD}(\text{HCN})$ 가 1이다.

334 **바로알기 I** (2) 금속 양이온은 이동할 수 없으므로 X에 전원을 연결하여도 ㉠은 (-)극 쪽으로 이동하지 않는다.

(4) 금속에 힘을 가하면 모양이 변하지만, 금속 결합이 유지되도록 자유 전자가 금속 양이온 사이를 이동하므로 금속은 쉽게 부스러지지 않고 퍼지거나 길어지는 성질을 나타낸다.

난이도별 필수 기출

96~99 쪽

335 ③	336 ④	337 ③	338 ⑤	339 ⑤	340 ③
341 ④	342 ③	343 ②	344 ②	345 ②	346 ④
347 ①	348 ②, ③		349 ②	350 ②	351 ③

335 ㄱ. 금속 원소는 금속 결합을 하고, 금속 원소와 비금속 원소는 이온 결합을 하며, 비금속 원소와 비금속 원소는 공유 결합을 한다. 따라서 비금속 원소 사이에 형성되는 결합은 공유 결합이다.

ㄷ. 두 원자 사이에 공유 전자쌍이 1개 있으면 단일 결합이고, 공유 전자쌍이 2개 있으면 2중 결합이며, 공유 전자쌍이 3개 있으면 3중 결합이다.

바로알기 I ㄴ. 공유 결합은 두 원자가 전자를 공유하면서 이루어지는 결합이다. 한 원자에서 다른 원자로 전자가 이동하면서 이루어지는 결합은 이온 결합이다.

336 ④ 공유 결합은 구성 원자가 모두 공유 결합으로 연결되어 있으므로 녹는점이 매우 높다. 분자 결정은 구성 입자가 분자로 이루어져 있고, 분자 사이에는 화학 결합이 존재하지 않으므로 녹는점이 낮다. 따라서 녹는점은 공유 결정이 분자 결정보다 높다.

바로알기 I ① 공유 결합 물질은 대부분 물에 잘 녹지 않는다. 예외적으로 HCl과 NH_3 등은 물에 잘 녹는다.

② 공유 결합 물질 중 공유 결정은 구성 입자가 분자를 이루지 않고, 구성 원자가 모두 그물처럼 결합하고 있는 구조이다.

③ 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 금속, 이온 결합 물질이다. 공유 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

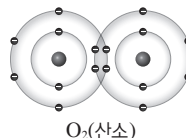
⑤ 분자 결정에서 분자 사이의 인력은 실제 화학 결합이 아니므로 공유 결정에서 원자 사이의 공유 결합력보다 약하다.

개념 보충

공유 결합 물질

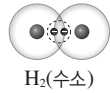
구분	공유 결정	분자 결정
특징	다이아몬드, 흑연, 석영 등과 같이 구성 원자가 모두 공유 결합으로 연결되어 있다.	물, 이산화 탄소 등과 같이 원자가 공유 결합하여 만들어진 분자로 이루어진다.
녹는점	매우 높다.	낮다.

337 ③ O_2 의 공유 전자쌍 수는 2, 비공유 전자쌍 수는 4이다.

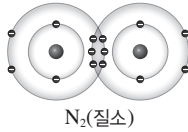


O_2 (산소)

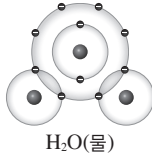
바로알기 | ① H_2 의 공유 전자쌍 수는 1, 비공유 전자쌍 수는 0이다.



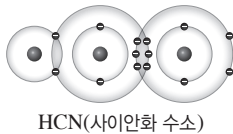
② N_2 의 공유 전자쌍 수는 3, 비공유 전자쌍 수는 2이다.



④ H_2O 의 공유 전자쌍 수는 2, 비공유 전자쌍 수는 2이다.



⑤ HCN 의 공유 전자쌍 수는 4, 비공유 전자쌍 수는 1이다.



개념 보충

분자를 구성하는 원자의 공유 전자쌍 수

원자	H	B	C	N	O	F
공유 전자쌍 수	1	3	4	3	2	1

분자를 구성하는 원자의 비공유 전자쌍 수

원자	H	B	C	N	O	F
비공유 전자쌍 수	0	0	0	1	2	3

338 ① 1개의 O 원자가 2개의 H 원자와 각각 전자를 1개씩 공유하여 공유 결합을 형성한다.

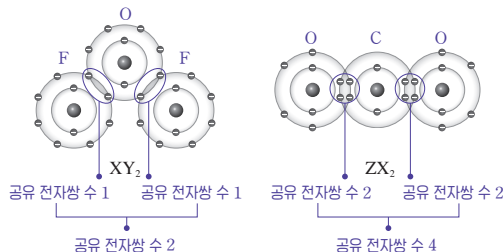
② H_2O 분자 1개를 구성하는 H 원자는 2개, O 원자는 1개이다.

③ H_2O 에서 O 원자는 H 원자로부터 전자 2개를 공유받아 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개이므로 같은 주기 비활성 기체인 Ne과 같은 전자 배치를 이룬다.

④ H_2O 에서 H 원자는 O 원자로부터 1개의 전자를 공유받아 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 2개이므로 같은 주기 비활성 기체인 He과 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 | ⑤ H_2O 분자에서 H 원자와 O 원자 사이에 공유 전자쌍 수는 1이므로 H 원자와 O 원자는 단일 결합을 형성한다.

339

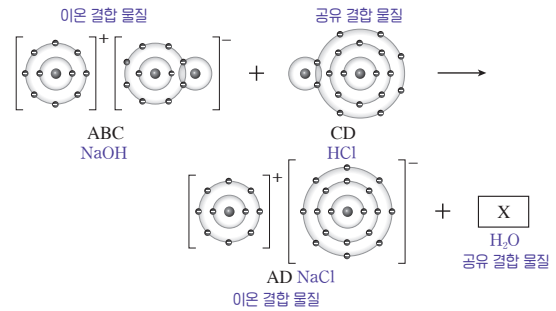


ㄱ. XY_2 는 OF_2 이므로 X와 Y는 각각 O, F이다. ZX_2 는 CO_2 이므로 Z는 C이다. X~Z는 모두 2주기 원소이다.

ㄴ. $XY_2(O_2)$ 는 X(O) 원자와 Y(F) 원자가 전자를 공유하고, $ZX_2(CO_2)$ 는 Z(C) 원자와 X(O) 원자가 전자를 공유하므로 XY_2 와 ZX_2 는 모두 공유 결합 물질이다.

ㄷ. $XY_2(O_2)$ 는 공유 전자쌍 수가 2이고, $ZX_2(CO_2)$ 는 공유 전자쌍 수가 4이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 ZX_2 가 XY_2 의 2배이다.

340



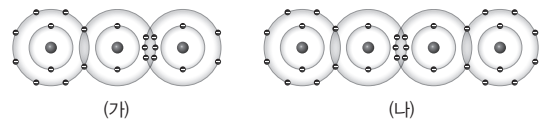
ㄱ. A~D는 각각 Na, O, H, Cl이므로 제시된 화학 반응식을 완성하면 $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ 이다. 따라서 X는 H_2O 이다.

H_2O 을 구성하는 원소는 모두 비금속 원소이므로 X는 공유 결합 물질이다.

ㄴ. H_2O 의 중심 원자는 O 원자이고, O 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 | ㄷ. H_2O 은 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 2이므로 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = 1$ 이다.

341 (가)와 (나)의 분자식은 각각 FCN , C_2F_2 이고, 결합 모형은 다음과 같다.

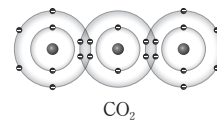


ㄴ. (가)와 (나)에는 모두 3중 결합이 있다.

ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (나)가 5이므로 (가) < (나)이다.

바로알기 | ㄱ. (가)의 중심 원자는 C이다.

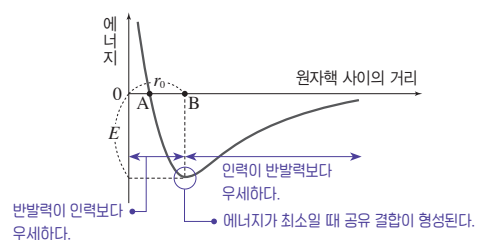
342 ㄱ. A~D는 각각 C, N, O, F이다. A(C)와 C(O)로 이루어진 화합물인 $AC_2(CO_2)$ 에서 A(C)와 C(O)는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.



ㄴ. $B_2(N_2)$ 는 공유 전자쌍 수가 3, $D_2(F_2)$ 는 공유 전자쌍 수가 1이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 $B_2(N_2)$ 가 $D_2(F_2)$ 보다 크다.

바로알기 | ㄷ. A(C)와 D(F)로 이루어진 화합물에서 공유 전자쌍은 A(C)와 D(F) 원자 사이, A(C) 원자와 A(C) 원자 사이에 존재하고, 비공유 전자쌍은 D(F) 원자에 3개씩 존재한다. 따라서 $A_2D_4(C_2F_4)$ 에서 공유 전자쌍 수는 6, 비공유 전자쌍 수는 12이므로 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

343

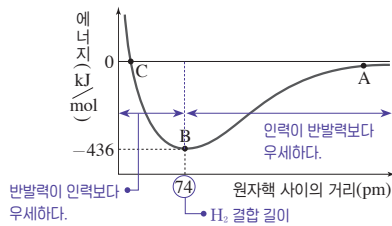


ㄷ. 원자핵 사이의 거리가 r_0 보다 짧을 때 두 원자핵 사이에서 두 원자의 전자 사이에서 반발력이 크게 작용하므로 반발력이 인력보다 크게 작용한다.

바로알기 | ㄱ. 원자핵 사이의 거리가 r_0 일 때 에너지가 최소이므로 B 지점에서 공유 결합이 형성된다.

ㄴ. 원자핵 사이의 거리가 r_0 일 때 에너지가 가장 낮다.

344

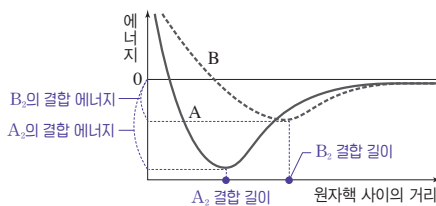


ㄱ. 에너지가 최소인 지점에서 H_2 의 공유 결합이 형성되므로 B 지점에서 공유 결합이 형성된다. 두 원자가 공유 결합을 이룰 때 원자핵 사이의 거리는 결합 길이에 해당한다. 따라서 H_2 의 결합 길이는 74 pm이다.

ㄴ. 공유 결합이 형성되는 B 지점에서 에너지의 크기는 H_2 의 결합 에너지이다. B 지점에서 에너지의 크기는 $|-436 \text{ kJ/mol}| = 436 \text{ kJ/mol}$ 이므로 H_2 의 결합 에너지는 436 kJ/mol이다.

바로알기 | ㄷ. 공유 결합이 형성되는 위치보다 원자핵 사이의 거리가 가까우면 반발력이 인력보다 우세하고, 원자핵 사이의 거리가 멀면 인력이 반발력보다 우세하다. A~C 중 반발력이 인력보다 우세한 것은 C이다.

345



ㄴ. 에너지가 최소인 지점에서 공유 결합이 형성되므로 결합 에너지는 $A_2 > B_2$ 이다.

ㄷ. 결합 에너지가 클수록 공유 결합을 끊는 데 많은 에너지가 필요하고, 공유 결합력과 공유 결합 세기가 크다. 따라서 공유 결합 세기는 $A_2 > B_2$ 이다.

바로알기 | ㄱ. 에너지가 최소인 지점에서 원자핵 사이의 거리가 결합 길이에 해당하므로 결합 길이는 $A_2 < B_2$ 이다.

ㄴ. 같은 원자 2개가 단일 결합한 경우 결합 길이의 $\frac{1}{2}$ 은 원자 반지름에 해당한다. 따라서 구성 원자의 반지름은 $A_2 < B_2$ 이다.

346 ㄴ. X~Z는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소이다. 같은 족 원소의 2원자 분자에서 공유 결합의 세기가 강할수록 서로 강하게 끌어당기므로 공유 결합 길이가 짧아진다. 따라서 (가)~(다) 중 공유 결합의 세기는 공유 결합 길이가 가장 짧은 (가)가 가장 강하다.

ㄷ. 원자 반지름은 $X < Y < Z$ 이다. 원자 반지름이 클수록 공유 결합 길이가 길므로 결합 길이는 $HX < HZ$ 이다. 따라서 HZ의 결합 길이는 128 pm보다 길다.

바로알기 | ㄱ. 같은 족 원소는 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 크고, 공유 결합 길이가 길다. 따라서 원자 번호는 $X < Y < Z$ 이다.

347 (가)는 C(흑연), (나)는 C(다이아몬드)이다.

ㄱ. (가)와 (나)의 구성 원소는 C이므로 (가)와 (나)의 완전 연소 생성물은 CO_2 이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 고체 상태에서 전기 전도성이 있지만, (나)는 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

ㄷ. (가)는 C 원자 1개와 결합하는 C 원자 수가 3이고, (나)는 C 원자 1개와 결합하는 C 원자 수가 4이다.

348 (가)는 C(다이아몬드), (나)는 C(흑연), (다)는 CO_2 이다.

① (가)~(다)를 구성하는 원소는 모두 비금속 원소이므로 (가)~(다)는 모두 공유 결합 물질이다.

④ (가)와 (나)를 구성하는 원자는 C 원자뿐이므로 (가)와 (나) 모두 1 g에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{C \text{ 원자량}} \times N_A$ 이다.

⑤ (가)와 (나)는 공유 결정이고, (다)는 분자 결정이다. 공유 결정은 녹는점이 매우 높지만, 분자 결정은 녹는점이 낮다. 따라서 녹는점은 (가) > (다)이다.

⑥ (다)는 고체에서 기체로 상태가 변하므로 승화성 물질이다.

바로알기 | ② (가)와 (나)는 구성 입자가 원자이고, (다)는 구성 입자가 분자이다. 따라서 (가)~(다) 중 구성 입자가 분자인 물질은 (다) 1가지이다.

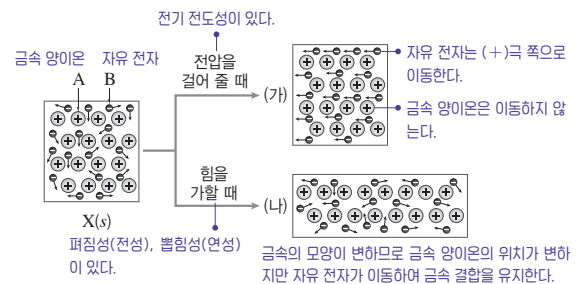
③ (가)~(다) 중 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 (나) 1가지이다.

349 ㄷ. 금속에 열을 가하면 자유 전자가 열을 전달하므로 열전도성이 크다. A는 금속이므로 열전도성이 크다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 금속 양이온, ㉡은 자유 전자이다.

ㄴ. A에 전압을 걸어 주면 자유 전자인 ㉡이 (+)극 쪽으로 이동하면서 전류가 흐른다.

350



① X(s)는 금속 양이온인 A와 자유 전자인 B로 이루어져 있으므로 금속 결합 물질이다. 따라서 X(s)는 광택을 띤다.

③ X(s)에 전압을 걸어 주면 자유 전자가 이동하여 전류가 흐른다. X(s)의 전기 전도성은 (가)로 설명할 수 있다.

④ X(s)에 힘을 가하면 자유 전자가 이동하여 금속 결합을 유지시키므로 부스러지거나 찌개지지 않고 펴진다. 이러한 성질을 전성(퍼짐성)이라고 한다.

⑤ 자유 전자에 의해 금속의 전기 전도성과 퍼짐성이 나타나므로 대부분의 금속의 특성은 자유 전자에 의해 나타난다.

바로알기 | ② A는 금속 양이온이고, B는 자유 전자이다.

351 ㉠은 금속 양이온, ㉡은 자유 전자이다.

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

ㄴ. 금속을 가열하면 열에너지를 자유 전자인 ㉡이 전달하므로 금속은 쉽게 뜨거워진다.

바로알기 | ㄷ. 금속 A는 양이온이 +1의 전하이므로, 금속 B는 양이온이 +2의 전하이므로 녹는점은 금속 B가 금속 A보다 높다.

개념 보충

금속의 녹는점

금속의 녹는점은 금속 결합의 세기가 강할수록 높아진다. 금속 결합의 세기는 금속 양이온의 전하가 클수록, 금속 양이온의 반지름이 작을수록 강하다.

15 화학 결합과 물질의 성질

빈출 자료 보기

100쪽

352 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

353 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

352 **바로알기** | (2) (나)는 다이아몬드로 공유 결정이다.

353 **바로알기** | (3) Na과 Fe은 금속 결합을 하고, 녹는점과 끓는점이 높을수록 화학 결합의 세기가 강하므로 화학 결합의 세기는 $Na < Fe$ 이다.

난이도별 필수 기출

101~103쪽

354 ① 355 ③ 356 ③ 357 ③ 358 ② 359 ⑤

360 ② 361 ② 362 ② 363 ③ 364 ③, ⑦

365 ①

354 (가)는 이온 결정, (나)는 금속 결정이다.

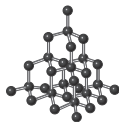
ㄱ. (가)와 (나)는 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 외부에서 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띠는 이온들이 만나게 되어 반발력 때문에 쉽게 부서진다. (나)는 퍼짐성(전성)과 뒹힘성(연성)이 크므로 외부에서 힘을 가해도 쉽게 부서지지 않는다.

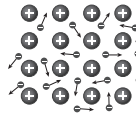
ㄷ. (가)는 양이온과 음이온 사이에서 정전기적 인력이 작용하지만, (나)는 금속 양이온과 자유 전자 사이에서 정전기적 인력이 작용한다.

355

공유 결합 물질
공유 결정
구성 입자 - 원자



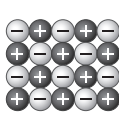
(가)



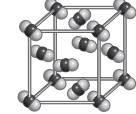
(나)

금속 결합 물질
금속 결정
구성 입자 - 금속 양이온과 자유 전자

이온 결합 물질
이온 결정
구성 입자 - 양이온과 음이온



(다)



(라)

공유 결합 물질
분자 결정
구성 입자 - 분자

ㄱ. (가)는 공유 결정이므로 녹는점이 매우 높다.

ㄴ. (가)와 (라)는 원자와 원자 사이에 공유 결합이 있는 공유 결합 물질이다. 공유 결합 물질에는 공유 결정과 분자 결정이 있다.

바로알기 | ㄷ. (나)는 금속 결합 물질이고, (다)는 이온 결합 물질이다. 금속 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 있지만, 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

356 (가)는 힘을 가해도 부서지지 않으므로 금속 결합 물질이고, (나)는 힘을 가하면 쉽게 쪼개지므로 이온 결합 물질이다.

ㄱ. 금속은 자유 전자가 빛을 흡수하여 모두 반사하므로 광택이 있다. 따라서 (가)는 광택이 있다.

ㄴ. NaCl은 금속 원소인 Na과 비금속 원소인 Cl의 화합물이므로 이온 결합 물질이다. 따라서 NaCl은 (나)에 해당한다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 금속 결합을 하고, (나)는 이온 결합을 하므로 (가)와 (나)는 화학 결합의 종류가 다르다.

357 (가)는 고체 상태에서 전기 전도성이 있고, 온도가 높을수록 전기 전도도가 감소하므로 금속 결합 물질이다. (나)는 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 온도를 높여 액체 상태가 되면 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.

ㄱ. (가)는 금속 양이온과 자유 전자 사이에 정전기적 인력이 작용하고, (나)는 금속 양이온과 비금속 음이온 사이에 정전기적 인력이 작용하므로 (가)와 (나)에는 모두 금속 양이온이 있다.

ㄴ. (가)에 열을 가하면 자유 전자가 열에너지를 전달해 온도가 높아지므로 (가)는 열전도성이 있다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 금속 결합 물질이므로 전성과 연성이 크고, (나)는 이온 결합 물질이므로 힘을 가하면 쉽게 부서진다. 전성과 연성은 (가)가 (나)보다 크다.

358 A~C는 각각 Na, F, O이다.

① (가)의 생성물은 NaF이고, NaF은 금속 원소와 비금속 원소의 화합물이므로 이온 결합 물질이다.

③ 상온에서 이온 결합 물질은 대부분 고체 상태로 존재하고, 분자를 이루는 공유 결합 물질은 대부분 기체 또는 액체 상태로 존재하므로 녹는점은 이온 결합 물질이 공유 결합 물질보다 높다. 따라서 녹는점은 (가) > (나)이다.

④ (가)와 (나)에서 생성된 화합물을 구성하는 이온과 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 수가 8이므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

⑤ 바닥상태에서 1, 2족, 13~17족 원소의 홀전자 수는 각각 1, 0, 1, 2, 3, 2, 1, 0이므로 1족 원소인 A(Na)와 17족 원소인 B(F)의 홀전자 수는 1로 같다.

⑥ A(Na)와 C(O)가 결합한 화합물의 화학식은 $A_2C(Na_2O)$ 이다.

바로알기 | ② (나)에서 공유 결합에 참여하는 C(O)의 원자가 전자는 6개 중 2개이다.

359 화합물 ABC는 NaOH이고, A~C는 각각 Na, O, H이다.

ㄱ. A(Na)와 C(H)는 1족 원소이다.

ㄴ. B(O)와 C(H) 사이에 공유 전자쌍 수가 1이므로 B(O)와 C(H) 사이에는 공유 결합이 형성된다.

ㄷ. ABC는 $A^+(Na^+)$ 과 $BC^-(OH^-)$ 으로 이루어진 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

360 A~C는 각각 Li, Na, F이다.

ㄴ. 화합물 BC(NaF)를 구성하는 이온은 Na^+ 과 F^- 이다. Na^+ 과 F^- 의 전자 배치는 모두 Ne과 같고, Na^+ 과 F^- 은 가장 바깥 전자 껍질에 전자 수가 8이므로 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 | ㄱ. A(Li)는 금속 원소이고, C(F)는 비금속 원소이므로 A(Li)와 C(F)는 이온 결합을 통해 안정한 화합물을 생성한다.

ㄷ. $C_2(F_2)$ 에는 공유 전자쌍 수가 1이므로 단일 결합이 존재한다.

361 A^{2-} 의 양성자수를 a 라고 하면 전자 수는 $a+2$ 이므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{전자수}} = \frac{a}{a+2} = 0.8$, $a=8$ 이다. B^- 의 양성자수를 b 라고 하면

전자 수는 $b+1$ 이므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{전자수}} = \frac{b}{b+1} = 0.9$, $b=9$ 이다. C^+ 의

양성자수를 c 라고 하면 전자 수는 $c-1$ 이므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{전자수}} = \frac{c}{c-1} =$

1.1, $c=11$ 이다. D^{2+} 의 양성자수를 d 라고 하면 전자 수는 $d-2$ 이므로

$\frac{\text{양성자수}}{\text{전자수}} = \frac{d}{d-2} = 1.2$, $d=12$ 이다. A~D는 각각 O, F, Na, Mg이다.

ㄱ. $A_2(O_2)$ 에서 공유 전자쌍 수는 2, 비공유 전자쌍 수는 4이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이다.

ㄴ. $B^-(F^-)$ 과 $D^{2+}(Mg^{2+})$ 은 전자 수가 모두 10이므로 바닥상태의 전자 배치는 Ne과 같다.

바로알기 | ㄷ. $AB_2(OF_2)$ 는 구성 원소가 모두 비금속 원소이므로 공유 결합 물질이고, $C_2A(Na_2O)$ 는 구성 원소가 금속 원소와 비금속 원소이므로 이온 결합 물질이다. 따라서 $AB_2(OF_2)$ 와 $C_2A(Na_2O)$ 의 화학 결합의 종류는 서로 다르다.

362 2주기 원자의 홀전자 수, s 오비탈과 p 오비탈에 들어 있는 전자 수와 관련된 자료는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	3	4	4	4	4	4	4	4
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	0	0	1	2	3	4	5	6
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	—	—	4	2	$\frac{4}{3}$	1	0.8	$\frac{2}{3}$
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	—	—	—	—	—	—	—	—

X는 O이고, Z는 F이다. 2주기 원소 중 홀전자 수와 원자가 전자 수가 같은 원소는 Li이므로 Y는 Li이다.

ㄴ. X(O)와 Y(Li)의 화합물은 이온 결합 물질이고, 구성 이온이 $X^{2-}(O^{2-})$ 과 $Y^+(Li^+)$ 이다. Y(Li)와 Z(F)의 화합물은 이온 결합 물질이고, 구성 이온이 $Y^+(Li^+)$ 과 $Z^-(F^-)$ 이다. 이온의 전하량 크기는 $X^{2-}(O^{2-})$ 이 $Z^-(F^-)$ 보다 크므로 녹는점은 X(O)와 Y(Li)의 화합물이 Y(Li)와 Z(F)의 화합물보다 높다.

바로알기 | ㄱ. X(O)와 Y(Li)의 화합물은 이온 결합 물질이므로 Y(Li)에서 X(O)로 전자가 이동하여 양이온과 음이온이 형성된 후, 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합을 형성한다. 전자쌍을 공유하면서 화합물을 생성하는 물질은 공유 결합 물질이다.

ㄷ. X(O)와 Z(F)의 화합물은 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

363 ㄱ. 4가지 물질 중 2가지 물질이 (가)에 의해 분류되고, I_2 이 (가)의 분류 기준에 해당하는 물질이므로 (가)에는 ‘공유 결합 물질인가?’가 적절하다.

ㄴ. A는 SiO_2 , B는 Fe이다. A(SiO_2)는 흑연, 다이아몬드와 같은 공유 결정이므로 원자 간 공유 결합으로 이루어져 있다.

바로알기 | ㄷ. 고체 상태에서 전기가 통하는 B(Fe)는 금속 결합 물질이므로 전성과 연성이 크다. 외부에서 힘을 가하면 이온 결합 물질인 KCl이 B(Fe)보다 쉽게 쪼개진다.

364 공유 결합 물질 중 상온(25 °C)에서 기체 또는 액체로 존재하는 물질은 분자 결정이다.

물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)	전기 전도성	
			고체	액체
A	802	1413	없음	있음 이온 결합
B	-114	78.8	없음	없음 공유 결합
C	97.8	882	있음	있음 금속 결합
D	1670	2250	없음	없음 공유 결합

공유 결합 물질 중 공유 결합은 다른 물질에 비해 녹는점과 끓는점이 매우 높다.

① 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 A는 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질의 수용액은 전기 전도성이 있다.

② A는 이온 결합 물질이므로 구성 원소가 금속 원소와 비금속 원소이다.

④ 상온(25 °C)은 B의 녹는점보다 높고 끓는점보다 낮으므로 B는 상온에서 액체 상태로 존재한다.

⑤ B와 D는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없으므로 모두 공유 결합 물질이다.

⑥ C는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질이고, 자유 전자가 존재한다.

⑧ 녹는점과 끓는점은 D가 가장 높으므로 화학 결합의 세기는 D가 가장 강하다.

바로알기 | ③ B는 녹는점과 끓는점이 낮으므로 공유 결합 물질 중 분자 결정이다. D는 녹는점과 끓는점이 매우 높으므로 공유 결합 물질 중 공유 결정이다.

⑦ C는 금속 결합 물질이므로 퍼짐성(전성)과 뭉침성(연성)이 크다. 따라서 C에 힘을 가하면 쉽게 부스러지지 않는다.

365 O, F, Na, Mg 중 2가지 원소로 이루어지면서 구성 원자의 입자 수가 3 이하인 화합물의 화학식은 NaF, MgO, Na_2O , MgF_2 , OF_2 이다. (가)~(라)의 화학식은 각각 BA, AC_2 , BC_2 , D_2A 이므로 BA는 MgO이다. (가)~(라)에서 O를 포함한 물질은 3가지이므로 A는 O이다. A는 O, B는 Mg, C는 F, D는 Na이다.

ㄷ. C(F)와 D(Na)로 이루어진 화합물은 DC(NaF)이므로 C(F)와 D(Na)가 1 : 1의 개수비로 결합한다.

바로알기 | ㄱ. B는 Mg이다.

ㄴ. (가)~(라)의 화학식은 각각 BA(MgO), $AC_2(OF_2)$, $BC_2(MgF_2)$, $D_2A(Na_2O)$ 이므로 이온 결합 물질은 (가), (다), (라) 3가지이다.

최고 수준 도전 기출 (13~15강)

104~105쪽

366 ⑤ 367 ③ 368 ① 369 ① 370 ② 371 ①
372 ① 373 ③

366 ① 물을 전기 분해하면 H 원자와 O 원자 사이의 공유 결합이 끊어지면서 성분 원소로 분해된다. 결합 A는 공유 결합이고, 결합 B는 분자 사이의 인력이므로 H_2O 를 전기 분해하면 (가)의 결합 A가 끊어진다.

② 물을 전기 분해하면 각 극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

(-)극: $4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$

(+)극: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

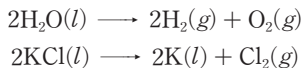
(나)의 (-)극에서 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

③ (나)의 X에서 모은 기체는 O_2 이고, Y에서 모은 기체는 H_2 이다. O_2 에는 2중 결합이 있으므로 (나)의 X에서 모은 기체에는 다중 결합이 있다.

④ BTB 용액은 산성에서 노란색, 중성에서 초록색, 염기성에서 파란색을 나타낸다. (나)의 (-)극에서 OH^- 이 생성되므로 BTB 용액을 넣으면 (-)극 주위가 푸른색으로 변한다.

바로알기 | ⑤ 물을 전기 분해하면 생성되는 기체의 몰비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 이다. (+)극과 (-)극에서 각각 O_2 , H_2 기체가 생성되므로 물을 전기 분해할 때 생성되는 기체의 분자 수는 (-)극이 (+)극의 2배이다.

367 ㄱ. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{KCl}(l)$ 을 전기 분해할 때 일어나는 반응의 전체 화학 반응식은 다음과 같다.



화학 반응식의 계수비로부터 $\text{H}_2\text{O}(l)$ x mol을 전기 분해하면 (−)극에서 $\text{H}_2(g)$ x mol이 생성되고, (+)극에서 $\text{O}_2(g)$ $\frac{1}{2}x$ mol이 생성된다. $\text{KCl}(l)$ y mol을 전기 분해하면 (−)극에서 $\text{K}(l)$ y mol이 생성되고, (+)극에서 $\text{Cl}_2(g)$ $\frac{1}{2}y$ mol이 생성된다. $x > y$ 이므로 (−)극에서 a mol 생성된 물질은 $\text{H}_2(g)$ 이고, b mol 생성된 물질은 $\text{K}(l)$ 이다. (+)극에서 b mol 생성된 물질은 $\text{O}_2(g)$ 이고, c mol 생성된 물질은 $\text{Cl}_2(g)$ 이다. $a = x$, $b = \frac{1}{2}x = y$, $c = \frac{1}{2}y$ 이므로 $a \times c = b^2$ 이다.

ㄴ. (가)는 $\text{O}_2(g)$ 이다.

바로알기 | ㄷ. $x = 2y$ 이므로 $\text{KCl}(l)$ x mol을 모두 전기 분해하면 (−)극에서 $\text{K}(l)$ a mol이 생성된다.

368 (가)에서 A 1 mol이 생성될 때 Cl_2 기체 $\frac{1}{2}$ mol이 생성되므로 (가)의 화학식 ACl 이다. (나)에서 B 1 mol이 생성될 때 Cl_2 기체 $\frac{3}{2}$ mol이 생성되므로 (나)의 화학식은 BCl_3 이다. (다)에서 C 1 mol이 생성될 때 Cl_2 기체 1 mol이 생성되므로 (다)의 화학식은 CCl_2 이다. ㄱ. (가)는 ACl 이므로 (가)를 구성하는 이온 수는 양이온과 음이온이 같다.

바로알기 | ㄴ. (가)~(다)에서 금속 양이온은 각각 A^+ , B^{3+} , C^{2+} 이므로 A~C는 각각 3주기 1족, 13족, 2족 원소이다. 전자 수가 같을 때 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 $\text{A} > \text{C} > \text{B}$ 이다.

ㄷ. 이온화 에너지는 1족 원소 < 13족 원소 < 2족 원소이므로 $\text{A} < \text{B} < \text{C}$ 이다.

369 AC, BC, BD는 모두 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 가열했을 때 전기 전도도가 크게 증가할 때의 온도는 각 물질의 녹는점이다. 녹는 점은 $\text{AC} < \text{BC} < \text{BD}$ 이다.

ㄱ. 알칼리 금속 이온의 전하는 +1, 할로젠 이온의 전하는 −1이므로 AC, BC, BD의 이온의 전하량은 같다. 이온의 전하량이 같을 때 이온 사이의 거리가 길수록 녹는점이 낮아지므로 이온 사이의 거리는 $\text{AC} > \text{BC} > \text{BD}$ 이다. AC와 BC에서 음이온의 종류는 같고 이온 사이의 거리는 $\text{AC} > \text{BC}$ 이므로 이온 반지름은 $\text{A} > \text{B}$ 이다. 같은 족 원소는 이온 반지름이 클수록 원자 반지름이 크므로 원자 반지름은 $\text{A} > \text{B}$ 이다.

바로알기 | ㄴ. BC와 BD에서 양이온의 종류는 같고, 이온 사이 거리는 $\text{BC} > \text{BD}$ 이므로 이온 반지름은 $\text{C} > \text{D}$ 이다.

ㄷ. 이온 사이의 거리는 $\text{AC} > \text{BD}$ 이다.

370 ㄴ. 에너지가 최소일 때 2개의 H 원자가 H_2 의 공유 결합을 형성한다. 이때 436 kJ/mol의 에너지를 방출한다. $2\text{H}(g) \longrightarrow \text{H}_2(g)$ 의 반응이 일어날 때 436 kJ/mol의 에너지를 방출하므로 $\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}(g)$ 의 반응이 일어날 때 436 kJ/mol의 에너지를 흡수한다.

바로알기 | ㄱ. 원자핵 사이의 거리가 a pm일 때 반발력이 인력보다 우세하게 작용한다. 인력과 반발력이 균형을 이루는 지점은 에너지가 최소 지점인 원자핵 사이의 거리가 74 pm일 때이다.

ㄷ. H_2 에서 공유 결합 길이는 74 pm이다. H의 원자 반지름은 공유 결합 길이의 $\frac{1}{2}$ 이므로 37 pm이다.

371 ㄱ. W는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 인 N, X는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 인 O, Y는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 인 F, Z는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 인 Mg이다. $\text{W}_2\text{Y}_2(\text{N}_2\text{F}_2)$ 는 N 원자 사이에 2중 결합이 있다.

바로알기 | ㄴ. X(O)와 Z(Mg)가 결합한 화합물 $\text{ZX}(\text{MgO})$ 는 이온 결합 물질이다. $\text{ZX}(\text{MgO})$ 는 $\text{Z}^{2+}(\text{Mg}^{2+})$ 과 $\text{X}^{2-}(\text{O}^{2-})$ 의 정전기적 인력으로 결합이 형성되므로 공유 전자쌍이 없다.

ㄷ. $\text{Y}_2(\text{F}_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 1, 비공유 전자쌍 수는 6이다. 따라서 $\text{Y}_2(\text{F}_2)$ 의 비공유 전자쌍 수는 공유 전자쌍 수의 6배이다.

372 A는 $1s^2 2s^1$ 인 Li, B는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 인 C(탄소), C는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 인 O, D는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 인 F, E는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 인 Mg이다.

ㄱ. (가)는 금속 원소 A(Li)와 비금속 원소 C(O)로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이고, (나)는 비금속 원소 B(C)와 C(O)로 이루어졌으므로 공유 결합 물질이며, (다)는 금속 원소 E(Mg)와 비금속 원소 D(F)로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다. (가)~(다) 중 공유 결합 물질은 (나) 1가지이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 화학식은 $\text{A}_2\text{C}(\text{Li}_2\text{O})$ 이므로 $x = 2$, $y = 1$ 이다. (나)의 화학식은 $\text{BC}_2(\text{CO}_2)$ 이고, (다)의 화학식은 $\text{ED}_2(\text{MgF}_2)$ 이다. (나)에는 2중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 화합물은 (나) 1가지이다.

ㄷ. $x = 2$, $y = 1$ 이므로 $x > y$ 이다.

373 ① ⑦은 금속 결정이므로 전기 전도성이 있다.

② ④은 공유 결합 물질로 O 원자 사이에 있는 공유 전자쌍 수는 2이다.

④ ⑦은 금속이므로 힘을 가하면 퍼짐성(전성), 뽀힘성(연성)이 크기 때문에 부스러지지 않지만, ④은 이온 결합 물질이므로 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부스러지거나 쪼개진다.

⑤ 공유 결합 물질 중 공유 결정은 녹는점이 매우 높지만, 분자 결정은 녹는점이 낮다. 금속 결합을 하는 금속 결정과 이온 결합을 하는 이온 결정은 분자 결정보다 녹는점이 높다. ①~④은 각각 금속 결정, 분자 결정, 이온 결정이므로 녹는점이 가장 낮은 것은 ④이다.

바로알기 | ③ ⑥은 이온 결정이므로 분자로 존재하지 않는다.

16 결합의 극성과 루이스 전자점식

빈출 자료 보기

107쪽

374 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

374 원자가 전자 수는 X가 5, Y가 6, Z가 7이므로 X~Z는 각각 N, O, F이다.

바로알기 | (2) Z(F)는 원자가 전자 수가 7이므로 Z(F) 원자 2개는 각각 전자 1개씩을 공유하여 분자를 형성한다. $\text{Z}_2(\text{F}_2)$ 에는 단일 결합이 있다.

(4) 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크므로 전기 음성도는 $\text{X}(\text{N}) < \text{Z}(\text{F})$ 이다.

(6) 전기 음성도는 $\text{Y}(\text{O}) < \text{Z}(\text{F})$ 이므로 $\text{YZ}_2(\text{OF}_2)$ 에서 Y(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Z(F)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

375 ①	376 ③	377 해설 참조	378 ②	379 ②
380 ③	381 해설 참조	382 ④	383 ③	384 ②
385 ⑤	386 ③	387 해설 참조	388 ④	389 ⑤
390 ⑤	391 ②	392 ⑤	393 ①	394 ②
395 ①, ④	396 ⑤	397 ②	398 해설 참조	
399 해설 참조	400 ④	401 ④, ⑥	402 ⑤	
403 해설 참조				

375 ① 전기 음성도는 F(플루오린)이 4.0으로 가장 크다.

바로알기 I ② 전기 음성도의 기준이 되는 원소는 F이다.

③ 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도는 대체로 감소한다.

④ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도는 대체로 증가한다.

⑤ 전기 음성도는 공유 전자쌍을 끌어당기는 상대적인 힘의 크기를 나타낸다.

개념 보충

대표적인 원소의 전기 음성도

- 전기 음성도의 주기성: 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록 전기 음성도가 대체로 커진다.
- F은 전기 음성도가 4.0으로 최댓값을 가지고, 2주기 원소는 F으로부터 원자 번호가 1씩 감소할 때마다 전기 음성도가 0.5씩 감소한다.

원소	Li	Be	B	C	N	O	F
전기 음성도	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

- H의 전기 음성도는 2.1로 C, N, O, F보다 전기 음성도가 작다.

376 (가)는 분자 내에 부분적인 양전하(δ^+)와 부분적인 음전하(δ^-)가 없으므로 무극성 공유 결합이다. (나)는 분자 내에 부분적인 양전하(δ^+)와 부분적인 음전하(δ^-)가 있으므로 극성 공유 결합이다. (다)는 (+) 전하를 띠는 양이온과 (-) 전하를 띠는 음이온으로 이루어져 있으므로 이온 결합이다.

제시된 물질 중 무극성 공유 결합을 하는 분자는 I_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 이고, 극성 공유 결합을 하는 분자는 HI, NH_3 , CO, HBr, H_2O , HCl이며, 이온 결합 물질은 NaCl, KCl, NaF, KBr, LiF이다. 따라서 (가)~(다)의 옳은 예는 각각 N_2 , CO, NaF이다.

377 전기 음성도는 $Na < H < Cl$ 이므로 구성 원소의 전기 음성도 차이는 $HCl < NaCl$ 이다. HCl은 공유 결합 물질이고, NaCl은 이온 결합 물질이므로 이온 결합 물질이 공유 결합 물질보다 구성 원소의 전기 음성도 차이가 크다.

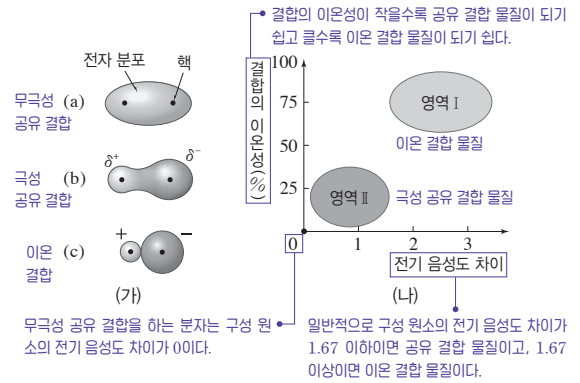
모범 답안 구성 원소의 전기 음성도 차이는 이온 결합 물질인 NaCl이 공유 결합 물질인 HCl보다 크다.

378 XY에서 X가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Y가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $X < Y$ 이고, XY는 공유 결합 물질이다. 공유 결합 물질의 구성 원자는 비금속 원소이므로 X는 H, Y는 F이다. ZY에서 Z는 양이온, Y는 음이온으로 존재하므로 Z는 Li이다. ∴ 전기 음성도는 $Z(Li) < X(H) < Y(F)$ 이다.

바로알기 I ∴ X(H)는 비금속 원소이다.

∴ Y(F)의 원자가 전자 수는 7이고, Z(Li)의 원자가 전자 수는 1이다.

379



∴ 영역 I에 속하는 물질은 결합의 이온성과 구성 원소의 전기 음성도 차이가 크므로 이온 결합 물질이다. 영역 II에 속하는 물질은 공유 결합 물질 중 극성 공유 결합을 하는 분자이다. (a)~(c)는 각각 무극성 공유 결합, 극성 공유 결합, 이온 결합을 나타낸다. 극성 공유 결합을 하는 분자인 HCl은 영역 II에 속하고 (b)와 같은 결합을 한다.

바로알기 I ∴ 영역 I에 속하는 물질의 결합 유형은 (c)에 해당한다.

∴ 영역 I에 속하는 물질은 이온 결합 물질이므로 이온 결합을 한다.

380 ∴ B_2 와 BC는 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다. B_2 는 같은 원자의 공유 결합으로 이루어졌으므로 무극성 공유 결합을 하는 분자이고, BC는 다른 원자의 공유 결합으로 이루어졌으므로 극성 공유 결합을 하는 분자이다. AC는 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다. (가)~(다)는 각각 무극성 공유 결합을 하는 분자, 극성 공유 결합을 하는 분자, 이온 결합 물질에 해당하므로 (가)는 B_2 , (나)는 BC, (다)는 AC이다.

∴ B와 C는 공유 결합 물질의 구성 원소이므로 비금속 원소이다. A와 C는 이온 결합 물질의 구성 원소이므로 각각 금속 원소, 비금속 원소 중 하나이다. B와 C는 비금속 원소이므로 A는 금속 원소이다. 2주기 원소의 전기 음성도는 비금속 원소가 금속 원소보다 크므로 전기 음성도는 $A < C$ 이다.

바로알기 I ∴ AB는 금속 원소인 A와 비금속 원소인 B로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다. 따라서 AB는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

381 2원자 분자에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. XY에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $X > Y$ 이고, XZ에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $X > Z$ 이다. YZ에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $Y < Z$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $X > Z > Y$ 이다.

모범 답안 2원자 분자에서 전기 음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $X > Z > Y$ 이다.

382 ∴ 쌍극자 모멘트는 두 전하 사이의 거리 r 이 클수록, 전하량 크기 q 가 클수록 큰 값을 가진다. 쌍극자 모멘트 값이 클수록 결합의 극성이 커지므로 r 이 클수록 결합의 극성이 커진다.

∴ HCl은 극성 공유 결합을 하는 분자이므로 H가 부분적인 양전하(δ^+), Cl가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. Cl_2 는 무극성 공유 결합을 하는 분자이므로 부분적인 양전하(δ^+)와 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 없다. Cl_2 는 쌍극자 모멘트가 0이므로 쌍극자 모멘트는 $HCl > Cl_2$ 이다.

바로알기 | ㄱ. 쌍극자 모멘트를 화살표로 표시할 때 부분적인 음전하(δ^-) 쪽으로 화살표가 향하도록 하므로 쌍극자 모멘트 방향은 ㉠이다.

383 ㄱ. A~D는 각각 H, C, N, O이므로 전기 음성도는 $A(H) < B(C) < C(N) < D(O)$ 이다. 따라서 A의 전기 음성도가 가장 작다.

ㄷ. 전기 음성도는 $B(C) < D(O)$ 이므로 $BD_2(CO_2)$ 에서 B(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, D(O)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

바로알기 | ㄴ. 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하고, 다른 원자 사이의 공유 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. $CA_3(NH_3)$ 에는 다른 원자 사이의 공유 결합만 있으므로 극성 공유 결합은 있지만, 무극성 공유 결합은 없다.

384 ㄷ. (가)에서 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표가 X를 향하므로 전기 음성도는 $X > Y$ 이고, (나)에서는 화살표가 Y를 향하므로 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $X > Y > Z$ 이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 XY_2 이므로 가능한 분자식은 OF_2 , SF_2 , OCF_2 , SCl_2 이다. 전기 음성도는 $X > Y$ 이므로 (가)는 OCF_2 이고, X와 Y는 각각 O, Cl이다. Y(Cl)은 3주기 원소이다.

ㄴ. (나)에서 Z는 4개의 원자와 공유 결합하므로 C 또는 Si이다. 원자가 전자 수는 X(O)가 6, Y(Cl)가 7, Z(C 또는 Si)가 4이다. 따라서 원자가 전자 수는 $Y > X > Z$ 이다.

385 ㄱ. 전기 음성도는 $H < Cl < F$ 이고, 구성 원자의 전기 음성도 차이는 $HX < HY < HZ$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 H, Cl, F이다.

ㄴ. $HX(H_2)$ 에는 같은 원자 사이의 공유 결합인 무극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. $HY(HCl)$ 에서 전기 음성도가 큰 Y(Cl)은 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

386 AB, AC, AD 중 전기 음성도 차이는 AD가 가장 크고 D는 17족 원소이므로 D는 F이고, A는 Na이다. 전기 음성도 차이는 $AB < AC$ 이므로 B는 H, C는 Cl이다.

ㄱ. $AB(NaH)$ 는 금속 원소인 A(Na)와 비금속 원소인 B(H)로 이루어졌으므로 이온 결합 물질이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $A(Na) > C(Cl)$ 이다. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 커지므로 원자 반지름은 $C(Cl) > D(F)$ 이다. 1주기 원소인 B(H)는 원자 반지름이 가장 작으므로 원자 반지름은 $A > C > D > B$ 이다.

바로알기 | ㄴ. 전기 음성도는 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록 커지므로 $A < B < C < D$ 이다.

387 (1) 쌍극자 모멘트의 크기는 부분 전하의 크기와 두 전하 사이의 거리의 곱과 같고 두 전하 사이의 거리는 결합 길이에 해당하므로 AB의 쌍극자 모멘트의 크기를 약 $0.2 \times 128 = 25.6$ 이라고 하면 AC의 쌍극자 모멘트의 크기는 약 $0.4 \times 93 = 37.2$ 이다. 따라서 쌍극자 모멘트의 크기는 $AB < AC$ 이다.

(2) 전기 음성도는 $H < Cl < F$ 이므로 전기 음성도 차이가 가장 큰 AC는 HF이다. 원자 반지름은 $H < F < Cl$ 이므로 화합물의 결합 길이가 가장 긴 BC는 FCl이다. A~C는 각각 H, Cl, F이므로 전기 음성도는 $A(H) < B(Cl) < C(F)$ 이다.

모범 답안 (1) $AB < AC$, 부분 전하의 크기와 결합 길이의 곱은 쌍극자 모멘트의 크기에 비례하기 때문이다.

(2) $A < B < C$

388 같은 주기의 원소는 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크다. 전기 음성도는 $A < B < C < D < E$ 이므로 원자 번호는 $A < B < C < D < E$ 이다. 2주기 원소의 홀전자 수는 다음과 같다.

원소	Li	Be	B	C	N	O	F
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1

A는 Li, B는 Be, C는 C(탄소), D는 N, E는 O이다.

ㄴ. B는 2주기 원소 중 홀전자 수가 0이므로 Be이다.

ㄷ. $CE_2(CO_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 4이고, $D_2(N_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 3이므로 공유 전자쌍 수는 $CE_2(CO_2)$ 가 $D_2(N_2)$ 보다 크다.

바로알기 | ㄱ. A(Li)는 1족 원소이다.

389 ㄱ. (다)에서 전기 음성도는 $X < Z$ 이다. (나)에서 O와 결합한 Z가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기 음성도는 $O > Z$ 이다. (가)에서 O와 결합한 Y가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $O < Y$ 이다. 4가지 원소의 전기 음성도는 $X < Z < O < Y$ 이므로 Y의 전기 음성도가 가장 크다.

ㄴ. 전기 음성도는 $X < O$ 이므로 (가)와 (나)에서 X는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄷ. X, Y, Z는 모두 단일 결합을 하고, 분자를 구성하는 비금속 원소이므로 각각 H, F, Cl 중 하나이다. 전기 음성도는 $H < Cl < F$ 이므로 X는 H이다. X(H)는 1족 원소이다.

390 ㄱ. $X \sim Z$ 는 분자에서 옥텟 규칙을 만족하고 2개의 원자와 공유 결합하므로 각각 C, N, O 중 하나이다. 전기 음성도는 $C < N < O$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 C, N, O이다. (가)의 구조식은 $H-C \equiv C-H$ 이고, (나)의 구조식은 $H-N \equiv N-H$ 이며, (다)의 구조식은 $H-O-O-H$ 이다. 공유 전자쌍 수는 (가)가 5이고, (나)가 4이다.

ㄴ. 전기 음성도는 X, Y, Z가 모두 H보다 크므로 각 분자에서 X, Y, Z는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 0, (나)가 2, (다)가 4이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (다)가 가장 크다.

개념 보충

구성 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수

구성 원자의 원자가 전자 수의 합(a)과 공유 전자 수를 더하면 구성 원자가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서 필요한 전자 수(8n)와 같으므로 공유 전자 수 = $8n - a$.

공유 전자쌍 수 = $\frac{8n - a}{2}$ 이다. 구성 원자의 공유 전자 수와 비공유 전자 수의 합

은 구성 원자의 원자가 전자 수의 합(a)과 같으므로 비공유 전자 수 = $a - \text{공유 전자 수} = a - \frac{8n - a}{2} = \frac{2a - 8n}{2}$ 이다.

구성 원자 수	구성 원자의 원자가 전자 수 합	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
n	a	$\frac{8n - a}{2}$	$\frac{2a - 8n}{2}$

391 H, O, F 중 2가지 원소로 이루어진 화합물은 H_2O , H_2O_2 , HF, OF_2 , O_2F_2 이다. (나)에서 A와 C의 구성 원자 수비는 2 : 1이고, (다)에서 B와 C의 구성 원자 수비는 2 : 1이므로 (나)와 (다)는 각각 H_2O , OF_2 중 하나이다. (나)와 (다)에서 공통 원소인 C는 O이고, (나)에서 C(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 (나)는 OF_2 이고, (다)는 H_2O 이다. (가)는 A와 B의 구성 원자 수비가 1 : 1이므로 HF이다. 따라서 A~C는 각각 F, H, O이다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{3}{1}=3$, (나)가 $\frac{8}{2}=4$, (다)가 $\frac{2}{2}=1$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (다)<(가)<(나)이다.

바로알기 | ㄱ. (가)~(다)의 공유 결합은 모두 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 무극성 공유 결합을 포함하는 분자는 없다.

ㄴ. A~C는 각각 F, H, O이므로 전기 음성도는 A(F)>C(O)>B(H)이다.

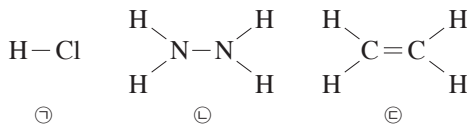
392 O, F, Na, Mg의 전기 음성도는 F>O>Mg>Na이므로 A~D는 각각 Na, Mg, O, F이다.

ㄱ. B(Mg)와 D(F)로 이루어진 화합물의 화학식은 $\text{BD}_2(\text{MgF}_2)$ 이다.

ㄴ. 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하고, 다른 원자 사이의 공유 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. $\text{C}_2\text{D}_2(\text{O}_2\text{F}_2)$ 에는 O 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. O, F, Na, Mg의 이온의 전자 배치는 모두 같고 원자핵의 전하량은 원자 번호가 작을수록 작으므로 이온 반지름은 B(Mg)<A(Na)<D(F)<C(O)이다.

393 ㉠은 HCl, ㉡은 N_2H_4 , ㉢은 C_2H_4 이다. ㉠~㉢의 구조식은 다음과 같다.



ㄱ. ㉠에는 N 원자 사이의 공유 결합이 있고, ㉢에는 C 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있는 분자는 ㉠과 ㉢ 2가지이다.

바로알기 | ㄴ. 다중 결합이 있는 분자는 ㉢ 1가지이다.

ㄷ. 분자에서 H와 C에는 비공유 전자쌍이 없고, N와 Cl에는 비공유 전자쌍 수가 각각 1, 3이다. 비공유 전자쌍 수는 ㉠이 3, ㉡이 2, ㉢이 0이다. 따라서 비공유 전자쌍 수가 가장 큰 분자는 ㉠이다.

394 분자에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 O, F, S, Cl의 전기 음성도는 H보다 크다. O, F, S, Cl의 전기 음성도가 클수록 H와의 전기 음성도 차이가 크다. 전기 음성도는 F>O>Cl>S이므로 W~Z는 각각 S, O, Cl, F이다.

ㄴ. W(S)는 3주기 원소이다.

바로알기 | ㄱ. H_aW 는 H_2S 이므로 $a=2$ 이고, H_bX 는 H_2O 이므로 $b=2$ 이다. H_cY 는 HCl이므로 $c=1$ 이고, H_dZ 는 HF이므로 $d=1$ 이다. 따라서 $b>c$ 이다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 $\text{H}_a\text{W}(\text{H}_2\text{S})$ 가 $\frac{2}{2}=1$, $\text{H}_d\text{Z}(\text{HF})$ 가 $\frac{3}{1}=3$ 이다.

395 (가)와 (나)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 원소 A~D는 각각 C, O, N, F 중 하나이다. (나)는 CD_3 이고, 이에 해당하는 분자는 NF_3 이다. C와 D가 각각 N, F이므로 A와 B는 C, O 중 하나이다. (가)는 AB_2 이고, 이에 해당하는 분자는 CO_2 이다.

② 원자 번호는 A(C)<C(N)<B(O)<D(F)이다.

③ 비공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 10이다. 따라서 비공유 전자쌍 수의 비는 (가):(나)=4:10=2:5이다.

⑤ 전기 음성도는 A(C)<C(N)<B(O)<D(F)이므로 (가)에서 중심 원자인 A(C)와 (나)에서 중심 원자인 C(N)는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

⑥ 결합의 쌍극자 모멘트의 합이 0이면 무극성 분자이고, 0보다 크면 극성 분자이다. (가)는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0이고, (나)는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크다. 따라서 쌍극자 모멘트 합은 (가)<(나)이다.

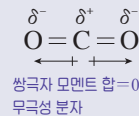
바로알기 | ① (가)에는 다른 원자 사이의 공유 결합만 있으므로 무극성 공유 결합이 없다.

④ (가)에는 C와 O 사이에 2중 결합이 있지만, (나)에는 N와 F 사이에 단일 결합만 있다.

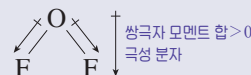
개념 보충

분자의 쌍극자 모멘트

• 무극성 분자: 분자의 쌍극자 모멘트(쌍극자 모멘트의 합)가 0이다. 예를 들어 CO_2 는 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니지만 쌍극자 모멘트의 합이 0이므로 무극성 분자이다.



• 극성 분자: 분자의 쌍극자 모멘트(쌍극자 모멘트의 합)가 0보다 크다.



396 ㉡은 홀전자 수가 1이고 홀전자 수가 2인 ㉢보다 전기 음성도가 크므로 Cl이다. ㉢은 ㉡과 같은 족인 2주기 원소이므로 F이다. ㉠, ㉣은 2주기 원소이고, 홀전자 수가 1이므로 각각 Li, B 중 하나이다. 전기 음성도는 Li<B이므로 ㉠은 B, ㉣은 Li이다. ㉢은 홀전자 수가 1이고, 전기 음성도가 ㉣보다 크고, ㉠보다 작으므로 Al이다. ㉢은 ㉡보다 전기 음성도가 작고 홀전자 수가 2이므로 Si 또는 S이고, ㉢은 ㉢과 같은 족 원소이므로 C 또는 O이다.

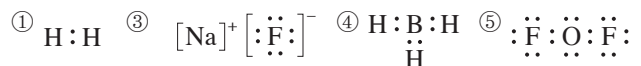
ㄱ. ㉢은 Al, ㉣은 Li이므로 $b=13$, $c=1$ 이고 $b+c=14$ 이다.

ㄴ. 전기 음성도는 C(또는 O)<F이므로 ㉢<㉢이다.

ㄷ. ㉢㉢은 LiF이고, ㉢㉡은 LiCl이다. 구성 원소의 전기 음성도 차이가 클수록 결합의 이온성이 커진다. 전기 음성도는 Li<Cl<F이므로 결합의 이온성은 ㉢㉢>㉢㉡이다.

397 ② H, B, N, O, F, Na의 원자가 전자 수는 각각 1, 3, 5, 6, 7, 1이다. N_2 의 루이스 전자점식은 ②와 같다.

바로알기 | ①, ③, ④, ⑤의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



398 전기 음성도는 H<Cl이므로 HCl에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. 쌍극자 모멘트를 화살표로 나타낼 때에는 화살표가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분을 향하도록 그려준다.



399 H, C, N, F의 원자가 전자 수는 각각 1, 4, 5, 7이므로 C_2F_4 와 HCN의 루이스 전자점식은 다음과 같다.

답

분자	C_2F_4	HCN
루이스 전자점식	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{F}}:\ddot{\text{F}}: \\ \quad \\ :\text{F}:\text{C}::\text{C}:\text{F}: \end{array}$	$\text{H}:\text{C}::\text{N}:$

400 (가)의 전하가 -1 이므로 (가)는 AB에 전자 1개가 추가되어 만들어진 이온이다. A는 원자가 전자 수가 6인 O이고, B는 원자가 전자 수가 1인 H이다. BC에서 C의 원자가 전자 수가 7이므로 C는 F이다. 따라서 (가)는 OH^- 이고, (나)는 HF이다.

ㄴ. 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)은 (가)와 (나)가 10 mol로 같다.

ㄷ. $\text{AC}_2(\text{OF}_2)$ 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A(O)는 16족 원소이다.

401 (가)는 H_2O , (나)는 CO_2 이므로 A~C는 각각 H, O, C이다.

① A(H)는 1족 원소이다.

② $\text{B}_2(\text{O}_2)$ 에는 2중 결합이 있으므로 다중 결합이 있다.

③ A~C의 원자가 전자 수의 합은 $1+6+4=11$ 이다.

⑤ $\text{C}_2\text{A}_2(\text{C}_2\text{H}_2)$ 에는 C 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

바로알기 | ④ 원자 반지름은 $\text{A(H)} < \text{B(O)} < \text{C(C)}$ 이다.

⑥ 공유 전자쌍 수는 (가)가 2이고, (나)가 4이다.

402 ㄱ. A~D는 각각 C, N, O, F이다. A(C)는 원자가 전자 수가 4이므로 분자에서 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수가 4이다. B(N)는 원자가 전자 수가 5이므로 분자에서 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수가 3이다. C(O)는 원자가 전자 수가 6이므로 분자에서 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수가 2이다. D(F)는 원자가 전자 수가 7이므로 분자에서 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수가 1이다. 따라서 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수는 A가 가장 크다.

ㄴ. A(C) 1개와 C(O)로 이루어진 화합물은 $\text{AC}_2(\text{CO}_2)$ 이므로 $x=2$ 이다. A(C) 1개와 D(F)로 이루어진 화합물은 $\text{AD}_4(\text{CF}_4)$ 이므로 $y=4$ 이다. 따라서 $2x=y$ 이다.

ㄷ. 분자에서 N, O, F에 있는 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 2, 3이므로 $\text{B}_2\text{D}_2(\text{N}_2\text{F}_2)$ 에서 비공유 전자쌍 수는 $2 \times 1 + 2 \times 3 = 8$ 이고, $\text{CD}_2(\text{OF}_2)$ 에서 비공유 전자쌍 수는 $2 + 2 \times 3 = 8$ 이다.

403 **모범 답안** MgO, A~D는 각각 Na, Mg, O, F이므로 만들 수 있는 이온 결합 화합물은 NaF, Na_2O , MgO, MgF_2 이다. 이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 가장 큰 것은 MgO이므로 녹는점은 MgO이 가장 높다.

17 분자의 구조

빈출 자료 보기

115쪽

404 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

404 한 원자의 공유 전자쌍은 다른 원자와 전자를 1개씩 공유하여 이루어지고, 비공유 전자쌍은 공유하지 않은 전자 2개로 이루어진다. 중심 원자에 있는 (공유 전자쌍 수) + (비공유 전자쌍 수 $\times$ 2)는 중심 원자의 원자가 전자 수와 같다. (가)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 2이므로 BeCl_2 이다. (나)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 4이므로 CCl_4 이다. (다)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 6이므로 OCl_2 이다.

바로알기 | (4) (나)의 구조는 정사면체이므로 결합각이 109.5° 이고, (다)의 구조는 굽은 형이므로 결합각이 약 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (나) > (다)이다.

(6) (가)에서 Be의 공유 전자쌍 수는 2, 비공유 전자쌍 수는 0이므로 Be의 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 4이다. 따라서 (가)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

(7) Cl은 비공유 전자쌍 수가 3이므로 분자의 비공유 전자쌍 수는 중심 원자의 비공유 전자쌍 수 + Cl의 비공유 전자쌍 수이다. (가)의 비공유 전자쌍 수는 $2 \times 3 = 6$ 이고, (나)의 비공유 전자쌍 수는 $4 \times 3 = 12$ 이다. (다)의 비공유 전자쌍 수는 $2 + 2 \times 3 = 8$ 이다. (가)의

$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{2} = 3$, (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{12}{4} = 3$,

(다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

난이도별 필수 기출

116~123쪽

405 ③, ⑤	406 ①	407 ③	408 ②	409 ③
410 ③	411 ①	412 ①	413 ①, ②	414 ③
415 해설 참조	416 ③	417 ③	418 ⑤	419 ①
420 ②	421 ③	422 ④	423 ④	424 ④
425 ②	426 ③	427 ⑤	428 ③	429 ③
430 ①	431 ②	432 ④	433 ③	434 ②
435 ④	436 ④			

405 ③ 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 2일 때, 분자 구조는 직선형 또는 굽은 형이므로 모든 구성 원자는 동일 평면에 존재한다.

⑤ 전자쌍 사이의 반발력은 비공유 전자쌍-비공유 전자쌍 > 비공유 전자쌍-공유 전자쌍 > 공유 전자쌍-공유 전자쌍이므로 중심 원자에 비공유 전자쌍 수가 클수록 전자쌍 사이의 반발력이 커져서 공유 전자쌍 사이의 결합각이 작아진다.

바로알기 | ① 전자쌍들은 반발력이 최소가 되는 방향으로 배치된다.

② 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.

④ 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 같더라도 비공유 전자쌍 수가 다른 분자의 구조가 다르다.

406 ㄱ. CH_4 의 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 4이고, CH_4 은 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5° 이다. NH_3 의 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이고, NH_3 는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 107° 이다. 결합각은 $\text{CH}_4 > \text{NH}_3$ 이다.

바로알기 | ㄴ. NH_3 에 비공유 전자쌍 수가 1뿐이므로 ㉠은 비공유 전자쌍이 될 수 없고, 공유 전자쌍이다. ㉡은 공유 전자쌍이다.

ㄷ. BeH_2 과 BH_3 에는 공유 전자쌍만 있으므로 BeH_2 과 BF_3 의 결합각 차이는 (나)가 아닌 공유 전자쌍 사이의 반발력 때문이다.

407 ㄱ. X가 C일 때 분자식은 CH_4 이고, 결합각이 109.5° 이다. X가 N일 때 분자식은 NH_3 이고, 결합각이 107° 이다. X가 O일 때 분자식은 H_2O 이고, 결합각이 104.5° 이다. X가 O일 때 결합각이 가장 작다.

ㄷ. CH_4 , NH_3 , H_2O 에 있는 극성 공유 결합 수는 각각 4, 3, 2이므로 극성 공유 결합 수가 가장 큰 화합물은 CH_4 이다.

바로알기 | ㄴ. CH_4 은 정사면체 구조이고, NH_3 는 삼각뿔형 구조이므로 모두 입체 구조이며, H_2O 는 굽은 형 구조이므로 평면 구조이다. 모든 공유 전자쌍이 동일 평면에 위치하는 분자는 H_2O 1가지이다.

개념 보충

CH_4 , NH_3 , H_2O 의 분자 모형과 결합각



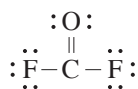
408 ① A~D는 각각 C, N, O, F이므로 전기 음성도는 $\text{A}(\text{C}) < \text{B}(\text{N}) < \text{C}(\text{O}) < \text{D}(\text{F})$ 이다.

③ 결합각을 구할 때 다중 결합은 단일 결합처럼 생각한다. $\text{AC}_2(\text{CO}_2)$ 에서 C에는 2중 결합이 2개 있으므로 결합각을 구할 때 C에 단일 결합이 2개 있는 것과 같으므로 결합각이 180° 이다. $\text{A}_2\text{D}_2(\text{C}_2\text{F}_2)$ 의 구조는 $\text{F}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{F}$ 이고, C에 단일 결합이 2개 있는 것과 같으므로 결합각이 180° 이다. $\text{AC}_2(\text{CO}_2)$ 와 $\text{A}_2\text{D}_2(\text{C}_2\text{F}_2)$ 는 결합각이 180° 이므로 모두 직선형 구조이다.

④ $\text{AD}_4(\text{CF}_4)$ 는 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5° 이고, $\text{CD}_2(\text{OF}_2)$ 는 굽은 형 구조이므로 결합각이 약 104.5° 이다. 따라서 결합각은 $\text{AD}_4(\text{CF}_4) > \text{CD}_2(\text{OF}_2)$ 이다.

⑤ $\text{BD}_3(\text{NF}_3)$ 에서 N에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 $\text{BD}_3(\text{NF}_3)$ 의 구조는 삼각뿔형이다.

⑥ $\text{ACD}_2(\text{COF}_2)$ 의 구조식은 다음과 같다.



$\text{ACD}_2(\text{COF}_2)$ 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다.

바로알기 | ② $\text{AC}_2(\text{CO}_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 4이고, $\text{CD}_2(\text{OF}_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 2이다.

409 X~Z는 각각 C, O, F이다. (가)를 구성하는 원자는 C, O이고, 3원자 분자이므로 $\text{XY}_2(\text{CO}_2)$ 이다. (나)를 구성하는 원자는 O, F이고, 3원자 분자이므로 $\text{YZ}_2(\text{OF}_2)$ 이다.

ㄱ. 분자 1 mol에 들어 있는 Y(O) 원자 수는 (가)에서 $2 \times N_A$ 이고, (나)에서 $1 \times N_A$ 이다.

ㄴ. (가)에서 O의 비공유 전자쌍 수가 2이므로 비공유 전자쌍 수는 $2 \times 2 = 4$ 이다. (나)에서 O의 비공유 전자쌍 수가 2, F에 비공유 전자쌍 수가 3이므로 비공유 전자쌍 수는 $2 + 2 \times 3 = 8$ 이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 직선형 구조이고, (나)는 굽은 형 구조이므로 결합각은 (가)가 180° , (나)가 약 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (가) > (나)이다.

410 바닥상태 전자 배치는 A가 $1s^2 2s^2 2p^3$, B가 $1s^2 2s^2 2p^4$, C가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이다. A~C는 각각 N, O, Cl이다.

ㄱ. $\text{BC}_2(\text{OCl}_2)$ 의 구조는 굽은 형이다.

ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 $\text{B}_2(\text{O}_2)$ 가 $\frac{4}{2} = 2$ 이고, $\text{A}_2\text{C}_2(\text{N}_2\text{Cl}_2)$ 가 $\frac{8}{4} = 2$ 이다.

바로알기 | ㄴ. $\text{A}_2\text{C}_2(\text{N}_2\text{Cl}_2)$ 에서 A(N)에는 비공유 전자쌍이 있으므로 $\angle \text{AAC}(\text{NNCl})$ 은 180° 보다 작다.

411 N과 H로 이루어진 4원자 분자는 NH_3 , N_2H_2 이다. NH_3 는 N 1개와 H 3개로 구성되고, N_2H_2 는 N 2개와 H 2개로 구성되므로 일정량의 N와 결합한 H의 질량비는 $\text{NH}_3 : \text{N}_2\text{H}_2 = 3 : 1$ 이다. 따라서 (가)는 N_2H_2 , (나)는 NH_3 이다. (다)는 N와 H로 이루어진 6원자 분자이고, 일정량의 N와 결합한 H의 질량이 (가)의 2배이므로 N_2H_4 이다.

ㄱ. 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 한다. 무극성 공유 결합이 존재하는 분자는 (가)와 (다)이다.

바로알기 | ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 2이고, (나)가 1이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.

ㄴ. (가)는 N 원자와 N 원자가 2중 결합으로 연결되고, N 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 굽은 형 구조를 이루어서 평면 구조이다. (다)는 N와 공유 결합한 2개의 H와 1개의 N가 삼각뿔형 구조를 이루므로 입체 구조이다.

412 H_3O^+ 에서 O는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 결합각이 약 107° 이다. NH_4^+ 에서 N는 공유 전자쌍 수가 4이므로 결합각이 109.5° 이다. NO_2^+ 에서 N는 전자 1개를 잃은 상태에서 O 2개와 공유 결합했으므로 NO_2^+ 의 구조는 CO_2 와 같은 직선형 구조이다. NO_2^+ 의 결합각은 180° 이므로 결합각은 $\text{H}_3\text{O}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{NO}_2^+$ 이다.

413 ③ H_2S 와 NOF 은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있으므로 굽은 형 구조이다. 따라서 구조가 굽은 형인 분자는 H_2S , NOF 2가지이다.

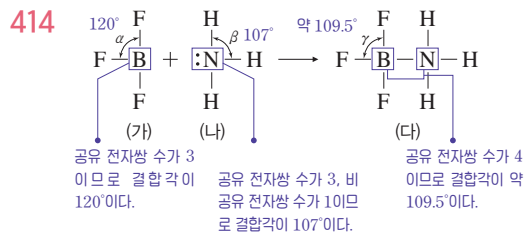
④ 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 한다. C_2H_4 에서 C 원자 사이에 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 존재하는 분자는 C_2H_4 1가지이다.

⑤ 분자에서 H와 Be는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 수가 각각 2, 4이므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 따라서 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 CF_4 , NOF 2가지이다.

⑥ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 CF_4 가 $\frac{12}{4} = 3$, H_2S 가 $\frac{2}{2} = 1$ 이다.

바로알기 | ① 평면 구조인 분자는 H_2S , C_2H_4 , NOF , BeH_2 4가지이다.

② 결합각이 180° 인 분자는 직선형 구조인 BeH_2 뿐이다.



ㄱ. (가)는 평면 삼각형 구조, (나)는 삼각뿔형 구조이다. (다)에서 B와 N에는 모두 공유 전자쌍 수가 4이므로 B와 N의 공유 전자쌍은 모두 사면체 구조를 이룬다. (가)는 평면 구조, (나)와 (다)는 입체 구조이다.

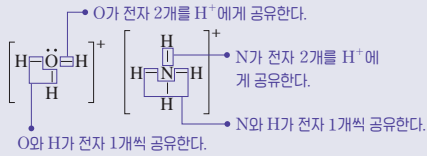
ㄴ. NH_3BF_3 에서 B와 N는 공유 전자쌍 수가 4이고, F는 공유 전자쌍 수가 1, 비공유 전자쌍 수가 3이므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 | ㄴ. 전기 음성도는 $\text{B} < \text{F}$, $\text{H} < \text{N}$ 이므로 (다)에서 B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, N는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

개념 보충

배위 결합

공유 결합은 한 원자와 다른 원자가 전자를 1개씩 공유하여 이루어지지만, 배위 결합은 한 원자가 다른 원자에게 전자 2개를 공유하면서 이루어지는 결합이다. 즉 배위 결합은 한 원자가 다른 원자에게 비공유 전자쌍을 일방적으로 제공하면서 이루어진다.



415 모범 답안 $\alpha > \gamma > \beta$, BF_3 는 평면 삼각형 구조이므로 결합각 α 는 120° , NH_3 는 삼각뿔형 구조이므로 결합각 β 는 107° , NH_3BF_3 에서 중심 원자 B에 있는 공유 전자쌍은 사면체 구조를 이루므로 결합각 γ 는 약 109.5° 이다.

416 왼쪽에 있는 C에는 공유 전자쌍 수가 4이므로 α 는 약 109.5° 이다. 결합각을 구할 때 다중 결합은 단일 결합처럼 생각한다. 중앙에 있는 C에는 공유 전자쌍 수가 3인 것과 같으므로 β 는 약 120° 이다. N에는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 γ 는 약 107° 이다. 따라서 결합각 크기는 $\beta > \alpha > \gamma$ 이다.

417 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 X와 Y가 같고, Z가 가장 크므로 X와 Y는 2주기 원소이고, Z는 3주기 원소이다. 2주기 원소 중 3개의 원자와 공유 결합하는 원자는 B와 N이고, 3주기 원소 중 단일 결합을 하는 원자는 Cl이다. (가)와 (나)는 각각 BCl_3 , NCl_3 중 하나이고, 결합각은 BCl_3 가 120° , NCl_3 가 약 107° 이다. 결합각은 $\alpha < \beta$ 이므로 (가)는 NCl_3 , (나)는 BCl_3 이다.

ㄱ. (가)의 비공유 전자쌍 수는 10, (나)의 비공유 전자쌍 수는 9이다.
 ㄴ. (나)는 평면 삼각형 구조이다.

바로알기 ㄷ. X~Z는 각각 N, B, Cl이므로 원자가 전자 수는 각각 5, 3, 7이다. 따라서 원자가 전자 수는 Y(B)가 가장 작다.

418 ㄱ. H_2O 에는 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 2이므로 H_2O 의 결합각은 104.5° 이다. H_3O^+ 에는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 H_3O^+ 의 결합각은 약 107° 이다.

ㄴ. 다른 원자 사이의 공유 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. 극성 공유 결합 수는 H_2O 이 2, H_3O^+ 이 3이다.

ㄷ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 H_2O 이 $\frac{2}{2}=1$ 이고, H_3O^+ 이 $\frac{3}{1}=3$ 이다.

419 ㄱ. H_2O 의 결합각 α 는 104.5° 이다. H_2CO_3 에서 C는 3개의 공유 결합을 하는 것과 같으므로 결합각 β 는 약 120° 이다. 결합각은 $\alpha < \beta$ 이다.

바로알기 ㄴ. H_2O 는 굽은 형 구조이고, CO_2 는 직선형 구조이다. 따라서 반응물은 2가지 모두 평면 구조이다.

ㄷ. H_2CO_3 의 구조에서 같은 원자 사이의 결합이 없으므로 H_2CO_3 에는 무극성 공유 결합이 없다.

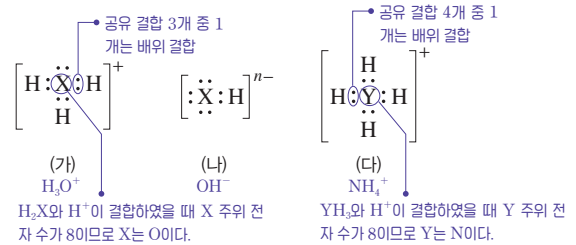
420 (가)는 OH^- 이고, (나)는 H_2O 이므로 A와 B는 각각 O, H이다.

ㄷ. $\text{B}_2\text{A}_2(\text{H}_2\text{O}_2)$ 의 구조는 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{4}{3} > 1$ 이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 A(O)에 비공유 전자쌍이 있으므로 (나)의 구조는 굽은 형이다.

ㄴ. A(O)는 원자 번호가 8이므로 전자 수가 $8 \times N_A$ 이고, B(H)는 원자 번호가 1이므로 전자 수가 $1 \times N_A$ 이다. 원자 1 mol에 들어 있는 전자 수는 A(O)가 B(H)의 8배이다.

421



ㄱ. (가)는 H_3O^+ 이므로 X는 O이다. X(O)의 원자가 전자 수는 6이고, H의 원자가 전자 수는 1이므로 (나)는 OH^- 이고, $n=1$ 이다.

ㄷ. (가)는 H_3O^+ , (다)는 NH_4^+ 이고, Y는 N이다. (가)는 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 (가)는 삼각뿔형 구조이다. (다)는 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 4이므로 정사면체 구조이다.

바로알기 ㄴ. 원자가 전자 수는 $\text{X(O)} > \text{Y(N)}$ 이다.

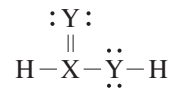
422 ㄴ. (가)는 HCN , (나)는 CH_2O 이다. (가)는 직선형 구조이고, (나)는 평면 삼각형 구조이므로 모두 평면 구조이다.

ㄷ. (가)의 결합각은 180° 이고, (나)의 결합각은 약 120° 이다. 따라서 결합각은 (가) > (나)이다.

바로알기 ㄱ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{1}{4}$ 이고, (나)가 $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가) < (나)이다.

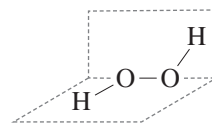
423 ㄴ. (가)와 (나)에서 X는 공유 전자쌍 수가 4이므로 C이고, (다)에서 Y는 공유 전자쌍 수가 2이므로 O이다. (나)에서 X는 비공유 전자쌍이 없고 결합하는 2개의 H, 1개의 X가 평면 삼각형 구조를 이룬다. (나)의 $\angle \text{HXX}$ 는 약 120° 이다. (다)에서 옥텟 규칙을 만족하는 Y는 1개의 H, 1개의 Y와 결합하고 비공유 전자쌍 수가 2이므로 굽은 형 구조를 이룬다. $\angle \text{HYY}$ 는 약 104.5° 이다.

ㄷ. $\text{XH}_2\text{Y}_2(\text{CH}_2\text{O}_2)$ 의 구조식은 다음과 같다.



$\text{XH}_2\text{Y}_2(\text{CH}_2\text{O}_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 5이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 평면 삼각형 구조이므로 평면 구조이다. (나)에서 X는 비공유 전자쌍이 없고 결합하는 2개의 H, 1개의 X가 평면 삼각형 구조를 이루므로 (나)는 평면 구조이다. (다)는 다음과 같이 $\text{H}-\text{O}-\text{O}$ 와 $\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 가 서로 다른 평면에 위치하므로 입체 구조이다.



424 (나)는 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, $\text{F}-\text{O}-\text{F}$ 가 가능하고, (가)는 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$, $\text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H}$, $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 가 가능하다. 결합각은 $\alpha < \beta$ 이므로 (가)는 $\text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H}$ 이고, (나)는 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 이다.

X~Z는 각각 N, C, O이고, (다)의 구조식은 $H-C\equiv N$ 이다.

ㄴ. (가)는 N 원자와 N 원자가 2중 결합으로 연결되고, N 원자의 비공유 전자쌍 수는 1이므로 굽은형 구조를 이루어서 평면 구조이다. (나)와 (다)는 직선형 구조이므로 모두 평면 구조이다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$, (나)가 $\frac{4}{4}=1$, (다)가 $\frac{1}{4}$ 이다.

따라서 (가)~(다) 중 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (다)가 가장 작다.

바로알기 | ㄴ. Y는 C(탄소)이다.

425 (가)는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 X는 N이고 분자식이 $XH_3(NH_3)$ 이다. (나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같으므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 2이다. Y는 O이고, (나)는 분자식이 $H_2Y(H_2O)$ 이다. (다)는 공유 전자쌍 수가 1, 비공유 전자쌍 수가 3이므로 Z는 F이고, 분자식이 $HZ(HF)$ 이다. ㄷ. (가)는 삼각뿔형 구조이고, (나)는 굽은형 구조이며, (다)는 직선형 구조이다. 따라서 입체 구조인 분자는 (가) 1가지이다.

바로알기 | ㄴ. $a=3, b=2, c=1$ 이므로 $a>b>c$ 이다.

ㄴ. (가)의 결합각은 107° 이고, (나)의 결합각은 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (가)>(나)이다.

426 분자에서 X~Z에 있는 비공유 전자쌍 수를 각각 x, y, z 라고 하면 (가)에서 $x+y+2z=8$, (나)에서 $x+4z=12$, (다)에서 $y+2z=8$ 이다. 이 식을 풀면 $x=0, y=2, z=3$ 이다. X~Z는 각각 C, O, F이다. (가)~(다)는 각각 COF_2, CF_4, OF_2 이다.

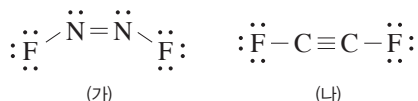
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (나)가 4이다.

ㄷ. (가)는 평면 삼각형 구조, (나)는 정사면체 구조, (다)는 굽은형 구조이다. 따라서 입체 구조는 (나) 1가지이다.

바로알기 | ㄴ. 결합각은 (나)가 109.5° , (다)가 약 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (나)>(다)이다.

427 C, N, F 중 2가지 원자가 1:1의 개수비로 결합한 분자의 분자식은 $C_2N_2(N\equiv C-C\equiv N)$, $C_2F_2(F-C\equiv C-F)$, $N_2F_2(F-N=N-F)$ 가 가능하다. 비공유 전자쌍 수는 C_2N_2 가 2, C_2F_2 가 6, N_2F_2 가 8이므로 (가)와 (나)에 해당하는 분자는 각각 N_2F_2, C_2F_2 이다.

ㄴ. (가)는 N 원자 사이에 2중 결합이 있어 각 N 원자와 공유 결합한 2개의 원자가 굽은형 구조를 이루므로 평면 구조이다. C_2F_2 는 직선형 구조이므로 평면 구조이다.



ㄴ. (가)와 (나)의 공통 원소인 Y는 F이고, X와 Z는 각각 N, C이다. 전기 음성도는 $Y(F)>X(N)>Z(C)$ 이므로 (가)와 (나)에서 Y(F)는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

ㄷ. (가)의 공유 전자쌍 수는 4이고, (나)의 공유 전자쌍 수는 5이다. $a=4, b=5$ 이므로 $b-a=1$ 이다.

428 ㄴ. ㄴ. (가)는 H_2O , (나)는 PH_3 , (다)는 CH_2Cl_2 , (라)는 CO_2 이다. (가)는 굽은형 구조, (나)는 삼각뿔형 구조, (다)는 사면체 구조, (라)는 직선형 구조이므로 평면 구조는 (가)와 (라)이고, 입체 구조는 (나)와 (다)이다.

바로알기 | ㄷ. (다)에서 Cl의 비공유 전자쌍 수는 3이므로 (다)의 비공유 전자쌍 수는 $2\times 3=6$ 이다.

(라)에서 O의 비공유 전자쌍 수는 2이므로 (라)의 비공유 전자쌍 수는 $2\times 2=4$ 이다. 비공유 전자쌍 수의 비는 (다):(라)= $6:4=3:2$ 이다.

429 HCN, NH_3 , NF_3 의 공유 전자쌍 수(a), 비공유 전자쌍 수(b), 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 차의 절댓값($|a-b|$)은 다음과 같다.

분자	HCN	NH_3	NF_3
공유 전자쌍 수(a)	4	3	3
비공유 전자쌍 수(b)	1	1	10
$ a-b $	3	2	7

(가)~(다)는 각각 NH_3, NF_3, HCN 이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 삼각뿔형 구조이고, (다)는 직선형 구조이다.

ㄴ. 결합각은 (가)와 (나)가 약 107° , (다)가 180° 이다. 따라서 (가)~(다) 중 결합각은 (다)가 가장 크다.

바로알기 | ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{1}{3}$, (나)가 $\frac{10}{3}$, (다)가 $\frac{1}{4}$ 이

다. 따라서 (가)~(다) 중 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (다)가 가장 작다.

430 X가 C인 화합물의 분자식은 C_2H_2 이고, X가 N인 화합물의 분자식은 N_2H_2 이며, X가 O인 화합물의 분자식은 H_2O_2 이다.

ㄴ. C_2H_2 에서 C는 비공유 전자쌍이 없고, N_2H_2 에서 N는 비공유 전자쌍 수가 1이며, H_2O_2 에서 O에는 비공유 전자쌍 수가 2이다. 반발력은 비공유 전자쌍-비공유 전자쌍>비공유 전자쌍-공유 전자쌍>공유 전자쌍-공유 전자쌍이므로 결합각은 $x>y>z$ 이다.

바로알기 | ㄴ. N_2H_2 의 공유 전자쌍 수는 4이고, H_2O_2 의 공유 전자쌍 수는 3이다.

ㄷ. ㉠과 ㉡은 평면 구조이고, ㉢은 입체 구조이다.

431 3가지 분자의 비공유 전자쌍 수는 3, 4, 6이므로 분자식이 X_2 인 (가)와 Z_2 인 (다)는 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 6 중 하나이다. X_2 와 Z_2 는 각각 O_2, F_2 중 하나이다. 분자식이 XY (또는 YX)인 (나)의 공유 전자쌍 수가 3이므로 (나)의 분자식은 HF 이고, X와 Y는 각각 F, H이다. Z는 O이다.

ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 1이고, (다)가 2이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 (가)<(다)이다.

바로알기 | ㄴ. 원자가 전자 수는 Y(H)가 1, Z(O)가 6이다. 따라서 원자가 전자 수는 $Y<Z$ 이다.

ㄷ. 분자 $YZX(HOF)$ 에서 중심 원자인 O에 비공유 전자쌍이 있으므로 $YZX(HOF)$ 의 구조는 굽은형이다.

432 C와 H는 각각 공유 전자쌍 수가 4, 1이다. 공유 전자쌍 수가 6인 X의 분자식은 C_2H_4 이다.

ㄴ. X에서 C는 2개의 H와 단일 결합, 1개의 C와 2중 결합을 하므로 C에 공유 결합한 원자는 평면 삼각형 구조를 이룬다. 따라서 X는 평면 구조이다.

ㄷ. X에서 $\angle HCH$ 는 약 120° 이다. Y는 분자식이 C_2H_6 이고, C는 3개의 H, 1개의 C와 단일 결합을 하므로 C에 공유 결합한 원자는 사면체 구조를 이룬다. Y에서 $\angle HCH$ 의 크기는 약 109.5° 이다. 따라서 결합각은 $X>Y$ 이다.

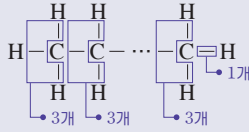
바로알기 | ㄴ. $a=2, b=4, c=7$ 이므로 $a+b<c$ 이다.

개념 보충

탄화수소의 공유 전자쌍 수

• 분자식이 C_nH_{2n+2} 인 분자의 공유 전자쌍 수: 그림과 같이 C 원자에 공유 전자쌍이 3개씩 존재하고, 마지막에 공유 전자쌍이 1개 추가되므로 공유 전자쌍 수는 $3n+1$ 이다.

• 분자식이 C_nH_{2n} 인 분자의 공유 전자쌍 수: C_nH_{2n+2} 에서 H 원자 2개가 빠져나 가면 C_nH_{2n} 이 된다. H 원자 2개가 빠져나가면 공유 전자쌍 수가 2개 감소하지만, C 원자 사이에 2중 결합이 1개 추가되므로 C_nH_{2n} 의 공유 전자쌍 수는 $3n$ 이다.



433 BeH_2 은 직선형 구조이므로 결합각이 180° , CH_4 은 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5° , NF_3 는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107° 이다. 비공유 전자쌍 수는 BeH_2 과 CH_4 이 0, NF_3 가 1이다. (가)~(다)는 각각 NF_3 , CH_4 , BeH_2 이다.

ㄱ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)와 O_2F_2 가 $\frac{10}{3}$ 으로 같다.

ㄴ. (나)의 분자 구조는 정사면체이다.

바로알기 | ㄷ. (다)의 공유 결합은 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 (다)에는 극성 공유 결합만 있다.

434 H, C, O, F 중 2가지 원소로 이루어지면서 3원자 분자는 H_2O , CO_2 , OF_2 이다. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 H_2O 이 $\frac{2}{2}=1$, CO_2 가 $\frac{4}{4}=1$, OF_2 가 $\frac{8}{2}=4$ 이다. H_2O 의 구조는 굽은 형이므로 결합각이 104.5° , CO_2 의 구조는 직선형이므로 결합각이 180° , OF_2 의 구조는 굽은 형이므로 결합각이 약 104.5° 이다. (가)~(다)는 각각 CO_2 , H_2O , OF_2 이다.

ㄷ. 전기 음성도는 $O < F$ 이므로 (다)의 중심 원자인 O는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 | ㄱ. (나)에는 단일 결합만 존재한다.

ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (다)가 8이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (다)가 (가)의 2배이다.

435 CF_4 는 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5° 이고, BF_3 는 평면 삼각형 구조이므로 결합각이 120° 이다. NF_3 는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107° 이다. (가)~(다)는 각각 NF_3 , BF_3 , CF_4 이다.

ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 1, (다)가 12이므로 (가) < (다)이다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 $\frac{9}{3}=3$, (다)가 $\frac{12}{4}=3$ 으로 같다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 입체 구조이고, (나)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 있는 평면 구조이다.

436 (가)에서 중심 원자는 A이고, A의 비공유 전자쌍 수가 2이므로 (가)의 분자식은 OF_2 이고, A와 B는 각각 O, F이다. (나)에서 C는 C(탄소), N 중 하나이다. C가 N이면 (다)의 분자식은 NOF 가 되어 A와 D가 같은 원자가 되므로 모순이다. 따라서 (나)와 (다)의 분자식은 각각 CF_4 , FCN 이고, C와 D는 각각 C, N이다.

ㄴ. 결합각은 (가)가 약 104.5° , (나)가 109.5° 이다. 따라서 결합각은 (가) < (나)이다.

ㄷ. (가)는 굽은 형 구조이므로 평면 구조이고, (다)는 직선형 구조이므로 평면 구조이다. 따라서 (가)와 (다)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 있는 평면 구조이다.

바로알기 | ㄱ. $l=2$, $m=4$, $n=1$ 이므로 $m-l-n=1$ 이다.

18 분자의 극성과 성질

빈칸 자료 보기

125쪽

437 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

437 (1) 극성 분자의 액체 줄기에 대전체를 가까이 하면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 휘어지지만, 무극성 분자의 액체 줄기에 대전체를 가까이 하면 액체 줄기가 휘어지지 않는다. (가)는 극성 분자이므로 액체 줄기에 (+)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 O 원자쪽이 대전체 쪽으로 배열되므로 액체 줄기가 휘어진다.

(5) (가)는 극성 분자, (나)는 무극성 분자, (다)는 무극성 분자이다. 극성 분자는 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크고, 무극성 분자는 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트 합은 (가)가 가장 크다.

바로알기 | (2) (나)는 무극성 분자이므로 분자 내 부분적인 양전하(δ^+)와 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분이 없다. (나) 기체를 전기장 속에 넣으면 무질서하게 분자가 배열한다.

(3) 분자량이 비슷할 경우 극성 분자의 끓는점이 무극성 분자보다 높다. NH_3 는 극성 분자이고, (다)는 무극성 분자이다. NH_3 와 (다)의 분자량이 비슷하므로 끓는점은 NH_3 가 (다)보다 높다.

(4) 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다. (가)는 극성 분자이고, (다)는 무극성 분자이므로 (가)와 (다)는 잘 섞이지 않는다.

난이도별 필수 기출

126~133쪽

438 ⑤	439 ③	440 ②, ④	441 ①	442 ②
443 ③	444 ③	445 ②	446 ③	447 ①
448 ③	449 ④	450 해설 참조	451 ③	452 ③
453 ⑤	454 ④	455 ⑤	456 ④	457 ②
458 ③	459 ①	460 ②	461 해설 참조	462 ②, ③
463 ①	464 해설 참조	465 ③	466 ⑤	467 ⑤
468 해설 참조	469 해설 참조	470 ①		
471 ②, ⑤	472 ②	473 ②		

438 무극성 분자는 쌍극자 모멘트 합이 0이다. H_2 , Cl_2 , BF_3 , CH_4 은 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0이고, H_2O 은 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크다.

개념 보충

구성 원자 수에 따른 대표적인 무극성 분자

• 같은 원자로 이루어진 2원자 분자는 모두 무극성 분자이다.

예 H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 등

• 3원자 분자 중 무극성 분자에는 CO_2 가 있다.

• 4원자 분자 중 무극성 분자에는 BF_3 , BCl_3 가 있다.

• 5원자 분자 중 무극성 분자에는 CH_4 , CF_4 , CCl_4 가 있다.

439 ㄱ. 극성 분자라도 같은 원자 사이의 공유 결합이 있는 분자는 무극성 공유 결합이 있다. 예를 들어 H_2O_2 와 같은 경우 극성 분자이지만 무극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 분자 내 결합의 쌍극자 모멘트 합과 같다. 2원자 분자에는 공유 결합이 1가지 밖에 없으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 분자의 쌍극자 모멘트와 같다. 무극성 공유 결합은 결합의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 공유 결합으로 이루어진 2원자 분자는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이다.

바로알기 | ㄴ. 극성 공유 결합으로 이루어진 다원자 분자라도 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이면 무극성 분자이다. 대표적인 예로는 CO_2 가 있다.

440 ② BH_3 는 평면 삼각형 구조, HCN 는 직선형 구조, CH_2Cl_2 은 사면체 구조, HCHO 는 평면 삼각형 구조, NH_3 는 삼각뿔형 구조이다. 이 중 입체 구조인 분자는 CH_2Cl_2 , NH_3 2가지이다.

④ 분자에서 N, Cl, O는 비공유 전자쌍 수가 각각 1, 3, 2이므로 비공유 전자쌍이 존재하는 분자는 HCN , CH_2Cl_2 , HCHO , NH_3 4가지이다.

바로알기 | ① 무극성 분자는 BH_3 1가지이다.

③ 평면 삼각형 구조인 분자는 BH_3 , HCHO 2가지이다.

⑤ 다른 원자 사이의 공유 결합은 모든 분자에 있으므로 극성 공유 결합을 포함하는 분자는 5가지이다.

⑥ 같은 원자 사이의 공유 결합이 있는 분자는 없으므로 무극성 공유 결합을 포함하는 분자는 없다.

개념 보충

평면 구조인 분자

구성	구성 원자 수가 3 이하인 분자	직선형 구조인 분자	평면 삼각형 구조인 분자
예	H_2 , HCN , H_2O , CO_2 등	C_2H_2 등	BF_3 , HCHO 등

441 C_2H_6 에서 C 원자 사이에 공유 결합이 있고, H_2O_2 에서 O 원자 사이에 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있는 분자는 C_2H_6 , H_2O_2 이다. 비공유 전자쌍이 있는 분자는 H_2S , H_2O_2 , CO_2 이다. 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자는 C_2H_6 , BeH_2 , CO_2 이다. A에만 해당하는 분자는 없고, B에만 해당하는 분자는 H_2S 이며, C에만 해당하는 분자는 BeH_2 이다. 따라서 A~C에 들어갈 화합물의 수는 각각 0, 1, 1이다.

442 NOF 의 구조식은 $\text{O}=\text{N}-\text{F}$ 이고, HCN 의 구조식은 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ 이며, CO_2 의 구조식은 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 이다. 모두 평면 구조이고, 다중 결합이 있다. NOF 과 HCN 는 극성 분자이고, HCN 과 CO_2 는 직선형 구조이다. 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자는 CO_2 뿐이다. 따라서 (가)에 해당하는 기준은 ‘극성 분자이다’이고, (나)에 해당하는 기준은 ‘직선형 구조이다’이다.

443 CHCl_3 은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 사면체 구조이므로 입체 구조이며, 극성 분자이다. BCl_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 평면 삼각형 구조이므로 평면 구조이며, 무극성 분자이다. NF_3 는 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이고, 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이며, 극성 분자이다. H_2O 은 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이고, 굽은 형 구조이므로 평면 구조이며, 극성 분자이다. ㉠은 H_2O 이고, ㉡은 BCl_3 이다.

ㄱ. 결합각은 ㉠이 104.5° 이고, ㉡이 120° 이다.

ㄴ. H_2O 은 평면 구조이고, NF_3 는 입체 구조이므로 (가)에 ‘평면 구조인가?’를 적용할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. BCl_3 는 무극성 분자이고, CHCl_3 은 극성 분자이므로 (나)에 ‘극성 분자인가?’를 적용할 수 없고, ‘무극성 분자인가?’를 적용할 수 있다.

444 CH_2Cl_2 , CH_2O 는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, BF_3 는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. 구성 원자 수는 CH_2O 와 BF_3 가 4이고, CH_2Cl_2 가 5이다. (가)~(다)는 각각 CH_2O , BF_3 , CH_2Cl_2 이다.

ㄱ. (가)에서 C와 O의 공유 결합은 2중 결합이므로 (가)에는 다중 결합이 있다.

ㄴ. (가)와 (나)는 평면 삼각형 구조이다.

바로알기 | ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 9이고, (다)가 6이다. 따라서 비공유 전자쌍 수의 비는 (나) : (다) = 9 : 6 = 3 : 2이다.

445 (가)에서 A가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $A > B$ 이고, (나)에서 C가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $A < C$ 이다. (가)는 3원자 분자이고, 직선형 구조이며, 전기 음성도는 $A > B$ 이므로 CO_2 이다. (나)는 3원자 분자이고, 굽은 형 구조이며, 전기 음성도는 $A < C$ 이므로 OF_2 이다.

ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{4}{4}=1$ 이고, (나)가 $\frac{8}{2}=4$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (가)의 4배이다.

바로알기 | ㄱ. 전기 음성도는 (가)에서 $A > B$ 이고, (나)에서 $A < C$ 이므로 $B < A < C$ 이다.

ㄴ. A~C는 각각 O, C, F이므로 원자 번호는 B(C)가 가장 작다.

446 A와 B의 원자가 전자 수는 각각 4, 7이므로 A는 C, B는 Cl이다. A(C)는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 s 오비탈 수가 2이다. C는 A(C)와 바닥상태에서 전자가 들어 있는 s 오비탈 수가 같으므로 O이고, D는 S이다.

ㄱ. 원자 번호는 $\text{C(O)} < \text{D(S)}$ 이다.

ㄴ. $\text{AD}_2(\text{CS}_2)$ 의 구조식은 $\text{S}=\text{C}=\text{S}$ 이므로 $\text{AD}_2(\text{CS}_2)$ 는 직선형 구조이고, 결합각이 180° 이다. $\text{CB}_2(\text{OCl}_2)$ 는 굽은 형 구조이므로 결합각이 약 104.5° 이다. 따라서 결합각은 $\text{AD}_2(\text{CS}_2) > \text{CB}_2(\text{OCl}_2)$ 이다.

바로알기 | ㄴ. $\text{AD}_2(\text{CS}_2)$ 는 무극성 분자이다. $\text{DB}_2(\text{SCl}_2)$ 는 굽은 형 구조이므로 극성 분자이다.

447 A는 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2$ 이므로 Be, B는 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이므로 C(탄소), C는 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 F, D는 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 O이다.

ㄱ. $\text{B}_2\text{C}_2(\text{C}_2\text{F}_2)$ 의 구조식은 $\text{F}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{F}$ 이고, $\text{B}_2\text{C}_2(\text{C}_2\text{F}_2)$ 에는 C 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

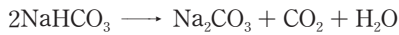
바로알기 | ㄴ. $\text{BC}_2\text{D}(\text{CF}_2\text{O})$ 에서 C는 2개의 F와 단일 결합을 하고, 1개의 O와 2중 결합을 하므로 평면 삼각형 구조이다.

ㄴ. $\text{AC}_2(\text{BeF}_2)$ 는 무극성 분자이고, 쌍극자 모멘트 합이 0이다. $\text{DC}_2(\text{OF}_2)$ 는 굽은 형 구조이므로 극성 분자이고, 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크다.

448 ㄱ. H_2O 은 굽은 형 구조이다. H_3O^+ 에서 O는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 H_3O^+ 은 삼각뿔형 구조이다.

ㄷ. BF_4^- 에서 B는 공유 전자쌍 수가 4이고 비공유 전자쌍 수가 0이므로 BF_4^- 은 정사면체 구조이다. 따라서 BF_4^- 의 결합각은 109.5° 이다.
바로알기 | ㄴ. H_2O 는 굽은 형 구조이므로 극성 분자이고, BF_3 는 결합각이 120° 인 평면 삼각형 구조이므로 무극성 분자이다. 쌍극자 모멘트 합은 $\text{H}_2\text{O} > \text{BF}_3$ 이다.

449 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



ㄴ. ①은 H_2O 이므로 굽은 형 구조이다.

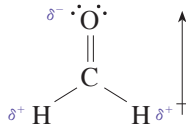
ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 H_2O 이 $\frac{2}{2}=1$ 이고, CO_2 는 $\frac{4}{4}=1$ 이다. 따

라서 ①과 CO_2 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 1로 같다.

바로알기 | ㄱ. H_2O 는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0보다 크다.

450 (1) $\text{C}=\text{O}$ 사이에 전자 밀도가 $\text{C}-\text{H}$ 사이보다 크므로 $\text{C}=\text{O}$ 에서 공유 전자쌍의 반발력이 $\text{C}-\text{H}$ 에서 공유 전자쌍의 반발력보다 크다.

(2) HCHO 의 부분적인 전하와 쌍극자 모멘트(μ)를 표시하면 다음과 같다.



모범 답안 (1) $\alpha > \beta$

(2) 전기 음성도는 $\text{H} < \text{C} < \text{O}$ 이므로 O는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크므로 HCHO 는 극성 분자이다.

451 ㄱ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 CF_4 가 $\frac{12}{4}=3$, NF_3 가 $\frac{10}{3}$, OF_2 가

$\frac{8}{2}=4$ 이다. (나)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 가장 크므로 OF_2 이다. CF_4

는 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5° 이고, NF_3 는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107° 이다. 따라서 결합각은 $\text{CF}_4 > \text{NF}_3$ 이므로 (가)는 CF_4 , (다)는 NF_3 이다. (가)는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0이다.

ㄴ. (나)의 분자 구조는 굽은 형이다.

바로알기 | ㄷ. (다)는 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이다.

452 A는 BeH_2 , B는 CH_4 , C는 H_2O 이다.

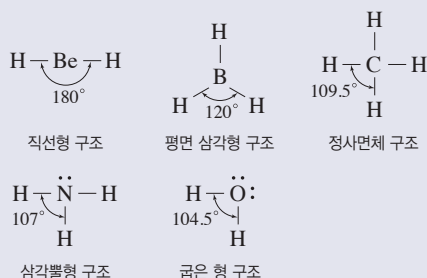
ㄱ. A의 구조는 직선형, B의 구조는 정사면체, C의 구조는 굽은 형이다.

ㄷ. 결합각은 A가 180° , B가 109.5° , C가 104.5° 이다. 따라서 결합각은 $\text{A} > \text{B} > \text{C}$ 이다.

바로알기 | ㄴ. A와 B는 무극성 분자, C는 극성 분자이다.

개념 보충

2주기 원소의 H(수소) 화합물의 구조와 결합각



453 (가)는 2주기 원자 3개로 구성되어 있고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$ 이므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같은 CO_2 이다.

(나)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=3$ 이므로 비공유 전자쌍 수가 공유 전자쌍 수의 3배이다. 2주기 원자 중 F은 분자에서 공유 전자쌍 수가 1, 비공유 전자쌍 수가 3이므로 (나)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, F과 공유 결합해야 하므로 CF_4 이다. X~Z는 각각 C, O, F이다. (다)는 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=4$ 이므로 OF_2 이고, (라)는 구성 원자 수가 4이므로 COF_2 이다.

ㄱ. ①=3이고, ②= $\frac{8}{4}=2$ 이다. 따라서 ①-②=1이다.

ㄴ. CO_2 , CF_4 , OF_2 , COF_2 중 극성 분자는 OF_2 , COF_2 2가지이다.

ㄷ. CO_2 는 직선형 구조, CF_4 는 정사면체 구조, OF_2 는 굽은 형 구조, COF_2 는 평면 삼각형 구조이다. 이 중 평면 구조는 CO_2 , OF_2 , COF_2 3가지이다.

454 C, N, F 중 2가지 원소로 이루어지고, 구성 원자 수가 5 이하인 분자는 CF_4 , C_2N_2 , C_2F_2 , NF_3 , N_2F_2 이다. (나)는 X와 Y의 구성 원자 수비가 4 : 1이므로 CF_4 이고, X와 Y는 각각 F, C이다.

(가)는 X와 Y가 1 : 1의 원자 수비로 결합하고 있고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$

=1.2이므로 C_2F_2 이고, (다)는 X와 Z가 1 : 1의 원자 수비로 결합하고 있으므로 N_2F_2 이고, Z는 N이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 모두 0이다.

ㄷ. 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하므로 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가)와 (다) 2가지이다.

바로알기 | ㄱ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 $\frac{12}{4}=3$, (다)가 $\frac{8}{4}=2$ 이다. 따라서 ①>②이다.

455 2주기 원소 중 분자에서 옥텟 규칙을 만족하는 원자의 전기 음성도는 $\text{C} < \text{N} < \text{O} < \text{F}$ 이다. (가)의 분자식이 WX_2 이므로 (가)는 CO_2 또는 OF_2 이다. 전기 음성도는 $\text{W} < \text{Y} < \text{X}$ 이므로 (가)가 OF_2 이면 Y에 해당하는 원자가 없으므로 모순이다. (가)는 CO_2 이고, W와 X는 각각 C, O이다. Y는 W(C)보다 전기 음성도가 크고 X(O)보다 전기 음성도가 작으므로 N이다. (나)의 분자식은 YZ_3 이므로 (나)는 NF_3 이고, Z는 F이다. (다)의 분자식은 $\text{ZWY}(\text{FCN})$ 이다.

ㄱ. 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자는 (가)이다.

ㄴ. (나)의 구조는 삼각뿔형이다. H_3O^+ 은 H_2O 에서 O의 비공유 전자쌍에 H^+ 이 결합한 구조이다. H_3O^+ 은 중심 원자인 O에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 삼각뿔형 구조이다. 따라서 (나)와 H_3O^+ 의 구조는 모두 삼각뿔형이다.

ㄷ. (다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$ 이다.

456 XF_2 의 구조를 가지는 분자는 무극성 분자인 BeF_2 과 극성 분자인 OF_2 이다. YF_3 의 구조를 가지는 분자는 무극성 분자인 BF_3 과 극성 분자인 NF_3 이다. ZF_4 의 구조를 가지는 분자는 무극성 분자인 CF_4 이다. (가)는 쌍극자 모멘트 합이 0이므로 무극성 분자이고, $\text{ZF}_4(\text{CF}_4)$ 이다. (나)와 (다)는 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크므로 극성 분자이고, 각각 OF_2 , NF_3 중 하나이다. 전기 음성도는 $\text{N} < \text{O} < \text{F}$ 이므로 구성 원소의 전기 음성도 차가 큰 (나)가 NF_3 이고, (다)가 OF_2 이다.

ㄴ. (나)는 삼각뿔형 구조이다.

ㄷ. $X_2(O_2)$ 의 구조식은 $O=O$ 이므로 $X_2(O_2)$ 에는 2중 결합이 있다.
바로알기 | ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 12, (나)가 10, (다)가 8이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)가 가장 크다.

457 (가)는 2주기 원소를 포함하고, 비공유 전자쌍 수가 없으므로 CH_4 이다. (나)는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 NH_3 , PH_3 중 하나이다. (다)는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 H_2O , H_2S 중 하나이고, (라)는 비공유 전자쌍 수가 3이므로 HF , HCl 중 하나이다. (가)는 CH_4 이고, (나)는 (가)보다 구성 원소의 전기 음성도 차가 크므로 NH_3 이며, (다)는 (나)보다 구성 원소의 전기 음성도 차가 작으므로 H_2S 이다. (라)는 (나)보다 구성 원소의 전기 음성도 차가 크므로 HF 또는 HCl 이다.

ㄴ. (나)는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0보다 크고, (가)는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0이다. 따라서 쌍극자 모멘트 합은 (가) < (나)이다.

바로알기 | ㄱ. (다)의 중심 원자는 S(황)이다.

ㄷ. (가)는 정사면체 구조이므로 입체 구조이고, (나)는 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이다. (다)는 굽은 형 구조이므로 평면 구조이고, (라)는 직선형 구조이므로 평면 구조이다. 따라서 평면 구조는 (다)와 (라) 2가지이다.

458 2주기 원소에서 홀전자 수는 다음과 같다.

원소	Li	Be	B	C	N	O	F
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1

전기 음성도는 $Li < Be < B < C < N < O < F$ 이다. A~E의 원자 번호가 연속이므로 A~E는 각각 F, B, O, C, N이다.

ㄱ. $BA_3(BF_3)$ 의 결합각은 120° 이고, $EA_3(NF_3)$ 의 결합각은 약 107° 이다. 따라서 결합각은 $BA_3 > EA_3$ 이다.

ㄴ. $DC_2(CO_2)$ 는 대칭 구조인 직선형 구조이고, $DA_4(CF_4)$ 는 정사면체 구조이므로 무극성 분자이다. 무극성 분자의 분자의 쌍극자 모멘트는 0이므로 DC_2 와 DA_4 의 쌍극자 모멘트 합은 0으로 같다.

바로알기 | ㄷ. $ECA(NOF)$ 의 비공유 전자쌍 수는 6이고, $ADE(FCN)$ 의 비공유 전자쌍 수는 4이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 ECA 가 ADE 의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

459 기체 상태인 극성 분자를 전기장에 넣으면 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자가 (-)극을 향하고, 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자가 (+)극을 향하면서 일정하게 배열한다. 제시된 보기에서 극성 분자는 H_2O 이고, 무극성 분자는 CO_2 , I_2 이다. $H_2O(s)$ 은 고체 상태이므로 입자의 배열이 자유롭게 변할 수 없으므로 제시된 자료의 분자에 해당되지 않는다. 따라서 제시된 자료의 분자는 $H_2O(g)$ 이다.

460 A(l)의 액체 줄기는 대전체 쪽으로 휘었으므로 A는 극성 분자이고, B(l)의 액체 줄기는 대전체 쪽으로 휘지 않았으므로 B는 무극성 분자이다.

ㄷ. 극성 분자인 A(g)를 전기장 속에 넣으면 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 (-)극을 향하고, 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 (+)극을 향하면서 일정한 방향으로 배열한다.

바로알기 | ㄱ. 극성 분자와 무극성 분자는 서로 잘 섞이지 않으므로 A(l)와 B(l)는 서로 잘 섞이지 않는다.

ㄴ. 분자량이 비슷한 경우 부분적인 양전하(δ^+)와 음전하(δ^-)를 띤 극성 분자가 무극성 분자보다 끓는점이 높다. 따라서 끓는점은 $A > B$ 이다.

461 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되지 않는다.

모범 답안 | A(l), 물은 극성 분자로 극성 분자는 극성 분자와 잘 섞이기 때문이다.

462 ② 물줄기에 대전체를 가까이 가져갔더니 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어지므로 물은 극성 분자이다. 물은 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0보다 크다.

③ 전기 음성도는 $H < O$ 이므로 물에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, O는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. 물에 (-)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 H가 대전체를 향하여 배열한다.

바로알기 | ① 물 분자와 같이 분자, 화합물은 전기적으로 중성이다.

④ C_6H_6 (벤젠)은 무극성 분자이므로 액체 줄기에 대전체를 가까이 가져가도 액체 줄기가 휘지 않는다.

⑤ 이 실험은 물이 극성 분자인지 무극성 분자인지를 확인하는 실험이다.

⑥ (-)대전체 대신 (+)대전체를 물줄기에 가까이 가져가면 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 O 원자가 (+)대전체에 끌리므로 물줄기는 같은 방향으로 휘어진다.

463 $XH_3(g)$ 는 전기장에서 일정한 배열을 나타내므로 극성 분자이고, $YH_4(g)$ 는 전기장에서 일정한 배열을 나타내지 않으므로 무극성 분자이다.

ㄱ. X와 Y는 2주기 원소이므로 XH_3 는 삼각뿔형 구조인 NH_3 이고, YH_4 는 정사면체 구조인 CH_4 이다. 따라서 XH_3 와 YH_4 는 모두 입체 구조이다.

바로알기 | ㄴ. XH_3 는 극성 분자이고, C_6H_{14} (헥세인)은 무극성 분자이다. 극성 분자와 무극성 분자는 서로 잘 섞이지 않으므로 XH_3 는 C_6H_{14} 에 잘 용해되지 않는다.

ㄷ. YH_4 는 무극성 분자이므로 액체 줄기에 (+)대전체를 가까이 가져가도 액체 줄기가 휘어지지 않는다.

464 XH_3 와 YH_4 는 각각 극성 분자인 NH_3 , 무극성 분자인 CH_4 이다.

모범 답안 | $XH_3 > YH_4$, 분자량이 비슷한 경우 극성 분자가 무극성 분자보다 끓는점이 높기 때문이다.

465 글리세롤은 극성 분자인 물과 잘 섞이므로 글리세롤은 극성 분자이고, 헥세인은 물과 잘 섞이지 않으므로 헥세인은 무극성 분자이며, 벤젠과 글리세롤은 잘 섞이지 않으므로 벤젠은 무극성 분자이다.

ㄱ. 물은 극성 분자이고, 벤젠은 무극성 분자이므로 서로 잘 섞이지 않는다. 글리세롤은 극성 분자이고, 헥세인은 무극성 분자이므로 서로 잘 섞이지 않는다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 '×'이다.

ㄷ. 헥세인과 벤젠은 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 모두 0으로 같다.

바로알기 | ㄴ. 글리세롤은 극성 분자이고, I_2 는 무극성 분자이므로 서로 잘 섞이지 않는다. 따라서 글리세롤에 I_2 를 넣으면 잘 용해되지 않는다.

466 ㄱ. 시험관 I과 II에서 CCl_4 의 액체층이 아래쪽에 위치하므로 밀도는 $H_2O < CCl_4$ 이다.

ㄴ. H_2O 은 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0보다 크고, CCl_4 는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합이 0이다. 따라서 쌍극자 모멘트 합은 $H_2O > CCl_4$ 이다.

ㄷ. 시험관 I에서 H_2O 의 색이 푸른색으로 변하였으므로 X는 극성 분자인 H_2O 에 녹았음을 알 수 있다. X는 이온 결합 물질인 $CuCl_2$ 이다.

시험관 II에서 CCl_4 의 색이 보라색으로 변하였으므로 Y는 무극성 분자인 CCl_4 에 녹았음을 알 수 있다. Y는 무극성 분자인 I_2 이다.

467 ㄱ. (가)에서 H_2O 의 액체층이 아래쪽에 있으므로 밀도는 $\text{C}_6\text{H}_{14} < \text{H}_2\text{O}$ 이다. (나)에서 CCl_4 의 액체층이 아래쪽에 있으므로 밀도는 $\text{H}_2\text{O} < \text{CCl}_4$ 이다. 따라서 밀도는 $\text{C}_6\text{H}_{14} < \text{H}_2\text{O} < \text{CCl}_4$ 이다.
 ㄴ. H_2O 은 극성 분자이고, H_2O 과 잘 섞이지 않는 C_6H_{14} 과 CCl_4 는 모두 무극성 분자이다.
 ㄷ. H_2O 과 C_6H_{14} 은 잘 섞이지 않고, 밀도는 $\text{C}_6\text{H}_{14} < \text{H}_2\text{O}$ 이므로 (나)의 시험관에 C_6H_{14} 을 시험관 벽을 타고 흘러내리게 넣으면 H_2O 이 C_6H_{14} 과 CCl_4 가 섞이지 않도록 막기 때문에 CCl_4 , H_2O , C_6H_{14} 3개의 층으로 분리된다.

468 **모범 답안** 2개의 층, 무극성 분자인 C_6H_{14} 과 CCl_4 는 서로 잘 섞이지만, 극성 분자인 H_2O 은 잘 섞이지 않으므로 H_2O 의 액체층과 C_6H_{14} 과 CCl_4 의 혼합 액체층으로 분리된다.

469 **모범 답안** CH_4 , 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 끓는점이 높으므로 무극성 분자인 CH_4 은 극성 분자인 NH_3 보다 끓는점이 낮다.

470 ㄱ. (가)는 정사면체 구조이므로 무극성 분자이다. (나)와 (다)는 사면체 구조이고, 전기 음성도는 $\text{H} < \text{C} < \text{Cl}$ 이므로 Cl 은 부분적인 음전하(δ^-)를, H 는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 극성 분자이다. C_6H_{14} (헥세인)은 무극성 분자이므로 (가)에는 잘 녹지만, (나)에는 잘 녹지 않는다. 따라서 C_6H_{14} (헥세인)에 대한 용해도는 (가) > (나)이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 무극성 분자이고, (다)는 극성 분자이다.
 ㄷ. 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자인 (나)와 (다) 2가지이다.

471 ② (가)와 (나)의 분자식은 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 로 같다.
 ⑤ (가)와 (나)에서 O 에 비공유 전자쌍이 있으므로 (가)와 (나)는 모두 극성 분자이다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크다.

바로알기 ① (가)는 극성 분자이므로 극성 분자인 물에 잘 용해된다.
 ③ (가)와 (나)는 분자식이 같으므로 분자량이 같다. 따라서 (가)와 (나)의 녹는점과 끓는점 차이는 분자량의 크기로 설명할 수 없다.
 ④ (가)와 Na 의 반응은 다음과 같다.



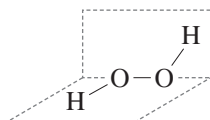
그러나 (나)는 Na 과 반응하지 않는다.

472 AB_2 에서 A는 원자가 전자 수가 4이므로 C(탄소)이고, B는 원자가 전자 수가 6이므로 O이다. CD에서 C는 원자가 전자 수가 1이므로 H이고, D는 원자가 전자 수가 7이므로 F이다. (가)는 C와 F이 1 : 1의 개수비로 결합한 화합물이므로 (가)는 C_2F_2 이다. (나)는 O와 H가 1 : 1의 개수비로 결합한 화합물이므로 H_2O_2 이다.

ㄴ. (나)는 극성 분자이다. 따라서 (나)는 극성 분자인 물에 대한 용해성이 크다.

바로알기 ㄱ. (가)의 구조식은 $\text{F}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{F}$ 이므로 (가)는 직선형 구조인 무극성 분자이다. 무극성 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열하지 않는다.

ㄷ. (가)는 직선형 구조이므로 평면 구조이다. (나)의 구조는 다음과 같이 H가 서로 다른 평면에 위치하므로 입체 구조이다.



473 구성 원자 수가 6 이하인 C의 H(수소) 화합물은 분자식이 CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 이다. CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 5, 6이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 모두 0이다. 구성 원자 수가 6 이하인 N의 H(수소) 화합물은 분자식이 NH_3 , N_2H_2 , N_2H_4 이다. NH_3 , N_2H_2 , N_2H_4 의 공유 전자쌍 수는 각각 3, 4, 5이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$ 이다. 구성 원자 수가 6 이하인 O의 H(수소) 화합물은 분자식이 H_2O , H_2O_2 이다. H_2O 과 H_2O_2 의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 3이고 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 1, $\frac{4}{3}$ 이다. 구성 원자 수가 6 이하인 F의 H(수소) 화합물은 HF 이다. HF 의 공유 전자쌍 수는 1이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 3이다. (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수의 비는 2 : 1이고, (나)와 (다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 2 : 1이므로 (가)~(다)는 각각 CH_4 , H_2O , N_2H_2 이다.

ㄷ. (다)에는 N 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

바로알기 ㄱ. (가)는 정사면체 구조이므로 입체 구조이다. (나)는 굽은형 구조이므로 평면 구조이다. (다)는 N에 결합한 H와 N가 굽은형 구조를 이루므로 평면 구조이다. 따라서 입체 구조는 (가) 1가지이다.
 ㄴ. (가)는 무극성 분자이고, (나)는 극성 분자이므로 서로 잘 섞이지 않는다.

최고 수준 도전 기출 (16~18강)

134~135쪽

474 ④ 475 ① 476 ① 477 ④ 478 ⑤ 479 ③
 480 ⑤ 481 ③

474 (가)는 비공유 전자쌍이 없으므로 X는 C이다. (가)는 구성 원자 수가 4 이하이고 공유 전자쌍 수가 5이므로 구조식이 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 인 C_2H_2 이다. (가)에서 구성 원자의 원자가 전자 수의 합 $a=10$ 이다. (다)는 공유 전자쌍 수가 3이므로 NH_3 또는 H_2O_2 이다. (다)가 NH_3 이면 (다)의 비공유 전자쌍 수는 1이고, (나)의 비공유 전자쌍 수는 $\frac{1}{2}$ 이므로 모순이다. (다)는 구조식이 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 인 H_2O_2 이고, 비공유 전자쌍 수 $2c=4$, 구성 원자의 원자가 전자 수의 합 $b=14$ 이다. (나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 2이고, 구성 원자의 원자가 전자 수의 합이 $\frac{10+14}{2}=12$ 이므로 구조식이 $\text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H}$ 인 N_2H_2 이다.

ㄴ. X~Z는 각각 C, N, O이므로 전기 음성도는 $\text{X} < \text{Y} < \text{Z}$ 이다.
 ㄷ. (가)~(다)에는 모두 같은 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 모두 무극성 공유 결합이 있다.

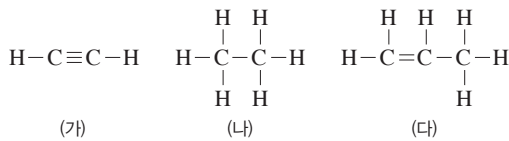
바로알기 ㄱ. $a+b+c=10+14+2=26$ 이다.

475 ㄱ. 2주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 커지고 원자 반지름이 작아진다. (가)는 이온 반지름이고, (나)는 원자 반지름이다.

바로알기 ㄴ. 금속 원소는 원자 반지름 > 이온 반지름이고, 비금속 원소는 원자 반지름 < 이온 반지름이므로 A는 2주기 금속 원소이고, B ~ D는 2주기 비금속 원소이다. 전기 음성도는 $B < C < D$ 이고, F의 전기 음성도가 4.0이므로 B ~ D는 각각 N, O, F이다. 이온화 에너지는 2주기 금속 원소 < O < N < F이므로 $A < C < B < D$ 이다.

ㄷ. 화합물 BCD(NOF)에서 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있으므로 BCD는 극성 분자이다. 따라서 BCD는 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크다.

476 ㄱ. (가)의 공유 전자쌍 수는 5이므로 $x=5$ 이다. (나)는 공유 전자쌍 수가 7이므로 C_2H_6 이고, $n=2$ 이다. (다)는 공유 전자쌍 수가 9이므로 C_3H_6 이고, $m=3$ 이다. (가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



따라서 $x=n+m$ 이다.

바로알기 ㄴ. (나)에는 단일 결합만 있다.

ㄷ. C와 H로 이루어진 화합물을 탄화수소라고 하고, 탄화수소는 무극성 분자이다. 따라서 (가)~(다)는 모두 무극성 분자이다.

477 (가)~(다)는 각각 CO_2 , OF_2 , FCN, NOF 중 하나이다. CO_2 , OF_2 , FCN, NOF는 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수가 각각 0, 2, 0, 1이다. 공유 결합에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 차지한다고 가정하고 구한다. 전기 음성도는 $C < N < O < F$ 이므로 중심 원자의 산화수는 CO_2 가 +4, OF_2 가 +2, FCN이 +4, NOF이 +3이다.

중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 (가) < (나)이므로 이에 해당하는 분자 (가)와 (나)는 각각 CO_2 , NOF 또는 CO_2 , OF_2 또는 FCN, NOF 또는 FCN, OF_2 또는 NOF, OF_2 이다. CO_2 와 FCN은 중심 원자의 산화수가 +4로 가장 크므로 중심 원자의 산화수는 (가) < (다)라는 조건을 만족시킬 수 없으므로 모순이다. (가)와 (나)는 각각 NOF, OF_2 이고, (다)의 쌍극자 모멘트 합이 0보다 크므로 (다)는 FCN이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 굽은 형 구조이지만, 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크므로 결합각은 (가) > (나)이다. (다)는 직선형 구조이므로 결합각이 180° 이다. 따라서 결합각은 (나)가 가장 작다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{6}{3}=2$ 이고, (다)가 $\frac{4}{4}=1$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)~(다)는 모두 극성 분자이므로 (가)~(다) 중 무극성 분자는 없다.

478 금속 원소의 홀전자 수는 0 또는 1이고, X~Z의 홀전자 수의 합은 4이므로 X~Z의 홀전자 수는 각각 1, 1, 2 또는 0, 2, 2 또는 0, 1, 3 중 하나이다.

(i) X~Z의 홀전자 수가 각각 1, 1, 2이면 X~Z 중 금속 원소는 홀전자 수가 1인 Li이다. 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Y와 Z가 같고, 제1 이온화 에너지는 $Y < Z$ 이므로 Y와 Z는 각각 O, F이다. 전자가 모두 채워진 오비탈 수는 X(Li)와 Y(O)가 같지 않으므로 모순이다.

(ii) X~Z의 홀전자 수가 각각 0, 2, 2 중 하나이면 X~Z는 각각 Be, C, O 중 하나이다. 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Be이 0, C가 2, O가 3이므로 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Y와 Z가 같다는 조건에 모순이다.

(iii) X~Z의 홀전자 수가 각각 0, 1, 3 중 하나이면 X~Z 중 금속 원소는 홀전자 수가 0인 Be이다. 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Y와 Z가 같고, 제1 이온화 에너지는 $Y < Z$ 이므로 Y와 Z는 각각 N, F이다. 전자가 모두 채워진 오비탈 수는 X와 Y가 같으므로 X는 Be이다. ㄱ. X~Z는 각각 Be, N, F이므로 원자 전자 수는 $X < Y < Z$ 이다. ㄴ. X(Be)의 H(수소) 화합물은 BeH_2 이다. BeH_2 은 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트 합은 0이다.

ㄷ. Y(N)와 Z(F)가 1 : 1로 결합한 화합물은 $Y_2Z_2(N_2F_2)$ 이다. $Y_2Z_2(N_2F_2)$ 에는 N 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

479 화학 반응 모형을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



ㄱ. (가)는 HCN이다. (가)의 구조식은 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ 이므로 분자 구조는 직선형이다.

ㄷ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = \frac{4}{1} = 4$ 이다.

바로알기 ㄴ. 전기 음성도는 $\text{H} < \text{C} < \text{N}$ 이므로 HCN에서 H와 C는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, N는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. HCN는 극성 분자이다.

480 ㄱ. ㉠은 H_2O 이고, ㉡은 COCl_2 이다. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 ㉠이 $\frac{2}{2}=1$ 이고, ㉡이 $\frac{8}{4}=2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 ㉠이 ㉡의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

ㄴ. ㉡은 극성 분자이므로 전기장 속에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분은 (-)극 쪽을 향하고, 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분은 (+)극 쪽을 향하여 일정한 방향으로 배열한다.

ㄷ. ㉠은 굽은 형 구조이므로 결합각이 104.5° 이고, ㉡은 평면 삼각형 구조이므로 결합각이 약 120° 이다. 따라서 결합각은 ㉠ < ㉡이다.

481 (가)는 결합각이 180° 이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$ 이므로 CO_2 이다. (나)와 (다)는 CF_4 , NF_3 , OF_2 중 하나이다. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 1개이므로 (나)와 (다)는 CF_4 , NF_3 또는 CF_4 , OF_2 중 하나이다. 결합각은 CF_4 가 가장 크므로 (나)는 CF_4 이다. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 NF_3 가 $\frac{10}{3}$, OF_2 가 4이고, $b < 4$ 이므로 (다)는 NF_3 이다. (라)는 구성 원소 수가 3이고, 결합각이 180° 이며, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$ 이므로 FCN이다. (마)는 구성 원소 수가 3이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없어야 하며, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=2$ 이므로 COF_2 이다.

ㄱ. $a=3$ 이고, $b=\frac{10}{3}$ 이므로 $a < b$ 이다. ㄴ. (다)는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107° 이고, (마)는 평면 삼각형 구조이므로 결합각이 약 120° 이다. ㄷ. (가)~(마) 중 평면 구조는 (가), (라), (마) 3가지이다.

바로알기 ㄴ. (가)~(마) 중 무극성 분자는 (가), (나) 2가지이다.

19 동적 평형

빈출 자료 보기

137쪽

482 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

482 **바로알기** | (4) (다)에서 동적 평형 상태에 도달하였으므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

(6) (가)에서 (다)로 되는 동안 정반응 속도는 점점 느려지고 역반응 속도는 점점 빨라지다가 (다)에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다. 따라서 정반응 속도는 (나) > (다)이다.

(7) NO_2 분자 2개가 반응하여 N_2O_4 분자 1개를 생성하므로 기체 분자 수가 감소하다가 동적 평형에 도달한 때부터는 일정해진다. 따라서 전체 기체 분자 수는 (가) > (다)이다.

난이도별 필수 기출

138~141쪽

483 ③ 484 ②, ④ 485 ① 486 ⑤ 487 ⑤
488 ① 489 ② 490 ⑤ 491 ② 492 ③ 493 ⑤
494 ④ 495 해설 참조 496 ③ 497 ③ 498 ①
499 ② 500 ①

483 **ㄱ**. 정반응은 반응물이 생성물로 되는 반응이다.

ㄴ. 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다. 즉, 반응 용기에 반응물을 넣어 주면 반응 초기에는 정반응이 일어나다가 생성물이 생성된 이후 역반응이 일어난다.

바로알기 | **ㄴ**. 비가역 반응은 정반응만 일어나거나 역반응이 거의 일어나지 않는 반응이므로 생성물이 반응물로는 되지 않는다.

484 ② 연료의 연소 반응은 비가역 반응으로 역반응이 일어나기 어렵다.

④ 금속과 산이 반응하여 기체가 발생하는 반응은 비가역 반응으로 역반응이 일어나기 어렵다.

바로알기 | ① 석회암이 이산화 탄소가 녹은 물과 반응하여 탄산수소 칼슘 수용액을 만드는 반응에 의해 석회 동굴이 형성된다. 또한 이 반응의 역반응으로 탄산수소 칼슘 수용액에서 물이 증발하고 이산화 탄소가 빠져나가 탄산 칼슘이 석출되는 반응에 의해鍾유석과 석순이 생성된다. 따라서 석회 동굴 생성 반응은 가역적으로 일어난다.

③ 수증기가 물로 액화되는 반응과 물이 수증기로 기화되는 반응은 가역적으로 일어난다.

⑤ 염화 코발트와 물이 반응하여 염화 코발트 옥수화물을 생성하는 반응은 가역적으로 일어난다.

485 ① NO_2 가 N_2O_4 를 생성하는 반응과 N_2O_4 가 분해되어 NO_2 를 생성하는 반응은 가역적으로 일어난다.

바로알기 | ② CH_4 의 연소 반응은 정반응만 일어나는 비가역 반응이다.

③ 금속과 산이 반응하여 기체가 발생하는 반응은 정반응만 일어나는 비가역 반응이다.

④ 산과 염기의 중화 반응은 정반응만 일어나는 비가역 반응이다.

⑤ 두 수용액이 반응하여 앙금을 생성하는 반응은 정반응만 일어나는 비가역 반응이다.

486 **ㄱ**. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (황산 구리(II) 옥수화물)를 가열하면 H_2O 이 떨어져 나가는 정반응이 일어나고, CuSO_4 (황산 구리(II)) 결정에 H_2O 을 떨어뜨리면 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 이 생성되는 역반응이 일어난다.

ㄴ, **ㄷ**. 흰색 결정은 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 에서 H_2O 이 떨어져 나간 CuSO_4 이고, 여기에 $\text{H}_2\text{O}(\text{X})$ 을 떨어뜨리면 CuSO_4 가 H_2O 과 반응하여 다시 푸른색의 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 이 생성된다.

487 **ㄱ**. 염화 코발트 옥수화물($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s})$)의 생성과 분해 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다. 탄산 칼슘이 이산화 탄소가 녹은 물에 용해되는 반응과 탄산 칼슘 수용액에서 물과 이산화 탄소가 빠져나가 탄산 칼슘이 생성되는 반응 또한 가역 반응이다.

ㄴ. ㉠과 ㉡은 반응물이 생성물로 되는 정반응이다.

ㄷ. 반응 ㉢에 의해 중유석, 석순, 석주 등이 생성된다.

488 **ㄱ**. 동적 평형에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

바로알기 | **ㄴ**. 동적 평형은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응에서만 도달할 수 있다.

ㄷ. 동적 평형은 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 상태이다.

489 **ㄴ**. (나)에서 액체의 양이 일정하므로 액체 A와 기체 A는 동적 평형을 이룬다. 즉 (나)에서 A의 증발 속도와 응축 속도가 같고, (가)와 (나)에서 증발 속도가 같으므로 응축 속도는 (가) < (나)이다. 응축 속도는 용기 속 기체의 양에 비례하므로 기체 A의 양은 (가) < (나)이다.

바로알기 | **ㄱ**. 일정한 온도에서 액체의 증발 속도는 일정하므로 액체 A의 증발 속도는 (가) = (나)이다.

ㄷ. (나)에서 액체 A와 기체 A가 동적 평형을 이루므로 (나)에서 A의 증발 속도와 응축 속도가 같다.

490 ⑤ 수면의 높이는 물의 양에 비례하며 물의 양은 (가) > (나) > (다)이므로 수면의 높이는 (가) > (나) > (다)이다.

바로알기 | ① 일정 온도에서 액체의 증발 속도는 일정하므로 증발 속도는 (가) = (나) = (다)이다.

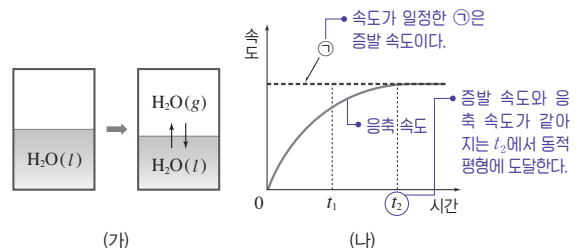
② (나)에서 증발 속도 > 응축 속도이므로 (나)는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이다.

③ (다)에서 증발 속도 = 응축 속도이므로 동적 평형에 도달하였다. 따라서 (다) 이후 물 분자 수와 수증기 분자 수는 일정하다.

④ (다)에서 물의 양과 수증기의 양이 다르기 때문에 농도는 같지 않다.

⑥ 응축 속도는 용기 속 수증기의 양이 클수록 크다. 따라서 응축 속도는 (가) < (나)이다.

491



ㄴ. t_1 은 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 의 양(mol)은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

바로알기 | **ㄱ**. ㉠은 속도가 일정한 것으로 보아 증발 속도이다.

ㄷ. t_2 에서 동적 평형에 도달하므로 증발과 응축이 같은 속도로 일어난다.

492 ㄱ, ㄴ. 녹지 않은 설탕이 가라앉은 것으로 보아 설탕의 용해와 석출이 동적 평형을 이룬 상태이므로 이후 용액 속 용질의 양은 일정하다. 즉 설탕물의 농도는 일정하고, 고체 상태의 설탕의 양도 일정하다.
바로알기 | ㄷ. 이 상태에서는 용해와 석출이 같은 속도로 일어난다.

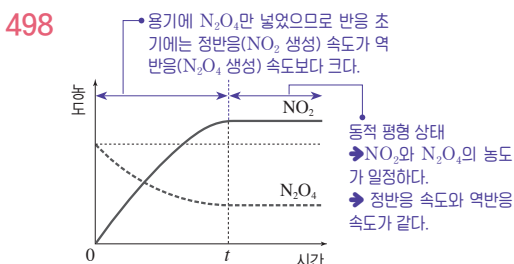
493 ⑤ 설탕 분자의 석출 속도는 (가) < (나) < (다)이다.
바로알기 | ① (가)에서 석출도 일어난다. 단, 용질이 용액 속으로 녹아 들어가는 용해 속도가 용액 속 용질이 석출되는 속도보다 빠르다.
 ② (가)와 (나)에서는 용해되는 설탕 분자가 석출되는 설탕 분자보다 많다.
 ③ 동적 평형 상태인 (다)에 도달하기 전까지는 용해 속도 > 석출 속도이므로 설탕물의 농도는 (나) < (다)이다.
 ④ (다)는 용해 평형을 이룬 상태이므로 이후 설탕을 더 넣어도 용액 속 용질의 양은 증가하지 않는다. 즉 설탕물의 몰 농도(M)는 일정하다.
 ⑥ 일정한 온도에서 용질의 용해 속도는 같으므로 설탕의 용해 속도는 (가) = (나) = (다)이다.

494 ㄱ. (가)는 녹지 않은 NaCl이 가라앉은 것으로 보아 용해 평형을 이룬 상태이다. 따라서 NaCl의 용해 속도와 석출 속도는 같다.
 ㄷ. (나)에는 화학식량이 큰 $^{24}\text{NaCl}$ 이 용해되어 있으므로 NaCl(aq)의 밀도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
바로알기 | ㄴ. 용해 평형을 이룬 (가)에 용질을 더 넣어 주어도 용액 속 용질의 양(mol)은 일정하므로 NaCl(aq)의 몰 농도(M)는 (가)와 (나)에서 같다.

495 **모범 답안** 포화 수용액에서 NaCl의 용해와 석출은 같은 속도로 끊임없이 일어나고 있으므로 ^{24}Na 은 가라앉아 있는 NaCl(s)과 수용액 속에 모두 존재한다.

496 ㄱ. 제시된 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.
 ㄷ. 충분한 시간이 흐르면 동적 평형에 도달하므로 용기 속 NO_2 와 N_2O_4 의 양은 일정하게 유지된다. 따라서 NO_2 와 N_2O_4 의 농도는 일정하게 유지된다.
바로알기 | ㄴ. 충분한 시간이 흐르면 동적 평형에 도달해 용기 속 NO_2 와 N_2O_4 의 양은 일정하게 유지되므로 밀폐 용기의 색은 연한 적갈색을 띤다.

497 ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 정반응 속도는 역반응 속도보다 크다.
 ㄴ. (가)에서 (나)로 될 때 적갈색이 없어졌으므로 용기 속 NO_2 의 농도가 작을수록 용기의 적갈색이 없어진다. (나)에서 (다)로 될 때 NO_2 가 4배 감소하고 N_2O_4 가 2배 생성되므로 용기의 적갈색이 더 없어진다.
바로알기 | ㄷ. (다)에서 용기 속 물질의 양은 NO_2 가 N_2O_4 보다 크므로 농도는 NO_2 가 N_2O_4 보다 크다.



ㄱ. t 이후 N_2O_4 와 NO_2 의 농도가 일정한 구간에서 두 물질이 동적 평형을 이루고 있다. 이때 NO_2 의 농도가 N_2O_4 의 농도보다 크다.

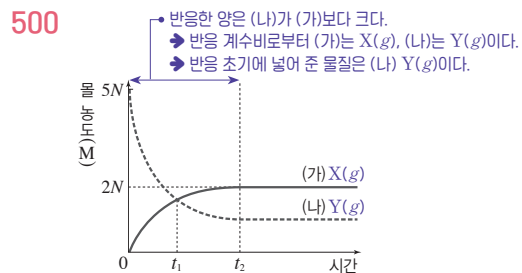
바로알기 | ㄴ. t 이후 N_2O_4 와 NO_2 의 농도가 일정한 것은 N_2O_4 가 NO_2 를 생성하는 정반응과 NO_2 가 N_2O_4 를 생성하는 역반응이 같은 속도로 일어나고 있기 때문이다.

ㄷ. 반응 초기부터 동적 평형에 도달하는 t 까지 N_2O_4 가 NO_2 를 생성하는 정반응의 속도는 점차 감소하고, NO_2 가 N_2O_4 를 생성하는 역반응의 속도는 점차 증가하다가 t 에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다. 따라서 t 이전까지는 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 생성 속도가 $\text{NO}_2(g)$ 생성 속도보다 작다.

499 ㄴ. 반응 용기에 I_2 와 H_2 를 넣고 반응시킬 때 정반응이 우세하게 일어나다가 생성된 HI가 분해되는 역반응이 일어난다.

바로알기 | ㄱ. 보라색을 띠는 I_2 와 H_2 가 반응하여 HI를 생성하는 반응과 HI가 분해되어 I_2 와 H_2 를 생성하는 반응은 가역적으로 일어난다. 따라서 반응 용기에 I_2 와 H_2 를 넣고 반응시킬 때 초기에는 정반응이 우세하게 일어나므로 보라색이 없어지다가 동적 평형에 도달하면 옅은 보라색이 일정하게 유지된다.

ㄷ. $\text{I}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{HI}(g)$ 반응에서 반응 계수비는 반응하는 물질 사이의 양적 관계를 의미하며, 동적 평형에 도달했을 때 용기 속에 존재하는 물질의 양에 대한 정보는 알 수 없다.



ㄱ. 동적 평형에 도달할 때까지 반응한 물질의 양(mol)은 $X : Y = 1 : 2$ 이다. 그래프에서 반응한 (가)와 (나)의 양(mol)으로 보아 (가)는 $X(g)$, (나)는 $Y(g)$ 이다.

바로알기 | ㄴ. t_1 은 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같지 않다.

ㄷ. 화학 반응식의 계수비는 반응의 양적 관계를 의미하는 것으로 동적 평형 상태에서 각 물질의 농도비가 아니다. 즉 $\frac{[X]}{[Y]} = \frac{1}{2}$ 이 아니다. t_2 이후는 동적 평형 상태이므로 $[X]$ 와 $[Y]$ 는 t_2 일 때와 같다. 또한 동적 평형에 도달할 때까지 반응한 물질의 양(mol)은 $X : Y = 1 : 2$ 이고, t_2 일 때 $[X] = 2N$ M이므로 $[Y] = N$ M이다. 따라서 t_2 이후 $\frac{[X]}{[Y]} = 2$ 로 일정하다.

20 산 염기의 정의

빈출 자료 보기

142 쪽

501 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) × (8) ○

501 **바로알기** | (1) (가)에서 HS^- 은 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

(2) (가)에서 H_2O 은 HS^- 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

(6) (다)에서 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 은 OH^- 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

(7) (다)에서 NaOH 이 수용액에서 내놓은 OH^- 이 다른 물질로부터 H^+ 을 받으므로 NaOH 은 아레니우스 염기이다.

난이도별 필수 기출

143~145쪽

502 ③ 503 ② 504 ③ 505 ⑤ 506 ① 507 ④
508 해설 참조 509 ③ 510 ① 511 ④, ⑤
512 ② 513 ⑤

502 ㄱ. 브뢴스테드·로리 염기는 다른 물질로부터 H^+ 을 받는 물질이다.

ㄴ. 아레니우스 산은 수용액에서 H^+ 을 내놓는 물질이다. 한편 브뢴스테드·로리 산은 다른 물질에게 H^+ 을 내놓을 수 있는 물질이므로 아레니우스 산은 브뢴스테드·로리 산으로 작용할 수 있다.

ㄷ. 아레니우스 산, 염기는 각각 수용액에서 H^+ , OH^- 을 내놓는 물질로 수용액 상태에서만 적용될 수 있다.

바로알기 ㄹ. 짝산-짝염기는 H^+ 의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기를 말하므로 아레니우스 산 염기에서는 적용할 수 없다.

503 제시된 성질을 아레니우스 산 또는 염기에 해당하는 성질로 구분하면 다음과 같다.

- 쓴맛이 난다. - 염기
- 수용액에서 전류가 흐른다. - 산, 염기
- 금속과 반응하여 기체를 발생시킨다. - 산
- 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시킨다. - 염기
- 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다. - 산
- 머리카락을 녹여 막힌 하수구를 뚫을 수 있다. - 염기

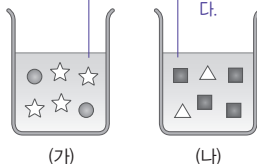
이로부터 산의 성질에만 적용되는 것은 2가지, 염기의 성질에만 적용되는 것은 3가지, 산의 성질과 염기의 성질에 모두 적용되는 것은 1가지이다. 따라서 (가)~(다)에 해당하는 성질의 개수는 각각 2, 1, 3이다.

504 ㄱ. HCl 은 H_2O 에 H^+ 을 줄 수 있으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. $\text{HNO}_3(aq)$ 에도 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킬 수 있는 H^+ 이 존재하므로 $\text{HCl}(aq)$ 대신 $\text{HNO}_3(aq)$ 을 사용해도 실험 결과는 같다.

바로알기 ㄴ. $\text{HCl}(aq)$ 속 H^+ 이 (-)극 쪽으로 이동하면서 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키므로 실에서부터 (-)극 쪽으로 색이 변한다.

505 H_2A 1개는 수용액에서 이온화하여 H^+ 2개와 A^{2-} 1개를 생성한다. ➔ ☆은 H^+ , ●은 A^{2-} 이다.



ㄱ. ☆은 H^+ , △는 B^{2+} 으로 모두 양이온이다.

ㄴ. (가)는 산성 용액으로 $\text{Mg}(s)$ 을 넣어 주면 H^+ 이 전자를 얻어 $\text{H}_2(g)$ 로 발생하므로 ☆의 수가 줄어든다.

ㄷ. (나)가 염기성을 띠는 것은 OH^- 인 ■ 때문이다.

506 아레니우스 염기는 수용액에서 OH^- 을 내놓는 물질이다. NaOH 은 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기를 포함하는 반응(A)은 (가)이다.

브뢴스테드·로리 염기는 다른 물질로부터 H^+ 을 받는 물질이다. (나)에서 H_2O 은 HF 로부터 H^+ 을 받아 H_3O^+ 을 생성하므로 H_2O 은 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. (다)에서 NH_3 는 HCl 로부터 H^+ 을 받아 NH_4^+ 을 생성하므로 NH_3 는 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. 따라서 브뢴스테드·로리 염기를 포함하는 반응(B)은 (나), (다)이다.

507 (가)에서 H_2O 은 HS^- 으로부터 H^+ 을 받아 H_3O^+ 을 생성하므로 H_2O 이 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

(나)에서 CO_3^{2-} 은 H_2O 로부터 H^+ 을 받아 HCO_3^- 을 생성하므로 CO_3^{2-} 이 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

(다)에서 H_2O 은 CH_3COOH 으로부터 H^+ 을 받아 H_3O^+ 을 생성하므로 H_2O 이 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

508 (가)에서 H^+ 을 내놓는 브뢴스테드·로리 산은 H_2PO_4^- 이고, H^+ 을 받는 브뢴스테드·로리 염기는 H_2O 이다.

(나)에서 H^+ 을 내놓는 브뢴스테드·로리 산은 H_2O 이고, H^+ 을 받는 브뢴스테드·로리 염기는 H_2PO_4^- 이다. 따라서 H_2PO_4^- 과 H_2O 은 산으로도 작용하고 염기로도 작용하는 양쪽성 물질이다.

모범 답안 H_2PO_4^- , H_2O , H_2PO_4^- 은 (가)에서 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고 (나)에서 브뢴스테드·로리 염기로 작용하기 때문이다. H_2O 은 (가)에서 브뢴스테드·로리 염기로 작용하고 (나)에서 브뢴스테드·로리 산으로 작용하기 때문이다.

509 ㄱ. (가)의 정반응에서 NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄴ. (가)에서 H_2O 이 NH_3 에게 H^+ 을 내놓아 OH^- 으로 되므로 H_2O 과 OH^- 은 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 짝산-짝염기이다. 즉 OH^- 은 H_2O 의 짝염기이고, H_2O 은 OH^- 의 짝산이다.

ㄷ. (나)에서 HCl 은 수용액에서 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

바로알기 ㄹ. (나)에서 H_2O 은 HCl 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

510 ① HS^- 은 다른 물질에게 H^+ 을 내놓아 S^{2-} 이 될 수 있고, 다른 물질로부터 H^+ 을 받아 H_2S 가 될 수도 있다. 따라서 HS^- 은 브뢴스테드·로리 산으로도 염기로도 모두 작용할 수 있는 양쪽성 물질이다.

바로알기 ② CO_3^{2-} 은 다른 물질로부터 H^+ 을 받아 HCO_3^- 으로 될 수 있으나 다른 물질에게 H^+ 을 내놓을 수 없으므로 양쪽성 물질이 될 수 없다.

③ H_3O^+ 은 다른 물질에게 H^+ 을 내놓아 H_2O 이 될 수 있으나 다른 물질로부터 H^+ 을 받을 수 없으므로 양쪽성 물질이 될 수 없다.

④ NH_4^+ 은 다른 물질에게 H^+ 을 내놓아 NH_3 가 될 수 있으나 다른 물질로부터 H^+ 을 받을 수 없으므로 양쪽성 물질이 될 수 없다.

⑤ CH_3COOH 은 다른 물질에게 H^+ 을 내놓아 CH_3COO^- 이 될 수 있으나 다른 물질로부터 H^+ 을 받을 수 없으므로 양쪽성 물질이 될 수 없다.

511 ④ (라)에서 NH_3 는 HCO_3^- 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

⑤ (라)에서 HCO_3^- 이 H^+ 을 내놓으면 CO_3^{2-} 이 되고, CO_3^{2-} 이 H^+ 을 받으면 HCO_3^- 이 되므로 HCO_3^- 과 CO_3^{2-} 은 짝산-짝염기이다.

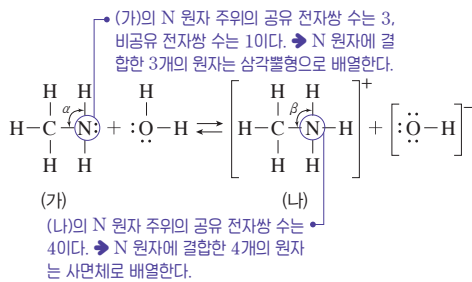
바로알기 | ① (가)에서 NH_3 는 수용액에서 H^+ 을 내놓지 않으므로 아레니우스 산이 아니다.

② (나)에서 HCN 는 H_2O 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

③ (다)에서 HCO_3^- 은 H_3O^+ 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

④ H_2O 은 (가)에서는 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고, (나)에서는 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. HCO_3^- 은 (다)에서는 브뢴스테드·로리 염기로 작용하고, (라)에서는 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다. 따라서 (가)~(라)의 반응물 중 양쪽성 물질은 H_2O 과 HCO_3^- 으로 2가지이다.

512



ㄷ. (가)가 H^+ 을 받으면 (나)가 되므로 (나)는 (가)의 짝산이다.

바로알기 | ㄴ. 결합각은 α 가 β 보다 작다.

ㄹ. (가)는 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

513 ㄴ. (가)의 반응에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 X의 화학식을 완성하면 HNO_3 이다. (가)에서 $\text{X}(\text{HNO}_3)$ 는 수용액에서 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

ㄷ. (나)의 반응에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 Y의 화학식을 완성하면 H_2O 이다. (나)에서 $\text{Y}(\text{H}_2\text{O})$ 는 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄹ. $\text{X}(\text{HNO}_3)$ 와 $\text{Y}(\text{H}_2\text{O})$ 가 반응할 때 H_2O 은 HNO_3 에게 H^+ 을 받아 H_3O^+ 이 되므로 $\text{Y}(\text{H}_2\text{O})$ 는 브뢴스테드·로리 염기이다.

21 물의 자동 이온화와 pH

빈출 자료 보기

147쪽

514 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) × (8) ×

514 **바로알기** | (1) pH가 7 이하인 산성 용액은 (가) 1가지이다.
 (5) (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$, (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 10^4 배이다.
 (7) 온도가 같으면 수용액에서 물의 자동 이온화 상수(K_w)는 같다.
 (8) pOH는 (가)가 11이고, (나)가 7이다. pOH가 1만큼 작을수록 $[\text{OH}^-]$ 는 10배만큼 크므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (가)의 10000배이다.

난이도별 필수 기출

148~151쪽

515 ③ 516 ⑤ 517 ⑤ 518 ③ 519 ② 520 ④
 521 ② 522 ② 523 ② 524 ① 525 해설 참조
 526 ③ 527 ② 528 ⑤ 529 ③ 530 ③
 531 ④, ⑤

515 ㄴ. 어느 한 H_2O 분자가 H^+ 을 내놓고 OH^- 이 되면 어느 한 H_2O 분자는 H^+ 을 받아 H_3O^+ 이 되므로 평형 상태에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다.
 ㄷ. 순수한 물에서 물 분자 중 극히 일부만 자동 이온화하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 매우 작다.

바로알기 | ㄷ. 물의 자동 이온화 정도는 온도에 따라 다르므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱은 온도에 따라 다르다.

516 ㄴ. 어느 한 H_2O 분자가 H^+ 을 내놓고 OH^- 이 되면 어느 한 H_2O 분자는 H^+ 을 받아 H_3O^+ 이 되므로 H_2O 은 브뢴스테드·로리 산과 염기로 모두 작용한다.

ㄷ. 25 °C에서 물이 자동 이온화하여 생성된 H_3O^+ 의 몰 농도(M)와 OH^- 의 몰 농도(M) 곱을 나타낸 이온화 상수(K_w)가 1.0×10^{-14} 이므로 25 °C 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다.

ㄹ. 25 °C 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

517 ① 온도가 높을수록 K_w 가 커지므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 25 °C일 때가 10 °C일 때보다 크다. 따라서 pH는 25 °C일 때가 10 °C일 때보다 작다.

② K_w 는 50 °C일 때가 10 °C일 때보다 크므로 순수한 물에서 전체 이온 수는 50 °C일 때가 10 °C일 때보다 크다.

③ t °C일 때 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-15}$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 15$ 이다.

④ t °C일 때 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-15}$ 이고 중성 용액에서는 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7.5}$ 이다. 산성 용액에서는 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{OH}^-] < 1.0 \times 10^{-7.5} \text{ M}$ 이다.

⑥ 50 °C일 때 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 5.5 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH는 7보다 작다.

바로알기 | ⑤ 10 °C일 때 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 2.9 \times 10^{-15}$ 이고 중성 용액에서는 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다. 따라서 pH가 7인 용액은 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 10 °C일 때 산성 용액이다.

518 ㄴ. 25 °C에서 수용액의 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고, (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.
 ㄷ. (가)의 pH는 3이고, (나)의 pH는 5이므로 pH는 (가) < (나)이다.

바로알기 | ㄷ. (나)에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이다. 따라서 (나)는 산성이다.

519 ㄷ. (나)의 pH=5이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.

ㄹ. (다)와 (라) 수용액의 온도가 25 °C로 같으므로 두 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 값은 K_w 와 같다.

바로알기 | ㄴ. 25 °C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이다. 이로부터 pOH는 (가)가 11, (나)가 9이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (가)가 $1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$, (나)가 $1.0 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (가)의 100배이다.

ㄷ. (나)는 pH가 5인 산성 용액이므로 증류수를 넣어 희석하더라도 pH가 8인 염기성 용액이 되지는 않는다.

520 25 °C에서 수용액 속 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}
$[\text{OH}^-](\text{M})$	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-10}
pH	8	6	4
pOH	6	8	10

• $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고, 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이다.

ㄴ. (가)~(다)의 pOH는 각각 6, 8, 10이므로 pOH는 (다)가 가장 크다.
 ㄷ. (나)와 (다)는 모두 산성 용액이므로 (나)와 (다)를 혼합한 용액은 산성이다.

바로알기 | ㄱ. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 1.0×10^{-8} M, (나)가 1.0×10^{-6} M 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)가 (가)의 100배이다.

521

용액	(가)	(나)	(다)
부피	600 mL	3.0 L	200 mL
pH	2	3	4
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-4}
H_3O^+ 의 양 (mol)	6×10^{-3}	3×10^{-3}	2×10^{-5}

ㄴ. H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이다.

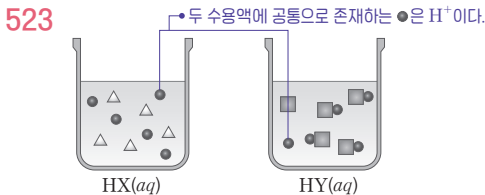
바로알기 | ㄱ. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (다)의 100배이다.

ㄷ. (가)~(다) 모두 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 1.0×10^{-7} M보다 크므로 $[\text{OH}^-]$ 는 모두 1.0×10^{-7} M보다 작다.

522 ㄴ. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.2$ M이고, $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-14}$ M이다.

바로알기 | ㄱ. 0.2 M HCl(aq) 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.2$ M이므로 $\text{pH} = 1 - \log 2 = 1 - 0.3 = 0.7$ 이다.

ㄷ. 물을 더 넣으면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 감소하므로 $[\text{OH}^-]$ 는 증가한다.

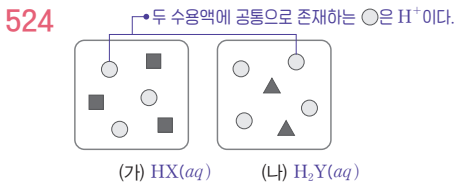


ㄱ. 같은 부피의 수용액 속 H^+ 수는 $\text{HX(aq)} > \text{HY(aq)}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 $\text{HX(aq)} > \text{HY(aq)}$ 이고, pH는 $\text{HX(aq)} < \text{HY(aq)}$ 이다.

ㄴ. pH는 $\text{HX(aq)} < \text{HY(aq)}$ 이고 $\text{pOH} = 14 - \text{pH}$ 이므로 pOH는 $\text{HX(aq)} > \text{HY(aq)}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-]$ 는 $\text{HX(aq)} < \text{HY(aq)}$ 이다.

바로알기 | ㄷ. 같은 부피에 녹인 HX와 HY 분자 수는 5로 같으므로 두 수용액의 몰 농도(M)는 같다.

ㄹ. 두 수용액의 온도가 같으므로 물의 이온화 상수(K_w)는 같다.



ㄱ. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) < (나)이므로 pH는 (가) > (나)이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에 녹인 HX 입자 수가 3일 때 (나)에 녹인 H_2Y 입자 수는 2이다. 즉 두 수용액의 부피가 같으므로 몰 농도(M)의 비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 같은 부피 속 H_3O^+ 의 몰비는 (가) : (나) = 3 : 4이다. 따라서 (가) 40 mL 속 H_3O^+ 의 양(mol)과 (나) 30 mL 속 H_3O^+ 의 양(mol)은 같다. 이때 부피는 (가) 40 mL > (나) 30 mL이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) 40 mL < (나) 30 mL이다. 따라서 pH는 (가) 40 mL > (나) 30 mL이므로 pOH는 (가) 40 mL < (나) 30 mL이다.

다른 해설 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) < (나)이며, 부피가 달라져도 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 변하지 않는다. 따라서 pH는 (가) 40 mL > (나) 30 mL이고, 따라서 pOH는 (가) 40 mL < (나) 30 mL이다.

525 **모범 답안** 수용액 1 L에 녹아 있는 OH^- 의 양(mol)이 2.5×10^{-5} mol이므로 $[\text{OH}^-] = 2.5 \times 10^{-5}$ M이다. 25 °C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-5}} = 4 \times 10^{-10}$ (M)이다.

526 0.01 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 1 L 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.02$ M이고 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 5.0 \times 10^{-13}$ M이다.

527 (가) $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-12}$ M인 HBr(aq) 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-2}$ M이므로 pH는 2이다.

(나) 2가 염기인 0.05 M $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 속 $[\text{OH}^-] = 0.1$ M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-13}$ M이다. 따라서 pH는 13이다.

(다) pOH가 4인 수용액 속 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-4}$ M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-10}$ M이고 pH는 10이다.

따라서 (가)~(다)의 pH는 (가) < (다) < (나)이다.

528 제시된 물질의 pH와 pOH는 표와 같다.

물질	사이다	커피	달걀 흰자	하수구 세정제
pH	3	5	8	12
pOH	11	9	6	2

ㄱ. pOH가 가장 큰 것은 사이다이다.

ㄴ. $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 인 물질은 달걀 흰자와 하수구 세정제이다.

ㄷ. pOH는 커피가 사이다보다 2만큼 작으므로 $[\text{OH}^-]$ 는 커피가 사이다의 100배이다.

529 NaOH 0.002 g의 양(mol)은 5×10^{-5} mol이고 수용액의 부피가 0.5 L이므로 수용액 속 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-4}$ M이다. 즉 pOH는 4이다. 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 pH는 10이다.

530 ㄱ. 0.1 M NaOH(aq) 100 mL 속 NaOH의 양(mol)은 0.01 mol이므로 증류수를 가해 희석한 수용액 (나)에서 NaOH(aq)의 몰 농도(M)는 0.01 M이다.

ㄷ. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 1.0×10^{-13} M이고, (나)가 1.0×10^{-12} M이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{10}$ 배이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 $[\text{OH}^-] = 0.1$ M이고 (나)의 $[\text{OH}^-] = 0.01$ M이므로 pOH는 (가)가 1, (나)가 2이다.

531 ① 순수한 물에서 H_2O 이 자동 이온화하여 H_3O^+ 과 OH^- 을 내놓으므로 OH^- 이 존재한다.

② pH가 3인 수용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3}$ M이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-11}$ M이다.

③ (나)에 물을 넣으면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 감소하므로 pH가 증가하고 pOH는 감소한다.

⑥ (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3}$ M이므로 (나) 50 mL 속 H_3O^+ 의 양(mol)은 5×10^{-5} mol이다. 또한 (다)에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2}$ M이므로 5 mL 속 OH^- 의 양(mol)은 5×10^{-5} mol이다. 따라서 (나) 50 mL와 (다) 5 mL를 혼합한 용액은 중성 용액이므로 pH는 7이다.

바로알기 | ④ (다)의 pH가 12이므로 pOH는 2이다. 즉 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2}$ M이고, NaOH(aq)의 몰 농도(M)는 1.0×10^{-2} M이다.

⑤ (라)에서 0.01 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.02$ M이다. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3}$ M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (라)가 (나)의 20배이다.

2 중화 반응

빈출 자료 보기

153쪽

532 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) × (8) × (9) ×

532 (1) NaOH(aq) 80 mL에 HCl(aq)을 조금씩 넣을 때 그 수가 감소하는 C는 NaOH(aq) 속 OH⁻이고, 일정 구간 존재하지 않다가 어느 순간부터 그 수가 증가하는 D는 H⁺이므로 C와 D는 반응에 참여하는 이온이다.

(2) (나)에서 OH⁻인 C의 수가 0이 되므로 (나)는 중화점이다.

(4) B는 넣어 준 HCl(aq)의 부피에 관계없이 그 수가 일정하므로 반응에 참여하지 않는 Na⁺이다.

(5) NaOH(aq) 속 OH⁻이 넣어 준 H⁺ 수만큼 반응하여 소모될 때 소모된 OH⁻ 수만큼 Cl⁻이 첨가되므로 중화점까지 전체 이온 수는 같다.

(6) (가)는 중화점 이전, (나)는 중화점, (다)는 중화점 이후 용액이므로 생성된 물 분자 수는 (가) < (나) = (다)이다.

바로알기 | (3) NaOH(aq) 80 mL를 완전 중화시키는 데 사용된 HCl(aq)의 부피가 40 mL이므로 물 농도(M)는 HCl(aq)이 NaOH(aq)의 2배이다.

(7) (가)는 중화 반응이 절반 진행된 지점이고, B는 구경꾼 이온이므로 (가)에서 생성된 물의 양(mol)은 B의 양(mol)의 절반이다.

(8) (다)는 중화점 이후 HCl(aq)을 10 mL 더 넣어 준 지점이다. (나)는 중화점이므로 B(Na⁺)의 수와 A(Cl⁻)의 수는 같다. 또한 (다)는 산성 용액이므로 전체 이온 수는 HCl(aq) 50 mL에 들어 있는 이온 수와 같다. (다)에서 전체 이온 수를 5N이라고 하면 B의 수는 2N이므로 전체 이온 수는 B의 수의 2.5배이다.

(9) Na⁺의 수는 (가)와 (나)에서 같고, Cl⁻의 수는 (나)가 (가)의 2배이므로 $\frac{\text{Na}^+\text{의 수}}{\text{Cl}^-\text{의 수}}$ 는 (가)가 (나)의 2배이다.

난이도별 필수 기출

154~163쪽

533 ③ 534 ③ 535 알짜 이온 반응식: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$, 구경꾼 이온: $\text{Ca}^{2+}, \text{Cl}^-$ 536 ⑤ 537 ② 538 ②
539 ⑤ 540 ③ 541 ② 542 ② 543 ① 544 ⑤
545 ① 546 ③ 547 ④ 548 ② 549 ④ 550 ①
551 ⑤ 552 ③ 553 ① 554 ① 555 ③ 556 ③
557 ① 558 ③ 559 ④ 560 ⑤ 561 ① 562 ③
563 ② 564 ④, ⑥ 565 ① 566 ① 567 ①
568 ④ 569 해설 참조 570 해설 참조 571 ③
572 ⑥ 573 ① 574 ③

533 ㄱ. 석회 가루는 생석회(CaO)가 주성분으로 물에 녹아 염기성을 띠므로 산성화된 토양에 뿌려 중화시킨다.

ㄴ. 소다는 물에 녹아 염기성을 띠므로 김치의 신맛을 내는 젖산을 중화시킨다.

바로알기 | ㄷ. 머리카락의 주성분은 단백질이므로 염기가 주성분인 하수구 세정제를 사용하여 녹인다. 이는 염기의 성질을 이용한 사례이다.

534 ㄱ. 0.1 M HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)은 0.01 mol이고, 0.2 M Ca(OH)₂(aq) 50 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)은 $2 \times 0.2 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 산이 내놓은 H⁺와 염기가 내놓은 OH⁻은 1 : 1의 몰비로 반응하여 H₂O를 생성하므로 생성된 H₂O의 양(mol)은 0.01 mol이다.

ㄴ. 혼합 용액 속에는 반응하지 않고 남은 OH⁻이 존재하므로 혼합 용액은 염기성이다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띤다.

바로알기 | ㄷ. 혼합 용액은 염기성이며, 여기에 염기인 NaOH(aq)을 더 넣어 주면 용액에는 구경꾼 이온인 Ca²⁺, Cl⁻, Na⁺ 외에도 중화 반응에 참여하는 OH⁻이 존재한다.

535 반응에 실제로 참여한 이온들만으로 중화 반응을 나타내면 $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$ 이다. 반응에 참여하지 않고 반응 전후 그대로 남아 있는 구경꾼 이온은 Ca²⁺과 Cl⁻이다.

모범 답안 알짜 이온 반응식: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
구경꾼 이온: Ca²⁺, Cl⁻

536 0.1 M H₂SO₄(aq) 200 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)은 $2 \times 0.1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$, 0.3 M NaOH(aq) 300 mL에 들어 있는 OH⁻의 양(mol)은 $1 \times 0.3 \text{ mol/L} \times 0.3 \text{ L} = 0.09 \text{ mol}$ 이다. 산이 내놓은 H⁺과 염기가 내놓은 OH⁻은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 혼합 용액에는 반응하지 않고 남은 OH⁻이 0.05 mol 존재한다. 또한 혼합 용액의 부피는 0.5 L이므로 [OH⁻] = 0.1 M이다. 이로부터 pOH = 1이고, 25 °C에서 pH + pOH = 14이므로 pH = 13이다.

537 ㄷ. 0.02 M HCl(aq) 50 mL에 들어 있는 H⁺의 양(mol)은 $1 \times 0.02 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.001 \text{ mol}$ 이다. 이 양은 (나) 속 OH⁻의 양(mol)과 같으므로 (나)에 0.02 M HCl(aq) 50 mL를 넣어 주면 혼합 용액은 중성이 된다.

바로알기 | ㄱ. Na(s)와 H₂O(l)의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.
 $2\text{Na(s)} + 2\text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{H}_2\text{(g)} + 2\text{Na}^+\text{(aq)} + 2\text{OH}^-\text{(aq)}$
Na의 원자량이 23이므로 23 mg의 양(mol)은 0.001 mol이다. 이때 반응 몰비는 Na : H₂ = 2 : 1이므로 생성되는 기체(H₂)의 양(mol)은 0.0005 mol이다.

ㄴ. 반응 후 용액 속 OH⁻의 양(mol)은 반응한 Na의 양(mol)과 같은 0.001 mol이다. 이때 증류수를 첨가하여 수용액의 부피가 1 L가 되었으므로 용액 속 [OH⁻] = 0.001 M이다. 이로부터 pOH = 3이고 25 °C에서 pH + pOH = 14이므로 (나)의 pH = 11이다.

538 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 몰 농도(M)의 비가 1 : 2이므로 2 : 1의 부피비로 완전 중화된다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)
HCl(aq)(mL)	10	25	30	40
NaOH(aq)(mL)	40	25	20	10
반응한 HCl(aq)의 부피(mL)	10	25	30	20
반응한 NaOH(aq)의 부피(mL)	5	12.5	15	10

ㄷ. 몰 농도(M)는 NaOH(aq)이 HCl(aq)의 2배이므로 혼합 용액 속 전체 이온 수는 NaOH(aq)이 가장 많이 남은 (가)에서 가장 크다.

바로알기 | ㄱ. 반응한 HCl(aq)의 부피는 (가)에서 10 mL이고 (라)에서 20 mL이므로 생성된 물 분자 수는 (라)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. (가), (나), (다)에서는 NaOH(aq)이 각각 35 mL, 12.5 mL, 5 mL 남고, (라)에서는 HCl(aq)이 20 mL 남는다. 따라서 산성 용액은 (라) 1가지이다.

539 ㄱ. NaOH(aq) 과 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 은 같은 부피로 완전 중화되고, H_2SO_4 은 2가 산이므로 몰 농도(M)의 비는 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) : \text{NaOH(aq)} = 1 : 2$ 이다.

ㄴ. A~C 중 완전 중화된 용액이 B이므로 혼합 용액의 온도는 B가 가장 높다.

ㄷ. A에서는 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 이 남고, C에서는 NaOH(aq) 이 남는다. 즉 A~C의 액성은 각각 산성, 중성, 염기성이므로 pH는 $A < B < C$ 이다.

540 (가)에서 0.2 M HCl(aq) 10 mL와 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $(1 \times 0.2 \times 10 + 2 \times 0.1 \times 30) \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다. (나)에서 0.3 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.3 \times 20 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다. 따라서 과정 (나)가 끝난 혼합 용액에는 H^+ 이 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 존재하므로 완전 중화시키기 위해서는 $\text{OH}^- 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이 필요하다.

③ 0.1 M $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $2 \times 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다.

바로알기 | ①, ② 산 수용액이므로 중화시킬 수 없다.

④ 0.1 M KOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다.

⑤ 0.1 M NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 \times 15 \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다.

541 ㄴ. (가)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.2 mol이고 (나)에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 0.2 mol이다. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 (다)에서 생성된 물의 양(mol)은 0.2 mol이다.

바로알기 | ㄱ. (가) 용액은 전기적으로 중성이므로 입자 A의 전하는 -2이다.

ㄷ. (가)는 산성 용액이고, (다)는 중성 용액이므로 pOH는 (가) > (다)이다.

542

• (가)와 (다)에 공통으로 들어 있는 ○은 H^+ 이다.
 → (가)와 (다)는 각각 HCl(aq) , $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 중 하나이다.

(가) (나) (다)

• (나)는 NaOH(aq) 이다.

ㄴ. 수용액의 pH는 염기성 용액인 (나)가 가장 크고, H^+ 의 농도가 작은 (다)가 (가)보다 크다. 따라서 수용액의 pH는 (가) < (다) < (나)이다.

바로알기 | ㄱ. (나)는 염기성 용액이므로 Mg(s) 을 넣어도 기체가 발생하지 않는다.

ㄷ. (가)에는 H^+ 수가 4, (나)에는 OH^- 수가 3, (다)에는 H^+ 수가 2 들어 있다. 산이 내놓은 H^+ 과 염기가 내놓은 OH^- 은 1 : 1의 개수비로 반응하므로 (가)와 (나)를 혼합하면 총 이온 수는 8이다. (가)와 (다)는 모두 산성 용액으로 서로 반응하지 않으므로 이온 수는 각 용액 속 이온 수의 합인 12이다.

543

■: Na^+
 ○: OH^-
 △: Cl^-

• Na^+ , Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 반응 전후 그 양(mol)이 같다.

• 용액 속 이온 수비는 $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 3 : 2$ 이다.
 → 혼합 전 용액 속 이온 수비는 $\text{OH}^- : \text{H}^+ = 3 : 2$ 이다.

ㄱ. 용액 속 이온 수비는 $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 3 : 2$ 이므로 혼합 전 0.1 M HCl(aq) 300 mL 속 H^+ (또는 Cl^-)과 0.2 M NaOH(aq) x mL 속 OH^- (또는 Na^+)의 몰비는 2 : 3이다. 이때 혼합 전 0.1 M HCl(aq) 300 mL 속 H^+ (또는 Cl^-)의 양(mol)이 0.03 mol이므로 혼합 전 0.2 M NaOH(aq) x mL 속 OH^- (또는 Na^+)의 양(mol)은 0.045 mol이다. 즉 $1 \times 0.2 \text{ mol/L} \times x \times 10^{-3} \text{ L} = 0.045 \text{ mol}$ 이므로 이 식을 풀면 $x = 225$ 이다.

바로알기 | ㄴ. 혼합 용액이 염기성이므로 생성된 물의 양(mol)은 산 수용액 속 H^+ 의 양(mol)과 같은 0.03 mol이다.

ㄷ. 혼합 용액에 들어 있는 OH^- 의 양은 $(0.045 - 0.03) \text{ mol} = 0.015 \text{ mol}$ 이다. 0.1 M HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.01 mol이므로 혼합 용액에 0.1 M HCl(aq) 100 mL를 넣으면 OH^- 이 남아 염기성 용액이 된다.

544 (가)와 (나)에서 각 이온의 총 이온 수는 다음과 같다.

	(가)	(나)	변화량
▲	$6 \times 20 = 120$	$4 \times 30 = 120$	일정
□	$6 \times 20 = 120$	$1 \times 30 = 30$	90 감소
●		$3 \times 30 = 90$	90 증가

이온 수가 일정한 ▲은 Cl^- , 감소한 □은 H^+ , 증가한 ●은 Na^+ 이다.

ㄱ. HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수가 120일 때 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수가 90이므로 단위 부피당 이온 수비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 60 : 90 = 2 : 3$ 이다.

ㄴ. (나)에 NaOH(aq) 10 mL를 추가하면 Na^+ 수와 OH^- 수가 90씩 추가되므로 (다)에서 OH^- 수는 60이다. 즉 (다)는 염기성 용액이므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.

ㄷ. (다)에서 Na^+ 수는 180이고, OH^- 수는 60이므로 $\frac{\text{Na}^+ \text{ 수}}{\text{OH}^- \text{ 수}} = 3$ 이다.

545

• (가), (나)에서 NaOH(aq) 의 부피가 같으므로 (가)에서는 HCl(aq) 이, (나)에서는 NaOH(aq) 이 모두 반응한다.

OH⁻ 이 남음

H⁺ 이 남음

혼합 용액	(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)		
HCl(aq)	100	200
NaOH(aq)	200	200
중화 반응에서 생성된 물의 양(mol)	0.04	0.06

• 생성된 물의 양(mol)이 (나)가 (가)의 1.5배이다.
 → 반응한 산과 염기의 양이 (나)가 (가)의 1.5배이다.

ㄱ. (가)에서 HCl(aq) 이 모두 반응하고 NaOH(aq) 이 남는다. 따라서 (가)는 염기성이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 HCl(aq) 100 mL가 반응할 때 생성된 물의 양(mol)이 0.04 mol이고, (나)에서 생성된 물의 양(mol)은 (가)의 1.5배이므로 반응한 HCl(aq) 의 부피는 (가)의 1.5배인 150 mL이다. 즉 HCl(aq) 150 mL와 NaOH(aq) 200 mL가 완전 중화되므로 HCl(aq) 150 mL와 NaOH(aq) 200 mL를 혼합한 용액은 중성이다.

ㄷ. HCl(aq) 150 mL와 NaOH(aq) 200 mL가 반응하면 완전 중화되므로 몰 농도(M)의 비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 4 : 3$ 이다. 이때 (가)는 염기성이고, (나)는 산성이므로 (가)의 총 이온 수는 혼합 전 NaOH(aq) 에 들어 있는 총 이온 수와 같고 (나)의 총 이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 에 들어 있는 총 이온 수와 같다. 따라서 총 이온 수는 (가)가 (나)의 $\frac{3}{4}$ 배이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			단위 부피당 생성된 물 분자 수	생성된 물 분자 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	KOH(aq)		
(가)	10	5	0	2N	30N
(나)	5	0	5	6N	60N
(다)	15	10	5	5N	150N

HCl(aq)의 양은 (가)가 (나)의 2배인데 생성된 물의 양은 (나)가 (가)의 2배이므로 (가)의 NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 30N이다. (다)에서 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 60N이므로 KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 90N 이상이다. 따라서 (나)에서 HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 60N이다.

(다)에서 HCl(aq) 15 mL에 들어 있는 H⁺ 수가 180N이므로 KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 90N이다.

ㄱ. (나)에서 HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 60N이고, KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 90N이므로 (나)에는 반응하지 않고 남은 OH⁻이 30N 들어 있다. 즉 (나)는 염기성이다.

ㄴ. HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 60N이고, NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 30N이다. 같은 부피 속에 들어 있는 이온 수는 HCl(aq)이 NaOH(aq)의 2배이므로 몰 농도(M)의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1이다.

바로알기 | ㄷ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 120N이고, NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 30N이므로 (가)에는 H⁺이 90N 남아 있다. 한편 (나)에는 OH⁻이 30N 남아 있고, (다)에는 H⁺이 30N 남아 있다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합할 때와 (나)와 (다)를 혼합할 때 추가로 생성되는 물 분자 수는 30N으로 같다.

547 Na⁺은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액 속 Na⁺ 수는 NaOH(aq)의 부피에 비례한다. 따라서 (가)에서 Na⁺ 수를 5N이라고 하면 (나)에서 Na⁺ 수는 2N이다. (나)에서 Na⁺ 수가 2N이므로 H⁺ 수는 10N이고, 혼합 전 HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 12N이다. (가)에서 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 3N이고, NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 OH⁻ 수는 5N이다.

④ 각 수용액 100 mL에 들어 있는 양이온 수는 HCl(aq)이 15N, NaOH(aq)이 5N이므로 혼합 전 단위 부피당 이온 수비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 3 : 1이다.

바로알기 | ① (가)에는 반응하지 않은 OH⁻이 2N 남아 있으므로 (가)는 염기성이다.

② (가)는 염기성, (나)는 산성이므로 혼합 용액 속 총 이온 수는 (가)에서는 반응 전 NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 총 이온 수와 같고, (나)에서는 반응 전 HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 총 이온 수와 같다. 즉 NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 총 이온 수는 10N이고, HCl(aq) 80 mL에 들어 있는 총 이온 수는 24N이므로 총 이온 수비는 (가) : (나) = 10N : 24N = 5 : 12이다.

③ 생성된 물 분자 수는 (가)에서 3N, (나)에서 2N이므로 생성된 물 분자 수비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.

⑤ (가)와 (나)를 혼합하면 NaOH(aq) 140 mL와 HCl(aq) 100 mL가 반응한다. 즉 OH⁻ $5N \times \frac{140}{100} = 7N$ 과 H⁺ $3N \times \frac{100}{20} = 15N$ 이 반응하므로 혼합 용액은 산성이 된다.

⑥ Na⁺과 Cl⁻은 구경꾼 이온이므로 반응에 참여하지 않고, 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 용액에 존재하는 Na⁺과 Cl⁻의 개수비는 Na⁺ : Cl⁻ = 7N : 15N = 7 : 15이다.

혼합 용액의 액성과 총 이온 수

- 산성 용액: 혼합 용액의 액성이 산성이고 반응한 산과 염기가 모두 1개인 경우, 용액 속 총 이온 수는 혼합 전 산 수용액 속 총 이온 수와 같다.
- 염기성 용액: 혼합 용액의 액성이 염기성이고 반응한 산과 염기가 모두 1개인 경우, 용액 속 총 이온 수는 혼합 전 염기 수용액 속 총 이온 수와 같다.
- 중성 용액: 혼합 용액의 액성이 중성이고 반응한 산과 염기가 모두 1개인 경우, 용액 속 총 이온 수는 혼합 전 산 수용액 또는 염기 수용액 속 총 이온 수와 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			단위 부피당 이온 수	총 이온 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	KOH(aq)		
(가)	10	0	20	2N	60N
(나)	10	10	0	5N	100N
(다)	10	10	20	3N	120N

(나)와 (다)에서 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 부피가 같고, 총 이온 수는 (다)가 (나)보다 20N만큼 크다. 따라서 KOH(aq) 20 mL에 들어 있는 총 이온 수는 20N이다. 즉 K⁺, OH⁻ 수는 각각 10N이다.

(가)의 총 이온 수가 60N이므로 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 총 이온 수는 60N이다. 즉 H⁺, Cl⁻ 수는 각각 30N이다.

(나)의 총 이온 수가 100N이므로 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 총 이온 수는 100N이다. 즉 Na⁺, OH⁻ 수는 각각 50N이다.

ㄷ. (다)에는 반응하지 않고 남은 OH⁻이 30N 있고, HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺ 수는 30N이므로 (다)에 HCl(aq) 10 mL를 혼합한 용액은 중성이다.

바로알기 | ㄱ. 각 수용액 10 mL에 들어 있는 총 이온 수는 KOH(aq)이 10N이고, HCl(aq)이 60N이다. 따라서 몰 농도(M)의 비는 HCl(aq) : KOH(aq) = 6 : 1이다.

ㄴ. (가)에는 반응하지 않고 남은 H⁺이 20N 있고, (나)에는 반응하지 않고 남은 OH⁻이 20N 있다. 즉 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 중성이다.

549 (가)를 산성이라고 하면, 혼합 용액 속 전체 이온 수는 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수와 같으므로 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 20N이고, (나)에서 전체 이온 수는 40N 이상이 되어야 하므로 모순이다. 따라서 (가)는 염기성이고, 생성된 물 분자 수가 9N이므로 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺, Cl⁻ 수는 각각 9N이다.

(나)에서 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 36N이고 생성된 물 분자 수가 16N이므로 (나)는 산성이다.

ㄴ. (가)에서 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH⁻ 수를 a, KOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH⁻ 수를 b라고 하자.

(가)는 염기성이므로 (가)에서 전체 이온 수는 혼합 전 염기 수용액 속 전체 이온 수와 같다. 따라서 a + 3b = 10N이다. ...①

(나)는 산성이므로 염기 수용액 속 OH⁻ 수는 생성된 물 분자 수와 같은 16N이다. 따라서 2a + 4b = 16N이다. ...②

①, ②를 풀면 a = 4N, b = 2N이다.

이로부터 각 수용액 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 HCl(aq)은 18N, NaOH(aq)은 8N, KOH(aq)은 4N이다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 HCl(aq)이 KOH(aq)의 4.5배이다.

ㄷ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺ 수와 Cl⁻ 수는 각각 9N이고, NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 Na⁺ 수와 OH⁻ 수는 각각 6N, KOH(aq) 30 mL에 들어 있는 K⁺ 수와 OH⁻ 수는 각각 6N이므로 각 수용액을 혼합한 용액은 염기성 용액이다.

따라서 혼합 용액에 들어 있는 양이온 수는 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 양이온 수의 합인 $12N$ 이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다.

550 (가)에서 Cl^- 수가 생성된 물 분자 수의 4배이므로 (가)는 산성 용액이다. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수를 각각 $4N$ 이라고 하면 NaOH(aq) x mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 N 이다.

(다)에서 HCl(aq) 15 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $6N$ 이고 생성된 물 분자 수는 $5N$ 이다. 즉 NaOH(aq) $2x$ mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 $2N$ 이므로 KOH(aq) x mL에 들어 있는 K^+ 수와 OH^- 수는 각각 $3N$ 이다.

ㄴ. (나)에서 HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $2N$ 이고, KOH(aq) x mL에 들어 있는 K^+ 수와 OH^- 수는 각각 $3N$ 이다. 따라서 (나)에서 용액 속 Cl^- 수와 생성된 물 분자 수는 모두 $2N$ 이므로 ㉠은 1이다.

바로알기 | ㄴ. x mL에 들어 있는 이온 수는 NaOH(aq) 이 $2N$ 일 때 KOH(aq) 은 $6N$ 이므로 같은 부피 속 이온 수는 KOH(aq) 이 NaOH(aq) 의 3배이다.

ㄷ. (나)에는 반응하지 않은 OH^- 수가 N 이고, (다)에는 반응하지 않은 H^+ 수가 N 이므로 (나)와 (다)를 혼합한 용액은 중성이다.

551 (가)와 (나)에서 생성된 물 분자 수가 같으므로 HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)가 $2N$ 이고, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수($=\text{Na}^+$ 수)가 $2N$ 이다.

ㄱ. NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 $3N$ 이므로 (가)에서 Na^+ 수는 $3N$, OH^- 수는 N , Cl^- 수는 $2N$ 이다. 따라서 ㉠은 Na^+ 이다.

ㄴ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $4N$ 이고, NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 N 이다. 따라서 (다)에서 $x=N$ 이다.

ㄷ. (다)에서 생성된 물 분자 수는 N 이므로 $y=N$ 이다.

552 (가)와 (나)는 각각 산성 또는 염기성이고, 염기의 부피가 (나)에서가 (가)에서의 2배이고 산의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배보다 작다. 그런데 염기가 2가 염기이므로 (나)에는 OH^- 이 남아 있다.

$1 \text{ M B(OH)}_2(\text{aq})$ 50 mL와 100 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 각각 $2 \times 1 \times 50 \times 10^{-3} = 0.1(\text{mol})$, $2 \times 1 \times 100 \times 10^{-3} = 0.2(\text{mol})$ 이다. 또한 $x \text{ M HA(aq)}$ 60 mL와 80 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 각각 $1 \times x \times 60 \times 10^{-3} = 0.06x(\text{mol})$, $1 \times x \times 80 \times 10^{-3} = 0.08x(\text{mol})$ 이다.

ㄱ, ㄴ. (나)에서 OH^- 의 양(mol)은 $0.2 - 0.08x = 2n(\text{mol}) \cdots ㉠$ 이다. 또한 (가)에서 산 수용액의 부피가 (나)의 절반보다 크므로 (가)에서 많은 이온은 H^+ 이다. 이로부터 (가)에서 H^+ 의 양(mol)은 $0.06x - 0.1 = n(\text{mol}) \cdots ㉡$ 이다.

①, ②를 풀면 $n=0.02$, $x=2$ 이다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 산성이므로 (가)에서 생성된 물의 양(mol)은 반응한 $1 \text{ M B(OH)}_2(\text{aq})$ 50 mL 속 OH^- 의 양(mol)과 같다. (나)는 염기성이므로 (나)에서 생성된 물의 양(mol)은 반응한 2 M HA(aq) 80 mL 속 H^+ 의 양(mol)과 같다. 따라서 (가)에서 생성된 물의 양은 $2 \times 1 \times 50 \times 10^{-3} = 0.1(\text{mol})$, (나)에서 생성된 물의 양은 $1 \times 2 \times 80 \times 10^{-3} = 0.16(\text{mol})$ 로, (나)가 (가)의 1.6배이다.

553 * (가)와 (나)에서 H^+ 또는 OH^- 수가 같고, 염기 수용액의 부피는 (가) < (나) 이다. $\rightarrow$ (가)에서는 H^+ 수가 $40N$ 이고, (나)에서는 OH^- 수가 $40N$ 이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			단위 부피당 H^+ 또는 OH^- 의 수	H^+ 또는 OH^- 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	KOH(aq)		
(가)	10	10	0	$2N$	$40N$
(나)	10	30	0	N	$40N$
(다)	10	30	10	N	$50N$
(라)	30	15	90	xN	

* (다)에서 OH^- 수가 $50N$ 이고, (나)는 염기성 용액이다.

ㄱ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수를 a , NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수를 b 라고 하면, (가)에서 $a-b=40N$, (나)에서 $3b-a=40N$ 이고, 이 식을 풀면 $a=80N$, $b=40N$ 이다. 따라서 (다)에서 KOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $10N$ 이다. 이로부터 총 이온 수는 (가)에서 $160N$, (나)에서 $240N$, (다)에서 $260N$ 이므로 총 이온 수비는 (가) : (나) : (다) = $8 : 12 : 13$ 이다.

바로알기 | ㄴ. HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $240N$, NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $60N$, KOH(aq) 90 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $90N$ 이다. 이로부터 (라)에 들어 있는 H^+ 수는 $90N$ 이고 혼합 용액의 부피가 135 mL이므로 단위 부피당 H^+ 수는 $\frac{90N}{135 \text{ mL}}$ 이다. 즉 x 는 2보다 작다.

ㄷ. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)는 $80N$, NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수($=\text{Na}^+$ 수)는 $120N$, KOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^- 수($=\text{K}^+$ 수)는 $20N$ 이다. 따라서 혼합 용액 속 OH^- 수는 $60N$ 이고, Na^+ 수 + K^+ 수 + Cl^- 수는 $220N$ 이므로 $\frac{\text{Na}^+ \text{ 수} + \text{K}^+ \text{ 수} + \text{Cl}^- \text{ 수}}{\text{H}^+ \text{ 수 또는 OH}^- \text{ 수}}$ 는 5보다 작다.

554 (가)가 산성이라면 HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 수는 혼합 용액 속 양이온 수와 같은 $2N$ 이고, (나)에서 HCl(aq) 20 mL 속 H^+ 수는 $4N$ 이 되므로 혼합 용액 속 양이온 수는 $4N$ 보다 커야 한다. 따라서 (가)는 염기성이고, NaOH(aq) 30 mL 속 Na^+ 수는 $2N$ 이다. (나)가 산성이라면 HCl(aq) 20 mL 속 H^+ 수는 N 이고, (다)에서 HCl(aq) 30 mL 속 H^+ 수는 $1.5N$ 이 되어 자료에 부합한다. (나)가 염기성이라면 KOH(aq) 15 mL 속 K^+ 수는 N 이고, (다)에서 KOH(aq) 25 mL 속 K^+ 수는 $\frac{5}{3}N$ 이며, NaOH(aq) 10 mL 속

Na^+ 수는 $\frac{2}{3}N$ 이므로 혼합 용액 속 양이온 수는 $\frac{7}{3}N$ 이므로 자료에 부합하지 않는다.

ㄱ. (가)는 염기성이다.

바로알기 | ㄴ. (나)와 (다)는 산성이므로 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수는 N 이고, HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $1.5N$ 이다. (라)에서 염기 수용액의 합은 (다)와 같고 산 수용액의 부피는 (다)의 절반이므로 혼합 용액 속 양이온 수는 $1.5N$ 보다 클 수 없다. 즉 $x < 2N$ 이다.

ㄷ. (다)와 (라)의 염기 수용액 속 OH^- 수가 같고, 산 수용액 속 H^+ 수는 (다) > (라)이므로 생성된 물 분자 수는 (다) = (라)이거나 (다) > (라)이다.

555 (가)에서 Cl^- 수를 20이라고 하면 (다)에서 Na^+ 수가 20이다. 따라서 (가)에서 HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)는 20이고, (다)에서 NaOH(aq) 20 mL 속 OH^- 수($=\text{Na}^+$ 수)는 20이다.

ㄱ. HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 수가 20이고 (나) 용액 속 H^+ 수가 10
이므로 NaOH(aq) x mL 속 OH^- 수는 10이다. 따라서 $x=10$ 이다.
 NaOH(aq) 40 mL 속 OH^- 수는 40이고, HCl(aq) 10 mL 속 H^+
수는 20이므로 (라)에서 OH^- 수는 20이다. 즉 $y=20$ 이다. 따라서
 $x+y=10+20=30$ 이다.

ㄴ. HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 수가 20이고 NaOH(aq) 20 mL 속
 OH^- 수도 20이므로 (다)에는 구경꾼 이온인 Na^+ 와 Cl^- 만 존재한다.

바로알기 | ㄷ. HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 수는 20이고, NaOH(aq)
5 mL, 10 mL, 40 mL 속 OH^- 수는 각각 5, 10, 40이므로 (가)에
는 H^+ 수가 15, (나)에는 H^+ 수가 10, (라)에는 OH^- 수가 20 존재
한다. 따라서 (가), (나), (라)를 혼합한 용액 속 H^+ 수가 5이므로 혼합
용액을 완전 중화시키려면 NaOH(aq) 5 mL가 필요하다.

556 (가) 용액에서 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 60N이고, ㉠은 H^+ 또
는 Cl^- 이다.

(나) 용액의 ㉡ 수는 ㉠ 수와 다르므로 ㉡은 Cl^- 이 될 수 없다. 만약
㉡이 Na^+ 이라면 (나)와 (다)에서 Na^+ 수비는 1 : 3이어야 한다. 따
라서 ㉡이 Na^+ 이다.

(다) 용액에서 NaOH(aq) 30 mL 속 Na^+ 수가 135N이므로 (나)
에서 넣어 준 Na^+ 수($=\text{OH}^-$ 수)는 45N이다. (나) 용액에서 ㉡ 수
가 15N($=60N-45N$)이므로 ㉡은 H^+ 이다. (다) 용액에서 Na^+
수는 135N이고, OH^- 수는 75N($=135N-60N$)이다.

(라) 용액에서 ㉢은 75N-60N=15N이므로 ㉢은 OH^- 이다.
ㄱ. ㉢은 Na^+ 으로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

ㄷ. (라) 용액은 HCl(aq) 40 mL와 NaOH(aq) 30 mL를 혼합한 용
액과 같으므로 혼합 전 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)는 120N이고, OH^- 수
($=\text{Na}^+$ 수)는 135N이다. 따라서 (라) 용액에서 OH^- 수는 15N이
고, Na^+ 수+ Cl^- 수는 255N이므로 $\frac{\text{Na}^+ \text{ 수} + \text{Cl}^- \text{ 수}}{\text{H}^+ \text{ 또는 } \text{OH}^- \text{ 수}} = 17$ 이다.

바로알기 | ㄴ. HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수는 60N이고
 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 45N이므로 몰 농도(M)의
비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 30 : 45 = 2 : 3$ 이다.

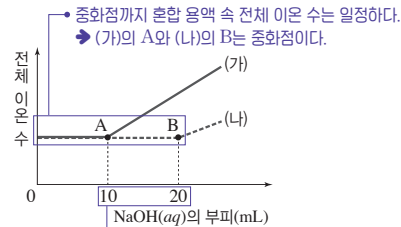
557 HCl(aq) , $\text{HNO}_3(\text{aq})$, NaOH(aq) 혼합 용액에 존재 가능한
이온은 H^+ , Cl^- , NO_3^- , Na^+ , OH^- 이다. (가)~(다)에 존재하는 이
온의 종류가 4가지이므로 (가)~(다)는 각각 산성이거나 염기성이다.
또한 HCl(aq) 의 부피가 일정하므로 Cl^- 수는 (가)~(다)에서 같고,
 NO_3^- 수비는 (가) : (나) : (다) = 4 : 3 : 2, Na^+ 수비는 2 : 3 : 1이다.
(다)에서 4가지 이온의 이온 수를 각각 4N, 4N, 4N, 4N이라고 하
면, (가)에서 4가지 이온의 이온 수는 각각 8N, 8N, 4N, 4N이다.
(다)에 넣어 준 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 과 NaOH(aq) 의 부피는 각각 (가)의 절반
이므로 (가)의 8N에서 (나)의 4N으로 감소하는 이온은 각각 NO_3^-
과 Na^+ 이고, (가)에서 이온 수가 4N인 이온은 Cl^- 과 H^+ 이다. 즉
 Na^+ 수가 NO_3^- 수와 Cl^- 수의 합보다 작으므로 (가)는 산성이다.

ㄱ. HCl(aq) x mL 속 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)는 4N이고, $\text{HNO}_3(\text{aq})$
10 mL 속 H^+ 수($=\text{NO}_3^-$ 수)는 4N이며, NaOH(aq) 5 mL 속
 OH^- 수($=\text{Na}^+$ 수)는 4N이다. 이로부터 (나)에서 HCl(aq) x mL
속 H^+ 수($=\text{Cl}^-$ 수)는 4N이고, $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 15 mL 속 H^+ 수
($=\text{NO}_3^-$ 수)는 6N이며, NaOH(aq) 15 mL 속 OH^- 수($=\text{Na}^+$
수)는 12N이다. 따라서 (나)에서 OH^- 수는 2N, Na^+ 수는 12N,
 Cl^- 수는 4N, NO_3^- 수는 6N이며, 각 이온 수의 비율은 OH^- 이
 $\frac{1}{12}$, Na^+ 이 $\frac{1}{2}$, Cl^- 이 $\frac{1}{6}$, NO_3^- 이 $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 ㉠은 NO_3^- 수
의 비율이다.

바로알기 | ㄴ. $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 10 mL 속 H^+ 수($=\text{NO}_3^-$ 수)는 4N이고,
 NaOH(aq) 5 mL 속 OH^- 수($=\text{Na}^+$ 수)는 4N이므로 단위 부피당
이온 수는 NaOH(aq) 이 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 의 2배이다.

ㄷ. (가)와 (다)는 산성이고, (나)는 염기성이다. 이때 단위 부피당 H^+
수는 (가) < (다)이므로 pH는 (다) < (가) < (나)이다.

558



$\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)}$ 의 반응 부피비는 (가)에서 1 : 1이고,
(나)에서 1 : 2이다.
→ NaOH(aq) 의 몰 농도(M)의 비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

ㄱ. NaOH(aq) 의 몰 농도(M)는 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 HCl(aq) 의 몰 농도(M)와 부피가 같으므로 생성
된 물의 양(mol)은 A와 B에서 같다.

바로알기 | ㄷ. (가)와 (나)에서 HCl(aq) 의 몰 농도(M)와 부피가 같으
므로 용액 속 Cl^- 수는 같다. 그런데 혼합 용액의 부피비는 A : B =
2 : 3이므로 Cl^- 의 몰 농도(M)의 비는 A : B = 3 : 2이다.

559 ㄱ. Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액 속 이온 수는
넣어 준 각 수용액의 부피에 비례한다. 즉 (가)와 (나)에서 Cl^- 수비는
(가) : (나) = 3 : 1이므로 $2 \times (30+x) : 4 \times (10+y) = 3 : 1$ 이다. 또한
(가)와 (나)에서 Na^+ 수비는 $3 \times (30+x) : 2 \times (10+y) = x : y$ 이다.
이 두 식을 풀면 $x=90$, $y=10$ 이며, $x=9y$ 이다.

ㄴ. (가)에서 Na^+ 수는 $3 \times 120 = 360$ 이고, Cl^- 수는 $2 \times 120 = 240$
이다. HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 240이고, NaOH(aq)
90 mL에 들어 있는 OH^- 수는 360이므로 HCl(aq) 10 mL에 들어
있는 H^+ 수는 80이고, NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^- 수는
80이다. 따라서 이 두 용액의 혼합 용액은 중성이다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 염기성이므로 전체 이온 수는 혼합 전
 NaOH(aq) 90 mL에 들어 있는 전체 이온 수인 720이다. (나)는 산
성이므로 전체 이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 전체
이온 수인 160이다. 따라서 전체 이온 수는 (가)가 (나)의 4.5배이다.

560

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(aq)	20	40
	NaOH(aq)	20	20
	KOH(aq)	10	x
단위 부피당 양이온 모형 ↳ H^+ , Na^+ , K^+			

(가)와 (나)에 존재하는 양이온의 종류가 3가지
이므로 (가)와 (나)는 모두 산성이다.

(가)에서 (나)로 될 때 □와 ▲의 농도는 증가하고 ●의 농도는 감소하
다. (가)와 (나)에서 Na^+ 수는 같고 용액의 부피는 (가) < (나)이므로
그 농도가 감소하는 ●은 Na^+ 이다. 혼합 전 NaOH(aq) 의 부피는
(가)와 (나)에서 같고, ●의 농도가 (가)가 (나)의 2배이므로 전체 부피
는 (나)가 (가)의 2배이다. 따라서 $x=40$ 이다.

(가)와 (나)의 각 이온 수를 계산하면 다음과 같다.

(가) ● 수: $4 \times 50 = 200$, □ 수: $3 \times 50 = 150$, ▲ 수: $1 \times 50 = 50$

(나) ● 수: $2 \times 100 = 200$, □ 수: $4 \times 100 = 400$, ▲ 수: $2 \times 100 = 200$

위에서 그 수가 4배가 되는 ▲는 K^+ 이고, □는 H^+ 이다.

① ●은 Na^+ 이다.

② $x=40$ 이다.

③ (가)와 (나)는 모두 산성 용액이므로 생성된 물 분자 수는 염기 수 용액 속 OH^- 수와 같다. (가)에서 $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 수($=Na^+$ 수)는 200이고, $KOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수($=K^+$ 수)는 50이다. (나)에서 $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 수($=Na^+$ 수)는 200이고, $KOH(aq)$ 40 mL에 들어 있는 OH^- 수($=K^+$ 수)는 200이다. 따라서 생성된 물 분자 수는 (가)에서 250, (나)에서 400으로 (가) : (나) = 5 : 8이다.

④ (가)에서 $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 수($=Cl^-$ 수)는 400이고, $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 수($=Na^+$ 수)는 200, $KOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^- 수($=K^+$ 수)는 100이다. 따라서 단위 부피당 이온 수비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) : KOH(aq) = 4 : 2 : 1$ 이다.

바로알기 | ⑤ 단위 부피당 H^+ (□)수는 (가) < (나)이므로 pH는 (가) > (나)이다.

561 용액의 액성에 따라 용액에 존재하는 이온의 종류를 정리하면 다음과 같다.

구분	산성일 때	중성일 때	염기성일 때
양이온	H^+, Na^+	Na^+	Na^+
음이온	Cl^-, NO_3^-	Cl^-, NO_3^-	Cl^-, NO_3^-, OH^-

용액은 전기적으로 중성이고 양이온과 음이온의 전하가 모두 +1 또는 -1이므로 용액 속 양이온 수와 음이온 수는 같다.

- (가)와 (나)가 산성일 때 (H^+ 수 + Na^+ 수) = (Cl^- 수 + NO_3^- 수)
- (가)와 (나)가 중성일 때 Na^+ 수 = (Cl^- 수 + NO_3^- 수)
- (가)와 (나)가 염기성일 때 Na^+ 수 = (Cl^- 수 + NO_3^- 수 + OH^- 수)

혼합 용액에서 어느 한 이온의 비율이 $\frac{1}{2}$ 인 경우는 용액에 들어 있는 양이온이나 음이온의 종류가 1가지이어야 한다. 따라서 (나)는 (가)보다 첨가한 $HNO_3(aq)$ 의 부피가 크므로 (가)는 염기성이고, X 이온은 Na^+ 이다.

단위 부피를 1 mL라고 하면 X 이온 수는 (가)에서 $\frac{4}{3}N \times (x+10)$,

(나)에서 $N \times (x+20)$ 이며, 이 값은 서로 같다. 따라서 $\frac{4}{3}N \times (x+10) = N \times (x+20)$ 이므로 이 식을 풀면 $x=20$ 이다.

(가)에서 Na^+ 수는 $\frac{4}{3}N \times (20+10) = 40N$ 이고, (다)에서 Na^+ 수

는 $\frac{2}{3}N \times (20+y) = 40N$ 이므로 이 식을 풀면 $y=40$ 이다.

ㄱ. X 이온은 Na^+ 이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 염기성이다.

ㄷ. $x=20$ 이고, $y=40$ 이므로 $\frac{y}{x}=2$ 이다.

562 (가)에서 총 이온 수가 N 이므로 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 $\frac{N}{2}$ 이다. (나)에서 넣어 준 $H_2SO_4(aq)$ V_2 mL 속에 들어 있는 SO_4^{2-} 수를 x 라고 하면 H^+ 수는 $2x$ 이고, (나)에 들어 있는 Na^+ 수 = $\frac{N}{2}$, SO_4^{2-} 수 = x , H^+ 수 = $2x - \frac{N}{2}$ 이고, 총 이온 수가 $3N$ 이므로 $x=N$ 이다.

(다)에서 넣어 준 $Ca(OH)_2(aq)$ V_1 mL 속에 들어 있는 Ca^{2+} 수를 y 라고 하면 OH^- 수는 $2y$ 이고, $CaSO_4$ 는 물에 녹지 않는 앙금이므로

(다)에 들어 있는 Na^+ 수 = $\frac{N}{2}$, Ca^{2+} 수 = yN , OH^- 수 = $2y - \frac{3N}{2}$

이고, 총 이온 수가 $4N$ 이므로 $y=2N$ 이다.

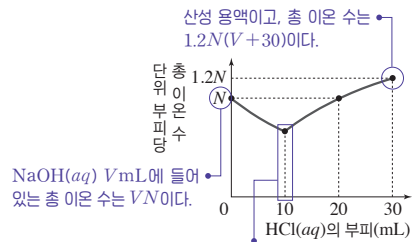
또한 (가)~(다)에서 단위 부피당 총 이온 수가 같으므로 $\frac{N}{V_1} =$

$\frac{3N}{V_1+V_2}$ 이고, 이 식을 풀면 $2V_1=V_2$ 이다.

따라서 물 농도(M)의 비는 $NaOH(aq) : H_2SO_4(aq) : Ca(OH)_2(aq)$

$= \frac{N}{V_1} : \frac{N}{2V_1} : \frac{2N}{V_1} = 1 : 1 : 4$ 이다.

563



중화점까지 총 이온 수는 일정하고 부피는 증가하므로 단위 부피당 이온 수가 최소인 지점이 중화점이다. ➔ 중화점까지 총 이온 수는 VN 으로 일정하다.

반응 전 $HCl(aq)$ 10 mL 속 총 이온 수는 VN 이므로 $HCl(aq)$ 30 mL에 들어 있는 총 이온 수는 $3VN$ 이다. 산성인 혼합 용액 속 총 이온 수는 반응 전 $HCl(aq)$ 속 총 이온 수와 같으므로 $1.2N(V+30) = 3VN$ 이고, 이 식을 풀면 $V=20$ 이다.

ㄴ. $NaOH(aq)$ $V(=20)$ mL에 들어 있는 총 이온 수는 VN 이고, $HCl(aq)$ 30 mL에 들어 있는 총 이온 수는 $3VN$ 이다. 즉 단위 부피에 들어 있는 총 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이다.

바로알기 | ㄱ. $V=20$ 이다.

ㄷ. $HCl(aq)$ a mL를 넣은 혼합 용액은 염기성이므로 중화점 이전 용액이다. 따라서 용액 속 총 이온 수는 반응 전 $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 총 이온 수인 $20N$ 과 같다. 즉 $\frac{5}{6}N \times (20+a) = 20N$ 이고, 이 식을 풀면 $a=4$ 이다. 한편 $HCl(aq)$ 10 mL 속 총 이온 수가 $20N$ 이므로 $HCl(aq)$ b mL 속 총 이온 수는 $2bN$ 이다. $HCl(aq)$ b mL를 넣은 혼합 용액은 산성이므로 용액 속 총 이온 수는 반응 전 $HCl(aq)$ b mL에 들어 있는 총 이온 수와 같다. 즉 $\frac{4}{3}N \times (20+b) = 2bN$ 이고, 이 식을 풀면 $b=40$ 이다. 따라서 $a+b=44$ 이다.

564

구분	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
$HCl(aq)$ 의 부피(mL)	10	20	30	40	50
$NaOH(aq)$ 의 부피(mL)	50	40	30	20	10
혼합 용액의 최고 온도(°C)	25.5	26.5	27.5	28.5	26.5

혼합 용액의 온도가 가장 높은 용액이 중화점이다.
 ➔ $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 은 2 : 1의 부피비로 반응한다.
 ➔ 물 농도(M)의 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 2$ 이다.

① (라)는 중화점 용액으로 수용액의 전기 전도도가 가장 작다.

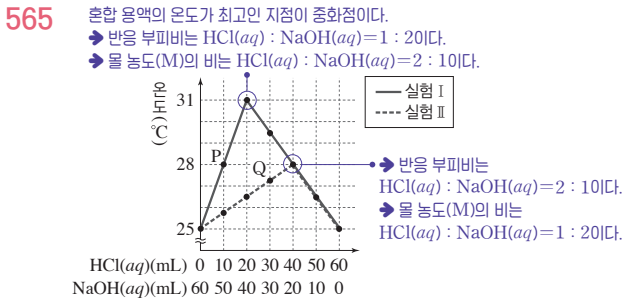
② 물 농도(M)의 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 2$ 이다.

③ (가)에서 반응한 $HCl(aq)$ 은 10 mL이고 (마)에서 반응한 $HCl(aq)$ 은 20 mL이므로 생성된 물 분자 수는 (마)가 (가)보다 많다.

⑤ (다)는 NaOH(aq) 15 mL가 반응하지 않고 남아 있는 염기성 용액이므로 (다)에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.

바로알기 I ④ (나)는 염기성이므로 총 이온 수는 혼합된 염기성 용액인 NaOH(aq) 40 mL 속의 이온 수와 같고, (마)는 산성이므로 총 이온 수는 혼합된 산성 용액인 HCl(aq) 50 mL 속의 이온 수와 같다. 이때 수용액의 몰 농도(M)는 NaOH(aq) 이 HCl(aq) 의 2배이므로 총 이온 수는 (나) > (마)이다.

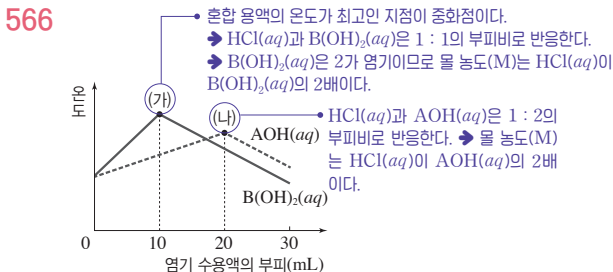
⑥ (나)에는 NaOH(aq) 30 mL가 반응하지 않고 남아 있고, (라)는 중화 반응이 완결된 용액이다. 따라서 (나)와 (라) 두 수용액을 혼합해도 중화 반응이 일어나지 않으므로 용액의 온도는 올라가지 않는다.



ㄱ. 실험 II의 Q에서는 NaOH(aq) 15 mL가 반응하지 않고 남는다. 즉 Q에서 혼합 용액은 염기성이다.

바로알기 I ㄴ. 실험 I과 II에서 사용한 NaOH(aq) 이 같으므로 HCl(aq) 의 몰 농도(M)는 I에서 II에서의 4배이다.

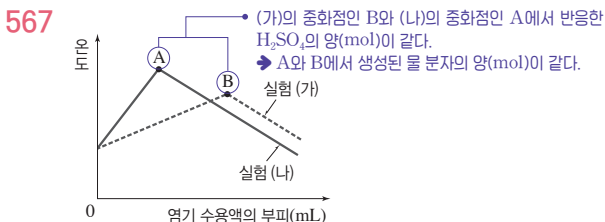
ㄷ. P와 Q는 모두 염기성이므로 P와 Q에서 혼합 용액 속 양이온 수는 혼합한 NaOH(aq) 속의 Na^+ 수와 같다. 또한 두 실험에서 NaOH(aq) 의 몰 농도(M)는 같으므로 P와 Q에서 혼합 용액 속 양이온 수비는 5 : 3이다.



ㄱ. (가)와 (나)에서 사용한 HCl(aq) 의 몰 농도(M)가 같으므로 몰 농도(M)는 $\text{B(OH)}_2(\text{aq})$ 과 AOH(aq) 이 같다.

바로알기 I ㄴ. (가)와 (나)는 모두 중화점이고, 반응한 HCl(aq) 의 양(mol)이 같으므로 생성된 물 분자 수는 (가) = (나)이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 중화점이고 AOH(aq) 과 $\text{B(OH)}_2(\text{aq})$ 의 몰 농도(M)가 같고, 부피는 AOH(aq) 이 $\text{B(OH)}_2(\text{aq})$ 의 2배이므로 용액에 들어 있는 A^+ 수는 B^{2+} 수의 2배이다. (나)에서 A^+ 수를 $2k$ 라고 하면 Cl^- 수 또한 $2k$ 이며, (가)에서 B^{2+} 수는 k 이고, Cl^- 수는 $2k$ 이다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 (가) : (나) = $\frac{3k}{20} : \frac{4k}{30} = 9 : 8$ 이다.



ㄱ. A와 B에서 생성된 물 분자 수는 같다.

바로알기 I ㄴ. A에서 Ca^{2+} 과 SO_4^{2-} 이 양금인 CaSO_4 을 형성하므로 이온이 없고, B에는 Na^+ 과 SO_4^{2-} 이 존재한다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 $A < B$ 이다.

ㄷ. A에는 이온이 없으므로 전기 전도성이 없고, B에는 Na^+ , SO_4^{2-} 이 존재하므로 전기 전도성이 있다.

568 ㄴ. x M $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$ 50 mL를 중화시키는 데 사용된 0.4 M NaOH(aq) 의 부피가 10 mL이므로 양적 관계는 $1 \times x \times 50 = 1 \times 0.4 \times 10$ 이며, 이 식을 풀면 $x = 0.08$ 이다.

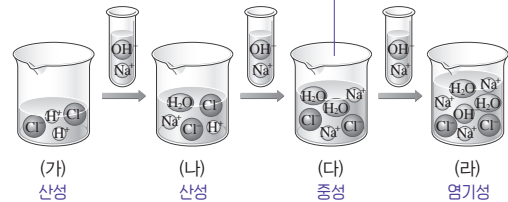
ㄷ. 산성 용액에 염기성 용액을 넣어 중화시키고, 중화점까지 반응을 진행시켰으므로 (나)에서 혼합 용액의 pH는 점점 증가한다.

바로알기 I ㄱ. 용액의 부피를 측정하여 다른 용기로 옮길 때 사용하는 실험 기구인 ㉠은 '피펫'이다. 또한 중화 적정 실험을 할 때 표준 용액을 넣어 사용하는 실험 기구인 ㉡은 '뷰렛'이다.

569 **모범 답안** 뷰렛의 꼭지 아랫부분에 용액을 채우지 않고 실험을 진행할 때 꼭지를 열면 꼭지 아래 빈 공간에 NaOH(aq) 이 채워지게 되어 실험에서 측정된 부피는 적정에 사용된 NaOH(aq) 의 실제 부피보다 커지게 된다. 따라서 실제 $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$ 의 농도보다 크게 측정된다.

570 **모범 답안** x M NaOH(aq) 20 mL를 적정하는 데 사용된 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 의 부피는 $18.6 \text{ mL} - 8.6 \text{ mL} = 10.0 \text{ mL}$ 이다. 이로부터 중화 반응의 양적 관계는 $1 \times x \times 20 = 2 \times 0.1 \times 10$ 이고, 이 식을 풀면 $x = 0.1$ 이다. 따라서 NaOH(aq) 의 몰 농도(M)는 0.1 M이다.

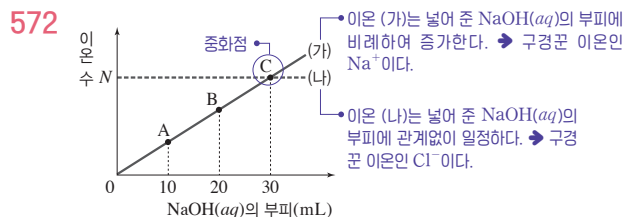
571 (다)에서 중화 반응이 완결된다. → HCl(aq) 20 mL를 완전 중화시키는 데 사용된 0.2 M NaOH(aq) 의 부피는 10 mL이다.



ㄱ. HCl(aq) 의 몰 농도(M)를 x M이라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 $1 \times x \times 20 = 1 \times 0.2 \times 10$ 이며, 이 식을 풀면 $x = 0.1$ 이다.

ㄷ. (라)에는 0.2 M NaOH(aq) 5 mL가 남아 있다. 즉 (라)에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.2 \times 5 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다. 또한 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 5 mL가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.1 \times 5 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 이다. 따라서 (라)에 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 5 mL를 넣은 용액은 중성이다.

바로알기 I ㄴ. (가)~(다)의 총 이온 수는 같고 부피는 (가) < (나) < (다)이므로 단위 부피당 총 이온 수는 (다)가 가장 작다. (라)는 중화점 이후 반응하지 않은 NaOH(aq) 이 존재하므로 단위 부피당 총 이온 수는 (다)보다 크다.



반응 전 HCl(aq) 속 Cl^- 수는 H^+ 수와 같고, 반응 전 Na^+ 수는 OH^- 수와 같으므로 Na^+ 수와 Cl^- 수가 같아지는 지점이 중화점이다.

즉 0.3 M HCl(aq) 20 mL와 완전 중화되는 x M NaOH(aq)의 부피는 30 mL이다.

① (가) Na^+ 과 (나) Cl^- 은 구경꾼 이온이다.

② 0.3 M HCl(aq) 20 mL와 완전 중화되는 x M NaOH(aq)의 부피는 30 mL이므로 $1 \times 0.3 \times 20 = 1 \times x \times 30$ 이고, 이 식을 풀면 $x=0.2$ 이다.

③ A는 중화 반응이 $\frac{1}{3}$ 진행된 지점이고, 반응 전 0.3 M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.006 mol이므로 A까지 생성된 물의 양(mol)은 0.002 mol이다.

④ B는 중화 반응이 $\frac{2}{3}$ 진행된 지점이므로 용액 속 이온 수비는 $\text{H}^+ : \text{Na}^+ = 1 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{Na}^+ \text{ 수}}{\text{H}^+ \text{ 수}} = 2$ 이다.

⑤ C는 중화점이므로 용액에는 구경꾼 이온인 Na^+ 과 Cl^- 2가지만 존재한다.

바로알기 | ⑥ A, B는 모두 중화점 이전 용액이므로 용액 속 총 이온 수는 반응 전 HCl(aq) 속 총 이온 수와 같다. 즉 총 이온 수는 A와 B가 같다. 이때 혼합 용액의 부피비가 A : B = 3 : 4이므로 단위 부피당 총 이온 수비는 A : B = 4 : 3이다.

573 0.1 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이다. 따라서 각 산 수용액에 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이어야 한다.

중화점까지 사용된 산 수용액의 부피를 x L라고 하자.

① 0.04 M HNO_3 (aq) x L가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 0.04 \times x = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이고, $x=0.05$ 이다.

② 0.05 M H_2SO_4 (aq) x L가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.05 \times x = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이고, $x=0.02$ 이다.

③ 0.05 M H_3PO_4 (aq) x L가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $3 \times 0.05 \times x = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이고, $x \approx 0.0133$ 이다.

④ 0.10 M CH_3COOH (aq) x L가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 \times x = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이고, $x=0.02$ 이다.

⑤ 0.15 M HCl(aq) x L가 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 0.15 \times x = 2 \times 10^{-3}$ (mol)이고, $x \approx 0.0133$ 이다.

따라서 ①의 산 수용액의 부피가 가장 크다.

574 ㄱ. 식초를 $\frac{1}{10}$ 로 묽힌 용액 50 mL를 중화시키는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피가 100 mL이므로 묽힌 식초 용액의 몰 농도(M)를 x M이라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$1 \times x \times 50 = 1 \times 0.1 \times 100$$

이 식을 풀면 $x=0.2$ 이다.

ㄴ. 식초를 $\frac{1}{10}$ 로 묽혔으므로 묽히기 전 식초의 몰 농도(M)는 2 M이다. 따라서 2 M 식초 5 mL에 들어 있는 CH_3COOH 의 양(mol)은 $2 \times 5 \times 10^{-3} = 0.01$ (mol)이다.

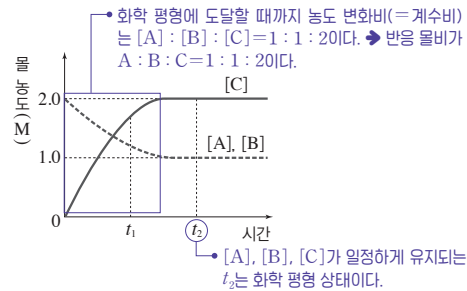
바로알기 | ㄷ. 식초 5 mL 속 CH_3COOH 의 양(mol)이 0.01 mol이고 CH_3COOH 의 분자량이 60이므로 식초 5 mL에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 0.6 g이다. 또한 식초의 밀도가 1.2 g/mL이므로 식초 5 mL의 질량은 1.2 g/mL $\times$ 5 mL = 6 g이다. 즉 식초 6 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량이 0.6 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{0.6}{6} \times 100 = 10$ (%)이다.

최고 수준 도전 기출 (19~22강)

164~165쪽

575 ④ 576 ② 577 ④ 578 ① 579 ⑤ 580 ② 581 ⑤

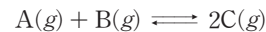
575



ㄴ. 평형에 도달할 때까지 반응물인 A, B의 몰 농도(M)는 감소하고, 생성물인 C의 몰 농도(M)는 증가한다. 즉 평형에 도달할 때까지 정반응 속도는 감소하고, 역반응 속도는 증가하다가 화학 평형 상태에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다. 이로부터 평형에 도달하기 이전 상태인 t_1 에서 정반응 속도는 역반응 속도보다 크다.

ㄷ. t_2 에서 반응물과 생성물의 몰 농도(M)의 비는 $[\text{A}] : [\text{B}] : [\text{C}] = 1 : 1 : 2$ 이므로 반응물과 생성물의 부피비는 1 : 1이다.

바로알기 | ㄱ. A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응에서 계수비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이므로 화학 반응식은 다음과 같다.



576

용액	(가)	(나)
부피	100 mL	1 L
pH	2	3
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ (M)	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}
H_3O^+ 의 양(mol)	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}

(가)와 (나)의 혼합 용액 속 H_3O^+ 의 양(mol)은 2.0×10^{-3} mol이다.
 ➔ 완전 중화시키기 위해 필요한 OH^- 의 양(mol)도 2.0×10^{-3} mol이다.

(가)와 (나)의 혼합 용액을 완전히 중화시키기 위해 필요한 0.1 M NaOH(aq) 속 OH^- 의 양(mol)은 2.0×10^{-3} mol이므로 필요한 부피를 x mL라고 하면 $1 \times 0.1 \times x \times 10^{-3} = 2.0 \times 10^{-3}$ 이고, 이 식을 풀면 $x=20$ 이다.

577 (가) $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^6$ 인 용액에서 $[\text{OH}^-] = a$ M이라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^6 \times a$ M이다. 이때 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고, 이 식을 풀면 $a = 1.0 \times 10^{-10}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-4}$ M이고 pH는 4이다.

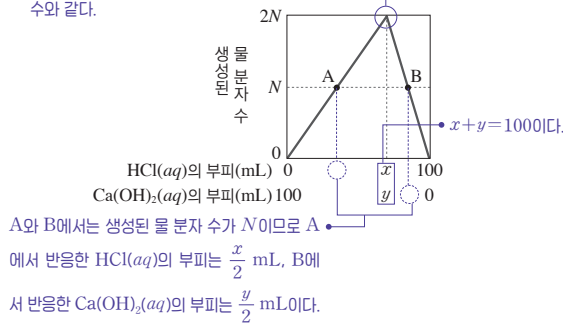
(나) 0.2 M HCl(aq) 200 mL에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)은 4×10^{-2} mol이고 증류수를 첨가한 후 전체 부피가 400 mL이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-1}} = 0.1$ (M)이다. 따라서 (나)의 pH는 1이다.

(다) 0.01 M H_2SO_4 (aq) 300 mL에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.01 \times 0.3 = 6 \times 10^{-3}$ (mol)이고, 0.005 M NaOH(aq) 200 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.005 \times 0.2 = 1 \times 10^{-3}$ (mol)이다. H_3O^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 두 수용액의 혼합 용액에는 5.0×10^{-3} mol의 H_3O^+ 이 존재한다. 이때 혼합 용액의 부피는 500 mL이므로 혼합 용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-1}} = 0.01$ (M)이고, pH는 2이다.

따라서 pH는 (나) < (다) < (가)이다.

578

중화점에서 생성된 물 분자 수(2N)는 반응한 HCl(aq) 속 H^+ 수 또는 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 속 OH^- 수와 같다.



ㄱ. HCl(aq) x mL에 녹인 용질 HCl 수는 $2N$ 이고, $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ y mL에 녹인 용질 Ca(OH)_2 수는 N 이므로 물 농도(M)의 비는 $\text{HCl(aq)} : \text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) = \frac{2N}{x} : \frac{N}{y} = 2y : x$ 이다.

바로알기 | ㄴ. A에서 반응한 HCl(aq) 속 H^+ 수는 N 이므로 수용액 속 Cl^- 수는 N 이다. 한편 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ y mL 속 OH^- 수는 $2N$ 이고, A에서 넣어 준 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피는 y mL보다 크므로 넣어 준 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 속 OH^- 수는 $2N$ 보다 크다.

ㄷ. A는 염기성 용액이므로 용액 속 양이온은 Ca^{2+} 뿐이다. 이때 $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피는 $\left(\frac{x}{2} + y\right)$ mL이고, 1 mL 속 Ca^{2+} 수는 $\frac{N}{y}$ 이므로 A에서 Ca^{2+} 수는 $\frac{N}{y} \times \left(\frac{x}{2} + y\right) = \left(1 + \frac{x}{2y}\right)N$ 이다. B는 산성 용액이므로 용액 속 양이온은 Ca^{2+} 과 H^+ 이며, Ca^{2+} 수는 $\frac{N}{y} \times \frac{y}{2} = \frac{N}{2}$, H^+ 수는 $\frac{2N}{x} \left(x + \frac{y}{2}\right) - N = \left(1 + \frac{y}{x}\right)N$ 이다. 따라서 B에서 전체 양이온 수는 $\left(1.5 + \frac{y}{x}\right)N$ 이다. 이때 $x > 2y$ 이므로 전체 양이온 수는 $A > B$ 이다.

579 (나)에 존재하는 이온의 가짓수가 3이므로 (나)는 산성 또는 염기성이다. 산과 염기가 모두 1가 산이므로 산성일 때 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 이고, 염기성일 때 수가 가장 큰 이온은 Na^+ 이다.

산성일 때	염기성일 때
$\text{H}^+ : \text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 1 : 1 : 2$	$\text{Cl}^- : \text{OH}^- : \text{Na}^+ = 1 : 1 : 2$

(나)가 산성이라면 (다)에 존재하는 이온 수가 증가하는 것은 H^+ 이고, (나)에는 없고 (다)에는 존재하는 이온은 NO_3^- 이므로 이온 수비는 $\text{NO}_3^- : \text{Na}^+ : \text{Cl}^- : \text{H}^+ = 1 : 1 : 2 : 2$ 가 된다.

이로부터 NaOH(aq) V_1 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수를 각각 $10N$ 이라고 하면 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $20N$ 이고, $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 NO_3^- 수는 각각 $10N$ 이다.

(라)에서 이온 수비가 1 : 1 : 2 : 4이므로 NaOH(aq) V_2 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수가 각각 $30N$ 이면 이온 수비는 $\text{NO}_3^- : \text{OH}^- : \text{Cl}^- : \text{Na}^+ = 1 : 1 : 2 : 4$ 가 되고 V_2 가 V_1 보다 크므로 조건에 부합한다.

ㄱ. (나)는 산성이다.

ㄴ. 각 수용액 10 mL에 들어 있는 이온 수는 HCl(aq) 이 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 의 2배이므로 물 농도(M)는 HCl(aq) 이 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 의 2배이다.

ㄷ. NaOH(aq) 에 들어 있는 이온 수는 V_2 mL일 때가 V_1 mL일 때의 3배이므로 $\frac{V_2}{V_1} = 3$ 이다.

580

(가)와 (나)에 존재하는 이온의 가짓수가 3이므로 각각 산성 또는 염기성이다. 또한 (가)와 (나)에 모두 존재하고 그 비율이 감소하는 A는 Na^+ , (가)에는 존재하지만 (나)에는 존재하지 않는 B는 OH^- , 이온 수 비율이 증가하는 C는 SO_4^{2-} , (나)에는 존재하지만 (가)에는 존재하지 않는 D는 H^+ 이다.

0.2 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.2 \times 50 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 이고, SO_4^{2-} 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이며, 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 1 \times 50 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-1}(\text{mol})$ 이고, SO_4^{2-} 의 양(mol)은 $5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이다.

(가)에서 C(SO_4^{2-})의 양(mol)이 $1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이므로 Na^+ 의 양(mol)은 3배인 $3 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이다. 즉 x M NaOH(aq) 100 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)이 $3 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이므로 $1 \times x \times 100 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-2}$ 이고, 이 식을 풀면 $x = 0.3$ 이다.

ㄴ. $x = 0.3$ 이다.

바로알기 | ㄱ. A는 Na^+ 이다.

ㄷ. C(SO_4^{2-})의 양(mol)은 (가)에서 $1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이고, (나)에서 $6 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이므로 (나)가 (가)의 6배이다.

581

NaOH(aq) 의 부피(mL)	0	V	$2V$	$3V$
단위 부피당 X 이온 수	$\frac{3}{2}n$	$\frac{4}{5}n$	x	$\frac{6}{25}n$
X 이온 수	$\frac{3}{2}n \times 10 = 15n$	$\frac{4}{5}n \times (10+V)$	$x \times (10+2V)$	$\frac{6}{25}n \times (10+3V)$

• 단위 부피당 이온 수 $\times$ 혼합 용액의 부피

X 이온은 NaOH(aq) 을 첨가하기 이전부터 존재하므로 H^+ 또는 Cl^- 이다. Cl^- 이라면 그 수가 일정해야 하는데, 그 수가 일정하지 않으므로 X 이온은 H^+ 이다.

(나)에서 NaOH(aq) 을 V mL 가했을 때와 $3V$ mL 가했을 때 X 이온(H^+) 수 변화로부터 다음 식이 성립한다.

$$15n - \frac{4}{5}n(10+V) : 1 = 15n - \frac{6}{25}n(10+3V) : 3$$

이 식을 풀면 $V = 5$ 이므로 (나)에서 X 이온(H^+) 수는 다음과 같다.

NaOH(aq) 의 부피(mL)	0	V	$2V$	$3V$
X 이온(H^+) 수	$15n$	$12n$	$20x$	$6n$

(다)에서 Y 이온은 KOH(aq) 을 V mL까지 첨가할 때 존재하지 않다가 그 이후 존재하므로 Y 이온은 반응에 참여하는 OH^- 이다.

(다)에서 KOH(aq) V mL에 들어 있는 OH^- 수는 (나)의 혼합 용액 속 H^+ 수와 같은 $6n$ 이다.

① X 이온은 H^+ 이다.

② $V = 5$ 이다.

③ (나)에서 감소한 X 이온(H^+) 수는 첨가한 NaOH(aq) 부피에 비례하므로 $(15n - 12n) = (12n - 20x)$ 이고, 이 식을 풀면 $x = \frac{9}{20}n$ 이다.

④ KOH(aq) V mL에 들어 있는 OH^- 수가 $6n$ 이므로 KOH(aq) 4V mL에 들어 있는 OH^- 수는 $24n$ 이다. 이때 (다)에서 OH^- 수 y 는 KOH(aq) 3V mL에 들어 있는 OH^- 수와 같으므로 $y = 18n$ 이다.

바로알기 | ⑤ HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $15n$ 이고, KOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $6n$ 이므로 물 농도(M)의 비는 $\text{HCl(aq)} : \text{KOH(aq)} = 15 : 12 = 5 : 4$ 이다.

23 산화 환원 반응

빈출 자료 보기

167쪽

582 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

582 (2) (가)에서 O의 산화수는 H_2O_2 에서 -1 , O_2 에서 0 , H_2O 에서 -2 이다. 즉 H_2O_2 의 O는 산화되기도 하고 환원되기도 하므로 환원제와 산화제로 모두 작용한다.

(4) (다)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 $+4$, H_2S 에서 -2 , S에서 0 이다. 즉 SO_2 은 자신이 환원되면서 H_2S 를 산화시키는 산화제로 작용한다.

바로알기 | (1) 어떤 물질이 산소를 얻거나 전자를 잃어 산화되면 다른 물질은 산소를 잃거나 전자를 얻어 환원되므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

(3) (나)에서는 SO_2 의 S은 산화수가 증가하므로 SO_2 은 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제로 작용한다. 또한 O의 산화수는 O_2 에서 0 , SO_3 에서 -2 로 O의 산화수는 감소한다. 따라서 O_2 는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제로 작용한다.

(5) 산화되기 쉬운 물질일수록 다른 물질을 환원시키는 능력이 크다. (나)에서 산화되는 물질은 SO_2 이고, (다)에서 산화되는 물질은 H_2S 이다. 즉 환원시키는 능력은 (나)에서는 $SO_2 > O_2$ 이고, (다)에서는 $H_2S > SO_2$ 이므로 $H_2S > SO_2 > O_2$ 이다.

난이도별 필수 기출

168~175쪽

583 ④, ⑤	584 ③	585 ②	586 ②, ④
587 ②	588 ⑤	589 해설 참조	590 ① 591 ⑤
592 ④	593 ③	594 ⑤	595 ② 596 ② 597 ②
598 ①	599 ④	600 ①	601 ⑤ 602 ②, ⑥
603 ③	604 ⑤	605 ①	606 ② 607 해설 참조
608 ③	609 ③	610 해설 참조	611 ③ 612 ⑤
613 ①	614 ②	615 ③, ④	616 ⑤ 617 ③
618 ④	619 ②		

583 ① 어떤 물질이 산소를 잃는 반응은 환원 반응이다.

② 연료의 연소 반응은 물질 사이에 산소가 이동하는 산화 환원 반응이다.

③ 어떤 물질이 산소를 얻어 산화되면 다른 물질은 산소를 잃고 환원되므로 산화 환원 반응은 항상 동시에 일어난다.

⑥ 비금속 원자 사이에 공유 결합이 형성될 때 전기 음성도가 작은 원자는 전기 음성도가 큰 원자에게 전자를 잃는 것과 같으므로 산화된다.

바로알기 | ④ 산화 환원 반응은 항상 동시에 일어나므로 자신이 환원되는 물질은 다른 물질을 산화시키는 산화제로 작용한다.

⑤ 산소가 관여하지 않더라도 전자가 이동하거나 산화수가 변하는 원자를 포함하는 반응은 모두 산화 환원 반응이다.

584 ㄱ. 산화 철은 철의 산화물로 용광로에 산화 철과 코크스를 함께 넣어 가열하면 코크스는 산화 철의 산소를 얻어 일산화 탄소 또는 이산화 탄소로 산화된다.

ㄴ. 철로 된 머리핀에 생성된 녹은 철의 산화물이고, 철은 산화물에서 양이온 상태로 존재하므로 전자를 잃는다.

바로알기 | ㄷ. 탄산 칼슘과 산이 반응하여 이산화 탄소가 발생할 때 반응물과 생성물의 구성 원자의 산화수가 변하지 않는다. 즉 이 반응은 산화 환원 반응이 아니다.

585 ① 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 전자쌍을 모두 가져간다고 가정했을 때의 가상적인 전하로, 산화수가 증가하는 원자는 전자를 잃는 것과 같다. 즉 산화수가 증가하는 원자를 포함한 물질은 산화된다.

③ 홑원소 물질을 구성하는 원자에서는 전자쌍의 치우침이 없으므로 구성 원자의 산화수는 0 이다.

④ 화합물은 전기적으로 중성이므로 구성 원자의 산화수의 총합은 0 이다.

⑤ 다원자 이온을 구성하는 각 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.

바로알기 | ② H(수소)는 비금속 원소 중 전기 음성도가 작아 공유 결합 화합물에서는 $+1$ 의 산화수를 가지지만, 금속과 결합한 이온 결합 물질에서는 금속 원자보다 전기 음성도가 커서 -1 의 산화수를 가진다.

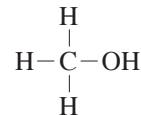
586 ① CH_4 에서 H의 산화수가 $+1$ 이고 화합물의 산화수 합은 0 이므로 C의 산화수는 -4 이다.

③ H_2SO_4 에서 H의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 S의 산화수는 $+6$ 이다.

⑤ $K_2Cr_2O_7$ 에서 K의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 Cr의 산화수를 x 라고 하면 $2+2x+7 \times (-2)=0$ 에서 $x=+6$ 이다.

⑥ $KMnO_4$ 에서 K의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 Mn의 산화수를 x 라고 하면 $1+x+4 \times (-2)=0$ 에서 $x=+7$ 이다.

바로알기 | ② CH_3OH 의 구조식은 다음과 같다.



C-H 결합에서는 전자쌍을 C 원자가 가져오고, C-O 결합에서는 전자쌍을 O 원자가 가져간다고 하면 C의 산화수는 -2 이다.

④ $Na_2S_2O_3$ 에서 Na의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 S의 산화수를 x 라고 하면 $2+2x+3 \times (-2)=0$ 에서 $x=+2$ 이다.

다른 해설 | ② 화합물에서 산화수의 총합은 0 이고, CH_3OH 에서 H의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 C의 산화수는 -2 이다.

587 (가)에서 H의 산화수가 $+1$ 이고 화합물의 산화수 합은 0 이므로 Cl의 산화수는 -1 이다.

(나)에서 H의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이므로 Cl의 산화수는 $+1$ 이다.

(다)에서 Na의 산화수는 $+1$ 이므로 H의 산화수는 -1 이다.

(라)는 홑원소 물질이므로 H의 산화수는 0 이다.

따라서 산화수가 같은 것은 (가), (다)이다.

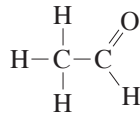
588 화합물에서 H의 산화수는 $+1$ 이고, O의 산화수는 -2 이며 화합물의 산화수 합은 0 이다. N의 산화수는 NO에서 $+2$, N_2O 에서 $+1$, NO_2 에서 $+4$, N_2O_4 에서 $+4$, HNO_3 에서 $+5$ 이다. 따라서 N의 산화수가 가장 큰 것은 ⑤ HNO_3 이다.

589 O는 F 다음으로 전기 음성도가 큰 원자이므로 F를 제외한 다른 원자와 결합한 화합물에서 대체로 산화수는 -2 이다. 그런데 F와 결합한 OF_2 에서는 산화수가 $+2$ 이고, 과산화물($-\text{O}-\text{O}-$ 의 결합이 있는 물질)에서는 산화수가 -2 가 아니다. 즉 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 에서는 산화수가 -1 이고, $\text{F}-\text{O}-\text{O}-\text{F}$ 에서는 산화수가 $+1$ 이다.

모범 답안 H_2O_2 에서 O의 산화수는 -1 이다. O_2 에서 O의 산화수는 0 이다. O_2F_2 에서 O의 산화수는 $+1$ 이다. OF_2 에서 O의 산화수는 $+2$ 이다. 중 2가지

590 제시된 물질을 구성하는 원자의 전기 음성도는 $\text{H} < \text{S} < \text{O} < \text{F}$ 이다. 즉 O의 산화수는 SO_4^{2-} 에서 -2 , OF_2 에서 $+2$, H_2O_2 에서 -1 이다. 따라서 O 원자의 산화수 크기는 $\text{SO}_4^{2-} < \text{H}_2\text{O}_2 < \text{OF}_2$ 이다.

591 ⑤ CH_3CHO 의 구조식은 다음과 같다.



CH_3CHO 에서 H의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 이고, 왼쪽 C의 산화수는 -3 , 오른쪽 C의 산화수는 $+1$ 이다. 따라서 $\text{X} < \text{Y}$ 이다.

바로알기 I ① BF_3 에서 B의 산화수는 $+3$ 이고, F의 산화수는 -1 이다. 따라서 $\text{X} > \text{Y}$ 이다.

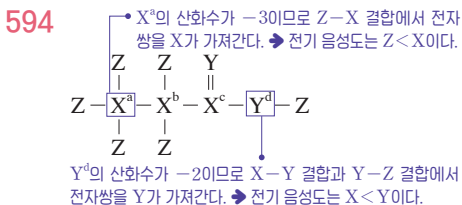
② BeH_2 에서 전기 음성도는 $\text{Be} < \text{H}$ 이므로 H의 산화수는 -1 이고, Be의 산화수는 $+2$ 이다. 따라서 $\text{X} > \text{Y}$ 이다.

③ Fe_2O_3 에서 O의 산화수는 -2 이고, Fe의 산화수는 $+3$ 이다. 따라서 $\text{X} > \text{Y}$ 이다.

④ CO_2 에서 O의 산화수는 -2 이고, C의 산화수는 $+4$ 이다. 따라서 $\text{X} > \text{Y}$ 이다.

592 $\text{H}-\text{C}$ 결합에서 전자쌍을 C가 가져가고, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}-\text{O}$ 결합에서 전자쌍을 O가 가져가므로 (A)의 산화수는 -3 이고, (B)의 산화수는 $+3$ 이다.

593 (가)에서 X의 산화수가 -1 이므로 $\text{X}-\text{Z}$ 결합에서 전자쌍을 Z가 가져가고, $\text{X}-\text{Y}$ 결합에서 전자쌍을 X가 가져간다. 따라서 전기 음성도는 $\text{Y} < \text{X} < \text{Z}$ 이다. (나)에서도 전기 음성도가 $\text{Y} < \text{X} < \text{Z}$ 이므로 $\text{Y}-\text{X}$ 결합에서 전자쌍을 X가 가져가고, $\text{X}=\text{Z}$ 결합에서 전자쌍을 Z가 가져간다. 따라서 (나)에서 X의 산화수는 0 이다.



ㄱ. 전기 음성도는 $\text{Z} < \text{X} < \text{Y}$ 이다.

ㄴ. 전기 음성도가 $\text{Z} < \text{X} < \text{Y}$ 이므로 X^b 에서 $\text{X}-\text{Z}$ 결합의 전자쌍을 X가 모두 가져가 X^b 의 산화수 ㉠은 -2 이다. X^c 에서 $\text{X}=\text{Y}$ 결합의 전자쌍과 $\text{X}-\text{Y}$ 결합의 전자쌍을 Y가 모두 가져가므로 X^c 의 산화수 ㉡은 $+3$ 이다. 따라서 ㉠+㉡= $(-2)+3=1$ 이다.

ㄷ. 전기 음성도는 Z가 가장 작으므로 분자에서 Z의 산화수는 $+1$ 로 모두 같다.

595 분자를 구성하는 X, Y는 비금속 원소이므로 X, Y의 전기 음성도는 H보다 크다. 따라서 (나)에서 X의 산화수는 -4 이다.

X의 산화수는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 (가)에서 $\text{X}=\text{Y}$ 결합의 전자쌍을 Y가 가져간다. 즉 (가)에서 X의 산화수는 0 이고, Y의 산화수는 -2 이며 전기 음성도는 $\text{X} < \text{Y}$ 이다.

Y의 산화수는 (가)에서 -2 이고 (다)에서가 (가)에서보다 크므로 $\text{Y}-\text{Z}$ 결합의 전자쌍을 Z가 가져간다. 따라서 전기 음성도는 $\text{Y} < \text{Z}$ 이다.

ㄴ. (다)에서는 $\text{H}-\text{X}$ 결합의 전자쌍을 X가 가져가고, $\text{X}-\text{Y}$ 결합의 전자쌍을 Y가 가져가므로 X의 산화수는 -2 이다.

바로알기 I ㄱ. 전기 음성도는 $\text{X} < \text{Y} < \text{Z}$ 이므로 $\text{X} \sim \text{Z}$ 중 Z가 가장 크다. ㄷ. XZ_4 에서 X의 산화수는 $+4$ 이므로 (나)에서와 같지 않다.

596 (가)에서 B의 산화수가 -2 이므로 전기 음성도는 $\text{A} < \text{B}$ 이다. (나)에서 C의 산화수가 $+2$ 이므로 $\text{A}-\text{C}$ 결합에서는 전자쌍을 C가 가져오고, $\text{C}=\text{D}$ 결합에서는 전자쌍을 D가 가져간다. 이로부터 전기 음성도는 $\text{A} < \text{C} < \text{D}$ 이다. (다)에서 C의 산화수가 0 이고, 전기 음성도가 $\text{A} < \text{C}$ 이므로 $\text{C}-\text{A}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져오고, $\text{E}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 E가 가져간다. 이로부터 전기 음성도는 $\text{C} < \text{E}$ 이다.

ㄴ. (가)~(다)에서 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 B는 2주기 16족 원소이고, C는 2주기 14족 원소이다. 이때 A는 H이므로 (다)에서 중심 원자 C와 단일 결합을 형성하는 E는 2주기 17족 원소이다. 따라서 전기 음성도는 E가 가장 크다.

바로알기 I ㄱ. A~E 중 A의 전기 음성도가 가장 작으므로 A는 1주기 원소인 H이다.

ㄷ. C_2E_2 에서 E의 산화수는 -1 이므로 C의 산화수는 $+1$ 이다.

597 A~C의 산화수는 A가 가장 크고 C가 가장 작으므로 전기 음성도는 $\text{A} < \text{B} < \text{C}$ 이다.

② $\text{A}-\text{B}$ 결합의 전자쌍을 B가 가져가고, $\text{B}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가므로 A의 산화수는 $+1$, C의 산화수는 -1 , B의 산화수는 0 이다. 따라서 ②는 제시된 자료에 부합하는 화합물이다.

바로알기 I ① $\text{A}-\text{B}$ 결합의 전자쌍을 B가 가져가고, $\text{B}=\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가므로 A의 산화수는 $+1$, B의 산화수는 0 이 되고 C의 산화수는 -2 가 된다.

③ $\text{A}-\text{B}$ 결합의 전자쌍을 B가 가져가고, $\text{B}=\text{C}$ 결합과 $\text{B}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가므로 A의 산화수는 $+1$, C의 산화수는 각각 -2 와 -1 , B의 산화수는 $+2$ 가 된다.

④ $\text{A}-\text{B}$ 결합의 전자쌍을 B가 가져가고, $\text{B}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가고, $\text{C}-\text{A}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가므로 A의 산화수는 $+1$, C의 산화수는 -2 , B의 산화수는 -2 가 된다.

⑤ $\text{A}-\text{B}$ 결합의 전자쌍을 B가 가져가고, $\text{B}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가므로 A의 산화수는 $+1$, C의 산화수는 -2 , B의 산화수는 -2 가 된다.

598 전기 음성도는 $\text{H} < \text{C} < \text{O}$ 이므로 $\text{H}-\text{C}$ 결합의 전자쌍을 C가 가져가고, $\text{C}=\text{O}$ 결합과 $\text{C}-\text{O}$ 결합의 전자쌍을 O가 가져간다. 따라서 반응물에서 C의 산화수는 -2 이고, 생성물에서 C의 산화수는 $+2$ 이다. 즉 C의 산화수 변화는 4 증가이다.

599 전기 음성도는 $\text{H} < \text{C} < \text{O}$ 이므로 ㉠의 산화수는 -2 , ㉡의 산화수는 -3 , ㉢의 산화수는 -1 , ㉣의 산화수는 $+3$ 이다.

ㄴ. O의 산화수는 O_2 에서 0 이고 생성물에서 -2 이므로 O_2 는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

ㄷ. ㉠~㉣의 산화수 합은 $(-2)+(-3)+(-1)+3=-3$ 이다.

바로알기 | ㄱ. H, O의 산화수는 H_2O 에서 각각 +1, -2이고, C_2H_5OH 에서도 각각 +1, -2이다. 즉 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않는다.

600 X에 비공유 전자쌍이 1개 있다. Z에 비공유 전자쌍이 2개 있다.

→ X는 2주기 15족 원소 → Z는 2주기 16족 원소

화합물	XH_3	YH_4	ZF_2
중심 원자의 산화수	a	b	c

Y에는 비공유 전자쌍이 없다. → Y는 2주기 14족 원소

ㄱ. 전기 음성도는 H가 가장 작다. XH_3 에서 H의 산화수는 +1이므로 X의 산화수는 -3이고, YH_4 에서 H의 산화수는 +1이므로 Y의 산화수는 -4이다. 따라서 $a > b$ 이다.

바로알기 | ㄴ. X는 2주기 15족, Y는 2주기 14족, Z는 2주기 16족 원소이므로 원자 번호는 $Y < X < Z$ 이다.

ㄷ. ZF_2 에서 Z의 산화수는 +2이고, $XZ(NO)$ 에서 Z의 산화수는 -2이다.

601 ㄱ. NX_3^- 에서 N의 산화수가 +5이므로 X의 산화수는 -2이고, NY_4^+ 에서 N의 산화수가 -3이므로 Y의 산화수는 +1이다. 이로부터 NX_2 에서 X의 산화수는 -2이므로 N의 산화수는 +4이다. 따라서 $a = +4$ 이다.

ㄴ. NX_3^- 에서는 음의 산화수를 갖는 X가 N보다 전기 음성도가 크고, NY_4^+ 에서는 음의 산화수를 갖는 N가 Y보다 전기 음성도가 크다. 이로부터 전기 음성도는 $Y < N < X$ 이다.

ㄷ. 전기 음성도는 $Y < X$ 이므로 Y_2X 에서 Y의 산화수는 +1로 NY_4^+ 에서와 같다.

602 ① 이 반응에서 Al의 산화수는 0에서 +3으로 증가하고, Br의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 이 반응은 산화 환원 반응이다.

③ 이 반응에서 C의 산화수는 -4에서 +4로 증가하고, O의 산화수는 0에서 -2로 감소하므로 이 반응은 산화 환원 반응이다.

④ 이 반응에서 Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소하고, C의 산화수는 0에서 +4로 증가하므로 이 반응은 산화 환원 반응이다.

⑤ 이 반응에서 O의 산화수는 -2에서 0으로 증가하므로 이 반응은 산화 환원 반응이다.

바로알기 | ② 이 반응에서 H, Cl, N의 산화수는 변하지 않으므로 이 반응은 산화 환원 반응이 아니다.

⑥ 이 반응에서 구성 원자의 산화수는 변하지 않으므로 이 반응은 산화 환원 반응이 아니다.

603 ㄱ. (가)에서 Zn의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 산화된다.

ㄷ. (다)에서 Mn의 산화수는 MnO_2 에서 +4이고, $MnCl_2$ 에서 +2이다. 즉 Mn의 산화수는 2 감소한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 Fe은 전자를 잃고 산화되고, Ag^+ 은 Fe^{2+} 이 내놓은 전자를 얻어 Ag 으로 환원된다. 즉 전자는 Fe에서 Ag^+ 으로 이동한다.

604 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이 산화제이다. (가)에서 H의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 H_2SO_4 은 환원된다. 따라서 (가)에서 H_2SO_4 은 산화제이다.

(나)에서 Ag의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 $AgNO_3$ 은 환원된다. 따라서 (나)에서 $AgNO_3$ 은 산화제이다.

(다)에서 Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하므로 MnO_2 는 환원된다. 따라서 (다)에서 MnO_2 는 산화제이다.

605 ㄱ. (가)에서 ㉠은 흡원소 물질인 S이므로 산화수는 0이고, ㉡은 SO_2 이고 SO_2 에서 S의 산화수는 +4이다. 즉 (가)에서 ㉠이 ㉡으로 될 때 산화수는 4 증가한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 O의 산화수는 O_2 에서 0이고, SO_3 에서 -2이다. 즉 O_2 는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

ㄷ. (다)에서 S의 산화수는 SO_3 에서 +6이고, H_2SO_4 에서도 +6이다. 따라서 (다)에서 ㉢은 산화수 변화가 없으므로 산화되거나 환원되지 않는다.

606 ㄴ. (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 SO_2 0.5 mol과 H_2S 1 mol이 반응하므로 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응한 반응물의 전체 양(mol)은 1.5 mol이다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2SO_3 에서도 +4이다. 즉 SO_2 의 구성 원자는 산화수 변화가 없으므로 SO_2 은 산화되거나 환원되지 않는다.

ㄷ. (다)에서 H, O의 산화수는 변하지 않으므로 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않는다. 즉 산화제나 환원제가 아니다.

607 환원되기 쉬운 경향을 가진 물질일수록 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제로 작용한다. 또한 같은 원소를 포함한 경우 높은 산화수를 가진 것이 낮은 산화수를 가진 것보다 환원되려는 경향이 커서 산화제의 세기가 크다. 같은 주기에서 전기 음성도는 원자 번호가 클수록 크므로 전기 음성도는 $S < Cl$ 이고, 따라서 Cl_2 는 S을 포함한 물질보다 강한 산화제이다. S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2S 에서 -2이므로 S의 산화수가 큰 SO_2 이 H_2S 보다 강한 산화제이다.

모범 답안 환원되기 쉬운 경향을 가진 물질일수록 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제로 작용한다. (나)에서는 SO_2 이 환원되고 H_2S 가 산화되므로 SO_2 이 H_2S 보다 강한 산화제이다. (다)에서는 SO_2 이 산화되고 Cl_2 가 환원되므로 Cl_2 가 SO_2 보다 강한 산화제이다. 따라서 산화제의 세기는 $H_2S < SO_2 < Cl_2$ 이다.

608 A~E는 1, 2주기 원소이므로 A는 2주기 17족, B는 2주기 15족, C는 2주기 16족, D는 2주기 14족, E는 1주기 1족 원소이다. 즉 전기 음성도는 $E < D < B < C < A$ 이다.

ㄱ. B의 산화수는 (가)에서 +3, (나)에서 -3이다.

ㄷ. (가)에서 C의 산화수는 -2이고, (나)에서 D의 산화수는 +2이므로 (가)에서 C의 산화수와 (나)에서 D의 산화수 합은 0이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 A의 산화수는 -1이고, C의 산화수는 -2이다. 따라서 C의 산화수가 가장 작다.

609 B에 비공유 전자쌍이 1개 있다. → B는 2주기 15족 원소

분자	(가)	(나)	(다)
구조식	$A \equiv B - C$	$\begin{array}{c} C & C \\ & \\ C - B - B - C \end{array}$	$C - A - C$

A에 비공유 전자쌍이 2개 있다. → A는 2주기 16족 원소 C에 비공유 전자쌍이 3개 있다. → C는 2주기 17족 원소

ㄱ. A~C 중 원자 번호는 C가 가장 크다.

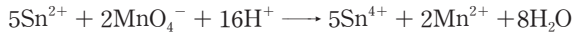
ㄴ. 전기 음성도는 $B < A < C$ 이므로 (가)에서 A의 산화수는 -2이고, (다)에서 A의 산화수는 +2이다. 따라서 (가)와 (다)에서 A의 산화수의 합은 0이다.

바로알기 | ㄷ. 전기 음성도는 $B < C$ 이므로 B-C 결합의 전자쌍을 C가 모두 가져간다. 이로부터 B의 산화수는 (나)에서 +2이다. 또한 B_2A_4 에서 A의 산화수는 -2이므로 B의 산화수는 +4이다.

610 Sn의 산화수는 Sn^{2+} 에서 +2이고, Sn^{4+} 에서 +4이다. 또한 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이다. 즉 Sn의 산화수는 2 증가하고, Mn의 산화수는 5 감소한다. 감소한 산화수와 증가한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



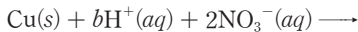
이때 산화수 변화가 없는 H, O 원자 수가 반응물과 생성물에서 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



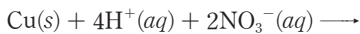
모범 답안 (1) $a=5, b=2, c=16, d=5, e=2, f=8$

(2) 산화제: MnO_4^- , 환원제: Sn^{2+} , Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소하므로 MnO_4^- 은 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다. 한편 Sn의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 Sn^{2+} 은 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시킨다.

611 Cu의 산화수는 Cu에서 0, Cu^{2+} 에서 +2로 2 증가한다. 또한 N의 산화수는 NO_3^- 에서 +5, NO_2 에서 +4로 1 감소한다. 감소한 산화수와 증가한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



이때 산화수 변화가 없는 H, O 원자 수가 반응물과 생성물에서 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.

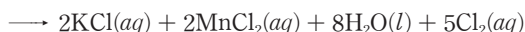
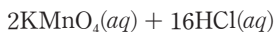


∴ Cu와 NO_2 의 계수비가 1 : 2이므로 NO_2 1 mol이 생성될 때 반응한 Cu의 양(mol)은 0.5 mol이다.

바로알기 | ∴ $a=1, b=4, c=2, d=2$ 이므로 $a+b>c+d$ 이다.

∴ N의 산화수는 감소하므로 NO_3^- 은 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

612 ∴ Mn의 산화수는 KMnO_4 에서 +7, MnCl_2 에서 +2로 5 감소한다. 또한 Cl의 산화수는 HCl 에서 -1, Cl_2 에서 0이므로 1 증가한다. 그런데 Cl_2 에서 Cl 원자 수가 2이므로 총 산화수 증가는 2이다. 감소한 산화수와 증가한 산화수가 같고, 산화수 변화가 없는 H, O의 원자 수가 반응물과 생성물에서 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



즉 $a=2, b=16, e=8$ 이므로 $\frac{b}{a \times e} = 1$ 이다.

∴ (가)에서 Mn의 산화수는 KMnO_4 에서 +7, MnCl_2 에서 +2로 감소한다. 또한 O의 산화수는 H_2O_2 에서 -1, O_2 에서 0으로 증가한다. 즉 KMnO_4 은 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다. (나)에서도 Mn의 산화수가 감소하므로 KMnO_4 은 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

∴ 0.2 M KMnO_4 100 mL에 들어 있는 KMnO_4 의 양(mol)은 0.02 mol이다. (가)에서 반응 몰비는 $\text{KMnO}_4 : \text{HCl} = 2 : 6$ 이므로 필요한 HCl의 양(mol)은 0.06 mol이고, (나)에서 반응 몰비는 $\text{KMnO}_4 : \text{HCl} = 2 : 16$ 이므로 필요한 HCl의 양(mol)은 0.16 mol이다.

613 ∴ (나)에서 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=1, b=3, c=2, d=3$ 이므로 $a+b+c+d=9$ 이다.

바로알기 | ∴ CO와 Fe의 반응 몰비가 3 : 2이므로 56 g의 Fe, 즉 1 mol의 Fe을 얻는 데 필요한 CO의 양(mol)은 1.5 mol이다.

또한 (가)에서 C와 CO의 반응 계수가 같으므로 1.5 mol의 CO를 얻기 위해 필요한 C의 양(mol)은 1.5 mol이고, C의 원자량이 12이므로 질량은 18 g이다.

∴ (가)와 (나)는 구성 원자의 산화수가 변하는 산화 환원 반응이고, (다)는 구성 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화 환원 반응이 아니다.

614 ∴ 반응이 일어나는 동안 용액 속 Cu^{2+} 수가 감소하므로 수용액의 푸른색이 없어진다.

바로알기 | ∴ 비커 속에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



즉 Zn은 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

∴ Zn 1개가 반응하여 Zn^{2+} 1개를 생성할 때 Cu^{2+} 1개가 반응하여 Cu로 석출되므로 용액 속 전체 이온 수는 일정하다.

615 비커 속에서 일어나는 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



③ 반응이 일어나면 수용액 속 Ag^+ 2개가 Cu^{2+} 1개로 교체되는 것과 같으므로 수용액 속 양이온 수는 감소한다.

④ 수용액 속 Cu^{2+} 수가 증가하므로 수용액의 색깔이 푸르게 변한다.

바로알기 | ① 전자를 잃고 산화되는 정도는 Cu가 Ag보다 크므로 반응성은 $\text{Cu} > \text{Ag}$ 이다.

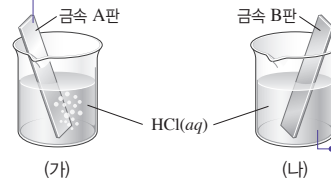
② 반응이 일어나면 수용액 속 Ag^+ 2개가 감소할 때 Cu^{2+} 1개가 생성되므로 수용액의 질량은 반응 전보다 감소한다.

⑤ 전자는 Cu에서 Ag^+ 으로 이동한다. 이때 NO_3^- 은 반응에 참여하지 않는다.

⑥ AgNO_3 은 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제로 작용한다.

616

→ (가)에서 A는 전자를 잃고 산화되고, H^+ 은 전자를 얻어 H_2 로 발생한다. ∴ 반응성은 $\text{H} < \text{A}$ 이다.



→ (나)에서는 반응이 일어나지 않는다. ∴ 반응성은 $\text{B} < \text{H}$ 이다.

∴ 반응성은 $\text{B} < \text{H} < \text{A}$ 이므로 A는 B보다 산화되기 쉽고, B 이온은 A 이온보다 환원되기 쉽다.

∴ (가)에서 A는 전자를 잃고 양이온이 되므로 A의 산화수는 증가한다.

∴ (가)에서 반응이 일어나는 동안 H^+ 수가 감소하므로 $[\text{H}^+]$ 가 감소한다. 따라서 수용액의 pH는 증가한다.

617 ∴ Cl_2 를 넣었을 때 $\text{KX}(\text{aq})$ 에서 일어난 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

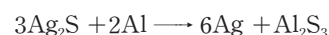


즉 Cl_2 는 전자를 얻어 환원되므로 산화제이다.

∴ Cl_2 를 넣었을 때 $\text{KX}(\text{aq})$ 에서는 반응이 일어났으므로 반응성은 $\text{X}_2 < \text{Cl}_2$ 이고, $\text{KY}(\text{aq})$ 과는 반응하지 않았으므로 반응성은 $\text{Cl}_2 < \text{Y}_2$ 이다. 이로부터 반응성은 $\text{X}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Y}_2$ 이다.

바로알기 | ∴ 반응성은 $\text{X}_2 < \text{Y}_2$ 이므로 $\text{KY}(\text{aq})$ 에 X_2 를 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

618 ∴ 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.

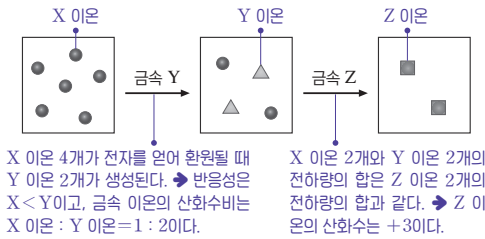


즉 $a=3, b=2, c=6, d=1$ 이므로 $a \times b = c \times d$ 이다.

ㄷ. Ag_2S 과 Al_2S_3 의 계수비가 3 : 1이므로 Ag_2S 0.6 mol이 반응할 때 생성된 Al_2S_3 의 양(mol)은 0.2 mol이다.

바로알기 | ㄴ. Al은 전자를 잃고 산화되므로 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

619



ㄷ. X 이온의 산화수가 +1일 때 Z 이온의 산화수는 +3이다. 산화된 물질이 잃은 전자의 양과 환원된 물질이 얻은 전자의 양이 같으므로 9 mol의 X 이온을 환원시키기 위해 필요한 Z의 양(mol)은 3 mol이다.

바로알기 | ㄱ. 금속 Z를 넣었을 때 X 이온(●)은 전자를 얻어 환원되므로 ●은 산화제로 작용한다.

ㄴ. X 이온(●), Y 이온(▲), Z 이온(■)의 산화수비는 ● : ▲ : ■ = 1 : 2 : 3이므로 산화수가 가장 큰 것은 ■이다.

2 열의 출입

빈출 자료 보기

177쪽

620 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ×

620 (1) CaCl_2 이 물에 용해된 후 용액의 온도가 높아졌으므로 CaCl_2 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.

(4) 용액의 질량은 200 g이고 용액의 온도 변화는 15°C 이며, 용액의 비열은 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 이므로 용액이 흡수한 열량은 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 200 \text{ g} \times 15^\circ\text{C} = 12600 \text{ J}$ 이다. 따라서 CaCl_2 20 g이 물에 용해될 때 방출한 열량은 12.6 kJ이다.

바로알기 | (2) CaCl_2 의 용해 반응은 발열 반응이므로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.

(3) 열량계가 단열되지 않았다면 열이 주위로 방출되므로 주위의 온도는 올라갈 것이다.

(5) CaCl_2 20 g이 물에 용해될 때 방출한 열량은 12.6 kJ이므로 1 g이 물에 용해될 때 방출한 열량은 0.63 kJ/g이다.

(6) CaCl_2 1 mol이 물에 용해될 때 방출한 열량을 구하려면 CaCl_2 20 g에 해당하는 양(mol)을 알아야 한다. 이때 필요한 자료는 CaCl_2 의 화학식량이다.

난이도별 필수 기출

178~181쪽

621 ⑤ 622 ③ 623 ③ 624 ③ 625 ③ 626 ⑤
627 ② 628 ④, ⑥ 629 ③ 630 ③
631 해설 참조 632 ⑤ 633 해설 참조 634 ④
635 ⑤ 636 ③

621 ㄱ. 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이 발열 반응이다.

ㄴ, ㄷ. 흡열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이므로 주위의 온도가 낮아진다. 따라서 흡열 반응을 이용하면 냉찜질 주머니를 만들 수 있다.

622 ㄱ. 뷰테인의 연소 반응(㉠)은 열을 주위로 방출하는 발열 반응이다. 철가루와 산소의 반응(㉡)을 손난로를 만드는 데 이용하는 것으로 보아 이 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다. 물이 증발할 때 주위가 시원해지는 것으로 보아 물의 증발 과정(㉢)은 열을 흡수하는 흡열 반응이다. 따라서 ㉠~㉢ 중 발열 반응은 ㉠, ㉡ 2가지이다.

ㄴ. ㉠ 반응은 발열 반응으로 열을 주위로 방출하므로 반응이 일어나면 주위의 온도가 높아진다.

바로알기 | ㄷ. ㉢ 반응은 흡열 반응이므로 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크다.

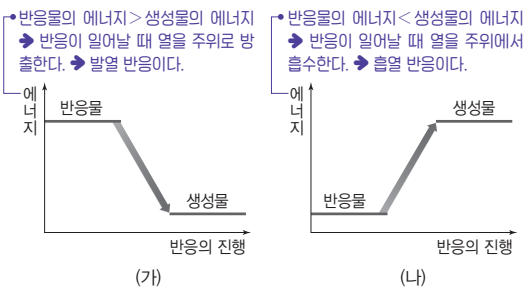
623 화학 반응이 일어날 때 주위의 온도가 올라가는 반응은 발열 반응이다.

ㄱ. 물이 응고되어 얼음이 되는 과정은 발열 반응이다.

ㄴ. 철이 산화되어 붉은 녹을 생성하는 반응은 발열 반응이다.

바로알기 | ㄷ. 물의 전기 분해 반응은 외부에서 전류를 흘려 주어야 일어나는 반응으로 흡열 반응이다.

624



ㄱ. (나)는 흡열 반응으로 주위에서 열을 흡수하는 반응이다.

ㄴ. 중화 반응은 반응이 일어날 때 열을 방출하는 발열 반응이므로 에너지 변화 그래프는 (가)와 같은 모양이다.

바로알기 | ㄷ. 금속과 산의 반응은 발열 반응이므로 에너지 변화 그래프는 (가)와 같은 모양이다.

625 ㄱ. 금속과 산의 반응은 발열 반응이므로 반응이 일어날 때 열을 방출한다.

ㄷ. 수증기가 액체인 물로 되는 반응은 발열 반응이므로 이 반응과 열의 출입 방향이 같다.

바로알기 | ㄴ. $\text{HCl}(aq)$ 에 $\text{Zn}(s)$ 을 넣어 주면 Zn이 전자를 잃고 산화되고 $\text{HCl}(aq)$ 속 H^+ 이 전자를 얻어 H_2 로 된다. 이때 반응이 일어나는 동안 $[\text{H}^+]$ 가 감소하여 pH가 증가한다.

626 ㄱ, ㄷ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 반응을 냉각 팩에 이용하는 것으로 보아 이 반응은 흡열 반응이다. 따라서 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크고, 반응물이 생성물보다 안정하다.

ㄴ. 탄산수소 나트륨의 열분해 반응은 주위로부터 열을 흡수하는 흡열 반응으로 이 반응과 열의 출입 방향이 같다.

627 ㄴ. (나) 반응은 중화 반응으로 발열 반응이다. 따라서 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.

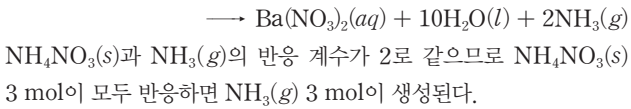
바로알기 | ㄱ. (가)는 메테인의 연소 반응으로 반응이 일어날 때 열을 방출한다.

ㄷ. (다)는 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 반응으로 흡열 반응이다. 따라서 반응이 일어나면 주위의 온도가 낮아진다.

628 ①, ② 삼각 플라스크 속에서 반응이 일어나면서 주위의 온도가 낮아져 나무판 위의 물이 얼었다. 즉 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 의 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

③ 나무판 위의 물이 액체에서 고체로 응고되는 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

⑤ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 의 반응에서 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



바로알기 | ④ Ba의 산화수는 반응물과 생성물에서 모두 +2로 변하지 않는다.

⑥ $\text{CaCl}_2(\text{s})$ 의 용해 반응은 발열 반응이므로 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 대신 $\text{CaCl}_2(\text{s})$ 과 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 로 같은 실험 결과를 얻을 수 없다.

629 ㄱ. (가)는 통열량계이고, (나)는 간이 열량계이다.

ㄴ. (가)는 단열 용기로 처리되어 있어 (나)보다 열 손실이 적다.

바로알기 | ㄷ. (가)의 통열량계는 기체가 발생하는 화학 반응에서 출입하는 열을 측정하기에 적합하다. 따라서 연소 반응에서 출입하는 열량을 측정하기에는 (나)보다 (가)가 적합하다.

630 일정 질량의 CaCl_2 를 일정량의 물에 녹일 때 출입하는 열은 물이 흡수하거나 물로부터 흡수하므로 물이 얻거나 잃은 열량은 CaCl_2 이 물에 용해될 때 얻거나 잃은 열량과 같다. 물이 얻거나 잃은 열량은 ‘용액의 비열 $\times$ 용액의 질량 $\times$ 용액의 온도 변화’로 구할 수 있다. 이때 구한 열량은 일정 질량의 CaCl_2 이 물에 용해될 때 출입하는 열량일므로 이로부터 CaCl_2 1 mol이 물에 용해될 때 출입하는 열량을 구하려면 CaCl_2 의 화학식량이 필요하다. 따라서 필요한 자료는 용액의 비열, 용액의 질량(=물의 질량+용해된 CaCl_2 의 질량), 용액의 온도 변화, CaCl_2 의 화학식량이다.

바로알기 | ③ 물의 분자량은 CaCl_2 1 mol이 물에 용해될 때 출입하는 열량을 측정하는 데 사용되지 않는다.

631 열량의 측정값이 이론값보다 작게 측정된 것은 화학 반응에서 출입하는 열의 손실이 생긴 경우이다.

모범 답안 $\text{CaCl}_2(\text{s})$ 이 물에 용해될 때 방출한 열의 일부가 실험 기구의 온도를 변화시키는 데 쓰였거나 열량계 밖으로 빠져나가는 등 열 손실이 발생했기 때문이다.

632 ㄱ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 의 용해 반응에서 온도가 낮아진 것으로 보아 이 반응은 흡열 반응이다. 따라서 열량계를 단열 처리하지 않았다면 주위로부터 열을 흡수하므로 주위의 온도는 내려갔을 것이다.

ㄴ. 물과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 의 질량 합이 100 g이고, 용액의 온도 변화는 3.5°C 이며, 수용액의 비열이 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 이므로 출입한 열량은 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 100 \text{ g} \times 3.5^\circ\text{C} = 1470 \text{ J} = 1.47 \text{ kJ}$ 이다.

ㄷ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 4 g의 양(mol)은 0.05 mol이다. 즉 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 0.05 mol이 용해될 때 출입하는 열량이 1.47 kJ이므로 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 1 mol이 용해될 때 출입하는 열량은 29.4 kJ/mol이다.

633 연소한 과자의 질량은 7 g이고, 물의 밀도가 1 g/mL이므로 물 100 mL의 질량은 100 g이다. 과자 7 g이 연소할 때 방출한 열이 모두 물의 온도를 높이는 데 사용되어 물의 온도를 5°C 높였으므로 물이 흡수한 열량은 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 100 \text{ g} \times 5^\circ\text{C} = 2100 \text{ J}$ 이다.

따라서 과자 1 g이 연소할 때 출입하는 열량은 300 J, 즉 0.3 kJ이다.

모범 답안 연소한 과자의 질량은 7 g이고, 물 100 mL의 질량은 100 g이다. 과자 7 g이 연소할 때 방출한 열량은 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 100 \text{ g} \times 5^\circ\text{C} = 2100 \text{ J}$ 이므로 과자 1 g이 연소할 때 출입하는 열량은 0.3 kJ/g이다.

634 알코올램프의 실험 전후 질량 차는 연소한 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 질량과 같으므로 연소한 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 질량은 23 g이다. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이 연소할 때 발생한 열을 물이 모두 흡수하므로 물이 흡수한 열량은 $4 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 100 \text{ g} \times 6^\circ\text{C} = 2400 \text{ J}$ 이다. 연소한 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 23 g의 양(mol)은 0.5 mol이므로 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1 mol이 연소할 때 발생하는 열량은 4800 J/mol이다.

635 ㄱ. CH_3COOH 이 연소할 때 물의 온도가 높아졌으므로 CH_3COOH 의 연소 반응은 열을 주위로 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. 방출한 열은 물과 통열량계에 모두 흡수되었다고 가정했으므로 물이 흡수한 열량은 $4 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 0.8 \text{ kg} \times 10^\circ\text{C} = 32 \text{ kJ}$ 이고, 통열량계가 흡수한 열량은 $1 \text{ kJ}/^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 10 \text{ kJ}$ 이다.

ㄷ. CH_3COOH 3 g이 연소할 때 발생한 열량이 42 kJ이며, CH_3COOH 의 질량이 3 g이므로 연소한 CH_3COOH 의 양(mol)은 0.05 mol이다. 따라서 CH_3COOH 1 mol이 연소할 때 발생하는 열량은 840 kJ/mol이다.

636 ㄱ. X가 연소할 때 방출하는 열은 20 kJ/g이므로 1 g의 X가 연소할 때 방출하는 열은 20 kJ이고 이 열은 열량계가 모두 흡수한다. 이때 열량계의 열용량을 C라고 하면 $C \text{ kJ}/^\circ\text{C} \times 4^\circ\text{C} = 20 \text{ kJ}$ 이므로 열량계의 열용량 C는 5 kJ/ $^\circ\text{C}$ 이다.

ㄴ. Y 1 g이 연소할 때 온도 변화가 10°C 이고, 열량계의 열용량 C는 5 kJ/ $^\circ\text{C}$ 이므로 Y 1 g이 연소할 때 방출하는 열은 $5 \text{ kJ}/^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 50 \text{ kJ}$ 이다.

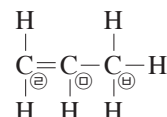
바로알기 | ㄷ. X 1 g이 연소할 때 방출하는 열은 20 kJ이고, Y 1 g이 연소할 때 방출하는 열은 50 kJ이므로 실험 Ⅲ에서 시료가 연소할 때 방출한 열의 총합은 70 kJ이다. 이때 열량계의 열용량 C는 5 kJ/ $^\circ\text{C}$ 이므로 $5 \text{ kJ}/^\circ\text{C} \times x^\circ\text{C} = 70 \text{ kJ}$ 이고, 이 식을 풀면 온도 변화 $x = 14(^\circ\text{C})$ 이다.

최고 수준 도전 기출 (23~24강)

182~183쪽

637 ② 638 ② 639 ① 640 ④ 641 ③ 642 ⑤
643 ③

637 NH_4NO_3 에서 H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 -2이며, 화합물을 구성하는 원자의 산화수의 총합은 0이다. 이로부터 ㉠은 -3, ㉡은 +5이다. KO_2 에서 K의 산화수는 +1이므로 ㉢은 $-\frac{1}{2}$ 이다. CH_2CHCH_3 의 구조식은 다음과 같으며,

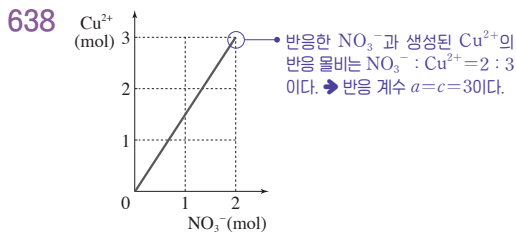


전기 음성도는 $\text{C} > \text{H}$ 이므로 ㉠은 -2, ㉡은 -1, ㉢은 -3이다.

ㄴ. ㉠~㉢을 모두 곱한 값은 -45이다.

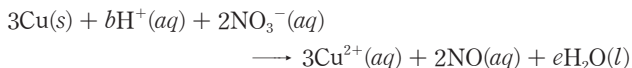
바로알기 | ㄱ. ㉠~㉣ 중 양의 값을 갖는 것은 ㉠ 1가지이다.

ㄷ. ㉠~㉣ 중 가장 큰 값은 +5이고, 가장 작은 값은 -3이다. 따라서 그 차는 8이다.

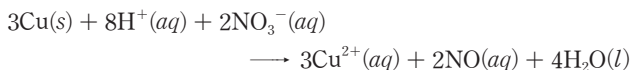


Cu의 산화수는 0에서 +2로 2 증가하고, Cu의 계수가 3이므로 총 산화수는 6 증가한다. N의 산화수는 NO_3^- 에서 +5이고, NO_3^- 의 계수가 2이므로 반응한 N 원자 수는 2이고 총 산화수는 6 감소한다. 질소 산화물 X에서 N의 산화수를 x 라고 하면 $2(5-x)=6$ 이고, x 는 2이므로 질소 산화물에서 O의 산화수는 -2이다. 따라서 X의 화학식은 NO 이다.

X의 화학식이 NO 이므로 제시된 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



산화수 변화가 없는 H, O의 반응 전후 원자 수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.

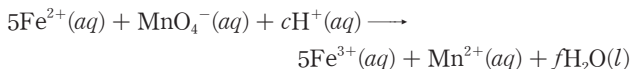


ㄷ. 이 반응에서 환원제는 자신이 산화되는 Cu이다. Cu와 X의 반응 몰비는 $\text{Cu} : \text{X} = 3 : 2$ 이므로 환원제 0.6 mol이 모두 반응할 때 생성된 X의 양(mol)은 0.4 mol이다.

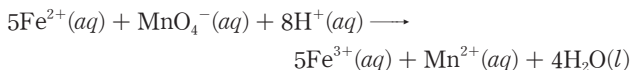
바로알기 | ㄱ. X의 화학식은 NO 이다.

ㄴ. $a=3, b=8, c=3, d=2, e=4$ 이므로 $a+b+c-d-e=8$ 이다.

639 제시된 반응의 산화 환원 반응식에서 Fe의 산화수는 +2에서 +3으로 1 증가하고, Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7, Mn^{2+} 에서 +2로 5 감소한다. 이때 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



산화수 변화가 없는 H, O의 반응 전후 원자 수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.



ㄱ. $a=5, b=1, c=8, d=5, e=1, f=4$ 이므로

$a+b+c+d+e+f=24$ 이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 $[\text{H}^+]$ 와 $[\text{Fe}^{2+}]$ 가 0.2 M로 같고 수용액의 부피는 100 mL이므로 수용액 속 H^+ 의 양(mol)과 Fe^{2+} 의 양(mol)은 각각 0.02 mol이다. (나)에서 $[\text{MnO}_4^-]$ 가 0.02 M이고, 수용액의 부피는 100 mL이므로 수용액 속 MnO_4^- 의 양(mol)은 0.002 mol이다.

산화 환원 반응식에서 MnO_4^- 과 H^+ 의 반응 몰비는 1 : 8이므로 MnO_4^- 0.002 mol이 모두 반응할 때 H^+ 은 0.016 mol 반응하고 0.004 mol이 남는다. 또한 MnO_4^- 0.002 mol이 반응할 때 Mn^{2+} 은 0.002 mol 생성된다. 따라서 (다)에서 H^+ 의 양(mol)은 Mn^{2+} 의 양(mol)의 2배이다.

ㄷ. MnO_4^- 과 Fe^{3+} 의 반응 몰비는 1 : 5이므로 MnO_4^- 0.002 mol이 모두 반응할 때 Fe^{3+} 0.01 mol이 생성된다. 이때 (다) 수용액의 부피가 200 mL이므로 (다)에서 $[\text{Fe}^{3+}] = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.05 \text{ M}$ 이다.

640 $\text{Al}(s)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

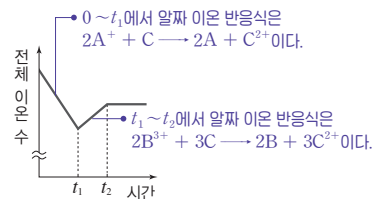


ㄱ. Al 13.5 g의 양(mol)은 0.5 mol이고, 2 M $\text{HCl}(aq)$ 300 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.6 mol이다. 이때 $\text{Al}(s)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 의 반응 몰비가 1 : 3이므로 $\text{HCl}(aq)$ 속 H^+ 0.6 mol이 모두 반응하여 H_2 기체 0.3 mol을 생성한다.

ㄷ. H^+ 0.6 mol과 반응한 Al 의 양(mol)은 0.2 mol이므로 Al 0.3 mol은 반응하지 않고 남는다. 즉 반응 후 $\text{Al}(s)$ 0.3 mol $\times$ 27 g/mol = 8.1 g이 남는다.

바로알기 | ㄴ. $\text{Al}(s)$ 은 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제로 작용한다.

641 $0 \sim t_1$ 까지는 이온 수가 감소하다가 $t_1 \sim t_2$ 에서 증가한다. 따라서 $0 \sim t_1$ 까지는 반응한 금속 이온 수가 생성된 C 이온 수보다 크고, $t_1 \sim t_2$ 에서는 반응한 금속 이온 수보다 생성된 금속 C 이온 수가 크다. 즉 금속 C 이온의 산화수는 +2이고, $0 \sim t_1$ 까지 반응한 이온은 A^+ , $t_1 \sim t_2$ 에서 반응한 이온은 B^{3+} 이다.



$0 \sim t_1$ 에서 수용액의 밀도가 증가하므로 A^+ 2개의 질량보다 C^{2+} 1개의 질량이 크다. 즉 원자량은 $\text{A} < \text{C}$ 이다.

$t_1 \sim t_2$ 에서 수용액의 밀도가 감소하므로 B^{3+} 2개의 질량보다 C^{2+} 3개의 질량이 작다. 즉 원자량은 $\text{C} < \text{B}$ 이다.

ㄱ. 원자량은 $\text{A} < \text{C} < \text{B}$ 이다.

ㄷ. 이온의 산화수는 $\text{A} < \text{C} < \text{B}$ 이다.

바로알기 | ㄴ. B^{3+} 보다 A^+ 이 먼저 반응했으므로 반응성은 $\text{A} < \text{B}$ 이며, C가 A^+ 과 B^{3+} 을 모두 환원시켰으므로 반응성은 $\text{A} < \text{B} < \text{C}$ 이다.

642 (가)에서 통열량계에 9.0 kJ의 열량을 공급했을 때 온도가 5°C 높아졌으므로 물을 포함한 통열량계의 열용량은 $1.8 \text{ kJ}/^\circ\text{C}$ 이다. 이 통열량계에 나프탈렌 12.8 g, 즉 0.1 mol을 넣고 연소시킬 때 온도가 30°C 높아졌으므로 나프탈렌 0.1 mol이 연소할 때 방출한 열량은 $1.8 \text{ kJ}/^\circ\text{C} \times 30^\circ\text{C} = 54 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 나프탈렌 1 mol이 연소할 때 발생하는 열량은 540 kJ/mol이다.

643 ㄱ. (가)에서 $\text{A}(s)$ 가 용해될 때 온도가 낮아졌으므로 $\text{A}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

ㄴ. (나)에서 $\text{B}(s)$ 가 용해될 때 온도가 높아졌으므로 $\text{B}(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이다. 즉 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.

바로알기 | ㄷ. 같은 양(mol)의 용질을 녹였을 때 온도 변화량은 같고, 수용액의 비열은 (가)와 (나)에서 같으므로 각 용질이 용해될 때 출입하는 열량은 같다. 이때 화학식량은 $\text{A} > \text{B}$ 이므로 1 g의 양(mol)은 $\text{A} < \text{B}$ 이다. 따라서 각 물질 1 g을 물에 녹일 때 출입하는 열량은 $\text{A} < \text{B}$ 이고, 물의 온도 변화는 $\text{B}(s)$ 를 녹였을 때가 더 크다.