

# 수능특강

과학탐구영역 | 화학 I

정답과 해설

**01**

## 화학과 우리 생활

### 수능 2점 테스트

본문 10~11쪽

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

### 01 암모니아의 대량 생산

하버와 보슈는 암모니아( $\text{NH}_3$ )의 대량 생산 공정을 개발하였다. 암모니아는 식물의 생장에 필수적인 질소 비료의 원료이므로 암모니아의 대량 생산은 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

### 02 합성 섬유

우산의 원단으로 쓰이는 폴리에스터는 합성 섬유로 물에 잘 젖지 않는다.

- ☒ 폴리에스터는 합성 섬유이다.  
Ⓐ 합성 섬유의 원료는 주로 석유로부터 얻으므로 합성 섬유는 탄소 화합물이다.  
☒ 폴리에스터는 물에 잘 젖지 않으므로 우산의 원단으로 쓰인다.

### 03 화학과 우리 생활

- Ⓐ 화학의 발전으로 합성 비료가 개발되어 식량 문제가 개선되었다.  
Ⓑ 화학의 발전으로 다양한 기능을 가진 합성 섬유가 개발되어 필요한 곳에 이용되고 있다.  
Ⓒ 화학의 발전으로 우수한 단열재가 개발되어 주택이나 건물의 난방 효율이 향상되었다.

### 04 플라스틱

플라스틱은 ‘원하는 모양으로 만들 수 있는’이라는 고대 그리스어의 프라스티코스(plastikos)에서 유래했다. 플라스틱은 탄소 화합물로 열이나 압력으로 원하는 모양을 쉽게 만들 수 있으며, 주로 원유(석유)를 가공하여 얻는 물질을 이용하여 만든다.

### 05 탄소의 다양한 결합

탄소(C) 원자 1개는 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있고, C 원자 사이에는 단일 결합 외에도 2중 결합, 3중 결합이 가능하며, C는 수소(H), 산소(O), 질소(N), 염소(Cl), 황(S), 인(P) 등과 공유 결합한다. C를 기본 골격으로 H, O, N, Cl, S, P 등과 공유 결합하여 이루는 화합물을 탄소 화합물이라고 한다.

### 06 탄소 화합물

- ㉠ 메테인( $\text{CH}_4$ )은 탄소와 수소만으로 이루어진 탄화수소 중 가장 간단한 화합물로 천연 가스의 주성분이다.  
㉡ (가)와 (나) 모두 구성 원소가 탄소(C)와 수소(H)이다.  
㉢  $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 (가)가 4이고 (나)가  $\frac{8}{3}$ 이므로 (가) > (나)이다.

### 07 탄소 화합물

- ☒ 메테인( $\text{CH}_4$ ) 분자를 이루는 원자의 수는 5이고, 메탄올( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) 분자를 이루는 원자의 수는 6이다.  
㉡ (가)와 (나)에서 탄소 원자에 결합한 원자의 수는 각각 4로 같다.  
㉢ (가)와 (나) 모두 완전 연소할 때 생성되는 물질은 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )와 물( $\text{H}_2\text{O}$ )로 생성물의 가짓수가 2로 같다.

### 08 탄소 화합물

- ㉠ (가)는 에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )이며 소독제의 원료로 이용된다.  
㉡ (나)는 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )이며 (나)의 수용액은 산성이다.  
☒ (가)에서 2개의 C 원자는 각각 4개의 다른 원자와 결합하고 있다. (나)에서 하나의 C 원자는 4개의 다른 원자와 결합하고 있지만, 다른 C 원자는 3개의 다른 원자와 결합하고 있다.

### 수능 3점 테스트

본문 12~14쪽

- 01 ②    02 ④    03 ③    04 ③    05 ①    06 ⑤

### 01 암모니아의 대량 생산

☒ ㉠은 암모니아( $\text{NH}_3$ )이다. 하버와 보슈에 의한 암모니아( $\text{NH}_3$ )의 대량 생산 공정이 개발된 이후에 암모니아를 이용하여 질소 비료를 합성하였다.

- ☒ 암모니아( $\text{NH}_3$ )는 탄소 화합물이 아니다.  
Ⓐ 암모니아의 대량 생산은 질소 비료를 합성하기 쉽게 하여 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

### 02 탄화수소

- ㉠ 메테인( $\text{CH}_4$ ), 뷰테인( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), 옥테인( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ )은 모두 탄소와 수소만으로 이루어진 탄화수소이다.  
☒  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ 의  $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는  $\frac{10}{4}$ 이고,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ 의  $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는  $\frac{18}{8}$

이므로  $\frac{H\text{ 원자 수}}{C\text{ 원자 수}}$ 는 뷰테인이 옥테인보다 크다.

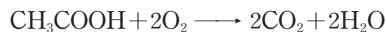
Ⓐ CH<sub>4</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>은 모두 탄화수소로 완전 연소할 때 생성되는 물질은 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)로 생성물의 가짓수는 2로 같다.

### 03 화학과 우리 생활

Ⓐ 인류는 화석 연료의 사용으로 철광석으로부터 철을 대량으로 제련할 수 있게 되었으며, 철을 이용하면 견고한 건축물을 만들 수 있다.

Ⓑ 인류는 석유로부터 얻은 스타이로폼을 건물의 단열재로 이용한다.

☒ 유리는 모래에서 얻는 물질로 탄소 화합물이 아니다.



CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>3</sub>COOH 각 1 mol을 완전 연소시키면 생성되는 물질의 양은 각각 3 mol, 7 mol, 5 mol, 4 mol이므로, (가)~(라)는 각각 CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>이다.

Ⓓ (나)는 CH<sub>3</sub>COOH이고, 1 mol을 완전 연소시킬 때 생성물의 양은 4 mol이므로  $x=4$ 이다.

Ⓔ (가)와 (라)는 각각 CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>이므로 (가)와 (라)를 이루는 원소의 종류는 같다.

Ⓕ (다)는 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)이므로 손 소독제의 원료로 이용된다.

### 04 탄소 화합물

Ⓐ (가)는 메테인(CH<sub>4</sub>)으로 1개의 C 원자는 4개의 H 원자와 결합하고, (나)는 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)로 1개의 C 원자는 3개의 H 원자, 1개의 C 원자와 결합하고, 다른 C 원자는 1개의 C 원자와 2개의 H 원자와 1개의 O 원자와 결합하고 있으므로 모든 탄소는 4개의 원자와 결합하고 있다.

Ⓑ (가)는 CH<sub>4</sub>으로 탄소와 수소만으로 이루어진 탄소 화합물이고, (다)는 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)으로 탄소와 수소와 산소로 이루어진 탄소 화합물이다. (가)와 (다) 모두 완전 연소할 때 생성되는 물질은 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)로 생성물의 가짓수는 2로 같다.

☒ (나)는 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)로 수용액의 액성을 중성이고, (다)는 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)으로 수용액의 액성을 산성이다.

### 05 탄소의 다양한 결합

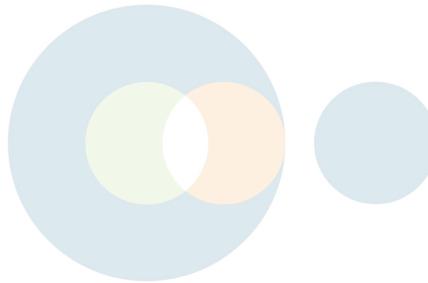
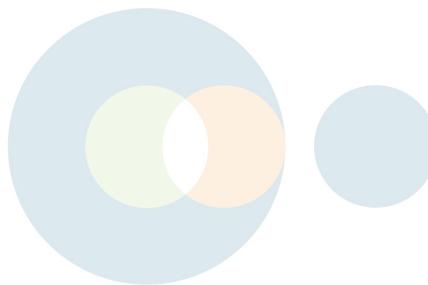
☒ 탄소 원자 1개는 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있고, 결합한 2개의 탄소에 각각 수소 원자가 3개씩 결합하므로, 물질 Ⓛ의 화학식은 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>이다.

Ⓓ Ⓛ(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)에서 수소 원자 1개를 빼고 탄소 원자를 결합시키면 새로 결합한 탄소 원자에 수소 원자 3개가 추가로 결합하므로, 물질 Ⓜ의 화학식은 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>이다. 그러므로 Ⓛ과 Ⓜ의 수소 원자 수의 차는 2이다.

☒ Ⓛ 원자 수는 Ⓛ은  $\frac{2}{6} (= \frac{1}{3})$ 이고 Ⓜ은  $\frac{3}{8}$ 이므로 Ⓜ > Ⓛ이다.

### 06 탄소 화합물

CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>3</sub>COOH이 각각 완전 연소하는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



## 02 화학식량과 몰

### 수능 2점 테스트

본문 23~24쪽

- 01 ③    02 ④    03 ①    04 ②    05 ③    06 ④  
07 ③    08 ②

### 01 원자량의 기준

- Ⓐ 원자량은 양성자수와 중성자수를 합한 질량수가 12인  $^{12}\text{C}$ 를 기준으로 한 상대적인 질량이다.
- Ⓑ 원자의 실제 질량은 너무 작아서 사용하기 불편하므로 상대적인 질량인 원자량을 사용한다.
- ☒ 원자량은 단위가 없다.

### 02 원자량과 화학식량

- C 원자 4개와 X 원자 3개의 질량이 같으므로 원자량비는  $\text{C} : \text{X} = 3 : 4$ 이다. 또한 X 원자 3개와 Y 원자 2개의 질량이 같으므로 원자량비는  $\text{X} : \text{Y} = 2 : 3$ 이다. 따라서 원자량비는  $\text{C} : \text{X} : \text{Y} = 3 : 4 : 6$ 이고,  $\frac{\text{CX}_2\text{의 화학식량}}{\text{YX의 화학식량}} = \frac{11}{10}$ 이다.

### 03 물질의 양

- Ⓐ (가)에서  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 질량은 1.8 g이고,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 분자량은 180이므로  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 양은  $\frac{1.8\text{ g}}{180\text{ g/mol}} = 0.01\text{ mol}$ 이다.
- ☒ (나)에서  $\text{H}_2\text{O}$ 의 부피는 18 mL이므로 질량은 18 g이고,  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양은  $\frac{18\text{ g}}{18\text{ g/mol}} = 1\text{ mol}$ 이다. 따라서 분자 수는  $N_A$ 이다.
- ☒ (다)에서 He의 부피는 5.6 L이므로 He의 양은  $\frac{5.6\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} = \frac{1}{4}\text{ mol}$ 이다. He의 원자량은 4이므로 He의 질량은 1 g이다.

### 04 원자량과 분자량

- 온도와 압력이 같을 때 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.
- ☒ 밀도 =  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)와 (나)의 밀도가 같다. 따라서 (가)와 (나)의 분자량은 같다.
- Ⓐ (가)와 (나)의 분자량이 같으므로 같은 질량에는 같은 분자 수가 들어 있다. 따라서 분자식으로부터 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.
- ☒ X ~ Z의 원자량을 각각  $x$  ~  $z$ 라고 하면  $x : y = 7 : 6$ 이고,  $2x = 2y + 4z$ 이므로  $x : y : z = 7 : 6 : \frac{1}{2} = 14 : 12 : 1$ 이다. 따-

라서  $\frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = \frac{1}{14}$ 이다.

### 05 화학식량과 몰

- Ⓐ (가)와 (나)의 분자량을 각각  $M_{(가)}$ ,  $M_{(나)}$ 라고 하면, 1 g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $\frac{1}{M_{(가)}} \times 2 : \frac{1}{M_{(나)}} \times 3 = 46 : 45$ 이므로  $M_{(가)} : M_{(나)} = 15 : 23$ 이다.
- Ⓑ 분자량비는 (가) : (나) = 15 : 23이므로 X와 Y의 원자량을 각각  $x$ ,  $y$ 라고 하면  $x + y = 15k$ ,  $x + 2y = 23k$ 이고,  $x : y = 7 : 8$ 이므로  $\frac{Y\text{의 원자량}}{X\text{의 원자량}} = \frac{8}{7}$ 이다.
- ☒ 1 g에 들어 있는 Y 원자 수 비는 (가) : (나) =  $\frac{1}{15} \times 1 : \frac{1}{23} \times 2 = 23 : 30$ 이다.

### 06 화학식량과 몰

- 같은 온도와 압력에서 기체의 분자량은 밀도에 비례한다. 따라서 분자량비는  $\text{XY}_2 : \text{XY}_3 = \frac{8w}{10} : \frac{5w}{5} = 4 : 5$ 이므로, X와 Y의 원자량을 각각  $x$ ,  $y$ 라고 하면  $x + 2y = 4k$ ,  $x + 3y = 5k$ 이므로  $x : y = 2 : 1$ 이다. 따라서  $\frac{X\text{의 원자량}}{Y\text{의 원자량}} = 2$ 이다.

### 07 화학식량과 몰

- (가)에 들어 있는  $\text{X}_2\text{Y}_2(g)$ 과  $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 의 양을 각각  $m\text{ mol}$ ,  $n\text{ mol}$ 이라고 하면, (나)에 들어 있는  $\text{X}_2\text{Y}_2(g)$ 과  $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 의 양은 각각  $2m\text{ mol}$ ,  $3n\text{ mol}$ 이다. 실린더 속 기체의 온도와 압력이 같으므로 기체의 부피는 양(mol)에 비례한다. 따라서  $m + n : 2m + 3n = 1 : \frac{5}{2}$ 이므로  $m = n$ 이다.
- Ⓑ  $m = n$ 이므로 (가)에서  $\text{X}_2\text{Y}_2(g)$ 의 양을  $m\text{ mol}$ 이라고 하면  $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 의 양도  $m\text{ mol}$ 이다. (나)에서  $\text{X}_2\text{Y}_2(g)$ 과  $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 의 양은 각각  $2m\text{ mol}$ ,  $3m\text{ mol}$ 이다. 따라서 실린더 속 기체의 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $(4m + 6m) : (8m + 18m) = 5 : 13$ 이다.
- Ⓒ (가)에서  $\text{X}_2\text{Y}_2(g)$ 과  $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 분자량비는  $\text{X}_2\text{Y}_2 : \text{X}_2\text{Y}_4 = 15 : 16$ 이다. X와 Y의 원자량을 각각  $x$ ,  $y$ 라고 하면  $2x + 2y = 15k$ ,  $2x + 4y = 16k$ 이므로  $\frac{y}{x} = \frac{1}{14}$ 이다.
- ☒ 실린더 속 기체 1 L에 들어 있는 X의 질량비는 1 L에 들어 있는 X의 양(mol)으로 나타낼 수 있으므로 (가) : (나) =  $\frac{2m + 2m}{V} : \frac{4m + 6m}{2.5V} = 1 : 1$ 이다.

## 08 화학식량과 몰

$\frac{X\text{의 원자량}}{Y\text{의 원자량}}=2$ 이므로 분자량비는  $XY_2 : XY_3 = 4 : 5$ 이다.

$XY_2$ 의 분자량을  $4M$ 이라고 하면 (가)에서  $8w$  g의 양은  $\frac{8w}{4M}$  mol이고,  $XY_3$ 의 분자량을  $5M$ 이라고 하면 (나)에서  $15w$  g의 양은  $\frac{15w}{5M}$  mol이다. 따라서 기체의 분자 수 비는 (가) : (나) =  $2 : 3$ 이고, 분자당 구성 원자 수 비는  $XY_2 : XY_3 = 3 : 4$ 이므로 전체 원자 수 비는  $XY_2 : XY_3 = 6 : 12$ 이다. 따라서  $a=12$ 이다.

### 수능 3점 테스트

본문 25~29쪽

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

## 01 물과 부피

같은 양(mol)의  $C_2H_4(g)$ 과  $H_2O(g)$ 의 혼합 기체  $2V$  L가 반응하여 생성된  $X(g)$ 의 부피가  $V$  L이므로  $X$ 의 양은  $n$  mol이다. 따라서 화학 반응식은  $C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_6O(g)$ 이다.

◎ 생성된  $X(g)$ 의 양은  $n$  mol이어야 하므로  $X$ 의 분자식은  $C_2H_6O$ 이다.

☒ 실린더 속 기체의 부피는  $2V$  L에서  $V$  L로 감소하였으므로 실린더 속 기체의 밀도는 (나) > (가)이다.

◎ 반응 전과 후 전체 원자 수는 변하지 않으므로 실린더 속 기체 1 L에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $\frac{6n+3n}{2V} : \frac{9n}{V} = 1 : 2$ 이다.

## 02 화학식량과 몰

(가)에서  $X_2Y$ 의 양을  $m$  mol, (나)에서  $X_2Y_2$ 의 양을  $n$  mol이라고 하면, 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $3m+8n : 6m+4n = 5 : 4$ 이다. 이를 풀면  $m : n = 2 : 3$ 이다. 기체의 밀도는 각 기체의 질량의 합을 부피로 나눈 것이므로  $X$ 와  $Y$ 의 원자량을 각각  $x, y$ 라고 할 때 밀도비는 (가) : (나) =  $\frac{4x+2y+12x+12y}{2+6} : \frac{8x+4y+6x+6y}{4+3} = 35 : 29$ 이다. 이를 풀면  $\frac{x}{y} = \frac{1}{16}$ 이다.

## 03 화학식량과 몰

온도와 압력이 같을 때 1 g당 부피는  $\frac{1}{\text{분자량}}$ 에 비례하므로 분

자량비는 (가) : (나) : (다) =  $\frac{1}{23} : \frac{1}{23} : \frac{1}{22} = 22 : 22 : 23$ 이다. (가)와 (나)는 분자량이 같고, 1 g당 Y 원자 수 비는 (가) : (나) =  $2 : 1$ 이다. (가) ~ (다)는 삼원자 분자이므로 (가) ~ (다)의 분자식은 각각  $XY_2, YZ_2, Y_2Z$ 이고, 원자량비는  $X : Y : Z = 6 : 8 : 7$ 이다. 1 g당 Y 원자 수 비는 (나) : (다) =  $\frac{1}{22} \times 1 : \frac{1}{23} \times 2 = 1 : a$ 으로  $a = \frac{44}{23}$ 이다. 따라서  $a \times \frac{Z\text{의 원자량}}{X\text{의 원자량}} = \frac{44}{23} \times \frac{7}{6} = \frac{154}{69}$ 이다.

## 04 화학식량과 몰

(가)의 부피는 7 L이므로 (가)의 양은 0.25 mol이다. 따라서 (가)의 분자량은 88이다. (다)의 부피는 5.6 L이므로 (다)의 양은 0.2 mol이다. 전체 원자 수 비는 (가) : (다) =  $\frac{1}{4} \times 5 : \frac{1}{5} \times (2+x) = 25 : 24$ 이므로  $x = 4$ 이다. (나)의 양은 0.5 mol이므로  $A_2B_4$ 의 분자량은 62이다. A와 B의 원자량을 각각  $a, b$ 라고 하면  $a+4b=88, 2a+2b=62$ 이므로  $a=12, b=19$ 이다. 따라서  $A_2B_4$  0.2 mol의 질량은 20 g이고,  $\frac{x}{y} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$ 이다.

## 05 화학식량과 몰

분자량비는  $A : B = 2 : 3$ 이므로 (가)에 들어 있는 A와 B의 양(mol)을 각각  $n, n$ 이라고 할 수 있다. (나)에 들어 있는 A와 B의 양(mol)은 각각  $0.5n, \frac{a}{3}n$ 이므로

(나)에 들어 있는 기체의 양(mol) =  $\frac{0.5n + \frac{a}{3}n}{2n} = \frac{5}{4}$ 이므로  $a = 6$ 이다. A와 B의 구성 원자 수를 각각  $p, q$ 라고 하면 단위 부피당 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $\frac{(p+q)n}{2n} : \frac{(0.5p+2q)n}{2.5n} = 25 : 18$ 이므로  $p : q = 11 : 4$ 이다. (다)에서 A와 B의 양(mol)은 각각  $0.5n, \frac{x}{3}n$ 이고, 전체 기체의 질량은  $(1+x)w$  g이므로 전체 기체의 밀도비는 (가) : (다) =  $\frac{5w}{2n} : \frac{(1+x)w}{(0.5+\frac{x}{3})n} = 25 : 24$ 이다. 단위 부피당 전체 원자 수 비는 (가) :

(다) =  $\frac{15n}{2n} : \frac{\left(5.5+\frac{4}{3}\right)n}{\frac{5}{6}n} = 25 : y$  이므로  $y = \frac{82}{3}$ 이다. 따라서  $a \times \frac{x}{y} = \frac{9}{41}$ 이다.

## 06 화학식량과 몰

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.

☒. 분자량비는  $AB_2 : AB_n = \frac{4}{VL} : \frac{10}{2VL} = 4 : 5$ 이다.

◎. 1g에 들어 있는 전체 원자 수 비는  $AB_2 : AB_n = \frac{1}{4} \times 3 : \frac{1}{5} \times (1+n) = 15 : 16$ 이므로  $n=3$ 이다.

☒.  $n=3$ 이므로 1g에 들어 있는 B 원자 수 비는  $AB_2 : AB_3 = \frac{1}{4} \times 2 : \frac{1}{5} \times 3 = 5 : 6$ 이다.

## 07 화학식량과 몰

(가)와 (나)의 분자량을 각각  $a, b$ 라고 하면 1g에 들어 있는 Y 원자 수 비는  $(가) : (나) = \frac{n}{a} : \frac{2n}{b} = 25 : 33$ 이다. 따라서  $a : b = 33 : 50$ 이다.

◎. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로, 밀도비는 (가) : (나) = 33 : 50이다.

◎. 1g에 들어 있는 전체 원자 수 비는  $(가) : (나) = \frac{2+n}{a} : \frac{3n}{b} = 100 : 99$ 이고,  $a : b = 33 : 50$ 이므로  $n=2$ 이다.

☒. X~Z의 원자량을 각각  $x \sim z$ 라고 하면 분자량비는  $(가) : (나) = 2x + 2y : 4y + 2z = 33 : 50$ 이고,  $\frac{z}{x+y} = \frac{4}{11}$ 이므로  $2y+z : z = 50 : 12$ 에서  $\frac{z}{y} = \frac{12}{19}$ 이다.

## 08 화학식량과 몰

(가)에 들어 있는  $XY_2(g)$ 와  $X_2Z_4(g)$ 의 양(mol)을 각각  $m, n$ 이라고 하면  $\frac{Z \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}} = \frac{4n}{m+2n} = \frac{8}{9}$ 이므로 이를 풀면  $2m = 5n$ 이고,  $m=5k, n=2k$ 라고 할 수 있다. (가)에서 기체  $7V L$ 의 양은  $7k mol$ 이고,  $X_2Z_4(g) 20w g$ 을 추가하였을 때 기체의 부피가  $2V L$  증가하였으므로  $2k mol$ 이 추가된 것이다. 따라서 (가)에서  $XY_2(g) 5k mol$ 의 질량은  $22w g$ 이고,  $X_2Z_4(g) 2k mol$ 의 질량은  $20w g$ 임을 알 수 있다.

◎. (가)에서  $XY_2(g)$ 와  $X_2Z_4(g)$ 의 양을 각각  $5k mol, 2k mol$ 이라고 할 수 있고, 추가된  $X_2Z_4(g)$ 의 양은  $2k mol$ 이므로 (나)에서 실린더 속 기체의  $\frac{Z \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}} = \frac{16}{13}$ 이다.

☒.  $XY_2 k mol$ 의 질량은  $\frac{22w}{5} g$ 이라고 할 수 있고,  $X_2Z_4 k mol$ 의 질량은  $10w g$ 이라고 할 수 있으므로 분자량비는  $XY_2 : X_2Z_4 = 11 : 25$ 이다. 원자량비는  $X : Y = 3 : 4$ 이므로  $\frac{Z \text{ 원자량}}{X \text{ 원자량}} = \frac{19}{12}$ 이다.

◎. 실린더 속 기체 1g에 들어 있는 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $\frac{(15+12)k}{42w} : \frac{(15+24)k}{62w} = 93 : 91$ 이다.

## 09 혼합된 기체의 화학식량과 몰

(나)에서  $\frac{A \text{ 원자 수}}{B \text{ 원자 수}} = 6$ 이므로 기체의 분자 수 비는  $BA_2 : CA = 1 : 4$ 이다. 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $23 : 22$ 이므로 (나)에서  $BA_2, CA$ 의 양(mol)을 각각  $2k, 8k$ 라고 하면 (가)에서  $A_2, BA_2$ 의 양(mol)은 각각  $7k, 3k$ 이다.

◎. (가)에서  $A_2, BA_2$ 의 양(mol)은 각각  $7k, 3k$ 이어야 하므로  $\frac{A \text{ 원자 수}}{B \text{ 원자 수}} = \frac{14+6}{3} = \frac{20}{3}$ 이다.

☒.  $\frac{B \text{의 원자량}}{A \text{의 원자량}} = 2$ 이므로 A~C의 원자량을 각각  $a, b, c$ 라고 하면 (가)에서 기체의 질량(g)은  $14ak + (3b+6a)k = 26ak = 13w$ 이고, (나)에서 기체의 질량(g)은  $(2b+4a)k + (8c+8a)k = (16a+8c)k = 11w$ 이다. 이를 풀면  $\frac{c}{a} = \frac{3}{4}$ 이다.

☒. 분자량비는  $A_2 : CA = 8 : 7$ 이므로

(나)에서  $\frac{CA(g) \text{의 질량}}{A_2(g) \text{의 질량}} = 1$ 이다.

## 10 화학식량과 몰

(가)에서  $X_aY_b$ 와  $X_aY_c$ 의 양(mol)을 각각  $m, 2n$ , (나)에서  $X_aY_b$ 와  $X_aY_c$ 의 양(mol)을 각각  $2m, n$ 이라고 하면, 전체 기체의 부피가 같으므로  $m+2n=2m+n$ 에서  $m=n$ 이다. 전체 원자 수 비는 (가) : (나) =  $a+b+2a+2c : 2a+2b+a+c = 13 : 11$ 이고, Y 원자 수 비는 (가) : (나) =  $b+2c : 2b+c = 7 : 5$ 이다. 이를 풀면  $a : b : c = 2 : 1 : 3$ 이다. (다)에서  $X_aY_b$ 와  $X_aY_c$ 의 양(mol)을 각각  $p, q$ 라고 하면, 전체 원자 수는  $3p+5q=24m$ 이고, Y 원자 수는  $p+3q=12m$ 이므로  $p=q=3m$ 이다.  $X_aY_b$ 의 양(mol)은 (다)에서 (가)에서의 3배이므로  $x=33$ 이고,  $X_aY_c$ 의 양(mol)은 (다)에서 (나)에서의 3배이므로  $y=57$ 이다. 또한  $m+2n : p+q = 1 : 2$ 이므로  $z=2$ 이다. 따라서  $\frac{x+y}{z} = \frac{33+57}{2} = 45$ 이다.

## 03 화학 반응식과 용액의 농도

### 수능 2점 테스트

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

본문 38~40쪽

### 01 화학 반응식과 반응의 양적 관계

$C_xH_{2x}O_y(g)$  1 mol이 반응할 때 생성되는  $CO_2(g)$ 와  $H_2O(g)$ 의 양은 각각  $x$  mol로 같다. 반응 후  $H_2O(g)$ 의 양이 3 mol이므로  $x=3$ 이다.

화학 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 변하지 않는다. O 원자 수로부터  $y+8=2 \times 3 + 3$ 을 만족하는  $y=1$ 이다. 온도와 압력이 일정할 때 반응 전과 후 전체 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례하고,  $C_3H_6O(g)$  1 mol과  $O_2(g)$  4 mol이 반응하여  $CO_2(g)$  3 mol과  $H_2O(g)$  3 mol이 생성되므로

$$V_1 : V_2 = 5 : 6 \text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{3} \times \frac{6}{5} = \frac{2}{5} \text{이다.}$$

### 02 화학 반응식 완성하기

화학 반응 전과 후의 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 H 원자 수로부터  $8=2b$ , O 원자 수로부터  $2+2a=4+b$ 이다.

Ⓐ  $a=3$ ,  $b=4$ 이므로  $b>a$ 이다.

Ⓑ  $CH_3OH$  3.2 g은 0.1 mol에 해당하며,  $CH_3OH$  0.1 mol이 모두 반응하기 위해 필요한  $O_2$ 의 최소 양은  $0.15 \text{ mol}$ 이다.  $O_2$  0.15 mol에 해당하는 질량은  $0.15 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 4.8 \text{ g}$ 이다.

Ⓒ  $CH_3OH$  2 mol과  $O_2$  3 mol이 반응하므로 각각 1 mol씩 용기에 넣어 반응시키면  $O_2$ 가 모두 소모되며, 생성되는  $CO_2$ 의 양은  $\frac{2}{3} \text{ mol}$ 이다.

### 03 금속과 염산의 반응에서의 양적 관계

화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응 몰비와 같다. 일정한 온도와 압력에서 기체 1 mol의 부피를 알면 반응물의 양(mol)을 통해 생성되는 기체의 부피를 구할 수 있다.

Ⓐ 반응한  $A(s)$ 의 질량이  $w \text{ g}$ 이므로  $A$ 의 원자량을 알아야 반응한  $A(s)$ 의 양(mol)을 알 수 있다.

Ⓑ 충분한 양의  $HCl(aq)$ 과 반응하므로  $HCl(aq)$ 의 몰 농도는 생성되는  $H_2(g)$ 의 부피를 구하는 데 필요하지 않다.

Ⓒ  $A(s)$ 의 양(mol)을 알면 반응 계수비를 통해 생성되는  $H_2(g)$ 의 양(mol)을 알 수 있으므로  $H_2(g)$ 의 부피를 구하기 위해서는  $t^\circ\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피를 알아야 한다.

### 04 기체 반응의 양적 관계

$AB(g)$  2 mol과  $B_2(g)$  1 mol이 반응하여  $AB_2(g)$  2 mol이 생성되는 반응이다.

Ⓐ  $AB(g)$  1 mol과  $B_2(g)$  1 mol을 반응시키면  $AB(g)$  1 mol과  $B_2(g)$  0.5 mol이 반응하여  $AB_2(g)$  1 mol이 생성되고,  $B_2(g)$  0.5 mol이 남는다.

Ⓑ 온도와 압력이 일정할 때 반응하는 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 반응 몰비가  $B_2(g) : AB_2(g) = 1 : 2$ 이므로  $B_2(g)$ 가 1 L 반응하면  $AB_2(g)$  2 L가 생성된다.

✖ 분자량비는  $AB : B_2 : AB_2 = 7 : 8 : 11$ 이고 반응 몰비는  $AB : B_2 : AB_2 = 2 : 1 : 2$ 이므로 반응 질량비는  $AB(g) : B_2(g) : AB_2(g) = 14 : 8 : 22 = 7 : 4 : 11$ 이다. 따라서  $AB(g)$  7 g과  $B_2(g)$  5 g을 반응시키면  $AB_2(g)$  11 g이 생성되고  $B_2(g)$  1 g이 남는다.

### 05 화학 반응의 양적 관계

화학 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 변하지 않는다.

Ⓐ Al 원자 수로부터  $2a=c$ , O 원자 수로부터  $3a=2d$ , C 원자 수로부터  $b=d$ 이다. 이를 만족하는  $a:b:c:d=2:3:4:3$ 이므로  $c+d > a+b$ 이다.

Ⓑ  $Fe$  1 mol을 얻기 위해  $Fe_2O_3$  0.5 mol이 필요하다.  $Fe_2O_3$ 의 화학식량이 160이므로  $Fe$  1 mol을 얻기 위해 필요한  $Fe_2O_3$ 의 질량은 80 g이다.

✖  $Al_2O_3$  1 g은  $\frac{1}{102} \text{ mol}$ ,  $Fe_2O_3$  1 g은  $\frac{1}{160} \text{ mol}$ 이다.  $Al_2O_3$  1 mol이 반응할 때  $CO_2$   $\frac{3}{2}$  mol이 생성되며  $Fe_2O_3$  1 mol이 반응할 때  $CO_2$  3 mol이 생성된다. 1 g이 반응할 때 생성되는  $CO_2$ 의 양은  $Al_2O_3$ 의  $\frac{1}{102} \times \frac{3}{2}$  mol,  $Fe_2O_3$ 의  $\frac{1}{160} \times 3$  mol이므로  $Fe_2O_3$ 의  $Al_2O_3$ 의  $\frac{51}{40}$  배이다.

### 06 메테인 연소 반응의 양적 관계

$O_2(g)$  8.0 g은 0.25 mol이므로  $CH_4(g)$  0.1 mol이 모두 연소되면  $O_2(g)$  0.05 mol이 남게 된다.

Ⓐ  $CH_4(g)$  0.1 mol이 모두 반응하면  $CO_2(g)$  0.1 mol이 생성되며,  $CO_2$ 의 분자량이 44이므로 생성된  $CO_2(g)$ 의 질량은 4.4 g이다.

✖ 생성되는  $H_2O(g)$ 의 양이 0.2 mol이며,  $H_2O$ 의 분자량이 18이므로 생성되는  $H_2O(g)$ 의 질량은  $0.2 \times 18 = 3.6 \text{ g}$ 이다. 남아 있는 0.05 mol의  $O_2(g)$  질량은  $0.05 \times 32 = 1.6 \text{ g}$ 이므로 반응

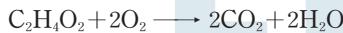
후  $\frac{\text{생성된 } H_2O(g)\text{의 질량}}{\text{남은 } O_2(g)\text{의 질량}} = \frac{3.6}{1.6} > 2$ 이다.

✖ 반응물과 생성물의 반응 계수 합이 같으므로 온도와 압력이

일정할 때 반응이 일어나도 전체 기체의 부피는 변하지 않으며, 질량은 보존되므로 전체 기체의 밀도는 반응 전과 후가 같다.

## 07 화학 반응의 양적 관계

$C_2H_4$ ,  $C_2H_4O_2$ ,  $C_2H_6O$ 의  $O_2(g)$ 와의 반응에 대한 화학 반응식은 각각 다음과 같다.



반응한 물질의 총 양(mol)과 생성된 물질의 총 양(mol)이 같은 것은 (나)이므로 (나)는  $C_2H_4$ 이고,  $b=4$ 이다. 생성된 물질의 총 양(mol)이 4 mol인 것은 (가), 반응한 물질의 총 양(mol)이 4 mol인 것은 (다)이므로 (가)는  $C_2H_4O_2$ , (다)는  $C_2H_6O$ 이다.

☒. (나)는  $C_2H_4$ 이다.

Ⓐ.  $a=3$ ,  $c=5$ 이므로  $2a > c$ 이다.

☒. 반응한  $O_2(g)$ 의 양은 (가)가 2 mol, (다)가 3 mol이므로 (다)가 (가)의 1.5배이다.

## 08 기체 반응의 양적 관계

실험 I에서  $A(g)$ 가 모두 반응하였다면, II에서도  $A(g)$ 가 모두 반응하여야 한다. 이때 생성된  $C(g)$ 의 양(mol)은 I에서와 II에서보다 커야 하므로 모순이다. 따라서 I에서는  $B(g)$ 가 모두 반응하였다. 생성된  $C(g)$ 의 양(mol)이 I에서와 II에서가 같으므로 반응한  $A(g)$ 와  $B(g)$ 의 양(mol)도 I에서와 II에서가 같아야 한다.

☒. I과 II에서 반응한 양은  $A(g)$ 가 1.5 mol,  $B(g)$ 가 0.5 mol이며, 생성된  $C(g)$ 의 양이 1 mol이므로 반응 몰비는  $A(g) : B(g) : C(g) = a : b : c = 3 : 1 : 2$ 이다. 따라서  $\frac{c}{a+b} = \frac{2}{3+1} = \frac{1}{2}$ 이다.

Ⓐ. I과 II에서 생성된  $C(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 반응한  $B(g)$ 의 양(mol)도 같아야 한다. 따라서 II에서 남은 반응물은  $B(g)$ 이다.

☒. I에서  $A(g)$  1.5 mol과  $B(g)$  0.5 mol이 반응하여  $C(g)$  1 mol이 생성되므로 반응 후  $A(g)$  0.5 mol이 남게 된다. 따라서  $x=0.5$ 이다.

## 09 용액의 몰 농도

두 수용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같고, 화학식량은 A가 B의 3배이므로 녹아 있는 용질의 양(mol)은 B가 A의 3배이다. 몰

농도비는  $A(aq) : B(aq) = 0.5 : x = \frac{1}{V} : \frac{3}{y}$ 이므로  $V = \frac{2}{3}xy$ 이다.

## 10 용액의 몰 농도와 화학식량과의 관계

몰 농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)이므로, 몰 농도(mol/L)와 용액의 부피(L)를 곱하면 용질의 양(mol)이 된다.

Ⓐ. (가)에 녹아 있는 A의 양(mol)은  $0.1 M \times 0.1 L = 0.01 \text{ mol}$ 이다.

Ⓑ. (가)와 (나)에 녹아 있는 A와 B의 질량을 각각  $w_A$ ,  $w_B$ 라고 할 때, 용질의 몰비는  $A : B = \frac{w_A}{9} : \frac{w_B}{2} = 1 : 4$ 이다. 따라서 (나)에 녹아 있는 B의 질량( $w_B$ )  $= \frac{8}{9}$ 이다.

Ⓒ. (나) 50 mL에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 0.01 mol이므로 여기에 물을 넣어 100 mL로 만든 수용액의 몰 농도는 0.1 M로 (가)와 같다.

## 11 몰 농도 용액의 제조

(나)에서 만든 A(aq)의 몰 농도는  $\frac{\frac{w}{a} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = \frac{2w}{a} \text{ M}$ 이다. (나)

수용액  $y \text{ mL}$ 에 들어 있는 A의 양(mol)은  $\frac{2w}{a} \text{ M} \times \frac{y}{1000} \text{ L} = \frac{w \times y}{500a} \text{ mol}$ 이며, (다)에서 만든  $x \text{ M}$ 의 A(aq) 250 mL에 들어 있는 A의 양(mol)과 같으므로  $\frac{w \times y}{500a} = 0.25x$ 이다. 따라서  $\frac{w \times y}{x} = 125a$ 이다.

## 12 몰 농도와 용질의 화학식량과의 관계

용질의 몰비는  $A(aq) : B(aq) : C(aq) = 2 \times 0.1 : 3 \times 0.2 : 3 \times 0.3 = 2 : 6 : 9$ 이고, 용질 A~C의 질량이 같으므로 용질의 화학식량비는  $A : B : C = \frac{1}{2} : \frac{1}{6} : \frac{1}{9} = 1 : \frac{1}{3} : \frac{2}{9}$ 이다. 따라서 A의 화학식량이  $a$ 이므로 B와 C의 화학식량은 각각  $\frac{1}{3}a$ ,  $\frac{2}{9}a$ 이다.

### 수능 3점 테스트

본문 41~48쪽

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ③ | 03 ⑤ | 04 ① | 05 ④ | 06 ② |
| 07 ③ | 08 ② | 09 ⑤ | 10 ① | 11 ⑤ | 12 ④ |
| 13 ③ | 14 ③ | 15 ④ | 16 ⑤ |      |      |

## 01 화학 반응식과 양적 관계를 이용한 분자량 측정

화학 반응에서 생성된  $\text{CO}_2$ 의 질량은  $(w_1 + w_2 - w_3) \text{ g}$ 이며, 반응한  $\text{CaCO}_3(s)$ 의 양은  $\frac{w_2}{a} \text{ mol}$ 이다. 반응 몰비가  $\text{CaCO}_3(s)$

:  $\text{CO}_2(g) = 1 : 1$ 이므로  $\text{CaCO}_3(s) \frac{w_2}{a} \text{ mol}$ 이 반응하여

생성된  $\text{CO}_2(g)$ 의 양은  $\frac{w_2}{a} \text{ mol}$ 이다. 따라서  $\frac{w_1 + w_2 - w_3}{\text{CO}_2 \text{의 분자량}} = \frac{w_2}{a}$  이므로  $\text{CO}_2$ 의 분자량은  $\frac{a(w_1 + w_2 - w_3)}{w_2}$ 이다.

## 02 기체 반응의 양적 관계

실린더 속 전체 기체의 질량은 변하지 않으므로 전체 기체의 밀도는 전체 기체의 부피에 반비례하며, 온도와 압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서

반응 후 전체 기체의 양(mol) =  $\frac{4}{5}$ 이다.  
반응 전 전체 기체의 양(mol) =  $\frac{5}{5}$ 이다.

반응 전 전체 기체의 양을  $5n \text{ mol}$ ,  $\text{AB}(g)$ 의 양을  $x \text{ mol}$ 이라고 하면  $\text{B}_2(g)$ 의 양은  $(5n - x) \text{ mol}$ 이다.  $\text{B}_2(g)$ 가 모두 반응하였다면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2\text{AB}(g)$	$+$	$\text{B}_2(g)$	$\longrightarrow$	$2\text{AB}_2(g)$
반응 전(mol)	$x$	$5n - x$		0
반응(mol)	$-2(5n - x)$	$-(5n - x)$		$+2(5n - x)$
반응 후(mol)	$3x - 10n$	0		$2(5n - x)$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은  $4n$ 이어야 하므로  $x = 4n$ 이고, 남은 반응물의 양과 생성물의 양이  $2n \text{ mol}$ 로 같다.

A와 B의 원자량을 각각  $7k$ ,  $8k$ 라고 하면, 분자량비는  $\text{AB} : \text{B}_2 : \text{AB}_2 = 15 : 16 : 23$ 이므로 생성된  $\text{AB}_2$ 의 질량을  $23k \text{ g}$ 이라고 하면 남은 반응물의 질량은  $16k \text{ g}$ 이어야 하지만, 반응 후 남은 반응물  $\text{AB}(g)$ 의 질량이  $15k \text{ g}$ 이 되므로 모순이다. 따라서  $\text{AB}(g)$ 가 모두 반응하였음을 알 수 있다.

$\text{AB}(g)$ 가 모두 반응하였을 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2\text{AB}(g)$	$+$	$\text{B}_2(g)$	$\longrightarrow$	$2\text{AB}_2(g)$
반응 전(mol)	$x$	$5n - x$		0
반응(mol)	$-x$	$-\frac{x}{2}$		$+x$
반응 후(mol)	0	$5n - \frac{3x}{2}$		$x$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은  $\left(5n - \frac{x}{2}\right) = 4n$ 이며, 이를 만족하는  $x = 2n$ 이다.

① 반응 후  $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{남은 반응물의 양(mol)}} = \frac{2n}{2n} = 1$ 이다.

☒ 반응 전 기체의 양(mol)은  $\text{AB}(g)$ 가  $2n$ ,  $\text{B}_2(g)$ 가  $3n$ 이므로  $\text{B}_2(g) > \text{AB}(g)$ 이다.

②  $\text{AB}(g)$ 가 모두 반응하였으므로 남은 반응물은  $\text{B}_2(g)$ 이다.

## 03 화학 반응의 양적 관계

실험 I에서 반응 후  $\frac{\text{C}(g) \text{의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}} = 1$ 이므로 실린더 속에는

생성물만 존재하며, 반응 질량비는  $\text{A}(g) : \text{B}(g) = x : y$ 이다.

실험 III에서는  $\text{A}(g) 2x \text{ g}$ 이 모두 반응하게 되며, 생성된  $\text{C}(g)$ 의 질량은  $(2x + 2y) \text{ g}$ 이므로 반응 후  $\frac{\text{C}(g) \text{의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}}$

$$= \frac{2x + 2y}{2x + 4y} = \frac{5}{6}$$

를 만족하는  $x = 4y$ 이다.  
반응 질량비는  $\text{A}(g) : \text{B}(g) : \text{C}(g) = 4 : 1 : 5$ 이고, 반응 몰비는  $\text{A}(g) : \text{B}(g) : \text{C}(g) = 2 : 1 : 2$ 이므로 분자량비는  $\text{A}(g) : \text{B}(g) : \text{C}(g) = 4 : 2 : 5$ 이다.

실험 II에서  $\text{A}(g)$ 가 모두 반응하게 되면  $z = 5y$ 가 되므로  $z < 4y$  조건에 모순이 된다. 따라서 II에서는  $\text{B}(g)$ 가 모두 반응하게 되며, 생성된  $\text{C}(g)$ 의 질량은  $5z \text{ g}$ 이고 남은  $\text{A}(g)$ 의 질량이  $(x - 4z) \text{ g} = (4y - 4z) \text{ g}$ 이므로 반응 후

$$\frac{\text{C}(g) \text{의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}} = \frac{5z}{4y - 4z + 5z} = \frac{5}{9}$$

$$\text{다. 따라서 } \frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량}} \times \frac{x}{z} = \frac{5}{4} \times \frac{4y}{\frac{1}{2}y} = 10 \text{이다.}$$

## 04 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (나)에서 6 L의  $\text{A}(g)$ 가 들어 있는 실린더에  $\text{B}(g) w \text{ g}$ 을 넣어 모두 반응시켰음에도 불구하고 전체 기체의 부피가 변하지 않은 것으로 보아 반응한  $\text{A}(g)$ 의 양(mol)과 생성된  $\text{C}(g)$ 의 양(mol)이 같음을 알 수 있다. 따라서  $a = 2$ 이다. (다)에서  $\text{B}(g) 2w \text{ g}$ 을 추가하였을 때, 전체 기체의 부피가 변했으므로  $\text{A}(g)$ 는 모두 반응하였고  $\text{B}(g)$ 가 남게 되며,  $\text{B}(g) w \text{ g}$ 의 부피를  $V \text{ L}$ 라고 할 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2\text{A}(g)$	$+$	$\text{B}(g)$	$\longrightarrow$	$2\text{C}(g)$
반응 전(L)	6	3V		0
반응(L)	-6	-3		+6
반응 후(L)	0	$3V - 3$		6

(다) 과정 후 전체 기체의 부피(L)는  $V_3 = 3V - 3 + 6 = 9$ 이므로 이를 만족하는  $V = 2$ 이다.

$A(g)$   $4w$  g의 부피는  $2$  L이므로 (다)의 실린더에  $A(g)$   $2$  L를 넣고 반응을 완결시켰을 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	2A(g)	+	B(g)	→	2C(g)
반응 전(L)	2		3		6
반응(L)	-2		-1		+2
반응 후(L)	0		2		8

(라) 과정 후 실린더 속 전체 기체의 부피( $V_4$ )는  $10$  L이므로  $x=10$ 이다.

(나) 과정에서는  $A(g)$   $4$  L와  $B(g)$   $2$  L가 반응하여  $C(g)$   $4$  L가 생성되므로

$$x \times \frac{\text{(다) 과정 후 실린더 속 } A(g) \text{ 또는 } B(g) \text{의 양(mol)}}{\text{(나) 과정 후 실린더 속 } C(g) \text{의 양(mol)}} =$$

$$10 \times \frac{3}{4} = \frac{15}{2} \text{이다.}$$

## 05 기체 반응의 양적 관계

기체  $n$  mol의 부피를  $10$  L라고 하면, 실험 I에서 반응 전 전체 기체의 양은  $2n$  mol이고, 반응 후 전체 기체의 양은  $n$  mol이다. 반응 전  $B(g)$   $b$  g의 양을  $x$  mol, 반응한  $A(g)$ 의 양을  $y$  mol이라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+	3B(g)	→	2C(g)
반응 전(mol)	$2n-x$		$x$		0
반응(mol)	$-y$		$-3y$		$+2y$
반응 후(mol)	$2n-x-y$		$x-3y$		$2y$

반응 후 전체 기체의 양은  $2n-2y=n$ 으로  $y=0.5n$ 이다. 반응한  $A(g)$ 와  $B(g)$ 의 양이 각각  $0.5n$  mol,  $1.5n$  mol이므로 반응물  $A(g)$ 와  $B(g)$ 는 모두 반응하였다.

실험 II에서 반응 전  $A(g)$   $a$  g은  $0.5n$  mol,  $B(g)$   $2b$  g은  $3n$  mol이므로 전체 기체의 양은  $3.5n$  mol이다. 반응 후에는  $B(g)$   $1.5n$  mol이 남아 있으며  $C(g)$   $n$  mol이 생성되므로 전체 기체의 양은  $2.5n$  mol이 된다.

$A(g)$   $a$  g이  $0.5n$  mol이므로  $A(g)$   $n$  mol의 질량은  $2a$  g이고,  $B(g)$   $b$  g이  $1.5n$  mol이므로 생성된  $C(g)$   $(a+b)$  g은  $n$  mol이다. 반응 전과 후의 질량은 같으므로 밀도는 부피(전체 기체의 양(mol))에 반비례한다. 따라서

$$\frac{C\text{의 분자량}}{A\text{의 분자량}} \times \frac{\text{II에서 반응 후 실린더 속 전체 기체의 밀도}}{\text{II에서 반응 전 실린더 속 전체 기체의 밀도}} = \frac{(a+b)}{2a} \times \frac{3.5n}{2.5n} = \frac{7(a+b)}{10a} \text{이다.}$$

## 06 기체 반응의 양적 관계

실린더 속 전체 기체의 질량은  $A(g)$ 와  $B(g)$ 의 질량의 합과 같다. 넣어 준  $B(g)$ 의 총 질량이 0일 때와  $8$  g일 때 전체 기체의 밀도비는  $\frac{w}{V} : \frac{w+8}{3V} = 7 : 3$ 이므로 이를 만족하는  $w=28$ 이다.

넣어 준  $B(g)$ 의 총 질량이  $0 \sim 6$  g으로 증가할 때와  $6 \sim 8$  g으로 증가할 때 전체 기체의 부피 증가가  $V$  L로 같으므로 넣어 준  $B(g)$ 의 질량이  $8$  g일 때는  $A(g)$   $28$  g이  $B(g)$   $6$  g과 모두 반응했고, 남은  $B(g)$   $2$  g의 부피가  $V$  L임을 알 수 있다.

$A(g)$   $28$  g을  $n$  mol이라고 하면 기체  $n$  mol의 부피가  $V$  L이므로 남은  $B(g)$   $2$  g의 양은  $n$  mol이고, 반응한  $B(g)$   $6$  g의 양은  $3n$  mol이다. 따라서 반응 몰비는  $A(g) : B(g) = 1 : 3$ 으로  $b=3$ 이다.

$$\times. \frac{w}{b} = \frac{28}{3} < 10 \text{이다.}$$

◎ 반응 질량비는  $A(g) : B(g) : C(g) = 28 : 6 : 34 = 14 : 3 : 17$ 이므로  $B(g)$   $3$  g이 반응하면  $C(g)$   $17$  g이 생성된다.

☒  $B(g)$   $4$  g은  $2n$  mol이므로  $A(g)$   $n$  mol과 반응시키면  $B(g)$ 가 모두 반응하고,  $A(g)$   $\frac{1}{3}n$  mol이 남게 되며,  $C(g)$   $\frac{4}{3}n$  mol이 생성된다. 전체 기체의 양은  $\frac{5}{3}n$  mol이므로 반응 후 전체 기체의 부피는  $\frac{5}{3}V$  L이고, 전체 기체의 질량은  $32$  g이므로 전체 기체의 밀도(◎)는  $\frac{32}{\frac{5}{3}V} = \frac{32 \times 3}{5V}$  (g/L)이다.  $A(g)$   $28$  g의 부피는  $V$  L이고 밀도가  $7d$  g/L이므로  $7d = \frac{28}{V}$  이며,  $d = \frac{4}{V}$  이므로 ◎은  $\frac{8 \times 3}{5} \times \frac{4}{V} = \frac{24}{5}d$ 이다.

## 07 화학 반응식과 양적 관계

$A(g)$ 의 양(mol)은 실험 II에서가 I에서보다 5배 큰데, II에서  $A(g)$ 가 모두 반응하였다면 I에서도  $A(g)$ 가 모두 반응하게 되고, 반응한  $B(g)$ 와 생성된  $C(g)$ 의 양(mol)이 II에서가 I에서의 5배가 된다. I에서 생성된  $C(g)$ 의 양을  $2n$  mol이라고 하면, 남은  $B(g)$ 의 양은  $3n$  mol, 반응 전  $B(g)$ 의 양은  $4n$  mol이다. II에서는 반응하는  $B(g)$ 의 양이  $5n$  mol이어야 하지만 반응 전  $B(g)$ 의 양이  $4n$  mol이므로 모순이 된다. 따라서 II에서는  $B(g)$ 가 모두 반응하였고, I에서도  $B(g)$ 가 모두 반응한다면 생성물의 양(mol)은 같지만 남은 반응물의 양(mol)이 II에서가 I에서보다 커야 하므로 주어진 조건에 모순이 된다. 따라서 I에서는  $A(g)$ 가 모두 반응하였다.

I에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	$+ B(g) \longrightarrow 2C(g)$
반응 전(mol)	1	$2x$
반응(mol)	$-1$	$-\frac{1}{a}$
반응 후(mol)	0	$2x - \frac{1}{a}$

$\frac{2}{a} : 2x - \frac{1}{a} = 2 : 3$

생성물과 남은 반응물의 몰비가  $2 : 3$ 이므로  $\frac{2}{a} : 2x - \frac{1}{a} = 2 : 3$ 을 만족하는  $ax = 2$ 이다.

Ⅱ에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	$+ B(g) \longrightarrow 2C(g)$
반응 전(mol)	5	$2x$
반응(mol)	$-2ax$	$-2x$
반응 후(mol)	$5 - 2ax$	0

$4x : 5 - 2ax = 4 : 1$

생성물과 남은 반응물의 몰비가  $4 : 1$ 이므로  $4x : 5 - 2ax = 4 : 1$ 이다.  $ax = 2$ 이므로  $x = 1$ ,  $a = 2$ 이다.

Ⅲ에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$B(g)$	$+ D(g) \longrightarrow eE(g)$
반응 전(mol)	2	0
반응(mol)	$-2$	$+2e$
반응 후(mol)	0	$1$

$e = 2$

생성물과 남은 반응물의 몰비가  $4 : 1$ 이므로  $e = 2$ 이다.

Ⓐ  $x = 1$ ,  $a = 2$ ,  $e = 2$ 이므로  $\frac{e}{a} \times x = 1$ 이다.

Ⓑ 반응 후 실린더에 들어 있는 전체 기체의 양은 Ⅱ에서  $5 - 2ax + 4x = 5$  mol, Ⅲ에서  $1 + 2e = 5$  mol이므로 전체 기체의 부피는 Ⅱ에서와 Ⅲ에서가 같다.

Ⓒ 반응 후 남은 기체의 양은 Ⅰ에서  $2x - \frac{1}{a} = \frac{3}{2}$  mol, Ⅱ에서  $5 - 2ax = 1$  mol, Ⅲ에서 1 mol이므로 Ⅰ에서가 가장 크다.

## 08 기체 반응의 양적 관계

(다) 과정에서  $A(g)$   $w$  g을 추가하여 반응을 완결시켰을 때 전체 기체의 부피가 변하지 않았으므로  $b = c$ 이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, 기체 1 L에 해당하는 양을  $n$  mol이라고 할 때, (나) 과정에서  $A(g)$   $w$  g은 모두 반응하고  $B(g)$ 의 감소한 양(mol)만큼  $C(g)$ 의 양(mol)이 증가하므로  $A(g)$   $w$  g에 해당하는 양(mol)만큼 전체 기체의 부피가 감소하게 된다. (나) 과정 후 전체 기체의 부피가 2 L 감소하였으므로  $A(g)$   $w$  g의 양은  $2n$  mol이며, (가) 과정에서 반응 전  $A(g)$   $w$  g은  $2n$  mol,  $B(g)$   $2w$  g은  $8n$  mol이 된다. (가)  $\rightarrow$  (다)로의 변화에서  $A(g)$   $4n$  mol( $=2w$  g)과  $B(g)$   $8n$  mol( $=2w$  g)이 반응하여  $C(g)$   $8n$  mol이 생성되므로 반

응 몰비  $A(g) : B(g) : C(g) = 1 : 2 : 2 = 1 : b : c$ 를 만족하는  $b = c = 2$ 이고, 분자량비는  $A : B = 2 : 1$ 이다.

(나) 과정에서  $A(g)$   $2n$  mol이 모두 반응하므로 실린더에 들어 있는  $B(g)$ 의 양은  $(8n - 2 \times 2n) = 4n$  mol,  $C(g)$ 의 양은  $2 \times 2n = 4n$  mol이다. 따라서

(나) 과정 후 실린더 속  $B(g)$ 의 양(mol)  $\times \frac{A\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = \frac{4n}{4n} \times \frac{2}{1} = 2$ 이다.

## 09 혼합 기체의 연소 반응과 양적 관계

$CH_4(g)$ 과  $C_3H_8(g)$ 의  $O_2(g)$ 와의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



$CH_4(g)$ 의 양을  $a$  mol,  $C_3H_8(g)$ 의 양을  $b$  mol이라고 하면, 반응 후  $O_2(g)$ 가 남았으므로  $CH_4(g)$ 과  $C_3H_8(g)$ 은 모두 반응하였으며, 이때 생성된  $CO_2(g)$ 의 양은  $(a + 3b)$  mol이다.  $CO_2$ 의 분자량이 44이므로 35.2 g은 0.8 mol이다. 따라서  $a + 3b = 0.8$  (…①)이다.

$CH_4(g)$ 과  $C_3H_8(g)$ 의 분자량이 각각 16, 44이며, 반응 전  $CH_4(g)$ 과  $C_3H_8(g)$ 의 질량 합이 12.4 g이므로  $16a + 44b = 12.4$  (…②)이다. ①과 ②를 만족하는  $a = 0.5$ ,  $b = 0.1$ 이다.

▣ 반응 전  $\frac{CH_4(g)\text{의 양(mol)}}{C_3H_8(g)\text{의 양(mol)}} = \frac{a}{b} = 5$ 이다.

㉡ 반응 후 생성된  $H_2O(g)$ 의 양은  $2a + 4b = 1.4$  mol이고,  $CH_4(g)$ 과  $C_3H_8(g)$ 의 혼합 기체와 반응한  $O_2(g)$ 의 양은  $2a + 5b = 1.5$  mol이므로 남은  $O_2(g)$ 의 양은 0.1 mol이다. 따라서 반응 후  $\frac{H_2O(g)\text{의 양(mol)}}{O_2(g)\text{의 양(mol)}} = \frac{1.4}{0.1} = 14$ 이다.

㉢ 반응 전 전체 기체의 양은  $a + b + 1.6 = 2.2$  mol이고, 반응 후 전체 기체의 양은  $3a + 7b + 0.1 = 2.3$  mol이다. 기체의 온도와 압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서  $V_1 : V_2 = 2.2 : 2.3$  (…③)이다.  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{23}{22}$ 이다.

## 10 기체 반응의 양적 관계

반응 전과 후에 전체 질량은 보존되므로 반응 후의 전체 기체의 질량은 실험 I에서 10 g, 실험 II에서 25 g이다.

I과 II에서 반응 후  $\frac{\text{남은 반응물의 질량}}{C(g)\text{의 질량}} = \frac{1}{4}, \frac{1}{24}$ 이므로

반응 후  $C(g)$ 의 질량은 I에서  $10 g \times \frac{4}{4+1} = 8$  g, II에서

$25 g \times \frac{24}{24+1} = 24$  g이며 남은 반응물의 질량은 I에서 2 g, II에서 1 g이다.

I에서  $B(g)$ 가 모두 반응하였다면 II에서도  $B(g)$ 가 모두 반응하여야 하며, 이때 생성된  $C(g)$ 의 질량은 II에서가 I에서의  $\frac{4}{3}$ 배이어야 하므로 모순이다. 따라서 I에서는  $A(g)$ 가 모두 반응하였고,  $B(g)$  2 g이 남게 된다. 반응 질량비는  $A(g) : B(g) = 7 : 1$ 이고, 반응 몰비는  $A(g) : B(g) = 1 : 2$ 이므로 분자량비는  $A : B = \frac{7}{1} : \frac{1}{2} = 14 : 1$ 이다. 온도와 압력이 일정하고, 반응 전과 후 질량이 보존되므로

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

I에서  $\frac{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} = \frac{7}{5}$ 이므로 전체 기체의 부피비는 반응 전 : 반응 후 = 7 : 5이다.

I에서 반응 전 기체의 몰비가  $A(g) : B(g) = \frac{7}{14} : \frac{3}{1} = 1 : 6$ 이므로 반응 전  $A(g)$  7 g의 양을  $n$  mol이라고 하면, 화학 반응에서의 양적 관계는 다음과 같다.

$A(g)$	+	$2B(g)$	$\longrightarrow$	$cC(g)$
반응 전(mol)	$n$	$6n$	0	
반응(mol)	$-n$	$-2n$	$+cn$	
반응 후(mol)	0	$4n$	$cn$	

전체 기체의 몰비가 반응 전 : 반응 후 = 7 : 5이므로  $7n : 4n + cn = 7 : 5$ 이다. 따라서  $c = 1$ 이다.

II에서  $A(g)$  21 g은  $3n$  mol,  $B(g)$  4 g은  $8n$  mol이므로  $A(g)$ 가 모두 반응하고,  $C(g)$   $3n$  mol이 생성되며,  $B(g)$ 가  $2n$  mol 남게 된다. 반응 전과 후 질량이 보존되므로

반응 후 전체 기체의 밀도 =  $\frac{\text{반응 전 전체 기체의 양(mol)}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} = \frac{\text{반응 후 전체 기체의 양(mol)}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}}$   
 $\frac{11n}{5n} = \frac{11}{5}$ 이다. 따라서 II에서  $\frac{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} \times c = \frac{11}{5} \times 1 = \frac{11}{5}$ 이다.

## 11 훈합 기체의 연소 반응과 양적 관계

$C_3H_x(g)$ 과  $C_3H_yO_z(g)$ 의 몰비는 (가)에서  $C_3H_x(g) : C_3H_yO_z(g) = 1 : 1$ , (나)에서  $C_3H_x(g) : C_3H_yO_z(g) = 3 : 2$ 이다.  $C_3H_x(g)$ 와  $C_3H_yO_z(g)$ 의 분자당 C 원자 수가 3으로 같으므로 (가)에서  $C_3H_x(g)$ 과  $C_3H_yO_z(g)$ 가 각각  $O_2(g)$ 와 반응하여 각각 0.3 mol의  $CO_2(g)$ 가 생성되었으며,  $C_3H_x(g)$ 과  $C_3H_yO_z(g)$ 는 각각 0.1 mol이 반응하였다. (가)에서 생성된  $H_2O(l)$ 의 양(mol)으로부터  $0.1 \times \frac{x}{2} + 0.1 \times \frac{y}{2} = 0.6$ (…①), (나)에서 생성된  $H_2O(l)$ 의 양(mol)으로부터  $0.3 \times \frac{x}{2} + 0.2 \times \frac{y}{2} = 1.4$ (…②)

$$0.3 \times \frac{x}{2} + 0.2 \times \frac{y}{2} = 1.4 \quad \dots \text{(2)}$$

이므로 ①과 ②를 만족하는  $x=4, y=8$ 이다.

분자량비가  $C_3H_4 : C_3H_8O_2 = 40 : (44+16z) = 2 : 3$ 이므로  $z=1$ 이다.

$C_3H_4$ 과  $C_3H_8O_2$ 의  $O_2(g)$ 의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



(가)에서 반응 전  $C_3H_4(g)$ 과  $C_3H_8O_2(g)$ 의 양이 각각 0.1 mol이므로 반응 전  $O_2(g)$ 의 양은  $0.4 + 0.45 = 0.85$  mol이고, (나)에서 반응 전  $C_3H_4(g)$ 과  $C_3H_8O_2(g)$ 의 양이 각각 0.3 mol, 0.2 mol이므로 반응 전  $O_2(g)$ 의 양은  $1.2 + 0.9 = 2.1$  mol이다.

따라서  $\left(\frac{x+y}{z}\right) \times \frac{w_1}{w_2} = \left(\frac{4+8}{1}\right) \times \frac{0.85 \times 32}{2.1 \times 32} = \frac{34}{7}$ 이다.

## 12 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정하므로 기체의 양(mol)은 부피에 비례한다.

(가)에서 기체  $4n$  mol의 부피가 4 L이므로 기체  $n$  mol의 부피는 1 L이다.

(가)에서 실린더에 들어 있는  $A(g)$ 의 양을  $m$  mol이라고 하면  $C(g)$ 의 양은  $(4n-m)$  mol이며,  $A(g)$ 의 양이  $4n$  mol보다 작으므로  $B(g)$   $2n$  mol을 추가해서 완결시키면  $A(g)$ 가 모두 반응하게 되므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g)$	+	$B(g)$	$\longrightarrow$	$cC(g)$
반응 전(mol)	$m$	$2n$		$4n-m$
반응(mol)	$-m$	$-\frac{m}{2}$		$+\frac{cm}{2}$
반응 후(mol)	0	$2n - \frac{m}{2}$		$4n-m + \frac{cm}{2}$

(나)에서 전체 기체의 부피가 5 L이므로 전체 기체의 양은  $5n$  mol이고,  $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{3}{10}$ 이므로 남은  $B(g)$ 의 양은  $5n \times \frac{3}{10} = 1.5n$  mol,  $C(g)$ 의 양은  $5n \times \frac{7}{10} = 3.5n$  mol

이다.  $2n - \frac{m}{2} = 1.5n$ 이므로  $m=n$ 이며,  $4n-m+\frac{cm}{2}=3.5n$ 이므로  $c=1$ 이다.

(나)에  $X(g)$ 를  $4n$  mol 추가할 때,  $X(g)$ 가  $B(g)$ 이면 반응 할  $A(g)$ 가 없으므로 (다)에서 전체 기체의 부피는 9 L가 되어 조건에 모순이다. 따라서  $X(g)$ 는  $A(g)$ 이다. (다)에서 전체 기체의 부피가 6 L이므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g)$	+	$B(g)$	$\longrightarrow$	$C(g)$
반응 전(mol)	$4n$	$1.5n$		$3.5n$
반응(mol)	$-3n$	$-1.5n$		$+1.5n$
반응 후(mol)	$n$	0		$5n$

(가)에서  $C(g)$   $3n$  mol의 질량이  $w$  g이므로 (다)에서 실린더에 들어 있는  $C(g)$   $5n$  mol의 질량은  $\frac{5}{3}w$  g이다. 따라서  
(다)에서 실린더에 들어 있는  $C(g)$ 의 질량(g)  
 $c = \frac{5}{3}w$ 이다.

### 13 몰 농도

몰 농도( $M$ ) =  $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 용질의 양(mol) =  
 몰 농도( $M$ ) × 용액의 부피(L)이다.

Ⓐ. (가)에 녹아 있는 A의 양은  $0.5 M \times 0.04 L = 0.02$  mol이다.  
 Ⓛ. (가)와 (나)에 녹아 있는 A의 양(mol)을 합하면 (다)에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 같다.  $0.02 + \frac{3.2}{a} = 0.1$ 이므로  $a = 40$  이다.

☒. (나)에 녹아 있는 A의 양은  $\frac{3.2}{40} = 0.08$  mol이고 수용액 (나)의 밀도가  $1\text{ g/mL}$ 보다 크므로 부피는  $100\text{ mL}$ 보다 작다. 따라서 (나)의 몰 농도는  $0.8\text{ M}$ 보다 크므로 수용액의 몰 농도는 (나)가 (다)의 2배보다 크다.

### 14 몰 농도

밀도가  $d\text{ g/mL}$ 인  $a\%$  A(aq)  $50\text{ mL}$ 의 질량은  $50d$  g이며, 이 용액에 녹아 있는 A의 질량은  $\frac{a}{100} \times 50d = \frac{ad}{2}$  g이므로  $a\%$  A(aq)  $20\text{ mL}$ 에는  $\frac{2}{5} \times \frac{ad}{2} = \frac{ad}{5}$  g의 A가 녹아 있다. 따라서 (다)에서 만든 수용액에 녹아 있는 A의 질량은  $\left(\frac{ad}{5} + b\right)$  g이다. 수용액의 몰 농도는  $a\%$  A(aq)이 (다)에서 만든 수용액의 4배이며, 수용액의 부피는  $a\%$  A(aq)  $50\text{ mL}$ 가 (다)에서 만든 수용액의  $\frac{1}{5}$ 배이므로 녹아 있는 A의 질량은  $a\%$  A(aq)  $50\text{ mL}$ 가 (다)에서 만든 수용액의  $\frac{4}{5}$ 배이다. 따라서  $\frac{ad}{2} = \frac{4}{5} \times \left(\frac{ad}{5} + b\right)$ 이므로  $\frac{b}{a} = \frac{17}{40}d$ 이다.

### 15 몰 농도와 화학식량

몰 농도( $M$ ) =  $\frac{\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용질의 화학식량}}(\text{mol})}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이다. (가)에서 A(aq) ~ C(aq)은 용질의 질량과 용액의 부피가 같으므로 몰 농도비는

$\frac{1}{\text{화학식량}}$ 의 비와 같다. 따라서 화학식량비 A : B : C =  $\frac{1}{0.2}$  :  $\frac{1}{0.6}$  :  $\frac{1}{0.9}$  = 9 : 3 : 2이다. (나)에서 B(aq)과 C(aq)은 용질

의 질량과 몰 농도가 같으므로 수용액의 부피비는  $\frac{1}{\text{화학식량}}$ 의 비와 같다. 따라서 수용액의 부피비  $x : y = \frac{1}{3} : \frac{1}{2} = 2 : 3$ 이다. B의 화학식량  $\times \frac{y}{x} = \frac{3}{9} \times \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$ 이다.

### 16 혼합 용액의 몰 농도

혼합 용액 I의 몰 농도( $M$ )가  $\frac{0.2 \times 20 + 0.3 \times 40}{20 + 40 + V} = \frac{16}{60 + V} = \frac{1}{10}$ 이므로  $V = 100$ 이다.

☒. 혼합 용액 I의 부피는  $20 + 40 + 100 = 160\text{ mL}$ 이고, II의 부피는  $30 + 60 + 100 = 190\text{ mL}$ 이므로

$$\frac{\text{II의 부피}}{\text{I의 부피}} = \frac{190}{160} = \frac{19}{16} < \frac{5}{4} \left(= \frac{20}{16}\right) \text{이다.}$$

Ⓐ. 혼합 용액 II의 몰 농도는  $\frac{0.2 \times 30 + 0.3 \times 60}{30 + 60 + 100} = \frac{12}{95} \text{ M}$ 이므로  $x = \frac{12}{95}$ 이다.

Ⓑ. I과 II를 혼합한 용액의 몰 농도는  $\frac{0.2 \times 50 + 0.3 \times 100}{50 + 100 + 200} = \frac{40}{350} = \frac{4}{35} \text{ M}$ 이다.

## 04 원자의 구조

### 수능 2점 테스트

본문 54~55쪽

- 01 ③    02 ⑤    03 ⑤    04 ③    05 ⑤    06 ③  
07 ①    08 ④

### 01 원자를 구성하는 입자

- Ⓐ 원자핵을 이루는 입자는 양성자와 중성자이다. 양성자는 (+) 전하를 띤 입자이고, 중성자는 전하를 띠지 않는 입자이다.
- Ⓑ 전자는 (−)전하를 띠는 입자이다. 전자와 양성자는 전하의 부호는 반대이고 전하량의 크기는 같다.
- ⓪ 원자가 전기적으로 중성인 깊은 원자핵의 양성자수와 전자 수가 같기 때문이다.

### 02 원자와 이온을 구성하는 입자

- Ⓐ (가)에서 양성자수, 중성자수, 전자 수가 모두 1로 같으므로 (가)는 원자이다.
- Ⓑ (가)~(다) 중 원자는 1개이므로 (나)와 (다)는 이온이다. 따라서 Ⓛ은 양성자이고 Ⓜ은 중성자이다.
- Ⓒ 질량수=양성자수+중성자수이므로 (나)와 (다)의 질량수는 각각 3으로 같다.

### 03 α 입자 산란 실험

- ⓪ α 입자 산란 실험으로 원자핵을 발견하였다. 원자핵은 (+)전하를 띠고 전자는 (−)전하를 띤다.
- Ⓒ 원자핵의 질량은 원자 질량의 대부분을 차지한다.
- Ⓓ α 입자는 헬륨 원자핵으로 (+)전하를 띤 입자이다. 원자핵은 (+)전하를 띠고 있으므로 (+)전하를 띤 α 입자를 밀어낸다. 그러므로 α 입자 산란 실험 결과 일부 α 입자가 큰 각도로 휘거나 튕겨 나온다.

### 04 원자와 이온을 구성하는 입자

- Ⓐ Li의 원자 번호는 3이므로  ${}^7\text{Li}^+$ 의 양성자수는 3, 중성자수는 4, 전자 수는 2이다. Na의 원자 번호는 11이므로  ${}^{23}\text{Na}^+$ 의 양성자수는 11, 중성자수는 12, 전자 수는 10이다. 그러므로 Ⓛ은 중성자수이고 Ⓜ은 전자 수이다.
- ⓪ Li은 원자 번호가 3이므로  $\text{Li}^+$ 의 전자 수(⓪)는 2이다.
- Ⓒ 질량수는  ${}^7\text{Li}$ 이  $\frac{7}{3}$ 이고,  ${}^{23}\text{Na}$ 이  $\frac{23}{11}$ 이므로  $\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}} > {}^7\text{Li} > {}^{23}\text{Na}$ 이다.

### 05 원자를 구성하는 입자

질량수=양성자수+중성자수이다. (가)의 양성자수는 4, (나)의 양성자수는 5, (다)의 양성자수는 5이다.

- Ⓐ 원자 번호는 원자핵의 양성자수이므로 원자 번호는 (나)>(가)이다.
- Ⓑ (나)와 (다)는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 (나)는 (다)의 동위 원소이다.
- Ⓒ (가)와 (다)는 원자이고, (가)와 (다)의 양성자수는 각각 4, 5이므로 전자 수는 (다)>(가)이다.

### 06 이온을 구성하는 입자

F, Mg의 원자 번호는 각각 9, 12이므로  ${}^{19}\text{F}^-$ ,  ${}^{24}\text{Mg}^{2+}$ 의 양성자수, 중성자수, 전자 수는 다음과 같다.

이온	양성자수	중성자수	전자 수
${}^{19}\text{F}^-$	9	10	10
${}^{24}\text{Mg}^{2+}$	12	12	10

a는 중성자수, b는 양성자수, c는 전자 수이다.

### 07 동위 원소

- Ⓐ C의 평균 원자량이 12.0이고  $\text{CCl}_4$ 의 분자량이 154이므로 Cl의 평균 원자량은 35.5이고  $x=75$ 이다.
- Ⓑ Cl의 평균 원자량은 35.5이므로  $\text{Cl}_2$ 의 분자량은 71이다.
- ⓪ 1 mol에 들어 있는 중성자의 양은  ${}^{37}\text{Cl}_2$ 가  ${}^{35}\text{Cl}_2$ 보다 4 mol 만큼 많다.

### 08 동위 원소

X와 Y의 평균 원자량은 각각 다음과 같다.

$$\text{X} : \frac{70a + 30(a+2)}{100} = a + 0.6$$

$$\text{Y} : \frac{75b + 25(b+2)}{100} = b + 0.5$$

XY<sub>2</sub>의 화학식량은 다음과 같다.

$$(a+0.6) + 2(b+0.5) = a + 2b + 1.6$$

### 수능 3점 테스트

본문 56~60쪽

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

## 01 음극선 실험

- Ⓐ (가)에서 음극선이 바람개비를 회전시켰으므로 음극선은 질량을 지닌 입자의 흐름임을 알 수 있다.
- Ⓑ 음극선은 (-)전하를 띤 입자의 흐름이다. (나)에서 음극선이 B극 쪽으로 휘었으므로 B극은 (+)극이다.
- ✖ 톰슨의 음극선 실험의 결과로 제안된 원자 모형은 건포도 푸딩 모형이다.

## 02 원자를 구성하는 입자

- Ⓐ 양성자와 전자만으로 이루어진 원자는 질량수가 1인 수소 원자(<sup>1</sup>H)이다.
- Ⓑ 양성자 1개와 중성자 1개로 이루어진 입자는 <sup>2</sup>H<sup>+</sup>으로 <sup>2</sup>H(중수)의 양이온이다.
- Ⓒ 양성자는 (+)전하를 띠고 전자는 (-)전하를 띠며 양성자와 전자의 전하량의 크기는 같다.

## 03 원자와 이온을 구성하는 입자

- (가)~(다)는 모두 이온이고 ●과 ○은 양성자 또는 중성자이므로 (가)는 양성자, 즉 H<sup>+</sup>이다. (나)는 <sup>3</sup>H<sup>-</sup>이고, (다)는 <sup>3</sup>He<sup>+</sup>이다.
- Ⓓ (가)는 양성자(H<sup>+</sup>)이므로 ●은 양성자이고 ○은 중성자이다.
- ✖ (가)와 (다)는 모두 양이온이므로 전하의 종류는 같다.
- Ⓔ 질량수=양성자수+중성자수이다. (나)와 (다)는 모두 질량수가 3으로 같다.

## 04 원자와 이온을 구성하는 입자

Z<sup>-</sup>에서 전자 수와 Ⓛ이 10으로 같으므로 Ⓛ은 양성자수가 아니고 중성자수이다. 그러므로 Ⓛ은 양성자수이고 c=9이다. X<sup>+</sup>은 양성자수가 3이므로 전자 수 a=2이고 중성자수 2a=4이다. Y는 양성자수가 4이므로 전자 수 b=4이다. 그러므로 a+b+c=15이다.

## 05 원자를 구성하는 입자

- X와 Y는 2주기 원소이다. 질량수=양성자수+중성자수이고 원자 번호는 양성자수와 같다.
- X의 중성자수는 a+2b-a=2b이다. Y의 원자 번호는 a-b이다. Z에서 a+2b+4b=a+6b=39이다.
- Ⓓ Y의 원자 번호는 a-b이고 2주기 원소이므로 원자 번호는 2보다 크다. 그러므로 a>b+2이다.
- ✖ X는 2주기 원소이므로 X의 원자 번호(a)는 조건 b+2<a<11을 만족하고, a와 b는 자연수이다. 따라서 a=9, b=5이다. Z의 원자 번호는 19이므로 Z는 4주기 원소이다.
- Ⓔ  $\frac{\text{질량수}}{\text{양성자수}}$ 는 X가  $\frac{19}{9}$ 이고 Z가  $\frac{39}{19}$ 이므로 X>Z이다.

## 06 동위 원소

<sup>14</sup>N의 양성자수와 중성자수는 모두 7이고, <sup>15</sup>N의 양성자수는 7, 중성자수는 8이다. <sup>16</sup>O의 양성자수와 중성자수는 모두 8이고, <sup>18</sup>O의 양성자수는 8, 중성자수는 10이다.

(가)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은  $(2 \times a \times 7 + 2 \times b \times 8)$ 이고, 중성자의 양(mol)은  $(2 \times a \times 7 + 2 \times b \times 10)$ 이므로  $\frac{14a+16b}{14a+20b} = \frac{19}{22}$ 이다. 그러므로 a:b=2:3이다.

(나)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은  $(2 \times b \times 7 + 2 \times a \times 8)$ 이고, 중성자의 양(mol)은  $(2 \times b \times 8 + 2 \times a \times 8)$ 이므로 (나)에 들어 있는  $\frac{\text{양성자의 양(mol)}}{\text{중성자의 양(mol)}} = \frac{14b+16a}{16b+16a} = \frac{37}{40}$ 이다.

## 07 동위 원소

<sup>16</sup>O에 들어 있는 양성자수와 중성자수는 모두 8이고, <sup>18</sup>F에 들어 있는 양성자수는 9, 중성자수는 10이다. <sup>35</sup>Cl에 들어 있는 양성자수는 17, 중성자수는 18이고, <sup>37</sup>Cl에 들어 있는 양성자수는 17, 중성자수는 20이다.

Ⓓ 용기 속 양성자의 양(mol)은 다음과 같다.

$$(가) : 2 \times 16a \times 8 + 2 \times 16a \times 9$$

$$(나) : 2 \times 9a \times 17 + 2 \times 6a \times 17 + 2 \times a \times 17$$

그러므로 양성자의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서 같다.

Ⓔ 용기 속 중성자의 양(mol)은 다음과 같다.

$$(가) : 2 \times 16a \times 8 + 2 \times 16a \times 10$$

$$(나) : (2 \times 9a + 6a) \times 18 + (6a + 2 \times a) \times 20$$

그러므로 중성자의 양(mol)은 (나)>(가)이다.

Ⓕ 용기 속 기체의 질량(g)은 다음과 같다.

$$(가) : 2 \times 16 \times 16a + 2 \times 19 \times 16a$$

$$(나) : (2 \times 9a + 6a) \times 35 + (6a + 2 \times a) \times 37$$

그러므로 용기 속 기체의 질량비는 (가):(나)=70:71이다.

## 08 동위 원소

<sup>12</sup>C<sub>2</sub><sup>35</sup>Cl<sub>2</sub>의 화학식량은  $12 + 2 \times 1 + 2 \times 35 = 84$ 이고,

<sup>13</sup>C<sub>2</sub><sup>37</sup>Cl<sub>2</sub>의 화학식량은  $13 + 2 \times 1 + 2 \times 37 = 89$ 이다.

Ⓓ 질량이 같을 때 기체의 양(mol)은 화학식량에 반비례한다.

그러므로 실린더에 들어 있는 기체의 몰비는 (가):(나)= $\frac{1}{84} : \frac{1}{89}$ 이므로  $V_1 > V_2$ 이다.

Ⓔ CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 1 mol에 들어 있는 양성자의 양은 동위 원소와 관계 없이  $(6 + 2 \times 1 + 2 \times 17)$  mol로 같다. 그러므로 (가)와 (나)에서 기체에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 기체의 양(mol)에 비례하므로 (가)>(나)이다.

Ⓕ <sup>12</sup>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>35</sup>Cl<sub>2</sub> 1 mol에 들어 있는 중성자의 양은  $(6 + 2 \times 18)$  mol이고, <sup>13</sup>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>37</sup>Cl<sub>2</sub> 1 mol에 들어 있는 중성자의 양은

$(7+2 \times 20)$  mol이다. 그러므로 (가)와 (나)에서 기체에 들어 있는 중성자의 양(mol)의 비는 (가) : (나) =  $\frac{42}{84} : \frac{47}{89}$  이므로 (나) > (가)이다.

## 09 동위 원소

Y의 평균 원자량은 다음과 같다.

$$\frac{75b+25(b+2)}{100} = b+0.5$$

그러므로  $Y_2$  1 mol의 질량은  $(2b+1)$  g이다.

XY  $(8b+7)$  g은 XY 2 mol에 해당하므로  $(8b+7)$  g 중  $(6b+6)$  g은 X 2 mol의 질량에 해당하고 X의 화학식량은  $3b+3$ 이다.

X의 동위 원소 “X”의 원자량이  $a$ ,  $^{3b+2}X$ 의 원자량이  $3b+2$ 이고, 동위 원소의 존재 비율이 각각 50%이므로, X의 화학식량(평균 원자량)은  $\frac{a+(3b+2)}{2}$ 이다. 그러므로  $a=3b+4$ 이다.

## 10 동위 원소

(가)와 (나)에서 기체의 부피는  $V$  L로 같으므로 (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)은 같다. 또한 (가)와 (나)에서 기체의 밀도가 같으므로 기체의 질량도 같다.

(가)에서 기체의 양은  $5a$  mol이고, 기체의 질량(g)은 다음과 같다.

$$3a \times (12 + 4 \times 1) + 2a \times (2 \times 1 + 18) = 88a$$

(나)에서 기체의 양은  $5a$  mol이어야 하므로  $CH_4$ 의 양을  $xa$  mol이라고 하면  $H_2O$ 의 양은  $(5-x)a$  mol이다. (나) 기체의 질량(g)은 다음과 같다.

$$xa \times (12 + 4 \times 1) + (5-x)a \times (2 \times 1 + 16) = (90-x)a = 88a$$

$x=2$ 이므로 (나)에서  $^{12}C^4H_4$ 은  $2a$  mol,  $^1H_2^{16}O$ 은  $3a$  mol이다.

(나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은  $\frac{7 \times 2a + 8 \times 3a}{6 \times 3a + 10 \times 2a} = 1$ 이다.  
(가)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은  $\frac{7 \times 2a + 8 \times 3a}{6 \times 3a + 10 \times 2a} = 1$ 이다.

# 05 현대적 원자 모형과 전자 배치

## 수능 2점 테스트

본문 69~71쪽

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

## 01 오비탈

- Ⓐ 1개의 오비탈에는 스핀 자기 양자수가 다른 전자가 들어갈 수 있으므로 최대 2개의 전자가 들어갈 수 있다.
- ☒ p 오비탈은 아령 모양으로 에너지가 같은 p 오비탈은 3개가 있다.
- Ⓒ s 오비탈은 공 모양으로 원자핵으로부터 거리가 같으면 전자가 발견될 확률이 같다.

## 02 수소 원자 모형

- Ⓓ 수소 원자에서 전자의 에너지는 불연속적이다. 수소 원자에서 전자 껌질의 에너지 준위는  $n$ (주 양자수)에 의해서만 결정된다.
- ☒ 원자핵에 가장 가까운 전자 껌질의 에너지 준위가 가장 낮고, 원자핵에서 멀어질수록 전자 껌질의 에너지 준위가 높아진다.
- Ⓔ 에너지 준위가 낮은 전자 껌질에서 에너지 준위가 높은 전자 껌질로 전자가 전이할 때는 에너지 준위의 차에 해당하는 에너지를 흡수하고, 에너지 준위가 높은 전자 껌질에서 에너지 준위가 낮은 전자 껌질로 전자가 전이할 때는 에너지 준위의 차에 해당하는 에너지를 방출한다.

## 03 수소 원자의 오비탈

- Ⓐ (가)는 1s 오비탈로 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈이다. 그러므로 (가)에 전자가 들어 있는 수소 원자는 바닥상태이다.
- Ⓒ (나)는 2s 오비탈이고 (다)는 2p 오비탈이다. 수소 원자에서 전자 껌질의 에너지 준위는  $n$ (주 양자수)에 의해서만 결정되므로 에너지 준위는 (나)=(다)이다.
- ☒ 원자핵으로부터 거리가 같으면 전자가 발견될 확률이 같은 오비탈은 공 모양인 s 오비탈의 특징이다. (다)는 2p 오비탈로 p 오비탈은 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르다.

## 04 전자 배치 규칙

- Ⓓ 전자의 스핀 자기 양자수는  $+\frac{1}{2}$  또는  $-\frac{1}{2}$ 이고, 1개의 오비탈에는 스핀 자기 양자수가 다른 2개의 전자가 채워질 수 있다. (가)에서 3개의 오비탈에 전자가 2개씩 채워져 있으므로 모든 전

자의 스핀 자기 양자수의 합은 0이다.

◎ (나)는 쌍음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하는 바닥상태의 전자 배치이다.

☒. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는  $2s < 2p$ 이다. (다)에서  $2s$  오비탈에 전자를 1개만 채우고  $2p$  오비탈에 전자가 채워졌으므로 (다)는 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

## 05 전자 배치 규칙

☒. 전자 배치에서 쌍음 원리는 에너지가 낮은 오비탈부터 전자를 채우는 규칙이다. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는  $1s < 2s < 2p$ 이므로, X의 전자 배치에서  $2s$  오비탈에 전자를 모두 채우지 않고  $2p$  오비탈에 전자를 1개 채웠으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

◎. 전자 배치에서 파울리 배타 원리는 1개의 오비탈에 스핀 자기 양자수가 서로 다른 전자가 들어갈 수 있으므로 최대 2개의 전자가 들어갈 수 있는 원리이다. Y의 전자 배치에서 전자가 채워진 오비탈에 스핀 자기 양자수가 서로 다른 2개의 전자가 채워져 있으므로 파울리 배타 원리를 만족한다.

☒. X는 쌍음 원리를 만족하지 않으므로 바닥상태가 아니다. Y는 훈트 규칙을 만족하지 않으므로 바닥상태가 아니다. 훈트 규칙은 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개인 경우 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다는 규칙이다. 쌍음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하는 전자 배치가 바닥상태이다.

## 06 원자와 이온의 전자 배치

$X^{m-}$ ,  $Y^{n+}$ 의 전자 배치는 모두  $1s^2 2s^2 2p^6$ 이고,  $m$ ,  $n$ 은 각각 3이하의 자연수이므로 X와 Y의 가능한 전자 배치는 다음과 같다.

X :  $1s^2 2s^2 2p^3$ ,  $1s^2 2s^2 2p^4$ ,  $1s^2 2s^2 2p^5$

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

또 홀전자 수는 X와 Y가 같고 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y가 X보다 2만큼 크므로, X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5$ , Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다.

☒.  $X^{m-}$ ,  $Y^{n+}$ 의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6$ 이므로  $m=1$ ,  $n=3$ 이고  $m+n=4$ 이다.

☒. X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다.

◎. X의 원자가 전자 수는 7이고, Y의 원자가 전자 수는 3이므로 원자가 전자 수는 X > Y이다.

## 07 전자의 양자수

오비탈의 양자수는  $(n, l, m_l)$ 로 나타내고, 전자의 양자수는  $(n, l, m_l, m_s)$ 로 나타낼 수 있다. 주 양자수는  $n=1, 2, 3 \dots$ 의 정수값을 갖고, 방위(부) 양자수( $l$ )는  $0 \leq l \leq n-1$ 의 정수값을 갖고, 자기 양자수( $m_l$ )는  $-l \leq m_l \leq l$ 의 정수값을 갖는다. 전자의 양자수는 오비탈의 양자수에 추가로 스핀 자기 양자수( $m_s$ )를 가지

며  $m_s$ 는  $-\frac{1}{2}$  또는  $+\frac{1}{2}$ 을 갖는다.

☒.  $(1, 0, -1, +\frac{1}{2})$ 에서  $l=0$ 일 때  $m_l=0$ 이어야 하므로 전자의 양자수로 가능하지 않다.

◎.  $(2, 0, 0, +\frac{1}{2})$ 에서  $n=2$ 이고  $l, m_l$ 가 모두 가능한 양자수이고, 전자의 스핀 자기 양자수도 가능하므로 (가)에 해당한다.

☒.  $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$ 에서  $n=2$ 이고  $l, m_l$ 가 모두 가능한 양자수이고, 전자의 스핀 자기 양자수도 가능하므로 (가)에 해당한다.

## 08 원자의 전자 배치

a를  $\frac{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ 로 둘 때 바닥상태인 2주기 원자의 전자 배치와  $a$ 는 다음과 같다.

원자	전자 배치	$a$
Li	$1s^2 2s^1$	$\frac{2}{1}=2$
Be	$1s^2 2s^2$	$\frac{2}{2}=1$
B	$1s^2 2s^2 2p^1$	$\frac{3}{2}$
C	$1s^2 2s^2 2p^2$	$\frac{4}{2}=2$
N	$1s^2 2s^2 2p^3$	$\frac{5}{2}$
O	$1s^2 2s^2 2p^4$	$\frac{5}{3}$
F	$1s^2 2s^2 2p^5$	$\frac{5}{4}$
Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$	$\frac{5}{5}=1$

$\frac{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ (상댓값)의 비가  $X : Y : Z = 3 : 4 : 5$ 이므로 X~Z는 각각 B, C, N이다.

◎. X(B)의 홀전자 수는 1이다.

◎. Y(C)의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ 이고, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 4이다.

☒. Z(N)의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이고, 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 2이다.

## 09 오비탈의 양자수

원자가 전자는 바닥상태에서 주 양자수가 가장 큰 오비탈에 들어 있는 전자이다. (나)의  $n+l=2$ 이므로 (나)는  $2s$  오비탈( $n=2, l=0$ )이다. (가)의  $n+m_l=3$ 이므로  $n=2, m_l=+1$ 이고  $l=1$ 이어야 하므로 (가)는  $2p$  오비탈이다.

◎. 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의  $n=2$ 이므로 X는 2주기 원소이다.

㉡ (가)는  $n=2$ ,  $l=1$ 이므로  $a=3$ 이고, (나)는  $n=2$ ,  $m_l=0$ 이므로  $n+m_l=2$ 이다. 따라서  $a>b$ 이다.

㉢ 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는  $2p > 2s$ 이므로 (가)>(나)이다.

## 10 전자 배치와 오비탈의 양자수

$n+l=3$ 인 오비탈은  $3s$  오비탈( $n=3$ ,  $l=0$ ) 또는  $2p$  오비탈( $n=2$ ,  $l=1$ )이다. 바닥상태에서  $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 7인 원자 X는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 의 전자 배치를 가진다.  $n+l=4$ 인 오비탈은  $4s$  오비탈( $n=4$ ,  $l=0$ ) 또는  $3p$  오비탈( $n=3$ ,  $l=1$ )이다. 바닥상태에서  $n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 4인 원자 Y는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 의 전자 배치를 가진다. X의 홀전자 수는 1이고, Y의 홀전자 수는 2이므로  $\frac{Y\text{의 홀전자 수}}{X\text{의 홀전자 수}}=2$ 이다.

## 11 전자 배치와 오비탈의 양자수

3주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 중  $n+l>2$ 를 만족하는 오비탈은  $2p$ ,  $3s$ ,  $3p$  오비탈이다.  $2p$ ,  $3s$ ,  $3p$  오비탈에 들어 있는 전자 수의 비가 2 : 3을 만족하는 원자의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이므로 A는 Mg, B는 Si이다. A<sup>+</sup>의 전자 배치가 Ne과 같으므로  $a=2$ 이고, B(S)의 홀전자 수는 2이므로,  $\frac{B\text{의 홀전자 수}}{a}=1$ 이다.

## 12 전자의 양자수

$n+l=3$ 인 오비탈은  $3s$  오비탈( $n=3$ ,  $l=0$ ) 또는  $2p$  오비탈( $n=2$ ,  $l=1$ )이다. 바닥상태에서  $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 3인 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이고,  $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 7인 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

㉠ X의 홀전자 수는 3이고, Y의 홀전자 수는 1이므로 홀전자 수는 X>Y이다.

㉡ X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 으로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5이다.

㉢ Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. Y에서 전자가 들어 있는 오비탈 중  $l+m_l=2$ ( $l=1$ ,  $m_l=1$ )를 만족하는 오비탈은  $2p$  오비탈 중 하나이므로  $a=2$ 이다.

## 수능 3점 테스트

본문 72~77쪽

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

### 01 오비탈

☒ 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수( $n$ )가 같아도 방위(부) 양자수( $l$ )에 따라 달라진다.

☒ 오비탈의 모양을 결정하는 양자수는 방위(부) 양자수( $l$ )이다.

㉡ 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개인 경우 전자가 들어갈 때는 홀전자 수가 많을수록 안정하며 이를 훈트 규칙이라고 한다.

### 02 오비탈

① I에 (가)(원자가 전자가 들어 있는 오비탈인가?)를 적용하면  $2s$ 와  $2p$ 는 '예',  $1s$ 는 '아니요'에 해당한다. II에 (나)(홀전자가 들어 있는 오비탈인가?)를 적용하면  $2p$ 는 '예',  $2s$ 는 '아니요'에 해당하므로 적절하다.

☒ I에 (가)(원자가 전자가 들어 있는 오비탈인가?)를 적용하면  $2s$ 와  $2p$ 는 '예',  $1s$ 는 '아니요'에 해당한다. II에 (다)( $n+l=1$ 인 오비탈인가?)를 적용하면  $2s$ 와  $2p$ 는 모두 '아니요'에 해당하므로 부적절하다.

☒, ☒ I에 (나)(홀전자가 들어 있는 오비탈인가?)를 적용하면  $2p$ 는 '예',  $1s$ 와  $2s$ 는 모두 '아니요'에 해당하므로 부적절하다.

☒ I에 (다)( $n+l=1$ 인 오비탈인가?)를 적용하면  $1s$ 는 '예',  $2s$ 와  $2p$ 는 모두 '아니요'에 해당하므로 부적절하다.

### 03 전자 배치

홀전자 수가 다른 2~3주기 바닥상태 원자의 홀전자 수의 합이 4가 되는 조합은 0, 1, 3이다. 2주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 2~5이고, 3주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 6~9이다. 전자가 들어 있는 오비탈의 수비(X : Y : Z)가 1 : 2 : 3이므로 이를 만족하는 전자가 들어 있는 오비탈의 수 조합은 2가지이다.

첫 번째 경우로, X~Z에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 각각 2, 4, 6인 경우에는 홀전자의 수가 모두 다르고 홀전자 수의 합이 4가 될 수 있으며, X~Z의 전자 배치와 홀전자 수는 다음과 같다.

X:  $1s^2 2s^2 2p^1$  (홀전자 수 1)

Y:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  (홀전자 수 0)

Z:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  (홀전자 수 3)

☒ X는 2주기 원소이고, Y는 3주기 원소이다.

- ㉡ X의 원자가 전자 수는 3이고, Y의 원자가 전자 수는 2이다.  
그러므로 원자가 전자 수는  $X > Y$ 이다.
- ⓧ 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수는 Y와 Z가 6으로 같다.

## 04 전자 배치

- ㉡ (가)는 쌍음 원리와 훈트 규칙, 파울리 배타 원리를 모두 만족하므로 바닥상태이고, (나)는 훈트 규칙을 만족하지 않으므로 뜬상태이다. 그러므로 원자의 에너지는 (나) > (가)이다.
- ㉡  $n=2$ 까지 있는 전자 배치에서  $n-l=1$ 에 해당하는 것은  $1s$ ,  $2p$  오비탈이다. 그러므로  $n-l=1$ 인 전자 수는 (가) = (나)이다.
- ㉡  $n=2$ 까지 있는 전자 배치에서  $l=1$ 에 해당하는 것은  $2p$  오비탈이다.  $m_l$ 는  $-1$ 에서  $1$ 까지의 정수값을 가지는데,  $l=1$  때  $m_l$ 는 3개의 정수값을 가지므로  $2p$  오비탈이 3개이다. (가)의 전자 배치에서 3개의  $2p$  오비탈에 전자가 들어 있고, (나)의 전자 배치에서 2개의  $2p$  오비탈에 전자가 들어 있으므로  $m_l$ 의 개수는 (가)에서 3개, (나)에서 2개이다.

## 05 전자 배치

2주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 2~5이고, 3주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 6~9이다. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y가 X보다 2만큼 크므로, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X가 4, Y가 6 또는 X가 5, Y가 7이다. 이 중 X와 Y의 홀전자 수의 합은 2이고, Y의 모든 전자의 스핀 자기 양자수의 합이 0이 아닌 조건을 만족하는 경우는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 X가 5, Y가 7일 때이고, X와 Y의 전자 배치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X: & 1s^2 2s^2 2p^5 \\ Y: & 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 \end{aligned}$$

ⓧ X에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5이다.

㉡ Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 홀전자 수는 1이다.

ⓧ  $Y^{2+}$ 은 전자가 11개이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5보다 크다.

## 06 오비탈의 양자수

전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 같으면서 전자가 들어 있는 오비탈의 수의 비가 1 : 2가 되는 같은 주기의 바닥상태 원자 X와 Y의 조합은 다음의 경우이다.

$$\begin{aligned} X: & 1s^2 2s^2 \\ Y: & 1s^2 2s^2 2p^2 \\ \text{X의 원자가 전자 수는 } & 2\text{이고, Y의 홀전자 수는 } 2\text{이므로,} \\ & \frac{\text{Y의 홀전자 수}}{\text{X의 원자가 전자 수}} = 1\text{이다.} \end{aligned}$$

## 07 전자 배치

X에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 2이고 원자가 전자가 들어 있는 오비탈 수가 1이므로 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2$ 이다.

Y에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 6이고 원자가 전자가 들어 있는 오비탈 수가 2이므로 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다.

Z에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 3이고 원자가 전자가 들어 있는 오비탈 수가 4이므로 Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. 그러므로 a~c는 각각 0, 1, 2이다.

## 08 오비탈의 양자수

원자가 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에서 (나)는  $n+l=3$ 이므로  $3s$  또는  $2p$  오비탈인데, (가)에서  $n+m_l=4$ 이므로  $n=2$ 라면  $m_l$ 는 2가 될 수 없으므로  $n=3$ 이다. 즉, (나)는  $3s$  오비탈, (가)는  $3p$  오비탈이고, (다)도  $3p$  오비탈이다.

㉡ X에서 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의  $n=3$ 이므로 X는 3주기 원소이다.

㉡ (가)는  $3p$  오비탈이므로  $n+l=3+1=4$ , (나)는  $3s$  오비탈이므로  $n+m_l=3$ 이다. 그러므로  $a=4$ ,  $b=3$ 이다.

㉢ (다)는  $3p$  오비탈이므로  $n+l=3+1=4$ 이다.

## 09 오비탈의 양자수

$l=0$ 은  $s$  오비탈,  $l=1$ 은  $p$  오비탈에 해당한다.

X에서 전자가 들어 있는  $s$  오비탈과  $p$  오비탈의 수 비가 2 : 1이므로 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^1$ 이다.

Y와 Z에서 전자가 들어 있는  $s$  오비탈과  $p$  오비탈의 수 비가 1 : 1이므로 가능한 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. X~Z의 홀전자 수가 서로 다르고 원자 번호는  $Z > Y > X$ 이므로 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ , Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.

㉡ X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^1$ 이므로 홀전자 수는 1이다.

ⓧ X와 Y의 전자 배치는 각각  $1s^2 2s^2 2p^1$ ,  $1s^2 2s^2 2p^2$ 이므로 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X=Y이다.

ⓧ Y와 Z의 전자 배치는 각각  $1s^2 2s^2 2p^2$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y가 4, Z가 6이다.

## 10 전자 배치

2주기 바닥상태 원자에서 홀전자를 갖는 것은 Li, B, C, N, O, F이고, 전자의 수는  $Y > X^-$ 이므로 원자 번호는 Y가 X보다 2 이상 크다. 2주기 바닥상태 원자에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 같은 원자는 Be, B, C, N이다. 그러므로 조건을 만족하는 X는 B, Y는 N이고, 전자 배치는 다음과 같다.

X(B):  $1s^2 2s^2 2p^1$

Y(N):  $1s^2 2s^2 2p^3$

전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 X와  $X^-$ 이 같다고 하였으므로,  $X^-(B^-)$ 에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수는 2이고 홀전자 수는 2이다. 그러므로  $\frac{X^- \text{의 홀전자 수}}{Y \text{의 홀전자 수}} = \frac{2}{3}$ 이다.

## 11 오비탈의 양자수

X의 가능한 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ ,  $1s^2 2s^2 2p^4$ ,  $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다.

Y의 전자 배치에서 5개의 p 오비탈에 전자가 들어 있으므로 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이다.

Z의 가능한 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 이다.

X~Z의 홀전자 수는 서로 다르므로 X~Z의 전자 배치는 다음과 같다.

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

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

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

Ⓐ X는 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이므로 2주기 원소이다.

Ⓑ Y는 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이므로 홀전자 수는 2이다.

ⓧ 원자가 전자 수는 X는 5, Z는 1이다.

## 12 오비탈의 양자수

$n+l=3$ 에 해당하는 오비탈은 3s 오비탈 또는 2p 오비탈이다.

$n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 X는 4, Z는 7이므로 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ , Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

$n-l=2$ 에 해당하는 오비탈은 2s, 3p 오비탈 등이다. Y는  $n-l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6이므로 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다.

Ⓐ X(O)와 Y(S)는 모두 16족이다.

Ⓑ Y(S)와 Z(Na)는 모두 3주기 원소이다.

Ⓒ Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이므로  $n+l=3$ 에 해당하는 오비탈에 들어 있는 전자 수는 8이다(Ⓐ=8). X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로  $n-l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 2이다(Ⓒ=2). Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로  $n-l=2$ 인

오비탈에 들어 있는 전자 수는 2이다(Ⓓ=2). 그러므로  $\frac{Ⓐ}{Ⓓ+Ⓔ} = 2$ 이다.

## 06 원소의 주기적 성질

### 수능 2점 테스트

본문 86~88쪽

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

### 01 주기적 성질

- Ⓐ 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 증가할수록 감소하므로 W>X이다.  
ⓧ 제1 이온화 에너지는 같은 족 원소인 X와 Z에서는 X>Z이고, 2주기 원소 중에서는 18족 원소인 Y가 가장 크다.  
Ⓒ 전자 껍질 수는 Z>X이므로 이온 반지름은 Z<sup>-></sup>X<sup>-</sup>이다.

### 02 2주기 원자의 주기적 성질

- 2주기 원자 중에서 홀전자 수가 서로 같은 3개의 원소는 Li, B, F이다. 원자가 전자 수는 X>Y이므로 X와 Y는 각각 F, Li 또는 F, B 또는 B, Li 중 하나이고, 제1 이온화 에너지는 Li이 가장 작으므로 X~Z는 각각 F, B, Li이다.  
Ⓐ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전자는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지므로 Y(B)>Z(Li)이다.  
Ⓒ 같은 주기 원자에서 원자 반지름은 원자 번호가 증가할수록 감소하므로 Y(B)>X(F)이다.  
Ⓓ Z는 원자가 전자 수가 1이므로 제2 이온화 에너지가 X~Z 중 가장 크다. 따라서 제2 이온화 에너지는 Z(Li)>X(F)이다.

### 03 2, 3주기 원자의 주기적 성질

- 금속 원소는  $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이고, 비금속 원소는  $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이므로, A와 B는 각각 Na, Mg 중 하나이고, C는 F이다. 원자가 전자 수는 A>B이므로 A는 Mg, B는 Na이다.  
Ⓐ  $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 인 C는 F이다.

- ⓧ A(Mg)와 B(Na)는 3주기 원소이므로 원자 번호가 큰 A가 B보다 원자가 전자 수가 느끼는 유효 핵전자가 크다.  
ⓧ A~C 중 원자 반지름은 3주기 원소 중 원자 번호가 더 작은 B가 가장 크다.

### 04 이온화 에너지

- 홀전자 수가 1인 2, 3주기 원자들은 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 제1 이온화 에너지가 증가하는 경향을 보인다. 또한 같은 족 원소들은 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 증가하므로 제1 이온화 에너지가 감소하는 경향을 보인다. a=1,

$b=13$ ,  $c=17$ 이므로 13족 원소 중 제1 이온화 에너지가 더 작은 X는 3주기 13족 원소이고 원자 번호가 13인 Al이다.

## 05 원소의 주기적 성질

원자 번호가 8, 9, 12, 13인 원자 중 원자 반지름이 가장 작은 것은 원자 번호가 9인 F이므로 A는 F이다. 이온 반지름이 가장 큰 것은 원자 번호가 8인 O이다. 제3 이온화 에너지가 가장 큰 것은 원자가 전자 수가 2인 Mg이다. 따라서 A~D의 원자 번호는 각각 9, 8, 12, 13이다.

Ⓐ A~D 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 3주기 원소이면서 원자 번호가 작은 C이다.

ⓧ 2주기 원소의 제1 이온화 에너지는 17족 원소가 16족 원소보다 크므로 A>B이다.

Ⓑ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기의 원소에서 원자 번호가 클수록 증가하므로 D>C이다.

## 06 원소의 주기적 성질

전기 음성도는 Y가 가장 크므로 Y는 O, Z는 Cl임을 알 수 있다. W와 X가 같은 주기 원소라면 제1 이온화 에너지는 W>X이어야 한다. 하지만 제1 이온화 에너지는 X>W이므로 W는 3주기 2족, X는 2주기 13족 원소이다. 따라서 W~Z의 주기율표에서 위치는 다음과 같다.

주기	족	2	13	16	17
2		X	Y		
3		W			Z

Ⓐ W는 3주기 2족 원소이므로 W의 원자 번호는 12이다.

Ⓑ X와 Y는 2주기 원소이다.

ⓧ W는 2족 원소이므로 제2 이온화 에너지는 같은 주기 원소 중 가장 작다. 따라서 제2 이온화 에너지는 Z가 W보다 크다.

## 07 원소의 주기적 성질

바닥상태 원자 W~Z의  $\frac{p}{s}$  오비탈에 들어 있는 전자 수는 O,

Mg, P, S이 각각 1, 1,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{5}{3}$ 이고, 제1 이온화 에너지는 O>Mg이므로 W~Z는 각각 Mg, O, P, S이다.

Ⓐ W는  $\frac{p}{s}$  오비탈에 들어 있는 전자 수 = 1이고, 제1 이온화 에너지가 X보다 작으므로 Mg이다.

ⓧ Y와 Z는 각각 P, S이고, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 Z(S)>Y(P)이다.

ⓧ Y(P)는 3주기 15족, Z(S)는 3주기 16족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 Y>Z이다. 따라서  $y>1000$ 이다.

## 08 이온화 에너지와 주기적 성질

2주기 16, 17족 원소인 O와 F은 제1 이온화 에너지가 3주기 2, 13족 원소인 Mg, Al보다 크다. 따라서 W와 X는 각각 Mg과 Al 중 하나인데, 제1 이온화 에너지는 Mg>Al이므로 W, X는 각각 Al, Mg이다. Y와 Z는 각각 O와 F 중 하나인데, 제1 이온화 에너지는 F>O이므로 Y, Z는 각각 O, F이다.

ⓧ W는 제1 이온화 에너지가 가장 작으므로 Al이다.

ⓧ Y는 O이고, Z는 F이므로 제2 이온화 에너지는 Y>Z이다. 따라서  $y>z$ 이다.

Ⓒ 원자 번호는 Z(F)>Y(O)이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>Y이다.

## 09 이온화 에너지와 주기적 성질

Li, Na, Mg, Al 중 제2 이온화 에너지는 1족 원소인 Li과 Na

이 Mg과 Al보다 크고, 원자 번호는 W>Z이므로 W는 Na, Z는 Li이다. 제1 이온화 에너지는 Mg>Al이고, 제2 이온화 에너지는 Al>Mg이므로 X, Y는 각각 Mg, Al이다. 따라서 W~Z는 각각 Na, Mg, Al, Li이다.

ⓧ Z는 Li이다.

Ⓒ X(Mg)와 Y(Al)는 같은 3주기 원소이고, 원자 번호는 Y>X이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>X이다.

ⓧ W(Na)와 X(Mg)는 같은 3주기 원소이고, 원자 번호는 X>W이므로 원자 반지름은 W>X이다.

## 10 원소의 주기적 성질

홀전자 수는 X~Z가 각각 0, 1, 2 또는 1, 2, 3인데, 원자가 전자 수가 X>Y>Z이므로 X~Z는 각각 F, O, N이다.

ⓧ Z는 N이므로 원자가 전자 수는 5이다.

Ⓓ 원자 번호는 X>Y이므로 원자 반지름은 Y>X이다.

Ⓔ 제2 이온화 에너지는 2주기 15, 16, 17족 원소 중 16족 원소가 가장 크므로 Y가 가장 크다.

## 11 원소의 주기적 성질

A~E 중 금속 원소가 3가지, 비금속 원소가 2가지이다. 따라서

2가지 원자의  $\frac{\text{⑦}}{\text{⑧}}$ 이 1보다 작으므로 ⑦은 원자 반지름, ⑧은 이온 반지름이다.

ⓧ A와 B는 각각 O와 F 중 하나인데, 홀전자 수는 A>B이므로 A는 O, B는 F이다.

ⓧ C~E는 각각 Na, Mg, Al 중 하나인데 제1 이온화 에너지가 E>D>C이므로 C~E는 각각 Na, Al, Mg이다. 따라서 D(Al)와 E(Mg)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 D>E이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D>E이다.

☒ A~E 중 원자 반지름은 3주기 1족 원소인 C가 가장 크다.

## 12 이온화 에너지

만약 ⑦이 제1 이온화 에너지라면 F보다 이온화 에너지가 큰 원자가 1가지이므로 d가 F이어야 한다. 따라서 ⑦은 제2 이온화 에너지이다. 제2 이온화 에너지가 가장 작은 a는 Mg, b는 Al, c는 O, d는 Ne, 가장 큰 e는 Na이다.

☒ ⑦은 제2 이온화 에너지이다.

Ⓐ a와 b는 주기가 같고, 원자 번호는 b>a이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 b>a이다.

☒ c는 2주기 16족 원소이고, e는 3주기 1족 원소이므로 원자 반지름은 e>c이다.

### 수능 3점 테스트

분문 89~94쪽

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

## 01 원자 반지름

이온의 전하량과 전자 배치 모형으로부터 X~Z는 각각 3주기 2족, 3주기 17족, 4주기 1족 원소임을 알 수 있다.

Ⓐ 원자가 전자 수는 X~Z가 각각 2, 7, 1이므로 합은 10이다.

Ⓑ 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커진다. X와 Y는 3주기 원소이고, 원자 번호는 Y>X이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>X이다.

☒ X~Z 중 원자 반지름은 3주기 17족 원자인 Y가 가장 작다.

## 02 전자 배치와 이온화 에너지

$n+l=3$ 인 오비탈은  $2p$ ,  $3s$  오비탈이므로  $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 각각 2, 4, 5, 7인 원자는 각각 C, O, F, Na이다. 제1 이온화 에너지는  $F > O > C > Na$ 이므로 W~Z는 각각 Na, C, O, F이다.

☒ Y는 O이므로 원자가 전자 수가 6이다.

Ⓐ 원자 반지름은 3주기 1족 원소인 W(Na)가 가장 크다.

Ⓑ Y와 Z는 각각 2주기 16족, 17족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 Z>Y이고, 제2 이온화 에너지는 Y>Z이다.

## 03 이온화 에너지

Na은  $E_1 \ll E_2$ 이므로 A는 Na이다. A와 C는 홀전자 수가 같으므로 C는 F이다. O는 F보다  $E_1$ 가 작고,  $E_2$ 는 크므로 B는 O이고, D는 Mg이다. 따라서 A~D는 각각 Na, O, F, Mg이다.

Ⓐ 전기 음성도는 C(F)가 가장 크다.

☒ Ne의 전자 배치를 갖는 이온 반지름은 D의 이온( $Mg^{2+}$ )이 가장 작다.

Ⓑ 제2 이온화 에너지는 2주기 16족 원소인 O가 17족 원소인 F보다 크므로 B>C이다. Mg은 제2 이온화 에너지가 가장 작으므로 B>C>D이다.

## 04 전자 배치와 주기적 성질

전자가 들어 있는 오비탈 수가 7인 W는 Al이다.

Ⓐ  $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{원자가 전자 수}}$  비가  $1:2:5$ 인 원자는 B, O, S이고,  $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{원자가 전자 수}}$ 는 각각  $\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{5}{3}$ 이다. 따라서 Al의  $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{원자가 전자 수}}$ 는  $\frac{7}{3}$ 이므로 d=7이다.

Ⓑ X~Z의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 3, 5, 9이고, d=7이므로  $\frac{a+b+c}{d} = \frac{17}{7}$ 이다.

☒ Y와 Z는 같은 족 원소이므로 원자 번호가 큰 Z가 Y보다 원자 반지름이 크다.

☒ W와 Z는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 Z>W이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>W이다.

## 05 이온 반지름과 이온화 에너지

Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은  $O^{2-} > F^- > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이다. 따라서 W~Z는 각각 Al, Mg, F, O이다. 제1 이온화 에너지는 X>W이고, 제2 이온화 에너지는 W>X이므로 ⑦은 제1 이온화 에너지이다.

☒ W와 X는 각각 Al과 Mg이다. 제1 이온화 에너지는 X(Mg)>W(Al)이고, 제2 이온화 에너지는 W(Al)>X(Mg)이므로 ⑦은 제1 이온화 에너지( $E_1$ )이다.

Ⓑ W와 X는 같은 주기 원소이고 원자 번호는 W>X이므로 원자 반지름은 X>W이다.

☒ Y와 Z는 각각 F과 O이다. 제2 이온화 에너지는 16족인 O가 17족인 F보다 크므로  $E_2$ 는 Z>Y이다.

## 06 전자 배치와 주기적 성질

Ⓐ  $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s\text{ 오비탈 수}}$  가 1인 원자는 C, O, P이고,  $\frac{3}{2}$ 인 원자는 N이다. 따라서 Z는 N이고, 원자가 전자 수는 W>X>Y이므로 W~Y는 각각 O, P, C이다.

Ⓑ W~Z 중 전기 음성도가 가장 큰 것은 W(O)이다.

☒ Y(C)와 Z(N)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 Z>Y이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>Y이다.

☒ W와 Z는 각각 O와 N이다. 따라서 제1 이온화 에너지는 Z>

W이고, 제2 이온화 에너지는  $W > Z$ 이므로  $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}} = \frac{W}{Z}$ 이다.

## 07 원소의 주기적 성질

바다상태 원자 O, F, Mg, Al의 홀전자 수는 각각 2, 1, 0, 1이므로 B와 C는 각각 F과 Al 중 하나이고, A와 D는 각각 O와 Mg 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는  $A > D$ 이므로 A와 D는 각각 O, Mg이고, ⑦이 원자 반지름이라면 A는 O가 될 수 없으므로 ⑦은 이온 반지름이고, B와 C는 각각 F과 Al이다.

☒ ⑦은 이온 반지름이다.

㉡ C(Al)와 D(Mg)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는  $C > D$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전자는  $C > D$ 이다.

☒ A~D 중 전기 음성도는 B(F)가 가장 크다.

## 08 홀전자 수와 이온화 에너지

홀전자 수가 0이고 제2 이온화 에너지가 가장 큰 W는 Ne이다. 홀전자 수가 3인 Z는 N이고, Z보다 제2 이온화 에너지가 작고 홀전자 수가 2인 원자는 C이다. 따라서  $W \sim Z$ 는 각각 Ne, F, C, N이다.

㉡ W는 Ne이므로 18족 원소이다.

㉡ 원자 번호는  $Z(N) > Y(C)$ 이므로 원자 반지름은  $Y > Z$ 이다.

☒ X는 17족, Z는 15족 원소이므로 제1 이온화 에너지는  $X > Z$ 이다.

## 09 전자 배치와 주기적 성질

18족을 제외한 2, 3주기 원자의  $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{원자가 전자 수}}$ 는 각각  $1, 0, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{5}, \frac{1}{3}, \frac{1}{7}$ 이므로 3개의 원자에서 같을 수 있는 값은  $\frac{1}{3}$ 이고,

해당하는 원자는 B, O, Al, S이다. 따라서 Z는  $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{원자가 전자 수}}$ 의 값이  $\frac{1}{2}$ 이어야 제시된 상댓값의 비를 만족하게 되므로 3주기 14족 원소인 Si이고, W~Y는 각각 B, O, Al이다.

☒ W(B)와 X(O)의 원자 번호 차는 3이고, W와 Y(Al)의 원자 번호 차는 8이며, W와 Z(Si)의 원자 번호 차는 9이다. 따라서  $x+y+z=3+8+9=20$ 이다.

㉡ 홀전자 수는 W(B)가 1, X(O)가 2이므로  $X > W$ 이다.

☒ Y(Al)와 Z(Si)는 각각 3주기 13족, 14족 원소이므로 제2 이온화 에너지는  $Y > Z$ 이다.

## 10 원소의 주기적 성질

$X \sim Z$ 의 홀전자 수로 가능한 조합은 (1, 0, 1), (1, 1, 2), (1, 2, 3)이다. 만약  $a=0$ 이라면 X~Z의 홀전자 수는 각각 1, 0, 1인데,

Z는 제2 이온화 에너지가 가장 커야 하므로 A1이 될 수 없다. Z가 Na이라고 하면 X와 Y는 각각 Al, Mg 또는 F, Mg인데, X, Y가 각각 Al, Mg일 때 이온 반지름은  $Z > Y > X$ 이고, X, Y가 각각 F, Mg일 때 이온 반지름은  $X > Z > Y$ 이므로 조건에 맞지 않다. Z가 F이라고 하면 제2 이온화 에너지는  $Z > X$ 이므로 X와 Y는 각각 Al, Mg이 가능하지만 이온 반지름은  $Z > Y > X$ 가되어 조건에 맞지 않다.  $a=2$ 라면 Z는 N, Y는 O이고, X는 F, Na, Al 중 하나이므로 이온 반지름의 조건에 맞지 않다. 따라서  $a=1$ , Z는 O이고, 이온 반지름은  $Z > X > Y$ 이므로 X와 Y로 가능한 원자는 (F, Al), (F, Na), (Na, Al)이다. 이 중 제2 이온화 에너지의 조건을 만족하는 X~Z는 각각 F, Al, O이다.

㉡ X는 F이다.

☒  $a=1$ 이다.

☒ X와 Z는 각각 F, O이므로 주기는 같고 원자 번호는  $X > Z$ 이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전자는  $X > Z$ 이다.

## 11 이온화 에너지와 주기적 성질

제1 이온화 에너지( $E_1$ )는  $F > O > Mg > Al > Na$ 이다. 따라서 A~E는 각각 Na, Al, Mg, O, F이다.

㉡ ⑦이 이온 반지름이라면  $E_1$ 가 두 번째로 큰 D(O)의 값이 가장 커야 하므로 맞지 않다. 따라서 ⑦은 원자 반지름이다.

☒ D(O)와 E(F)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는  $E > D$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전자는  $E > D$ 이다.

㉡  $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 원자가 전자 수가 1인 A(Na)가 가장 크다.

## 12 전자 배치와 주기적 성질

원자 번호가 5~13인 원자의

$n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수  $= a$ 를 나타내면 다음과 같다.

원자	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al
$a$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{6}{0}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{8}{0}$	$\frac{8}{1}$
X	W	V	Y						Z

따라서 V~X는 각각 B, C, N 중 하나이고, Y는 O, Z는 Al이다. 전기 음성도는  $V > W > X$ 이므로 V~X는 각각 N, C, B이다.

㉡ X(B)는 13족 원소이므로 15족 원소인 V(N)보다 제2 이온화 에너지가 작다. 따라서 제2 이온화 에너지는  $V > X$ 이다.

㉡ Y(O)와 W(C)는 같은 2주기 원소이고, 원자 번호는  $Y > W$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전자는  $Y > W$ 이다.

㉡ V~Z 중 원자 반지름은 3주기 13족 원소인 Z(Al)가 가장 크다.

## 07 이온 결합

### 수능 2점 테스트

본문 101~102쪽

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

### 01 전기 분해

- ㉠ 전기 분해를 통해  $X_aY$ 가 성분 물질인  $X_2$ 와  $Y_2$ 로 분해되었으므로 가설로는 ‘ $X_aY$ 에서  $X$ 와  $Y$  사이의 화학 결합에 전자가 관여한다.’가 적절하다.
- ㉡ 생성된  $X_2$ 와  $Y_2$ 의 부피비가  $2 : 1$ 이므로 구성 원자의 존재비는  $X : Y = 2 : 1$ 이다. 따라서  $a=2$ 이다.
- ✖ (나)와 연결된 전극이 들어 있는 A에서  $X_2$ 가 생성되었으므로 (나)는 (−)극이다.

### 02 이온 결합

- 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 결합된 이온 결합 화합물은 이온 사이의 거리가 가까울수록, 전하량이 클수록 녹는점이 높다. 따라서 이온 사이의 거리는  $\text{NaCl} < \text{NaBr} < \text{NaI}$ 이므로 녹는점은  $\text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{NaI}$ 이다.
- ✖ (가)는 3가지 화합물 중 녹는점이 가장 높으므로 이온 사이의 정전기적 인력이 가장 큰  $\text{NaCl}$ 이다.
- ㉡  $\text{NaF}$ 은  $\text{NaCl}$ 과 비교하여 이온의 전하량은 같고, 이온 사이의 거리가 작으므로 녹는점은  $a^\circ\text{C}$ 보다 높다.
- ㉢ 음이온의 반지름은  $\text{I}^- > \text{Br}^-$ 이므로 (다) > (나)이다.

### 03 이온 결합

- ✖ A는 3주기 1족, C는 3주기 2족 원소이므로 원자가 전자 수는  $C > A$ 이다.
- ㉡ A는 금속 원소이고,  $\text{B}_2$ 는 비금속 원소로 이루어진 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성은  $\text{B}_2$ 가 A보다 작다.
- ✖ B는 2주기 17족 원소이고, C는 3주기 2족 원소이다. 따라서 B와 C로 이루어진 화합물은  $\text{B}^-$ 과  $\text{C}^{2+}$ 이 결합한 것이므로 안정한 화합물의 화학식은  $\text{CB}_2$ 이다. 따라서 B와 C는  $2 : 1$ 로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

### 04 이온 결합 물질

- $\text{Cu}^{2+}$ 과  $\text{O}^{2-}$ 이 정전기적 인력으로 결합하고 있는 X는 이온 결합 물질이다.
- ✖ X는  $\text{Cu}^{2+}$ 과  $\text{O}^{2-}$ 이 결합하여 이온 결합을 형성하고 있으므로

화학식은  $\text{CuO}$ 이다.

- ㉡ X는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 양이온과 음이온이 이동할 수 있어 전기 전도성이 있다.
- ㉢ X는 이온 결합 물질이므로 이온 사이의 결합에 전자가 관여하고 있어 전기 분해하면 성분 원소인 Cu와  $\text{O}_2$ 를 얻을 수 있다.

### 05 이온 결합의 화학 결합 모형

- 화학 결합 모형으로부터 A~D는 각각 Li, F, Mg, S임을 알 수 있다.
- ✖ B는 2주기, C는 3주기 원소이다.
- ㉡ A와 D는 각각 금속, 비금속 원소이므로 이온 결합을 형성하는데, 결합 비율은  $\text{A}^+ : \text{D}^{2-} = 2 : 1$ 이어야 하므로 안정한 화합물의 화학식은  $\text{A}_2\text{D}$ 이다.
- ㉢ C는 금속이고,  $\text{D}_2\text{B}_2$ 는 비금속 원소 간에 결합한 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서의 전기 전도성은 C가  $\text{D}_2\text{B}_2$ 보다 크다.

### 06 이온 결합

- ✖ AB와  $\text{A}_2\text{D}$ 는 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질임을 알 수 있다. 따라서 A는 Na, B는 Cl, C는 Mg, D는 O이므로 CD는  $\text{MgO}$ ,  $\text{CB}_2$ 는  $\text{MgCl}_2$ 이다.
- ㉡ CD와  $\text{CB}_2$ 는 모두 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 ‘있음’이다.
- ㉡ AB는  $\text{NaCl}$ 이고, CD는  $\text{MgO}$ 이다. CD는 AB보다 이온 사이의 거리가 가깝고, 전하량도 크므로 이온 사이의 결합력이 크다. 따라서 1 atm에서 녹는점은  $\text{CD} > \text{AB}$ 이다.

### 07 이온 결합

- A는 3주기 2족 원소인 Mg이고, B는 3주기 17족 원소인 Cl이며, C는 4주기 1족 원소인 K이다.
- ㉡ A와 B는 모두 3주기 원소이다.
- ✖  $\text{AB}_2$ 는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.
- ㉡  $\text{B}^-$ 과  $\text{C}^+$ 은  $1 : 1$ 로 결합하여 안정한 화합물 CB를 만든다.

### 08 이온 결합 물질의 성질

- 안정한 이온의 전자 배치는  $\text{Ne}$ 이고, (가)와 (나)의 화학식은 각각  $\text{XZ}$ ,  $\text{Y}_2\text{Z}_3$ 이므로 X의 이온은  $\text{X}^{2+}$ 이고, Y의 이온은  $\text{Y}^{3+}$ 이며, Z의 이온은  $\text{Z}^{2-}$ 이다.
- ㉡ (가)와 (나)는 모두 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없다.
- ✖  $a=2$ ,  $b=3$ ,  $c=2$ 이므로  $a+b+c=7$ 이다.
- ✖ X는 3주기 2족, Y는 3주기 13족, Z는 2주기 16족 원소이므로 원자가 전자 수 합은  $2+3+6=11$ 이다.

**수능 3점 테스트**

본문 103~106쪽

- 01 ③    02 ⑤    03 ①    04 ⑤    05 ⑤    06 ③  
07 ⑤    08 ④

**01 물의 전기 분해**

전극 A에서  $t_1$  일 때 생성된 기체의 질량이 전극 B에서  $t_2$ 에서 생성된 질량보다 크므로 전극 A에서는  $O_2$ 가, 전극 B에서는  $H_2$ 가 생성되었음을 알 수 있다.

Ⓐ 전극 A에서는  $O_2$ 가 발생하므로 전원 장치의 (+)극에 연결되어 있어야 한다.

✗ 황산 나트륨을 물에 넣어 주면 전류가 흐르게 되므로 전기 전도성은 황산 나트륨 수용액이 물보다 크다.

Ⓒ 생성된 기체의 몰비는 전극 A : 전극 B = 1 : 2이고, 분자량 비는  $O_2 : H_2 = 16 : 1$ 이므로 같은 시간 동안 생성된 기체의 질량 비는 전극 A : 전극 B = 8 : 1이다. 따라서  $x = 16w$ ,  $y = w$ 이므로  $\frac{x}{y} = 16$ 이다.

**02 이온 결합 물질의 성질**

Ⓐ Ⓛ과 Ⓜ은 (-)전하를 띠고 있는 염화 이온( $Cl^-$ )이다.

Ⓑ Ⓜ은 (-)전하를 띠므로 Ⓝ에서 전류를 흘려주면 (+)극 쪽으로 이동한다.

Ⓒ  $NaCl$ 은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 수용액 상태에서는 전기 전도성이 있다.

**03 이온 결합 모형**

Ⓐ  $AB^-$  2개와  $C^{x+}$  1개가 결합하여  $C(AB)_2$ 를 형성한 것이므로  $x = 2$ 이다.

✗ A와 C는 각각 O, Ca이므로 원자가 전자 수는 A가 C의 3배이다.

✗ C는 4주기 2족 원소이므로 원자 번호가 20이다. 따라서 C 1 mol의 전자 수는 20 mol이고,  $AB^-$  1 mol의 전자 수는 10 mol이다. 따라서  $\frac{C \text{ 1 mol의 전자 수}}{AB^- \text{ 1 mol의 전자 수}} = 2$ 이다.

**04 이온 결합의 화학 결합 모형**

C와 D는 각각 +1, -1의 전하량을 갖는 이온이므로 각각 Na, F이고, A는 Mg이며, B는 O이다.

Ⓐ  $A^{2+}$ 은  $Mg^{2+}$ 이고,  $B^{2-}$ 은  $O^{2-}$ 이므로  $n = 2$ 이다.

Ⓒ C는 3주기 1족, A는 3주기 2족 원소이므로 원자 반지름은 C > A이다.

Ⓓ A는 금속, D는 비금속 원소이므로  $A^{2+}$ 과  $D^-$ 은 1 : 2로 결합하여 안정한 화합물  $AD_2$ 를 형성한다.

**05 이온 결합 물질**

전자 배치 모형으로부터 X ~ Z는 각각 Li, O, Cl이다. (ⓐ)는 X와 Y가 2 : 1로 이온 결합한  $X_2Y(Li_2O)$ 이고, (ⓑ)는 X와 Z가 1 : 1로 이온 결합한  $XZ(LiCl)$ 이며, (ⓓ)는 Y와 Z가 1 : 2로 공유 결합한  $Z_2Y(Cl_2O)$ 이다.

✗ (ⓐ)~(ⓓ)의 화학식은 각각  $X_2Y$ ,  $XZ$ ,  $Z_2Y$ 이므로  $\frac{c}{a+b} = \frac{2}{3}$ 이다.

Ⓓ (ⓐ)와 (ⓑ)는 이온 결합 물질이고, (ⓓ)는 공유 결합 물질이다.

Ⓔ XYZ는  $LiOCl$ 이므로  $X^+(Li^+)$ 과  $YZ^-(OCl^-)$ 이 결합한 이온 결합 물질이다. 따라서 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

**06 이온 결합 물질과 이온 사이의 거리**

이온 사이의 거리는  $b > a$ 이므로 Ⓛ은  $NaX$ 이고, Ⓜ은  $NaY$ 이다.

Ⓐ 이온 사이의 거리는  $b > a$ 이므로 이온 반지름은  $Y^- > X^-$ 이다.

Ⓛ  $NaX$ 는  $NaY$ 보다 이온 사이의 거리가 가까우므로 녹는점은  $NaX(ⓐ)$ 가  $NaY(ⓑ)$ 보다 높다.

✗ Ⓜ은  $NaY$ 이므로  $Na^+$ 과  $Y^-$  사이의 거리가  $x$  pm보다 클 때 이온 결합을 형성한다.

**07 화학 결합 모형과 이온 결합**

AB에서 A와 B는 각각 Na, Cl임을 알 수 있고, ACB에서 C는 O임을 알 수 있다.

Ⓐ 원자가 전자 수는 B와 C가 각각 7, 6이므로  $B > C$ 이다.

Ⓛ AB와 ACB는 모두 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

Ⓜ  $A^+$ 과  $C^{2-}$ 의 전자 배치는 모두  $Ne$ 과 같다.

**08 화학 결합 모형**

$A_2B_2$ 는 공유 결합 물질, CB는 이온 결합 물질이고, A ~ C는 각각 F, O, Mg이다.

✗ B는 원자가 전자 수가 6인 O이므로 전자 2개를 얻으면  $Ne$ 과 같은 전자 배치를 갖는다. 따라서  $n = 2$ 이다.

Ⓛ CB는 이온 결합 물질이고,  $A_2B_2$ 는 공유 결합 물질이다. 따라서 전기 전도성은  $CB(l) > A_2B_2(l)$ 이다.

Ⓐ A는 F이므로 원자가 전자 수가 7이고, C는 Mg이므로 원자가 전자 수가 2이다. 따라서 A와 C는 2:1로 결합하여 안정한 화합물을 만든다.

## 08

# 공유 결합과 결합의 극성

## 수능 2점 테스트

본문 116~118쪽

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

## 01 공유 결합과 금속 결합

☒ (가)는 공유 결합 물질이고, (나)는 금속 결합 물질이므로 (가)와 (나)는 화학 결합의 종류가 다르다.

- Ⓐ ⑦은 금속 양이온과 금속 결합을 하는 자유 전자이다.  
Ⓒ (나)는 금속 결합 물질이므로 연성(蹂撫性)이 있다.

## 02 공유 결합과 루이스 전자점식

W~Z는 각각 Li, C, O, F이다.

- Ⓐ W(Li)는 금속이므로 W(s)는 전성(페침성)이 있다.

☒ YZ<sub>2</sub>(OF<sub>2</sub>)의 구조식은 F—O—F이므로 OF<sub>2</sub>에는 다중 결합이 없다.

- Ⓒ XYZ<sub>2</sub>(COF<sub>2</sub>)의 구조식은  $\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{---C---}\ddot{\text{F}}:\text{o} \end{array}$ 이고,  
 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다.

## 03 화학 결합 모형과 공유 결합

XYZ는 HCN이고, ZX<sub>3</sub>은 NH<sub>3</sub>이므로 X~Z는 각각 H, C, N이다.

- ☒ 비공유 전자쌍 수는 XYZ와 ZX<sub>3</sub>이 각각 1로 같다.  
Ⓐ 전기 음성도는 N > C이므로 XYZ(HCN)에서 Z(N)는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띈다.

- Ⓒ Y<sub>2</sub>X<sub>4</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)의 구조식은 H—C=C—H<sup>o</sup>이고, Z<sub>2</sub>X<sub>4</sub>(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)의 구조식은 H—N—N—H이므로 공유 전자쌍 수는 Y<sub>2</sub>X<sub>4</sub>가 6, Z<sub>2</sub>X<sub>4</sub>가 5이다.

## 04 구조식과 결합의 극성

(가)는 COF<sub>2</sub>이고, (나)는 FNO<sub>3</sub>이며, W~Z는 각각 F, C, O, N이다.

- Ⓐ (가)의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이고, (나)의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$

$$=\frac{6}{3}=2\text{이다.}$$

☒.  $Z_2W_2(N_2F_2)$ 의 구조식은  $F-N=N-F$ 이므로  $Z_2W_2$ 에는 3중 결합이 없다.

◎. 전기 음성도는  $F>O>N$ 이므로  $YW_2(OF_2)$ 에서 W는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고,  $ZW_3(NF_3)$ 에서 W는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

## 05 분자식과 결합의 극성

$XY_4$ 에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하므로  $XY_4$ 는  $CF_4$ 이다. X는 C이고, Y는 F이므로  $XO_2$ 는  $CO_2$ ,  $OY_2$ 는  $OF_2$ 이다.

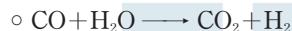
◎. 원자가 전자 수는  $Y(7)>X(4)$ 이다.

☒.  $XY_4(CF_4)$ 에는 무극성 공유 결합이 없다.

☒. 전기 음성도는  $F>O>C$ 이므로  $XO_2(CO_2)$ 에서 O는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고,  $OY_2(OF_2)$ 에서 O는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

## 06 화학 반응식과 공유 결합

2가지 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



◎은  $CH_4$ 이고, ○은  $H_2O$ 이다.

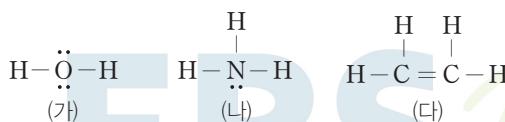
◎. 분자당 H 원자 수는 ○( $CH_4$ )이 4이고, ◎( $H_2O$ )이 2이다.

◎. ○( $H_2O$ )은 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 2로 같다.

◎. 전기 음성도는  $O>C>H$ 이므로 ○( $CH_4$ )에서 중심 원자 C는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, ○( $H_2O$ )에서 중심 원자 O는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

## 07 공유 결합 물질의 구조식

분자에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



X~Z는 각각 O, N, C이다.

◎. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 2, (나)가 1이다.

◎.  $HYZ(HCN)$ 은 구조식이  $H-C\equiv N$ 이므로 다중 결합인 3중 결합이 있다.

☒.  $ZX_2(CO_2)$ 는 구조식이  $O=C=O$ 이므로  $CO_2$ 에는 무극성 공유 결합이 없다.

## 08 전기 음성도와 결합의 극성

2주기 원소 중 전기 음성도가 C보다 크고 F보다 작은 것은 N, O

이고, 전기 음성도는  $O>N$ 이므로 X는 N, Y는 O이다.

☒. 원자 번호는 X(N)가 7, Y(O)가 8이다.

◎.  $X_2F_4(N_2F_4)$ 에는 X(N)와 X 사이에 무극성 공유 결합이 있다.

☒.  $FXY(FNO)$ 에서 X(N)는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

## 09 주기율표와 공유 결합

W~Z는 각각 H, C, N, O이다.

☒.  $WXY(HCN)$ 의 중심 원자(C)에는 비공유 전자쌍이 없다.

◎.  $WYZ(HNO)$ 의 구조식은  $H-N=O$ 이므로  $WYZ$ 에는 다중 결합인 2중 결합이 있다.



$$\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = \frac{5}{2} < 3 \text{이다.}$$

## 10 구조식과 결합의 극성

(가)와 (나)는 각각  $CO_2$ 와  $OF_2$  중 하나이다. (가)가  $OF_2$ 일 경우 W가 F인데, (나)에서 F이 중심 원자가 될 수 없다. 따라서 (가)는  $CO_2$ 이고, (나)는  $OF_2$ 이며, W는 O이고, X는 C, Y는 F이다. (다)는  $FNO$ 이고, Z는 N이다.

☒. (가)의 구조식은  $O=C=O$ 이므로 W(O)와 X(C)의 결합은 2중 결합이다.

◎. 전기 음성도는  $F>O>N$ 이므로 (나)와 (다) 모두 중심 원자가 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

☒.  $YXZ(F-C\equiv N)$ 의 중심 원자(C)에는 비공유 전자쌍이 없다.

## 11 전기 음성도와 결합의 극성

산소(O)는 O보다 전기 음성도가 큰 F과 결합할 때 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.  $H_2O_2$ ,  $HCHO$ ,  $C_2H_5OH$ 에서 O는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고,  $OF_2$ ,  $O_2F_2$ 에서 O는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

## 12 구조식과 다중 결합

(나)에서 C와 X가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)는

$F-C=\dot{C}-F$ 이고, X는 F이다. (가)는 C와 X(F) 사이에 단일 결합이 있으므로 C가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 C와 Y 사이에 3중 결합이 있어야 한다. 따라서 (가)는  $F-C\equiv N$ 이고, Y는 N이다. (다)에서 C와 Z가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 (다)는  $O=C=O$ 이고, Z는 O이다.

☒. 원자가 전자 수는 Z(O)>Y(N)이다.

◎. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (다)가 모두 4로 같다.

Ⓐ. (나)에는 C와 C 사이에 2중 결합이 있고, (다)에는 C와 Z(O) 사이에 2중 결합이 있다.

는 다중 결합인 2중 결합이 있다.

☒.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$  는  $ZY_3(NCl_3)$ 이  $\frac{10}{3}$ ,  $Y_2X(Cl_2O)$ 가  $\frac{8}{2}=4$ 이다.

### 수능 3점 테스트

본문 119~124쪽

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

## 01 루이스 전자점식

$WXY$ 는  $F-N=O$ 이고,  $XZ_4YZ$ 는  $NH_4OH$ 이다.  $W \sim Z$ 는 각각 F, N, O, H이다.

Ⓐ.  $X_2(N_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 3,  $Y_2(O_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 2이다.

☒.  $ZYW(HOF)$ 의 비공유 전자쌍 수는 5이다.

☒.  $X_2W_4(N_2F_4)$ 의 구조식은  $F-N-N-F$ 이므로  $N_2F_4$ 에는 2중 결합이 없다.

## 02 공유 결합

(가)  $H_2O_x$ 는 공유 전자쌍 수—비공유 전자쌍 수 = -1이므로  $H-\ddot{O}-\ddot{O}-H$ 이고,  $x=2$ 이다. N가 옥텟 규칙을 만족하고 분자식이  $N_2H_y$ 와  $N_2H_z$ 인 분자는  $N_2H_2$  또는  $N_2H_4$ 이다. (나)  $N_2H_y$ 는 공유 전자쌍 수—비공유 전자쌍 수 = 2이므로  $H-\ddot{N}=\ddot{N}-H$ 이고,  $y=2$ 이다. (다)  $N_2H_z$ 는 공유 전자쌍 수—비공유 전자쌍 수 = 3이므로  $H-\underset{\cdot}{N}-\underset{\cdot}{N}-H$ 이고,  $z=4$ 이다.

Ⓐ.  $x+y=2+2=4=z$ 이다.

Ⓒ. (나)에서 N와 N 사이에 2중 결합이 있다.

☒. (가)~(다)는 모두 무극성 공유 결합이 있다.

## 03 공유 결합

$Y_2X$ 에서 중심 원자가 X이고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2이므로  $Y_2X$ 는  $Cl_2O$ 이고, X는 O, Y는 Cl이다.  $ZY_3$ 에서 중심 원자가 Z이고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1이므로  $ZY_3$ 은  $NCl_3$ 이고, Z는 N, W는 C이다.  $WXY_2$ 는  $COCl_2$ 이다.

☒.  $COCl_2$ 의 중심 원자 C의 비공유 전자쌍 수  $x=0$ 이다.

Ⓒ.  $WXY_2(COCl_2)$ 의 구조식은  $Cl-C=Cl$ 이므로  $WXY_2$ 에

## 04 공유 결합

$CH_2O$ 는 단일 결합의 수가 2, 2중 결합의 수가 1이므로  $CH_2O$ 의 접수  $a=12$ 이고,  $NF_3$ 는 단일 결합의 수가 3이므로  $NF_3$ 의 접수  $b=3$ 이다. 따라서  $\frac{a}{b}=\frac{12}{3}=4$ 이다.

## 05 결합의 극성과 부분적인 전하

(나)에서  $X \sim Z$ 가 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)의 구조식은  $\begin{array}{c} :Y: \\ || \\ :X-Z-X:O \end{array}$ 이고, X~Z는 각각 F, O, C이다.

Ⓐ. (나)에서 결합 X-Z에서 X가 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고 있으므로 전기 음성도는  $X > Z$ 이다.

☒. (가)  $YX_2$ 는  $OF_2$ 이다.

Ⓒ. (나)의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{4}>1$ 이다.

## 06 2주기 원소의 전기 음성도

2주기 원소에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 증가한다.

Ⓐ. 전기 음성도는  $X > Y$ 이므로 원자 번호는  $X > Y$ 이다. 따라서  $a > b$ 이다.

Ⓒ. Z는 C보다 원자 번호가 크므로 Z의 전기 음성도  $x$ 는 C의 전기 음성도인 2.5보다 크다.

☒. 전기 음성도는  $C > X > Y > Li$ 이므로 원자 번호는  $6 > a > b > 3$ 이다. 원자 번호는 정수이므로  $a=5$ ,  $b=4$ 이다. 따라서 원자 번호가 4인 Y는 베릴륨(Be)이다.

## 07 전기 음성도와 결합의 극성

원자 간 전기 음성도 차가 가장 큰  $YX$ 는  $HF$ 이다.  $X_2$ 는 비공유 전자쌍이 있으므로  $F_2$ 이고, Y는 H이며, Z는 Cl이다.

☒. X는 F이다.

Ⓐ.  $YX(HF)$ 에서 Y(H)는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

Ⓒ. 비공유 전자쌍 수는  $ZX(ClF)$ 가 6,  $YZ(HCl)$ 가 3이다.

## 08 공유 결합

(가)  $XY_2$ 는 극성 공유 결합인 단일 결합의 수가 2이므로 구조식은  $Y-X-Y$ 이고, X와 Y가 옥텟 규칙을 만족하므로  $OF_2$ 이다.

(나)  $ZX_2$ 는 극성 공유 결합인 2중 결합의 수가 2이므로 구조식은  $X=Z=X$ 이고, X와 Z가 옥텟 규칙을 만족하므로  $CO_2$ 이다. X~Z가 각각 O, F, C이므로 (다)  $Z_2Y_2$ 는  $C_2F_2$ 이다.

㉡  $C_2F_2$ 의 구조식은  $F-C\equiv C-F$ 이므로 극성 공유 결합인 단일 결합의 수  $a=2$ 이고, 무극성 공유 결합인 3중 결합의 수  $b=1$ 이다. 따라서  $a-b=2-1=1$ 이다.

㉢ 전기 음성도는  $F > O$ 이므로 (가)  $XY_2(OF_2)$ 에서 X(O)는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

㉣ 비공유 전자쌍 수는 (나)  $ZX_2(CO_2)$ 가 4, (다)  $Z_2Y_2(C_2F_2)$ 가 6이므로 (다) > (나)이다.

## 09 비공유 전자쌍 수와 공유 결합

분자당 구성 원자 수가 4인 플루오린 화합물은  $C_2F_2$ ,  $NF_3$ ,  $N_2F_2$ ,  $O_2F_2$  등이 가능하다. 비공유 전자쌍 수는  $C_2F_2$ 가 6,  $NF_3$ 가 10,  $N_2F_2$ 가 8,  $O_2F_2$ 가 10이므로 (가)~(다)는 각각  $N_2F_2$ ,  $NF_3$ ,  $O_2F_2$ 이고, X는 N, Y는 O이다.

㉤ X는 질소(N)이다.

㉥  $a=8$ 이므로  $a>7$ 이다.

㉦ 공유 전자쌍 수는 (나)  $NF_3$ 와 (다)  $O_2F_2$ 가 각각 3으로 같다.

## 10 공유 결합

:O:

(가)는  $H-C=H$ 이고, 공유 전자쌍 수  $a=4$ , 비공유 전자쌍 수

$b=2$ 이다. (나)는  $H-C-\ddot{O}-H$ 이고, 공유 전자쌍 수  $x=5$ , 비

공유 전자쌍 수  $y=2$ 이다. 따라서  $\frac{a}{b} \times \frac{x}{y} = \frac{4}{2} \times \frac{5}{2} = 5$ 이다.

## 11 원자 수 비와 공유 결합

(가)는 공유 전자쌍 수가 3이고, 분자당 구성 원자 수 비가 H : X = 3 : 1이므로  $NH_3$ 이다. (다)는 공유 전자쌍 수가 5이고, 분자당 구성 원자 수 비가 H : Y = 1 : 1이므로  $C_2H_2$ 이다. X와 Y는 각각 N과 C이고, (나)는 공유 전자쌍 수가 4이고, 분자당 구성 원자 수 비가 H : X : Y = 1 : 1 : 1이므로  $HCN$ 이다.

㉡ 전기 음성도는 X(N) > Y(C)이다.

㉢ (나)에서 X, Y는 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)의 구조식은  $H-Y\equiv X$ 이다. (나)의 중심 원자는 Y(C)이다.

㉣ (가)~(다) 중 3중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.

## 12 비공유 전자쌍 수와 공유 결합

(가)  $CH_aO_b$ 는 비공유 전자쌍 수가 2이므로  $b=1$ 이고, 단일 결합

:O:

수가 2이므로  $H-C-H$ 이다. (나)  $H_mO_n$ 은 비공유 전자쌍 수가 4이므로  $n=2$ 이고, 단일 결합 수가 3이므로  $H-\ddot{O}-\ddot{O}-H$ 이다. (다)  $N_xF_y$ 는 비공유 전자쌍 수가 8이고, 단일 결합 수가 2이므로  $\ddot{F}-\ddot{N}=\ddot{N}-\ddot{F}$ 이다.

㉤  $b+n+y=1+2+2=5$ 이다.

㉥ (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 (가)와 (다) 2가지이다.

㉦ (가)~(다) 중 무극성 공유 결합이 있는 것은 (나)와 (다) 2가지이다.

# 09

## 분자의 구조와 성질

### 수능 2점 테스트

본문 133~135쪽

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

### 01 분자의 구조와 성질

HCN, CO<sub>2</sub>, FNO, BCl<sub>3</sub>, CHCl<sub>3</sub>에 대하여 구조식, 분자의 극성, 분자의 모양, 중심 원자의 비공유 전자쌍 존재 여부를 나타내면 다음과 같다.

분자	구조식	분자의 극성	분자의 모양	중심 원자의 비공유 전자쌍 존재 여부
HCN	H—C≡N:	극성 분자	직선형	존재하지 않음
CO <sub>2</sub>	:O=C=O:	무극성 분자	직선형	존재하지 않음
FNO	:F—N=O:	극성 분자	굽은 형	존재함
BCl <sub>3</sub>	:Cl: :Cl—B—Cl:	무극성 분자	평면 삼각형	존재하지 않음
CHCl <sub>3</sub>	:Cl: :Cl—C—Cl:   H	극성 분자	사면체형	존재하지 않음

극성 분자이고, 분자 모양이 직선형이 아니며, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 분자 A는 CHCl<sub>3</sub>이다.

### 02 루이스 전자점식과 분자의 구조

HCN는 중심 원자 C에 H는 단일 결합, N은 3중 결합으로 결합된 직선형 분자이다. CH<sub>3</sub>Cl은 중심 원자 C에 3개의 H와 1개의 Cl가 각각 단일 결합으로 결합된 사면체형 분자이다. CH<sub>2</sub>O는 중심 원자 C에 2개의 H는 각각 단일 결합, 1개의 O는 2중 결합으로 결합된 평면 삼각형 분자이다.

Ⓐ HCN, CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>2</sub>O는 모두 극성 분자이다.

Ⓑ HCN, CH<sub>2</sub>O에는 다중 결합이 있지만, CH<sub>3</sub>Cl은 단일 결합으로만 이루어진 분자이다.

Ⓒ HCN는 단일 결합 1개와 3중 결합 1개, CH<sub>3</sub>Cl은 단일 결합 4개, CH<sub>2</sub>O는 단일 결합 2개와 2중 결합 1개로 이루어진 분자이다. 따라서 (Ⓐ)~(Ⓒ)의 공유 전자쌍 수는 4로 같다.

### 03 분자의 구조와 결합각

(가)(NH<sub>3</sub>)는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이고, 결합각( $\alpha$ )은 107°이다. (나)(CH<sub>2</sub>O)는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다. (다)(CF<sub>4</sub>)는 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이고, 결합각( $\beta$ )은 109.5°이다.

ⓧ (가)의 분자 모양은 삼각뿔형이다.

⓪ (나)는 중심 원자 C에 O 원자 1개와 H 원자 2개가 결합된 평면 삼각형 분자로, 중심 원자에 결합된 원자들이 모두 같지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

⓫  $\alpha$ 는 107°,  $\beta$ 는 109.5°로  $\beta > \alpha$ 이다.

### 04 분자의 구조와 성질

XY<sub>2</sub>에서 중심 원자 X가 옥텟 규칙을 만족하며 X에 비공유 전자쌍이 없으므로 X의 공유 전자쌍 수는 4이다. 따라서 X와 2개의 Y 사이의 결합은 각각 2중 결합이며, (가)는 O=C=O이다.

YZ<sub>2</sub>에서 중심 원자 Y(O)가 옥텟 규칙을 만족하며 Y의 비공유 전자쌍 수가 2이므로 Y의 공유 전자쌍 수는 2이다. 따라서 Y와 2개의 Z 사이의 결합은 각각 단일 결합이며, (나)는 F—O—F이다.

X가 C, Y가 O, Z가 F이므로 (다)는 O=C—F이다.

ⓧ 극성 분자는 (나)(OF<sub>2</sub>)와 (다)(COF<sub>2</sub>) 2가지이다.

ⓩ 분자 모양이 (가)(CO<sub>2</sub>)는 직선형, (나)(OF<sub>2</sub>)는 굽은 형, (다)(COF<sub>2</sub>)는 평면 삼각형이므로 분자 모양이 직선형인 것은 (가) 1가지이다.

⓪ 공유 전자쌍 수는 (나)(OF<sub>2</sub>)가 2, (다)(COF<sub>2</sub>)가 4이므로 (다)가 (나)의 2배이다.

### 05 분자의 구조와 결합각

H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, HCN, HOCl의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각  $\frac{2}{2}=1$ ,  $\frac{4}{4}=1$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{5}{2}$ 이다.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 (라)>(다)>(가)이므로 (라)는 HOCl, (가)는 HCN이고, (다)는 H<sub>2</sub>O과 CO<sub>2</sub> 중 하나이다. (가)(HCN)와 (나)의 중심 원자가 같으므로 (나)는 CO<sub>2</sub>이고, (다)는 H<sub>2</sub>O이다.

ⓧ (다)(H<sub>2</sub>O)의 분자 모양은 굽은 형이다.

ⓩ  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)(CO<sub>2</sub>)와 (다)(H<sub>2</sub>O)가 1로 같다.

- Ⓐ 결합각은 직선형 분자인 (가)(HCN)가 굽은 형 분자인 (라)(HOC)보다 크다.

## 06 분자의 구조와 성질

$\text{CO}_2$ 는 무극성 분자이고, 3중 결합이 없으며, 분자 모양이 직선형이다.  $\text{CHCl}_3$ 은 극성 분자이고, 3중 결합이 없으며, 분자 모양이 사면체형이다.

- Ⓑ 기준 Ⓛ에 의해  $\text{CO}_2$ 는 ‘예’로,  $\text{CHCl}_3$ 은 ‘아니요’로 분류되어야 하므로 Ⓛ은 ‘분자 모양이 직선형인가?’가 적절하다. Ⓛ은 (다)이다.

✖. 기준 Ⓛ은  $\text{CHCl}_3$ 을 ‘예’로 분류하는 기준이어야 하므로 ‘극성 분자인가?’가 적절하다. Ⓛ이 (가)이므로 Ⓛ은 (나)이다.

✖. 분자 모양이 직선형이며 3중 결합이 있는 HCN가 X이고, 분자 모양이 직선형이 아니며 무극성 분자인  $\text{BCl}_3$ 가 Y이다. 결합각은 직선형인 X(HCN)가  $180^\circ$ , 평면 삼각형인 Y( $\text{BCl}_3$ )가  $120^\circ$ 이므로 X가 Y보다 크다.

## 07 분자의 구조와 결합각

중심 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로  $\text{XH}_4$ ,  $\text{YH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Z}$ 에서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 각각 0, 1, 2이다.  $\text{XH}_4$ ,  $\text{YH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Z}$ 에서  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수} + \text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 각각  $\frac{4}{4+0}=1$ ,  $\frac{3}{3+1}=\frac{3}{4}$ ,  $\frac{2}{2+2}=\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 (가)는  $\text{H}_2\text{Z}(\text{H}_2\text{O})$ , (나)는  $\text{YH}_3(\text{NH}_3)$ , (다)는  $\text{XH}_4(\text{CH}_4)$ 이다.

✖.  $a=\frac{3}{4}$ 이다.

- Ⓒ. (가)( $\text{H}_2\text{O}$ )는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

✖. 결합각은 (나)( $\text{NH}_3$ )가  $107^\circ$ , (다)( $\text{CH}_4$ )가  $109.5^\circ$ 이므로 (다)가 (나)보다 크다.

## 08 $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{CH}_4$ 의 분자 구조

$\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ 에 대하여 분자당 구성 원자 수와 전자쌍 수를 나타내면 다음과 같다.

분자	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_3$	$\text{CH}_4$
분자당 구성 원자 수	3	3	4	5
공유 전자쌍 수	4	2	3	4
비공유 전자쌍 수	4	2	1	0
공유 전자쌍 수 + 비공유 전자쌍 수	8	4	4	4

(나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 다르므로  $\text{NH}_3$ 과

$\text{CH}_4$  중 하나이다. 분자당 구성 원자 수는  $\text{CH}_4 > \text{NH}_3 > \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{O}$ 이고, (가)>(나)이므로 (가)는  $\text{CH}_4$ , (나)는  $\text{NH}_3$ 이다. (공유 전자쌍 수 + 비공유 전자쌍 수)는 (가)=(라)이므로 (라)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이고, (다)는  $\text{CO}_2$ 이다.

✖. (라)( $\text{H}_2\text{O}$ )의 분자 모양은 굽은 형이다.

- ✖. 결합각은 (가)( $\text{CH}_4$ )가  $109.5^\circ$ , (나)( $\text{NH}_3$ )가  $107^\circ$ 이므로 (가)가 (나)보다 크다.

- Ⓒ. 공유 전자쌍 수는 (다)( $\text{CO}_2$ )가 4, (라)( $\text{H}_2\text{O}$ )가 2이므로 (다)가 (라)의 2배이다.

## 09 분자의 구조

$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{FCN}$ 의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 10, 4이다. (가)~(다)에서 비공유 전자쌍 수의 상댓값이 각각 1, 2,  $m$ 이므로  $m=5$ 이고, (가)~(다)는 각각  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FCN}$ ,  $\text{NF}_3$ 이다. (가)( $\text{H}_2\text{O}$ ), (나)( $\text{FCN}$ ), (다)( $\text{NF}_3$ )에서 공유 전자쌍 수는 각각 2, 4, 3이며,  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각  $\frac{2}{2}=1$ ,  $\frac{4}{4}=1$ ,  $\frac{10}{3}=\frac{10}{3}$ 이다.

- Ⓒ. (가)( $\text{H}_2\text{O}$ ), (나)( $\text{FCN}$ ), (다)( $\text{NF}_3$ )의 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 4, 10이며, 상댓값이 각각 1, 2,  $m$ 이므로  $m=5$ 이다. (가)( $\text{H}_2\text{O}$ ), (나)( $\text{FCN}$ ), (다)( $\text{NF}_3$ )의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 각각 1, 1,  $\frac{10}{3}$ 이며, 상댓값이 각각 3,  $n$ , 10이므로  $n=3$ 이다. 따라서  $m+n=8$ 이다.

Ⓒ. (가)( $\text{H}_2\text{O}$ )의 분자 모양은 굽은 형이다.

- ✖. (가)~(다) 중 공유 전자쌍 수는 (나)( $\text{FCN}$ )가 가장 크다.

## 10 원자가 전자 수와 분자의 구조

공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각  $n$ 인 분자 (가)( $\text{H}_a\text{X}$ )에서 X가 옥텟 규칙을 만족하므로  $n+n=4$ 에서  $n=2$ 이다. (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이며, X는 산소(O)이다. X~Z의 원자가 전자 수가 각각  $m+1$ ,  $m$ ,  $m+2$ 이므로  $\text{Y} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Z}$ 일 때 원자 번호가 1씩 증가한다. X가 산소(O)이므로 Y는 질소(N), Z는 플루오린(F)이다.

- Ⓒ. Y(N)의 원자가 전자 수  $m=5$ 이다.  $m=5$ ,  $n=2$ 이므로  $\frac{m}{n}=\frac{5}{2}$ 이다.

Ⓒ. (나)( $\text{NH}_3$ )와 (다)( $\text{HF}$ )의 공유 전자쌍 수는 각각 3, 1이고, 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 3이다. 따라서 Ⓛ이 비공유 전자쌍 수, Ⓛ이 공유 전자쌍 수이다.

- Ⓒ. (나)( $\text{NH}_3$ )는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다.

## 11 분자의 구조와 결합각

$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ 에서 중심 원자에 결합한 원자 수( $m$ )는 각각 2, 3, 2, 3이고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수( $n$ )는 각각 2, 1, 0, 0이다. 따라서  $\frac{m+n}{m}$ 은  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ 에서 각각  $2, \frac{4}{3}, 1, 1$ 이다.

Ⓐ (가)에서  $\frac{m+n}{m}$ 이 가장 큰 Ⓛ은  $\text{H}_2\text{O}$ , 두 번째로 큰 Ⓜ은  $\text{NH}_3$ , 가장 작은 Ⓝ은  $\text{CO}_2$  또는  $\text{BCl}_3$ 이며, (나)에서 결합각이 Ⓟ > Ⓠ이므로 Ⓟ은  $\text{BCl}_3(120^\circ)$ , Ⓠ은  $\text{CO}_2(180^\circ)$ 이다.

Ⓒ 중심 원자에 결합한 원자 수( $m$ )는 Ⓛ( $\text{BCl}_3$ )과 Ⓜ( $\text{NH}_3$ )이 3으로 같다.

⓪ 2주기 원소의 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우, 비공유 전자쌍 수가 클수록 결합각이 작다. 결합각은 Ⓛ( $\text{H}_2\text{O}$ )이  $104.5^\circ$ , Ⓜ( $\text{NH}_3$ )이  $107^\circ$ 로 Ⓛ이 Ⓛ보다 크다.

## 12 2주기 수소 화합물의 분자 구조

(가)~(다)로 가능한 화합물은  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ 이다. (다)에서 H 원자 수가  $a+1$ 이므로  $a$ 는 3 이하이며, (나)에서 비공유 전자쌍 수가  $a-2$ 이므로  $a$ 는 2 이상이다.  $a=3$ 이라면 H 원자 수가 3인 (가)도  $\text{NH}_3$ 이고, 비공유 전자쌍 수가 1인 (나)도  $\text{NH}_3$ 이므로 가능하지 않다. 따라서  $a=2$ 이고, H 원자 수가 2인 (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ , 비공유 전자쌍 수가 0인 (나)는  $\text{CH}_4$ , H 원자 수가 3인 (다)는  $\text{NH}_3$ 이다.

⓪  $a=2$ 이다.

⓪ (가)( $\text{H}_2\text{O}$ )는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

Ⓒ (나)( $\text{CH}_4$ )는 분자 모양이 정사면체형인 무극성 분자이다.

⓪ 같은 크기의 풍선 4개가 정사면체형 모양으로 배열되므로  $n=4$ 이다.

⓫ 같은 크기의 풍선 2개가 직선형으로 배열된 모양을 통해  $\text{BeCl}_2$ 과 같이 중심 원자의 전자쌍 수가 2인 직선형 분자의 구조를 예측할 수 있다.  $\text{H}_2\text{O}$ 은 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개, 총 4개의 전자쌍이 존재하는 굽은 형 분자이다.

⓬ 풍선들이 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배열이 반발을 최소화한다. 전자쌍의 경우도 반발을 최소화하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 배열되는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다.

## 02 분자의 구조와 성질

주기율표에 표시된 원소는 수소(H), 탄소(C), 산소(O), 플루오린(F)이다. 분자에 비공유 전자쌍이 없는 (다)( $\text{YZ}_4$ )는  $\text{CH}_4$ 이므로 Y는 C, Z는 H이다. (나)( $\text{YW}_2$ )에서 2개의 W와 결합한 중심 원자 Y(C)가 옥텟 규칙을 만족하므로 Y와 W 사이의 결합은 2중 결합이며, (나)( $\text{YW}_2$ )는  $\text{CO}_2$ 이고, W는 O이다. 따라서 X는 F이고, (가)( $\text{WX}_2$ )는  $\text{OF}_2$ 이다.

⓫  $\text{OF}_2$ 에서 비공유 전자쌍은 O에 2개, 2개의 F에 각각 3개씩 있으므로 (가)의 비공유 전자쌍 수  $a=8$ 이다.  $\text{CO}_2$ 에서 비공유 전자쌍은 2개의 O에 각각 2개씩 있으므로 (나)의 비공유 전자쌍 수  $b=4$ 이다. 따라서  $a=2b$ 이다.

⓪ (나)( $\text{CO}_2$ )의 분자 모양은 직선형이다.

⓪ 전기 음성도가 X(F) > W(O) > Y(C)이므로 (가)( $\text{WX}_2(\text{OF}_2)$ )에서 W(O)는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠고, (나)( $\text{YW}_2(\text{CO}_2)$ )에서 W(O)는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

## 03 루이스 전자점식과 분자의 구조

원자가 전자 수가 6인 X는 산소(O), 5인 Y는 질소(N), 4인 Z는 탄소(C)이다. X~Z가 옥텟 규칙을 만족하는 분자  $\text{H}_m\text{X}$ ,  $\text{YH}_n$ ,  $\text{ZH}_m\text{X}$ 는 각각  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ 이며,  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는  $\text{H}_2\text{O}$ 이  $\frac{2}{2}=1$ ,  $\text{NH}_3$ 가  $\frac{1}{3}$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ 가  $\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$ 이다.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ 를 기준에 따라 분류하면 다음과 같다.

기준	예	아니요
2중 결합이 있는가?	$\text{CH}_2\text{O}$	$\text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}$
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} < 1$ 인가?	$\text{CH}_2\text{O}, \text{NH}_3$	$\text{H}_2\text{O}$

⓪은  $\text{CH}_2\text{O}$ , Ⓛ은  $\text{NH}_3$ , Ⓜ은  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.

⓪  $\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{NH}_3$ 의 결합각은 각각  $104.5^\circ$ 와  $107^\circ$ 이므로 결합각은  $\text{H}_m\text{X}(\text{H}_2\text{O})$ 가  $\text{YH}_n(\text{NH}_3)$ 보다 작다.

Ⓒ (나)( $\text{H}_2\text{O}$ )은 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

## 01 전자쌍 반발 이론과 분자의 구조

풍선의 배열 모양을 통해 중심 원자 주위의 전자쌍 배열과 분자 구조를 예측할 수 있다. 같은 크기의 풍선 4개는 정사면체형 모양으로, 3개는 평면 삼각형 모양으로, 2개는 직선형 모양으로 배열된다.

☒.  $\text{CH}_2\text{O}$ 에서 중심 원자 C의 비공유 전자쌍 수는 0이고,  $\text{NH}_3$ 에서 중심 원자 N의 비공유 전자쌍 수는 1이다. 따라서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 ⑦( $\text{CH}_2\text{O}$ )이 ⑧( $\text{NH}_3$ )보다 작다.

## 04 화학 결합 모형과 분자의 구조

(가)는  $\text{Cl}_2$ , (나)는  $\text{H}_2\text{O}$ , (다)는  $\text{HCl}$ , (라)는  $\text{HOCl}$ 이다.

☒. 무극성 공유 결합이 있는 분자는  $\text{Cl}_2$  1가지이다.

⑨.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HOCl}$ 은 극성 분자이고,  $\text{Cl}_2$ 는 무극성 분자이므로 극성 분자는 3가지이다.

☒. (라)( $\text{HOCl}$ )는 중심 원자 O에 H와 Cl가 각각 1개씩 결합된 분자로, 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

## 05 루이스 전자점식과 분자의 구조

두 원자 사이에 전자쌍 1개를 공유하면 전자 2개가 증가하는 것과 같은 효과를 가지므로,  $x$ 개의 H와  $y$ 개의 2주기 원자가 18족 원소의 전자 배치를 갖는 데 필요한 전자 수와 가지고 있는 전자 수의 차이인  $(2x+8y-z)$ 를 2로 나눈 값이 공유 전자쌍 수가 된다. 따라서 공유 전자쌍 수는  $\frac{2x+8y-z}{2} = x + 4y - \frac{z}{2}$ 이다.

⑩. H, C, N의 원자가 전자 수가 각각 1, 4, 5이므로  $\text{HCN}$  분자를 구성하는 모든 원자들의 원자가 전자 수의 합은 10이다. 따라서 ⑪은 10이다.

☒.  $\text{HCN}$ 에서 C와 N 사이의 결합은 3중 결합이므로 ⑫은 3중 결합이다.

☒.  $\text{HCN}$ 는 중심 원자 C에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이다. 따라서 ⑬은 직선형이다.

## 06 결합각과 분자의 극성

벗금 친 부분은 (가)~(다)에 공통으로 포함된 Y를 나타내므로 (나)는 Z 1개와 Y 4개로 이루어진 분자로  $\text{CF}_4$ 이다. 따라서 Z는 C, Y는 F이고, X는 N이다. (가)는 X(N) 1개와 Y(F) 3개로 이루어진 분자로  $\text{NF}_3$ 이다. 구성 원자 수 비가 1 : 1 : 1인 (다)는 C, N, F 각 1개씩으로 구성된 삼원자 분자로  $\text{FCN}$ 이다.

☒. (가)( $\text{NF}_3$ )와 (다)( $\text{FCN}$ )는 극성 분자이고, (나)( $\text{CF}_4$ )는 무극성 분자이다.

☒. (가)( $\text{NF}_3$ )의 중심 원자는 N이고, (다)( $\text{FCN}$ )의 중심 원자는 C이므로 (가)와 (다)는 중심 원자가 같지 않다.

⑭. 결합각은 정사면체형인 (나)( $\text{CF}_4$ )가  $109.5^\circ$ , 직선형인 (다)( $\text{FCN}$ )가  $180^\circ$ 이므로 (다)가 (나)보다 크다.

## 07 분자의 극성

$\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CCl}_4$ 에 대하여 중심 원자의 비공유 전자쌍 유무와 분자의 극성을 나타내면 다음과 같다.

분자	중심 원자의 비공유 전자쌍 유무	분자의 극성
$\text{CH}_2\text{O}$	없음	극성 분자
$\text{H}_2\text{O}$	있음	극성 분자
$\text{HCN}$	없음	극성 분자
$\text{CO}_2$	없음	무극성 분자
$\text{CH}_3\text{Cl}$	없음	극성 분자
$\text{CCl}_4$	없음	무극성 분자

⑮은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 무극성 분자이어야 하므로 가능한 것은  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ 이고, ⑯은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 극성 분자이어야 하므로 가능한 것은  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ 이다. ⑰과 ⑱이 모두 적절하게 짝 지어진 것은 ⑮에  $\text{CO}_2$ , ⑯에  $\text{HCN}$ 인 ⑲이다.

## 08 분자의 구조와 성질

(가)는 중심 원자 X에 2개의 W가 결합하여 이루어진 결합각  $180^\circ$ 의 직선형 분자로, 중심 원자에 비공유 전자쌍은 없고 2개의 동일한 원자가 각각 2중 결합하여 형성된 분자  $\text{CO}_2$ 이며, X는 C, W는 O이다. (나)는 X, Y, Z 1개씩으로 이루어진 결합각  $180^\circ$ 의 직선형 분자로, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으며 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 공유 전자쌍 수는 4이고  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = 4$ 에서 분자 내 비공유 전자쌍 수는 1이다.

따라서 (다)는 중심 원자 C에 H가 단일 결합, N가 3중 결합을 이루고 있으며, N에 비공유 전자쌍이 1개 있는  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$ 이다. Y와 Z는 각각 H와 N 중 하나이므로 중심 원자 Z에 Y가 결합하여 이루어진 분자 (라)는  $\text{NH}_3$ 이며, Z는 N, Y는 H이다. 구성 원소가 W(O)와 Y(H)인 분자 (나)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.

☒. (나)( $\text{H}_2\text{O}$ )의 구성 원자 수  $m=3$ 이고, (라)( $\text{NH}_3$ )의 구성 원자 수  $n=4$ 이므로  $n > m$ 이다.

⑩. (가)~(라) 중 극성 분자는 (나)( $\text{H}_2\text{O}$ ), (다)( $\text{HCN}$ ), (라)( $\text{NH}_3$ ) 3가지이다.

☒. X(C), Y(H), Z(N)로 이루어진 분자 (다)( $\text{HCN}$ )에서 중심 원자는 X(C)이다.

## 09 전자쌍 수와 분자의 구조

$\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ 은 공유 전자쌍 수가 각각 3, 4, 4이고, 비공유 전자쌍 수가 각각 1, 1, 6이므로  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 각각

3, 4,  $\frac{4}{6} \left( = \frac{2}{3} \right)$ 이고, |공유 전자쌍 수 – 비공유 전자쌍 수|는 각각 2, 3, 2이다. 따라서 ①은  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ , ②은 |공유 전자쌍 수 – 비공유 전자쌍 수|이고, (가)는  $\text{NH}_3$ , (나)는  $\text{CH}_2\text{F}_2$ , (다)는  $\text{HCN}$ 이다.

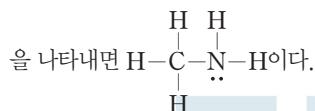
①. ①은  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 이다.

②. (가)( $\text{NH}_3$ )와 (나)( $\text{CH}_2\text{F}_2$ )는 |공유 전자쌍 수 – 비공유 전자쌍 수|가 2로 같다. 따라서  $a=2$ 이다.

③. (다)( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ )는 중심 원자 C에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이다.

## 10 분자의 구조와 성질

(나)에서 4개의 원자가 결합되어 있는 X는 탄소(C)이고, 3개의 원자가 결합되어 있는 Z는 수소(H)일 수 없으므로 질소(N)이며, Y는 수소(H)이다. 비공유 전자쌍을 표시하여 (나)의 구조식



①. (가)는 중심 원자 X(C)에 Y(H) 1개와 Z(N) 1개가 결합되어 있는 분자로, X(C)와 Y(H) 사이의 결합은 단일 결합이고, X(C)와 Z(N) 사이의 결합은 3중 결합이다. 비공유 전자쌍을 표시하여 (가)의 구조식을 나타내면  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:\text{H}$ 이며, (가)에는 다중 결합이 있다.

ⓧ. 무극성 공유 결합은 같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이다. (나)에는 무극성 공유 결합이 없다.

②. (가)는 중심 원자 X에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이다. 결합각( $\angle \text{YXZ}$ )은 직선형의 (가)에서는  $180^\circ$ 이고, X에 3개의 Y와 1개의 Z가 사면체형으로 배치된 (나)에서는 약  $109.5^\circ$ 이므로  $\alpha > \beta$ 이다.

## 11 분자의 구조와 성질

(가)는 중심 원자 X에 2개의 H 원자가 단일 결합되어 있는 분자이므로 X가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 X의 비공유 전자쌍 수  $m=2$ 이다. (나)에서 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가  $(n-4)$ 이므로  $n$ 은 4 이상의 자연수인데,  $\text{YCl}_n$ 에서 Y가 옥텟 규칙을 만족하므로  $n=4$ 이다. 따라서 (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이고, (나)는  $\text{CCl}_4$ 이다.

①.  $m=2$ ,  $n=4$ 이므로  $n=2m$ 이다.

ⓧ.  $\text{H}_2\text{X}(\text{H}_2\text{O})$ 는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 (가)의 분자 모

양은 굽은 형이다.

ⓧ.  $\text{YCl}_n(\text{CCl}_4)$ 은 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양이 정사면체형이다. 따라서 (나)는 무극성 분자이다.

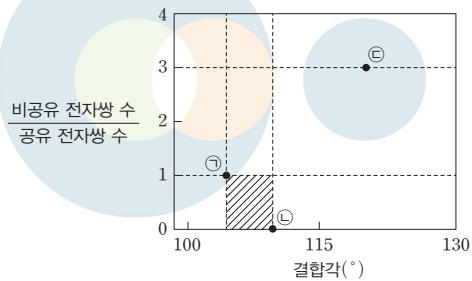
## 12 루이스 전자점식과 분자의 구조

$\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BCl}_3$ 의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각  $\frac{0}{4}=0$ ,  $\frac{2}{2}=1$ ,  $\frac{9}{3}=3$ 이므로 ①은  $\text{H}_2\text{O}$ , ②은  $\text{CH}_4$ , ③은  $\text{BCl}_3$ 이다.

ⓧ. ①( $\text{H}_2\text{O}$ )은 극성 분자이고 ②( $\text{CH}_4$ )은 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 ①과 ②가 같지 않다.

③. ③( $\text{BCl}_3$ )은 평면 삼각형 분자로, 분자를 구성하는 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.

ⓧ.  $\text{NH}_3$ 의 결합각  $107^\circ$ 은 ①( $\text{H}_2\text{O}$ )의 결합각  $104.5^\circ$ 보다는 크고, ②( $\text{CH}_4$ )의 결합각  $109.5^\circ$ 보다는 작다.  $\text{NH}_3$ 는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는  $\frac{1}{3}$ 이다.  $\text{NH}_3$ 의 결합각과  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 를 (나)에 나타내면 아래 그림의 벚금 친 영역에 포함된다.



# 10 동적 평형

## 수능 2점 테스트

본문 150~152쪽

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

### 01 가역 반응

가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로, 화학 반응식에서  $\rightleftharpoons$ 로 나타낸다.

Ⓐ (가)와 (나)는 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

✗ (가)는 이산화 탄소의 상변화이다. 정반응은 고체에서 기체로의 승화이고, 역반응은 기체에서 고체로의 승화이다.

Ⓑ 석회암의 주성분인 탄산 칼슘이 지하수, 이산화 탄소와 함께 반응하여 물에 잘 녹는 탄산수소 칼슘이 생성되면서 석회 동굴이 만들어진다. 따라서 석회 동굴의 생성 반응은 (나)에서의 정반응으로 나타낼 수 있다.

### 02 용해 평형

용해 평형은 용질이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아서 겉보기에 용해나 석출이 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

✗ 동적 평형 상태에 도달한 이후에 겉으로 보기에는 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 용해와 석출이 같은 속도로 일어나고 있다. 따라서  $t_2$ 일 때 설탕의 용해 속도는 0이 아니다.

Ⓒ 용해 평형 상태에서는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

따라서  $t_2$ 와  $t_3$ 일 때  $\frac{\text{설탕의 용해 속도}}{\text{설탕의 석출 속도}} = a = 1$ 이다.

Ⓓ 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량은 용해 평형 상태에 도달할 때까지는 감소하며, 용해 평형 상태에서는 일정하게 유지된다. 따라서 용해 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때가 용해 평형 상태인  $t_2$ 일 때보다 고체 설탕의 질량(상댓값)이 크므로  $b > c$ 이다.

### 03 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 동적 평형

$t$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이고,  $2t$ 일 때와  $3t$ 일 때는 동적 평형 상태이다.

✗ 동적 평형 상태에 도달한  $2t$ 일 때가 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t$ 일 때보다 Ⓛ의 양(mol)이 많으므로 Ⓛ은  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.

✗  $t$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도  $a$ 보다

작고,  $2t$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도  $a$ 와 같다. 따라서  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는  $2t$ 일 때가  $t$ 일 때보다 크다. Ⓛ.  $3t$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형 상태이므로  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 같다.

### 04 아이오딘( $\text{I}_2$ )의 상평형

밀폐된 진공 용기에  $\text{I}_2(s)$ 을 넣은 경우 동적 평형 상태에 도달하기 전에는  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도가  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도보다 크고, 동적 평형 상태에서는  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도와  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도가 같다.

Ⓐ 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때가 동적 평형 상태에 도달한  $t_2$ 일 때보다 Ⓛ이 크므로 Ⓛ은  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도이고, Ⓛ은  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도이다.

Ⓑ 동적 평형 상태에서는  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도와  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도가 같으므로  $a=1$ 이다.

✗  $0 < t_1$ 이므로  $t_1$ 일 때  $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol)은 0보다 크다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 반응은 일어난다.

### 05 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 상평형

$t_1$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이고,  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때는 동적 평형 상태이다.

Ⓐ 밀폐된 진공 용기에  $\text{CO}_2(s)$ 를 넣은 경우  $\text{CO}_2(s)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태에서가 동적 평형 상태에 도달하기 전보다 적고,  $\text{CO}_2(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태에서가 동적 평형 상태에 도달하기 전보다 많다. 따라서  $\frac{\text{CO}_2(s)\text{의 양(mol)}}{\text{CO}_2(g)\text{의 양(mol)}}$ 는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크므로  $a > b$ 이다.

Ⓑ 동적 평형 상태에 도달하기 전에는  $\text{CO}_2(g)$ 가  $\text{CO}_2(s)$ 로 승화되는 속도가  $\text{CO}_2(s)$ 가  $\text{CO}_2(g)$ 로 승화되는 속도보다 작다.

따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{CO}_2(g)\text{가 CO}_2(s)\text{로 승화되는 속도}}{\text{CO}_2(s)\text{가 CO}_2(g)\text{로 승화되는 속도}} < 1$ 이다.

Ⓒ 동적 평형 상태에 도달하면 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나서  $\text{CO}_2(s)$ 의 양(mol)과  $\text{CO}_2(g)$ 의 양(mol)이 각각 변하지 않고 일정하게 유지된다. 따라서 용기 내  $\text{CO}_2(g)$ 의 양(mol)은  $t_3$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같다.

### 06 물( $\text{H}_2\text{O}$ )의 상평형

밀폐 진공 용기에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 경우 동적 평형 상태에 도달하기 전에는  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도보다 작고, 동적 평형 상태에서는  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 같다.

Ⓓ 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때는  $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}}$

가 1보다 크고, 동적 평형 상태인  $t_2$ 일 때는  $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}}$  가 1이다. 따라서  $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}}$ 는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

☒. 동적 평형 상태에서 겉으로 보기엔 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다. 동적 평형 상태인  $t_3$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 로 되는 반응과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 로 되는 반응은 같은 속도로 모두 일어나고 있다.

☒.  $t_2$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양을  $k \text{ mol}$ 이라고 하면  $k+x=a$ 이고,  $k < b$ 이다. 따라서  $a < b+x$ 이다.

## 07 0.1 M NaOH(*aq*)의 pH

0.1 M NaOH(*aq*)에서  $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이다.

Ⓐ.  $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이고, 용액의 부피가 0.1 L이므로  $\text{OH}^-$ 의 양은  $0.1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다.

Ⓑ. 25°C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.1 = 1 \times 10^{-14}$ 이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다.

$[\text{Na}^+] = 0.1 \text{ M}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이므로  $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^{12}$ 이다.

Ⓒ.  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-13}) = 13.0$ 이다.

## 08 pH와 pOH

$\text{H}_2\text{O}(l)$ 은  $\text{pH}=\text{pOH}=7$ 이고,  $a \text{ M HCl}(aq)$ 은  $0 < \text{pH} < \text{pOH}$ 이고,  $b \text{ M NaOH}(aq)$ 은  $0 < \text{pOH} < \text{pH}$ 이다.

Ⓐ. 산성 수용액이나 염기성 수용액은 pH와 pOH가 같지 않으므로  $|\text{pH}-\text{pOH}|$ 가 0보다 크고,  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 pH와 pOH가 같으므로  $|\text{pH}-\text{pOH}|$ 가 0이다. 따라서  $|\text{pH}-\text{pOH}|$ 는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 가장 작다.

Ⓑ.  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 가  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 1이고,  $a \text{ M HCl}(aq)$ 은 1보다 크고,  $b \text{ M NaOH}(aq)$ 은 1보다 작다. 따라서  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는  $a \text{ M HCl}(aq)$ 이 가장 크다.

☒.  $a \text{ M HCl}(aq)$ 의 pH는  $-\log a$ 이고,  $b \text{ M NaOH}(aq)$ 의 pH는  $14.0 - \text{pOH} = 14.0 - (-\log b) = 14.0 + \log b$ 이다.  $a \text{ M HCl}(aq)$ 의 pH와  $b \text{ M NaOH}(aq)$ 의 pH를 합한 값은  $14.0 + \log b - \log a$ 며,  $a > b$ 에서  $\log a > \log b$ 이므로 이 값은 14.0보다 작다.

## 09 HCl(*aq*)과 NaOH(*aq*)의 pH

25°C에서 HCl(*aq*)은  $\text{pH} < 7.0$ 이고, NaOH(*aq*)은  $\text{pH} > 7.0$ 이므로 pH는 NaOH(*aq*)이 HCl(*aq*)보다 크다.

Ⓐ. (가)와 (나)의 pH가 각각  $x$ 와  $x-7.0$ 이므로 pH가 큰 (가)가 NaOH(*aq*)이다.

☒. NaOH(*aq*)인 (가)에서  $x=14.0-\text{pOH}=14.0+\log a$ 이고, HCl(*aq*)인 (나)에서  $x-7.0=-\log(10a)$ ,  $x=6.0-\log a$ 이다. 두 식을 연립하면  $\log a=-4.0$ 이고,  $x=10.0$ 이다.

Ⓒ.  $a=1 \times 10^{-4}$ 이므로  $[\text{OH}^-]$ 는 (가)에서  $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ , (나)에서  $1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)은  $[\text{OH}^-]$ 와 용액의 부피에 각각 비례하므로  $\text{OH}^-$ 의 몰비는 (가) : (나) =  $1 \times 10^{-4} \times V : 1 \times 10^{-11} \times \frac{V}{100} = 1 \times 10^9 : 1$ 이다. 따라서  $\frac{(\text{가})\text{에서 OH}^- \text{의 양(mol)}}{(\text{나})\text{에서 OH}^- \text{의 양(mol)}} = 1 \times 10^9$ 이다.

## 10 물과 수용액의 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$

$\text{pH}=\text{pOH}$ 인 (가)는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이고,  $\text{pH} < \text{pOH}$ 인 (나)는 HCl(*aq*)이고,  $\text{pH} > \text{pOH}$ 인 (다)는 NaOH(*aq*)이다.

Ⓐ. (나)에서  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{5}{2}$ ,  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 을 연립하면  $\text{pH} = 4.0$ 이다.

Ⓒ. (다)에서  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{1}{6}$ ,  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 을 연립하면  $\text{pH} = 12.0$ 이고,  $\text{pOH} = 2.0$ 이다. 같은 용액에 들어 있는 물질의 몰비는 몰농도비와 같으므로  $\frac{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-12}} = 1 \times 10^{10}$ 이다.

Ⓓ.  $1 \times 10^{-2} \text{ M NaOH}(aq)$ 인 (다)에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣어 희석하면  $[\text{OH}^-] < 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서  $\text{pOH} > 2.0$ 이고,  $\text{pH} < 12.0$ 이다.

## 11 수용액의 pH와 pOH

(가)에서  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 3$ ,  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 을 연립하면  $\text{pH} = 3.5$ 이고  $\text{pOH} = 10.5$ 이다.  $\text{pOH}$ 의 비는 (가) : (나) = 7 : 1이므로 (나)의  $\text{pOH} = 10.5 \times \frac{1}{7} = 1.5$ 이다.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다)가 (나)의 1000배이므로 pH는 (다)가 (나)보다 3.0만큼 작다.

Ⓒ. (나)의 pH는 12.5이고, pH는 (다)가 (나)보다 3.0만큼 작으므로 (다)의 pH는 9.5이다. pH가 7.0보다 큰 (다)의 액성은 염기성이다.

Ⓓ.  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는 (가)에서 3이고, (나)에서  $\frac{1.5}{12.5} = \frac{3}{25}$ 이므로 (가)가 (나)의 25배이다.

☒.  $|\text{pH}-\text{pOH}|$ 는 (가)에서  $|3.5-10.5| = 7.0$ 이고, (다)에서  $|9.5-4.5| = 5.0$ 이므로 (가)가 (다)보다 2.0만큼 크다.

## 12 pH와 수용액의 희석

산성 수용액이 염기성 수용액보다 pH가 작으므로 pH가  $x$ 인 (가)는  $\text{HCl}(aq)$ 이고, pH가  $3x$ 인 (나)는  $\text{NaOH}(aq)$ 이다. (가) ( $\text{HCl}(aq)$ )의 몰 농도를  $c$ 라고 하면 (나) ( $\text{NaOH}(aq)$ )의 몰 농도는  $100c$ 이며, (가)에서  $x = -\log c$ , (나)에서  $3x = 14.0 - \text{pOH} = 14.0 + \log(100c) = 16.0 + \log c$ 가 성립하여 두 식을 연립하면  $3x = 16.0 - x$ 에서  $x = 4.0$ 이다.

☒.  $x = -\log c$ ,  $x = 4.0$ 이므로  $c = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다. (가)의 몰 농도는  $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다.

㉡. (가)는  $\text{pH} = 4.0$ ,  $\text{pOH} = 10.0$ 이고, (나)는  $\text{pH} = 12.0$ ,  $\text{pOH} = 2.0$ 이다. (가)의  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{10.0}{4.0} = 2.5$ 이고, (나)의  $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{12.0}{2.0} = 6$ 이므로 (나)의  $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}$ 는 (가)의  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 보다 크다.

☒.  $0.01 \text{ M } \text{NaOH}(aq)$   $10 \text{ mL}$ 인 (나)에 물을 추가하여  $100 \text{ mL}$ 로 만들면  $[\text{OH}^-]$ 가  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 로  $\frac{1}{10}$ 배가 되므로  $\text{pOH}$ 는 1.0 증가한다.  $\text{pOH}$ 가 1.0 증가할 때  $\text{pH}$ 는 1.0 감소하므로 묽힌 수용액의  $\text{pH}$ 는  $(3x - 1.0)$ 이다.

### 수능 3점 테스트

본문 153~158쪽

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

## 01 설탕의 용해 평형

용기 속에 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량은 용해 평형 상태에 도달할 때까지는 감소하며, 용해 평형 상태에서는 일정하게 유지된다. 용해 평형 상태에서는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

㉡. 용해 평형 상태에서 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량은 처음 넣어 준 고체 설탕의 질량보다 작으며, 용기 ⑦에서  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때는 모두 용해 평형 상태이다. 따라서  $a > b = 1$ 이다.

㉡. 용기 ⑦에서  $t_1$ 일 때는 용해 평형 상태에 도달하기 전이고,  $t_3$ 일 때는 용해 평형 상태이므로  $c > d$ 이다.

㉢.  $t_3$ 일 때 용기 ⑦과 ⑦은 모두 용해 평형 상태이므로

설탕의 용해 속도  
설탕의 석출 속도 = 1로 같다.

## 02 물( $\text{H}_2\text{O}$ )의 상평형

밀폐된 진공 용기에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 경우 동적 평형 상태에 도달할 때까지는 용기 내  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 감소하고,  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 증가하며, 동적 평형 상태에 도달한 이후에는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 각각 일정하게 유지된다.

☒.  $\frac{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}$ 은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크고,  $t_2$  이후에는 그 값이 일정하게 유지된다.  $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}}$ 는  $t_1$ 일 때 1보다 크고,  $t_2$  이후에는 1로 일정하게 유지된다. 따라서 ㉠은  $\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}$ 이고, ㉡은  $\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}$ 이다.  $\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}$

㉡. 동적 평형 상태에 도달할 때까지는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 감소하고,  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 증가하므로 용기 내  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 많다.

㉡. 동적 평형 상태에 도달한 이후에는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 각각 일정하게 유지되므로  $\frac{t_3\text{일 때 } \text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}{t_2\text{일 때 } \text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

## 03 아이오딘( $\text{I}_2$ )의 상평형

밀폐된 진공 용기에  $\text{I}_2(s)$ 을 넣은 경우 동적 평형 상태에 도달하기 전에는  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도가  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도보다 크고, 동적 평형 상태에서는  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 속도와  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 속도가 같다.

㉡.  $\text{I}_2$ 의 상변화( $\text{I}_2(s) \rightleftharpoons \text{I}_2(g)$ )는 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

☒. 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때는

$\frac{\text{I}_2(g)\text{이 } \text{I}_2(s)\text{으로 승화되는 속도}}{\text{I}_2(s)\text{이 } \text{I}_2(g)\text{으로 승화되는 속도}}$ 가 1보다 작고, 동적 평형 상태인  $t_2$ 일 때는  $\frac{\text{I}_2(g)\text{이 } \text{I}_2(s)\text{으로 승화되는 속도}}{\text{I}_2(s)\text{이 } \text{I}_2(g)\text{으로 승화되는 속도}}$ 가 1이다. 따라서  $\frac{\text{I}_2(g)\text{이 } \text{I}_2(s)\text{으로 승화되는 속도}}{\text{I}_2(s)\text{이 } \text{I}_2(g)\text{으로 승화되는 속도}}$ 는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

☒. 동적 평형 상태인  $t_3$ 일 때  $\text{I}_2(s)$ 이  $\text{I}_2(g)$ 으로 승화되는 반응과  $\text{I}_2(g)$ 이  $\text{I}_2(s)$ 으로 승화되는 반응은 같은 속도로 일어난다.

## 04 액체와 기체 사이의 상평형

밀폐된 진공 용기에 액체를 넣은 경우 동적 평형 상태에 도달할 때까지는 용기 내 액체의 양(mol)은 감소하고 기체의 양(mol)은 증가하며, 동적 평형 상태에 도달한 이후에는 액체의 양(mol)과 기체의 양(mol)이 각각 일정하게 유지된다.

㉡. (가)에서  $t_2$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이고,  $t_3$ 일 때는 동적 평형 상태이다.  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일

때보다 많고,  $H_2O(l)$ 의 양(mol)은  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 적으므로  $\frac{H_2O(g)\text{의 양(mol)}}{H_2O(l)\text{의 양(mol)}}$ 은  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

Ⓐ. 동적 평형 상태에 도달하기 전에는 증발 속도가 응축 속도보다 크므로  $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$ 가 1보다 크고, 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로  $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$ 가 1이다. (나)에서  $t_1$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이고,  $t_3$ 일 때는 동적 평형 상태이므로  $\frac{A(l)\text{의 증발 속도}}{A(g)\text{의 응축 속도}}$ 는  $t_1$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 크다.

Ⓑ. 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같다.  $t_3$ 일 때 (가)와 (나)는 모두 동적 평형 상태이므로 (가)에서  $H_2O(g)$ 의 응축 속도와 (나)에서  $\frac{A(g)\text{의 응축 속도}}{H_2O(l)\text{의 증발 속도}}$ 는 1로 같다.

## 05 pH와 pOH

(가)는  $pOH > pH$ 이므로  $HCl(aq)$ 이다. (나)와 (다)는 각각  $H_2O(l)$ 과  $NaOH(aq)$  중 하나인데,  $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ 의 상댓값이 (나) > (다)이므로 (나)가  $NaOH(aq)$ 이고, (다)가  $H_2O(l)$ 이다.

ⓧ. (가)에서  $\frac{pH}{pOH} = \frac{1}{3}$ ,  $pH + pOH = 14.0$ 을 연립하면  $pH = 3.5$ ,  $pOH = 10.5$ 이다. (가)의  $pOH$ 는 10.0보다 크다.

ⓧ. (나)는  $NaOH(aq)$ 이므로  $[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7} M$ 이다.

ⓧ. (다)는  $H_2O(l)$ 이므로  $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = 1$ 이다. (나)의  $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ 를  $x$ 라고 하면 (나)와 (다)에서  $x : 1 = 1 : 10^{-11}$ 의 비례식이 성립하여  $x = 1 \times 10^{11}$ 이다. (나)에서  $pH - pOH = 11.0$ ,  $pH + pOH = 14.0$ 을 연립하면  $pH = 12.5$ ,  $pOH = 1.5$ 이다.  $|pH - pOH|$ 는 (가)에서  $|3.5 - 10.5| = 7.0$ , (나)에서  $|12.5 - 1.5| = 11.0$ 으로 (나)가 (가)보다 4.0만큼 크다.

## 06 pOH와 용액의 희석

$pOH$ 는  $HCl(aq)$ 이  $NaOH(aq)$ 보다 크므로 (가)는  $HCl(aq)$ 이고, (나)는  $NaOH(aq)$ 이다.  $a M HCl(aq)$  10 mL에 물 90 mL를 가해 용액 100 mL가 되면  $[H_3O^+]$ 는 희석 전의  $\frac{1}{10}$ 배가 되어  $pH$ 는 1.0 증가하고  $pOH$ 는 1.0 감소한다. 따라서  $4k - (k + 8.0) = 1.0$  성립하여  $k = 3.0$ 이다.  $a M HCl(aq)$ 의  $pOH$ 가 12.0이므로  $pH$ 는 2.0이고  $a = 1 \times 10^{-2}$ 이다.  $b M NaOH(aq)$ 의  $pOH$ 가 3.0이므로  $b = 1 \times 10^{-3}$ 이다. 따라서  $\frac{k \times b}{a} = \frac{3.0 \times 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-2}} = \frac{3}{10}$ 이다.

## 07 수용액의 pH와 pOH

(가)의  $[H_3O^+]$ 가 (나)의  $[OH^-]$ 의 1000배이므로 (나)의  $pOH$ 는 (가)의  $pH$ 보다 3.0만큼 크다. (나)의  $pH$ 와  $pOH$ 가 각각  $19x$ ,  $(3x + 3.0)$ 이며, 25°C에서  $pH + pOH = 14.0$ 이므로  $19x + 3x + 3.0 = 14.0$ 에서  $x = 0.5$ 이다.

ⓧ. (다)에서  $[H_3O^+]$ 가  $[OH^-]$ 의 100배로,  $pH$ 가  $pOH$ 보다 2.0만큼 작으므로  $pH$ 와  $pOH$ 는 각각 6.0과 8.0이다. 따라서  $k = \frac{pH}{x} = \frac{6.0}{0.5} = 12$ 이다.

ⓧ. (가)는  $pH$ 가 1.5이므로  $pOH$ 는 12.5이다.

Ⓐ. (나)는  $pH$ 가 9.5이므로  $pOH$ 는 4.5이다. (나)의  $[H_3O^+]$ 와  $[OH^-]$ 가 각각  $1 \times 10^{-9.5} M$ 와  $1 \times 10^{-4.5} M$ 이므로  $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$   $= \frac{1 \times 10^{-4.5}}{1 \times 10^{-9.5}} = 1 \times 10^5$ 이다.

## 08 pH, pOH와 수용액의 희석

$pH - pOH$ 가 0보다 큰 (가)는  $NaOH(aq)$ 이고, 0인 (나)는  $H_2O(l)$ 이고, 0보다 작은 (다)는  $HCl(aq)$ 이다.

ⓧ. (가)는  $NaOH(aq)$ 이다.

Ⓐ. (가)에서  $pH - pOH = 10.0$ ,  $pH + pOH = 14.0$ 을 연립하면  $pH = 12.0$ ,  $pOH = 2.0$ 이다. 물 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱해 물질의 양(mol)을 구하면  $OH^-$ 의 양은  $[OH^-] \times 0.01 L = 0.01 M \times 0.01 L = 1 \times 10^{-4} mol$ 이다.

Ⓐ. (다)에서  $pH - pOH = -11.0$ ,  $pH + pOH = 14.0$ 을 연립하면  $pH = 1.5$ 이다. 0.01 M  $NaOH(aq)$  10 mL인 (가)와  $H_2O(l)$  90 mL인 (나)를 모두 혼합한 수용액은  $1 \times 10^{-3} M NaOH(aq)$ 이므로  $pOH = 3.0$ 이다.

따라서  $\frac{(가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 pOH}{(다)의 pH} = \frac{3.0}{1.5} = 2$ 이다.

## 09 pH와 pOH

$pH = pOH$ 인 (다)는  $H_2O(l)$ 이다. 수용액에서  $pH$ 와  $pOH$ 의 합은 일정하므로 0.1 M  $HCl(aq)$ 에 물을 넣어 농도가  $\frac{1}{10}$ 배가 될 때  $pH$ 는 1.0 증가하고  $pOH$ 는 1.0 감소하며, 0.01 M  $NaOH(aq)$ 에 물을 넣어 농도가  $\frac{1}{10}$ 배가 될 때  $pOH$ 는 1.0 증가하고  $pH$ 는 1.0 감소한다. 따라서 농도가  $\frac{1}{10}$ 배가 될 때  $pH - pOH$ 가 2.0 감소한 (가)는  $NaOH(aq)$ 이고,  $pH - pOH$ 가 2.0 증가한 (나)는  $HCl(aq)$ 이다.

ⓧ. (가)는 0.01 M  $NaOH(aq)$ 이므로  $pOH = -\log 0.01 = 2.0$ 이고,  $pH = 12.0$ 이다. (나)는 0.1 M  $HCl(aq)$ 이므로  $pH = -\log 0.1 = 1.0$ 이고,  $pOH = 13.0$ 이다.  $pH - pOH$ 는 (가)에서  $12.0 - 2.0 = 10.0$ , (나)에서  $1.0 - 13.0 = -12.0$ 이므로

$$a+b=10.0+(-12.0)=-2.0 < 0\text{이다.}$$

Ⓐ (가)는 0.01 M NaOH(*aq*)이므로  $[\text{OH}^-]=1\times 10^{-2}\text{ M}$ 이고, (나)는 0.1 M HCl(*aq*)이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1\times 10^{-1}\text{ M}$ ,  $[\text{OH}^-]=1\times 10^{-13}\text{ M}$ 이다. 따라서  $\frac{c}{d}=\frac{1\times 10^{-2}}{1\times 10^{-13}}=1\times 10^{11}$ 이다.

⓵ 0.1 M HCl(*aq*) 10 mL인 (나)에 물 90 mL를 넣으면  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1\times 10^{-2}\text{ M}$ 로 희석 전의  $\frac{1}{10}$ 배가 된다. 물의 이온화 상수( $K_w$ )가 일정한 값을 가지므로  $[\text{OH}^-]$ 는 희석 전의 10배인  $10d\text{ M}$ 이다.

## 10 OH<sup>-</sup>의 몰비와 pH, pOH

pH가 (가)>(나)이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)>(가)이다. 몰 농도는 물질의 양(mol)에는 비례하고 용액의 부피에는 반비례하므로  $[\text{OH}^-]$ 의 비는 (가) : (다) =  $\frac{1}{10} : \frac{10^5}{100} = 1 : 10^4$ 이다,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 비는 (가) : (다) =  $10^4 : 1$ 이다.

Ⓐ  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 (나)>(가)>(다)이므로 (나)는 HCl(*aq*), (가)는  $\text{H}_2\text{O}(l)$ , (다)는 NaOH(*aq*)이다.

Ⓐ (나)는 HCl(*aq*)으로  $\text{pH} < \text{pOH}$ 이므로  $|\text{pH} - \text{pOH}| = -(\text{pH} - \text{pOH}) = 10.0$ 이다.  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 과 연립하면  $\text{pH} = 2.0$ ,  $\text{pOH} = 12.0$ 이며,  $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 6$ 이다.

⓵ (가)( $\text{H}_2\text{O}(l)$ )의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1\times 10^{-7}\text{ M}$ 이고  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 비가 (가) : (다) =  $10^4 : 1$ 이므로 (다)의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1\times 10^{-11}\text{ M}$ 이다. 따라서  $x = 11.0$ 이다.

## 11 수용액의 pH와 pOH

$\text{pOH} - \text{pH}$ 가 (가)는  $-7.0$ , (나)는  $11.0$ , (다)는  $-12.0$ 이며, 각 수용액에서  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 (가)에서  $\text{pH} = 10.5$ ,  $\text{pOH} = 3.5$ 이고, (나)에서  $\text{pH} = 1.5$ ,  $\text{pOH} = 12.5$ 이고, (다)에서  $\text{pH} = 13.0$ ,  $\text{pOH} = 1.0$ 이다.

Ⓐ Ⓛ에 물을 넣어 1 L로 만든 수용액의 pH가 Ⓛ의 pH보다 작으므로 Ⓛ은 염기성 수용액이며,  $\text{pOH}$ 가 Ⓛ이 Ⓛ보다 크므로 Ⓛ은 (가), Ⓛ은 (다)이다. 따라서 Ⓛ은 (나)이며, Ⓛ의  $\text{pOH}$ 인  $x = 12.5$ 이다.

Ⓐ 몰 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱해 물질의 양(mol)을 구하면 (가)(ⓐ)에서  $\text{OH}^-$ 의 양은  $1\times 10^{-3.5}\text{ M} \times 0.1\text{ L} = 1\times 10^{-4.5}\text{ mol}$ 이고, (나)(ⓑ)에서  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양은  $1\times 10^{-1.5}\text{ M} \times 0.01\text{ L} = 1\times 10^{-3.5}\text{ mol}$ 이다. 따라서  $\frac{\text{ⓐ에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{ⓑ에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1}{10}$ 이다.

ⓐ  $\text{pOH} = 1.0$ ,  $\text{pH} = 13.0$ 인 수용액 (다)(ⓑ)는 0.1 M NaOH

(*aq*)이다. 0.1 M NaOH(*aq*) 100 mL에 물을 넣어 1 L로 만들면 희석 용액의  $\text{pOH}$ 는 1.0 증가하여 2.0이 되고,  $\text{pH}$ 는 1.0 감소하여 12.0이 되므로  $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{12.0}{2.0} = 6$ 이다.

## 12 $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)과 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$

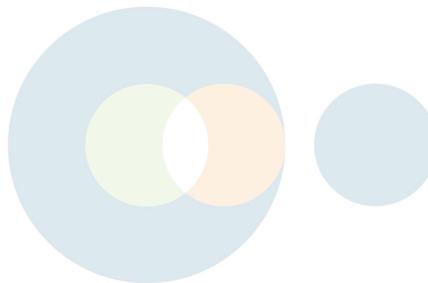
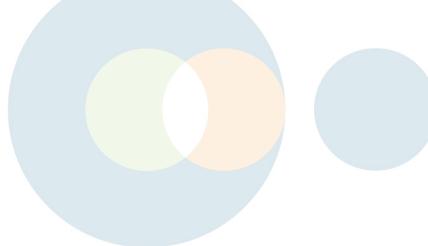
(가)에서  $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1\times 10^{10}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1\times 10^{-14}$ 이므로

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1\times 10^{-2}\text{ M}$ ,  $[\text{OH}^-] = 1\times 10^{-12}\text{ M}$ 이다.

Ⓐ  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)에는 비례하고, 용액의 부피에는 반비례하므로  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 비는 (가) : (나) =  $\frac{2n}{V} : \frac{n}{5V} = 10 : 1$ 이다.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 10배이다.

⓵ (나)에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1\times 10^{-3}\text{ M}$ ,  $[\text{OH}^-] = 1\times 10^{-11}\text{ M}$ 이므로  $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1\times 10^{-3}}{1\times 10^{-11}} = 1\times 10^8$ 이다.

⓵  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)은  $[\text{OH}^-]$ 와 용액의 부피에 각각 비례하므로  $\text{OH}^-$ 의 몰비는 (가) : (나) =  $1\times 10^{-12} \times V : 1\times 10^{-11} \times 5V = 1 : 50$ 이다. 따라서  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)은 (나)가 (가)의 50배이다.



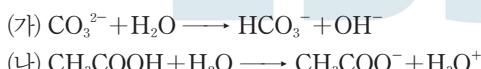
## 수능 2점 테스트

본문 167~169쪽

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

## 01 브뢴스테드·로리 산과 염기

2가지 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠ ㉠은  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.

㉡ (가)에서 ㉠( $\text{H}_2\text{O}$ )은  $\text{CO}_3^{2-}$ 에게 양성자( $\text{H}^+$ )를 주고  $\text{OH}^-$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 산이다.

㉢ (나)에서 ㉠( $\text{H}_2\text{O}$ )은  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 으로부터 양성자( $\text{H}^+$ )를 받아  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

## 02 중화 반응에서 이온의 양(mol)

$a \text{ M H}_2\text{A}(aq)$  10 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 양은  $2 \times a \text{ M} \times 10 \text{ mL} = 20a \text{ mmol}$ 이다.  $b \text{ M NaOH}(aq)$  10 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 양은  $b \text{ M} \times 10 \text{ mL} = 10b \text{ mmol}$ 이고, 20 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 양은  $b \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 20b \text{ mmol}$ 이다. (가)에 존재하는  $\text{H}^+$ 의 양은  $(20a - 10b) \text{ mmol} = 1 \text{ mmol}$ 이고, (나)에 존재하는  $\text{OH}^-$ 의 양은  $(20b - 20a) \text{ mmol} = 4 \text{ mmol}$ 이다. 따라서  $a=0.3$ ,  $b=0.5$ 이므로  $b-a=0.5-0.3=0.2$ 이다.

## 03 중화 적정 실험

식초 A 1 mL에  $\text{CH}_3\text{COOH } x \text{ mol}$ 이 들어 있으므로 A 15 mL에는  $\text{CH}_3\text{COOH } 15x \text{ mol}$ 이 들어 있다. 이 중  $\frac{50 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1}{2}$  만  $a \text{ M NaOH}(aq)$ 과 반응시켰으므로 중화 반응한 양(mol)은  $15x \text{ mol} \times \frac{1}{2} = a \text{ M} \times \frac{V}{1000} \text{ L}$ 이다. 따라서  $\frac{a \times V}{x} = 7500$ 이다.

## 04 중화 반응

(가)에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 양은  $0.1 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 2 \text{ mmol}$ 이고, (나)에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 양은  $2 \times 0.2 \text{ M} \times 30 \text{ mL} = 12 \text{ mmol}$ 이다.

㉠ (나)에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 양(mol)이 (가)에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)보다 크므로 (다)의 액성은 산성이다.

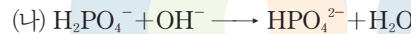
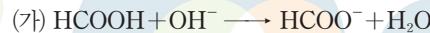
㉡ (다)에 들어 있는 양이온( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ )의 양은  $2 \text{ mmol} +$

$12 \text{ mmol} - 2 \text{ mmol} = 12 \text{ mmol}$ 이고, 음이온( $\text{A}^{2-}$ )의 양은  $6 \text{ mmol}$ 이다.

㉢ (다)에 들어 있는 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은  $\frac{12 \text{ mmol}}{50 \text{ mL}} = 0.24 \text{ M} > 0.2 \text{ M}$ 이다.

## 05 브뢴스테드·로리 산과 염기

2가지 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



㉣ ㉡은  $\text{HPO}_4^{2-}$ 이다.

㉤ (가)에서  $\text{HCOOH}$ 은  $\text{OH}^-$ 에게 양성자( $\text{H}^+$ )를 주고  $\text{HCOO}^-$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

㉥ (나)에서 ㉡( $\text{OH}^-$ )은  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 으로부터 양성자( $\text{H}^+$ )를 받아  $\text{H}_2\text{O}$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

## 06 중화 적정 실험

식초 1 g에  $\text{CH}_3\text{COOH } 0.03 \text{ g}$ 이 들어 있으므로 (가)에서 식초 20 g에는  $\text{CH}_3\text{COOH } 0.03 \text{ g} \times 20 = 0.6 \text{ g}$ 이 들어 있고, 이 중  $\frac{x}{100}$  만  $\text{KOH}(aq)$ 과 반응시켰으므로  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량이 60일 때 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{0.6}{60} \times \frac{x}{100} \text{ mol} = 0.1 \text{ M} \times \frac{40}{1000} \text{ L}$ 이다. 따라서  $x=40$ 이다.

## 07 중화 반응과 몰 농도(M)비

(가)는 중성이므로 중화 반응의 양적 관계에 따라  $10a + 2 \times 5b = 10c$ ,  $a+b=c$ 이다. (나)는 중성이므로 중화 반응의 양적 관계에 따라  $15a + 2 \times 20b = 30c$ ,  $3a+8b=6c$ 이다. 따라서  $5b=3c$ 이므로  $\frac{c}{b}=\frac{5}{3}$ 이다.

## 08 중화 반응과 이온 모형

(가)와 (나)에 들어 있는 이온의 종류가 다르므로 (가)와 (나)는 액성이 서로 다르다. 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$ 의 부피가 작은 (가)가 염기성으로 ▲은  $\text{OH}^-$ 이고, 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$ 의 부피가 큰 (나)가 산성으로 ☆은  $\text{H}^+$ 이다. (가)와 (나)의 부피가 30 mL로 같고, 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$ 의 부피는 (나)가 (가)의 2배인데, 혼합 용액 1 mL에 들어 있는 ●은 (나)가 (가)의 2배이므로 ●은  $\text{Cl}^-$ 이다. 마찬가지로 □은 (가)가 (나)의 2배이므로 □은  $\text{Ca}^{2+}$ 이다.

㉠ ▲은  $\text{OH}^-$ 이므로 음이온이다.

㉡ (가)에서 이온 수 비가  $\text{Cl}^- : \text{Ca}^{2+} = 1 : 1$ 이고, 혼합 전 용액의 부피비가  $\text{HCl}(aq) : \text{Ca}(\text{OH})_2(aq) = 1 : 2$ 이므로  $a : b = \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = 2 : 1$ 이다. 따라서  $\frac{a}{b} = 2$ 이다.

- Ⓐ (가)에서 모든 양이온의 몰 농도(M) 합 =  
 Ⓜ (나)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합 =  
 (가) 1 mL에 들어 있는 양이온(□) 수 =  $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$  이다.  
 (나) 1 mL에 들어 있는 음이온(●) 수 =  $\frac{y}{x}$

## 09 중화 적정 실험으로 몰 농도(M) 비교

(나)에서 중화 반응한 양(mmol)은  $x M \times 40 \text{ mL} = a M \times 45 \text{ mL}$  이므로  $x = \frac{9}{8}a$  이다. (다)에서 중화 반응한 양(mmol)은  $y M \times 30 \text{ mL} = a M \times 60 \text{ mL}$  이므로  $y = 2a$  이다. 따라서  $\frac{y}{x} = \frac{2a}{\frac{9}{8}a} = \frac{16}{9}$  이다.

## 10 중화 반응과 이온의 몰 농도(M)

$0.2 \text{ M H}_2\text{A}(aq)$  20 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 양은  $2 \times 0.2 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 8 \text{ mmol}$ ,  $\text{A}^{2-}$ 의 양은  $0.2 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 4 \text{ mmol}$ 이다.  $a \text{ M NaOH}(aq)$   $V \text{ mL}$ 에 들어 있는  $\text{Na}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 의 양은 각각  $aV \text{ mmol}$ 이다.

Ⓐ (가)에는  $\text{OH}^-$ 이 있으므로 (가)의 액성은 염기성이다.  
 ✕. (가)에서  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)과  $\text{A}^{2-}$ 의 양(mol)이 같으므로  $(aV - 8) \text{ mmol} = 4 \text{ mmol}$ ,  $aV = 12$  이다. 또  $\text{Na}^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{aV}{20+V} = \frac{12}{20+V} = \frac{1}{5}$  이므로  $V = 40$ ,  $a = 0.3$  이다. 따라서  $\frac{a}{V} = \frac{0.3}{40} = \frac{3}{400} < \frac{1}{100}$  이다.

✕.  $\text{A}^{2-}$ 의 몰 농도(M)는  $x = \frac{4}{20+V} = \frac{4}{60} = \frac{1}{15} < \frac{1}{10}$  이다.

## 11 중화 적정 실험

A 1 g에  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $x \text{ g}^\circ$  들어 있으므로 (가)에서 A 15 mL인  $15 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ g}}{a \text{ mL}} = \frac{15}{a} \text{ g}$ 에는  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $\frac{15x}{a} \text{ g}$ 이 들어 있다. 이 중  $\frac{1}{2}$ 만  $0.1 \text{ M NaOH}(aq)$ 과 반응시켰으므로  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량이 60일 때 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{15x}{60a} \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.1 \text{ M} \times \frac{50}{1000} \text{ L}$  이다. 따라서  $x = \frac{a}{25}$  이다.

## 12 중화 반응과 이온 수 비

(나)는 이온이 2가지이므로 중성이며, 혼합 전  $\text{H}^+$  수와  $\text{OH}^-$  수가 같으므로  $4aV = 50b$  이다. (가)는 중성인 (나)보다  $\text{NaOH}(aq)$ 의 비율이 작으므로 산성이다. (가)에 존재하는 이온의 양(mmol)은  $\text{Na}^+$ 이  $10b$ ,  $\text{A}^{2-}$ 이  $aV = \frac{5}{4} \times 10b$ ,  $\text{H}^+$ 이  $2aV - 10b = \frac{6}{4} \times 10b$  이다. (가)에 존재하는 이온 수 비는  $\text{Na}^+ : \text{A}^{2-} : \text{H}^+ = 4 : 5 : 6$  이고,  $x = 6$  이다. (나)에는  $\text{Na}^+$ 과  $\text{A}^{2-}$ 만

존재하고 양이온과 음이온의 전하량 합은 0이므로 이온 수 비는  $\text{A}^{2-} : \text{Na}^+ = 1 : 2$  이고,  $y = 2$  이다. 따라서  $\frac{x}{y} = \frac{6}{2} = 3$  이다.

### 수능 3점 테스트

분문 170~176쪽

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

## 01 브뢴스테드 · 로리 산과 염기

- (나)와 (다)의 화학 반응식은 다음과 같다.  
 (나)  $\text{HF} + (\text{CH}_3)_3\text{N} \longrightarrow \text{F}^- + (\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$   
 (다)  $\text{HF} + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{F}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$   
 Ⓡ (가)에서  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ 은  $\text{HCl}$ 로부터 양성자( $\text{H}^+$ )를 받아  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ 이 되므로 브뢴스테드 · 로리 염기이다.  
 Ⓣ Ⓡ은  $\text{HCO}_3^-$ 이다.  
 Ⓤ (나)와 (다)에서 모두 HF는 양성자( $\text{H}^+$ )를 주고  $\text{F}^-$ 이 되므로 브뢴스테드 · 로리 산이다.

## 02 중화 적정 실험

- (나)와 (다)에서 1 mL에  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 이 각각 0.033 g, 0.039 g이 들어 있는 식초 I, II 10 mL씩을 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정하였을 때 중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 각각 55 mL, 65 mL 이었다.  
 Ⓡ 같은 부피의 식초를 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정할 때, 식초 1 mL에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 질량이 클수록 중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 크므로 ‘중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 크다.’는 Ⓡ으로 적절하다.  
 Ⓤ 같은 부피의 식초를 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정할 때, 식초 1 mL에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 질량이 클수록 중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 크므로  $x > 65$  이다.  
 ✕. (나)에서 반응한  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 양(mol)은 반응한  $\text{NaOH}$ 의 양(mol)과 같다. 따라서 반응한  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 양은  $0.1 \text{ M} \times \frac{55}{1000} \text{ L} = 5.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  이다.

## 03 중화 반응의 양적 관계

- (가)~(다)에서 혼합 전  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 모두 같고, 산성 용액의 부피를 고려하면, (가)~(다)의 액성은 각각 염기성, 중성, 산성이다.

ⓧ. (가)에 들어 있는 이온은 모두 1가 양이온 또는 1가 음이온이므로 양이온 수와 음이온 수가 같다. 따라서 (가)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합은 모든 양이온의 몰 농도(M) 합과 같은  $\frac{4}{15}$ 이다.

⓪. (가)는 염기성으로 양이온은  $\text{Na}^+$ 만 들어 있고,  $\text{Na}^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{10c}{30} = \frac{4}{15}$ 이며,  $c=0.8$ 이다. (나)는 중성이므로 양이온은  $\text{Na}^+$ 만 들어 있고,  $\text{Na}^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{10c}{50} = \frac{8}{50} = \frac{4}{25} = x$ 이다.

⓫. (나)는 중성이므로 중화 반응의 양적 관계는  $20a + 20b = 10c = 8$ ,  $a+b=0.4$ 이다. (다)는 산성이므로 존재하는 이온은  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Na}^+$ 이고, 양이온 수와 음이온 수가 같다. 따라서 (다)에서 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은 모든 음이온의 몰 농도(M) 합과 같은  $\frac{30a+20b}{60} = \frac{3}{20}$ 이며,  $3a+2b=0.9$ 이다.  $a=0.1$ ,  $b=0.3$ 이고,  $\frac{b}{a} = \frac{0.3}{0.1} = 3$ 이다.

## 04 중화 반응에서 이온의 몰 농도(M) 변화

NaOH(aq) 200 mL를 가했을 때 혼합 용액은 중성이다. 이때 중화 반응의 양적 관계는  $0.2 \text{ M} \times 100 \text{ mL} = 0.1 \text{ M} \times 200 \text{ mL}$ 이다.

⓬. 혼합 용액에 들어 있는 이온은 모두 1가 양이온 또는 1가 음이온으로 양이온 수와 음이온 수가 같아 NaOH(aq) 300 mL를 가했을 때 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은 모든 음이온의 몰 농도(M) 합과 같은  $\frac{3}{40}$ 이다.

⓭. NaOH(aq) 200 mL를 가했을 때 혼합 용액은 중성으로 음이온은  $\text{Cl}^-$ 만 들어 있어  $\text{Cl}^-$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{0.2 \times 100}{100+200} = \frac{1}{15} = x$ 이다.

⓮. 0.1 M NaOH(aq)을 가할 때 모든 음이온의 몰 농도(M) 합은 중화점까지 감소하다가 중화점 이후로 점점 증가하지만 가한 NaOH(aq)의 몰 농도인 0.1 M보다 클 수 없다. NaOH(aq)  $V$  mL를 가했을 때 모든 음이온의 몰 농도(M) 합이 0.1 M보다 큰  $\frac{2}{15}$  M이므로 이때 혼합 용액의 액성은 중화점 이전인 산성이다. 산성 용액에서 음이온은  $\text{Cl}^-$ 만 들어 있으므로  $\text{Cl}^-$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{0.2 \times 100}{100+V} = \frac{2}{15}$ 이고,  $V=50$ 이다.

## 05 중화 적정 실험

$\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량을  $M$ , 25°C에서 (나)에서 만든 수용액의 밀도를  $d \text{ g/mL}$ 라고 할 때  $w$ 를 구하는 과정은 다음과 같다. 식초 A 1 g에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 질량이  $w \text{ g}$ 이므로 식초 A

10 g에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 질량은  $10w \text{ g}$ 이다. (나)에서 만든 수용액 100 g의 부피는  $\frac{100 \text{ g}}{d \text{ g/mL}} = \frac{100}{d} \text{ mL}$ 이고, 이 중 30 mL만 0.1 M NaOH(aq)과 반응시켰으므로 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{10w \text{ g}}{M \text{ g/mol}} \times \frac{30 \text{ mL}}{\frac{100}{d} \text{ mL}} = 0.1 \text{ M} \times \frac{V}{1000} \text{ L}$ 이다.  $w = \frac{MV}{30000d}$ 이다.

⓯. 중화 적정을 통해  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 양(mol)을 구할 수 있고, 반응한  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 질량을 구하기 위해서  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량이 필요하다.

⓰. (나)에서 수용액 100 g을 만들었고 이 중 30 mL만 반응시켰으므로 수용액 100 g의 부피를 계산하기 위해서는 25°C에서 (나)에서 만든 수용액의 밀도가 필요하다.

⓻. NaOH(aq)의 몰 농도(0.1 M)를 알고 반응한 부피( $V \text{ mL}$ )를 측정하여 반응한 NaOH의 양(mol)을 계산할 수 있으므로 25°C에서 0.1 M NaOH(aq)의 밀도는 필요하지 않다.

## 06 중화 반응에서 이온의 몰 농도(M) 변화

NaOH(aq) 50 mL를 가했을 때 모든 양이온의 몰 농도(M) 합이 가장 작으므로 혼합 용액은 중성이다. 중화 반응의 양적 관계에 따라  $0.1 \text{ M} \times V \text{ mL} = a \text{ M} \times 50 \text{ mL} \dots \textcircled{1}$ 이다. 이때 혼합 용액에서 양이온은  $\text{Na}^+$ 만 들어 있으므로  $\text{Na}^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{a \times 50}{V+50} = \frac{1}{15}$ 이고,  $750a = V + 50 \dots \textcircled{2}$ 이다.  $\textcircled{1}$ 과  $\textcircled{2}$ 을 이용하면  $a=0.2$ ,  $V=100$ 이다. NaOH(aq) 150 mL를 가했을 때 혼합 용액은 염기성이고, 양이온은  $\text{Na}^+$ 만 들어 있으므로  $\text{Na}^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{a \times 150}{V+150} = \frac{30}{250} = \frac{3}{25} = x$ 이다. 따라서  $\frac{x \times V}{a} = \frac{\frac{3}{25} \times 100}{0.2} = 60$ 이다.

## 07 중화 적정 실험

I 1 g에  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $x \text{ g}$ 이 들어 있으므로 (다)에서 I 50 mL 인  $50 \text{ mL} \times d_1 \text{ g/mL} = 50d_1 \text{ g}$ 에는  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $50d_1x \text{ g}$  들어 있다.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량을  $M$ 이라고 하면 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{50d_1x}{M} \text{ mol} = a \text{ M} \times \frac{20}{1000} \text{ L} \dots \textcircled{1}$ 이다.

II 1 g에  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $y \text{ g}$ 이 들어 있으므로 (라)에서 II 40 mL 인  $40 \text{ mL} \times d_2 \text{ g/mL} = 40d_2 \text{ g}$ 에는  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $40d_2y \text{ g}$  들어 있다. 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{40d_2y}{M} \text{ mol} = a \text{ M} \times \frac{24}{1000} \text{ L} \dots \textcircled{2}$ 이다.  $\textcircled{1}$ 과  $\textcircled{2}$ 을 이용하면  $\frac{40d_2y}{50d_1x} = \frac{24}{20}$ 이므로  $\frac{y}{x} = \frac{3d_1}{2d_2}$ 이다.

## 08 중화 반응과 이온 수비

(가)~(다)는 존재하는 이온의 종류가 각각 3가지이므로  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 없는 중성 용액이다. A가 HBr라고 하면, 중화 반응의 양적 관계에 따라 (가)에서  $20a + 10c = 20b$ 와 (나)에서  $30a + 20c = 20b$ 가 동시에 성립할 수 없으므로 모순이다. 따라서 A는 KOH이다. (가)에서 음이온( $Cl^-$ ) 수와 양이온( $Na^+, K^+$ ) 수가 같고, 이온 수비에 따라  $Cl^- : Na^+ : K^+ = 20a : 20b : 10c = 2 : 1 : 1$ 이므로  $a : b : c = 2 : 1 : 2$ 이다. (다)에서 중화 반응의 양적 관계에 따라  $ax = 60b + cy = 30a + ay$ 이므로  $x - y = 30$ 이다. 따라서  $\frac{b(x-y)}{a} = \frac{1}{2} \times 30 = 15$ 이다.

## 09 중화 반응과 몰 농도(M)비

(가)에서 음이온이 3가지( $A^{2-}, OH^-, Cl^-$ )이므로 X는 HCl이고, (가)의 액성은 염기성이다. (나)에서 음이온이 2가지( $A^{2-}, Cl^-$ )이므로 (나)의 액성은 산성 또는 중성이다. (나)에서 음이온의 몰 농도(M)비가  $A^{2-} : Cl^- = 20a : 20c = 1 : 1$ 이므로  $a = c$ 이다. (가)에서 음이온의 몰 농도(M)비가  $A^{2-} : Cl^- : OH^- = 10a : 10c : 20b - 20a - 10c = 10a : 10a : 20b - 30a = 1 : 1 : 3$ 이므로  $a : 2b - 3a = 1 : 3$ ,  $2b - 3a = 3a$ ,  $b = 3a$ 이고,  $a : b : c = 1 : 3 : 1$ 이다. (나)에서  $H^+$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{40a + 20c - 10b}{50} = \frac{3}{5}a$ 이다. 따라서

$$\frac{c \times (나) \text{에서 } H^+ \text{의 몰 농도(M)}}{a \times b} = \frac{a}{a \times 3a} \times \frac{3}{5}a = \frac{1}{5}a \text{이다.}$$

## 10 중화 적정 실험

A 1g에  $CH_3COOH$  0.03g이 들어 있으므로 (나)에서 A 10mL인  $10mL \times d_A g/mL = 10d_A g$ 에는  $CH_3COOH 0.3d_A g$ 이 들어 있다. B 1g에  $CH_3COOH x g$ 이 들어 있으므로 (나)에서 B 20mL인  $20mL \times d_B g/mL = 20d_B g$ 에는  $CH_3COOH 20d_B g$ 이 들어 있다. A 10mL와 B 20mL를 혼합하면  $CH_3COOH (0.3d_A + 20d_B) g$ 이 들어 있고 이 중  $\frac{3}{10}$ 만  $a M NaOH(aq)$ 과 반응시켰으므로  $CH_3COOH$ 의 분자량이 60일 때 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{0.3d_A + 20d_B}{60}$

$$mol \times \frac{3}{10} = a M \times \frac{50}{1000} L \text{이다. } 0.3d_A + 20d_B = 10a \text{이고, } x = \frac{a - 0.03d_A}{2d_B} \text{이다.}$$

## 11 중화 적정 실험

A 1g에  $CH_3COOH w g$ 이 들어 있으므로 (나)에서 A 10mL인  $10mL \times d_A g/mL = 10d_A g$ 에는  $CH_3COOH 10d_A w g$ 이 들어 있다. 이 중  $\frac{2}{5}$ 만  $0.1 M KOH(aq)$ 과 반응시켰으므로

$CH_3COOH$ 의 분자량을  $M$ 이라고 하면 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{10d_A w}{M} mol \times \frac{2}{5} = 0.1 M \times \frac{a}{1000} L \cdots \textcircled{1}$ 이다.

B 1g에  $CH_3COOH 0.04 g$ 이 들어 있으므로 (라)에서 B 20mL인  $20d_B g$ 에는  $CH_3COOH 20d_B g \times 0.04 = 0.8d_B g$ 이 들어 있다. 이 중  $\frac{3}{5}$ 만  $0.1 M KOH(aq)$ 과 반응시켰으므로 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{0.8d_B}{M} mol \times \frac{3}{5} = 0.1 M \times \frac{6a}{1000} L \cdots \textcircled{2}$ 이다.  $\textcircled{1}$ 과  $\textcircled{2}$ 을 이용하면  $\frac{\frac{0.8d_B}{M} \times \frac{3}{5}}{\frac{10d_A w}{M} \times \frac{2}{5}} = \frac{0.1 \times \frac{6a}{1000}}{0.1 \times \frac{a}{1000}}$ 이므로  $\frac{d_B}{d_A} = 50w$ 이다.

## 12 중화 반응의 양적 관계

$NaOH(aq)$ 의 부피와 비교하여 산성 용액의 부피를 고려하면 (가)~(다)의 액성은 각각 산성, 중성, 염기성이다. (가)는 산성이므로  $OH^-$ 이 없어 음이온( $Cl^-, A^{2-}$ )의 몰 농도(M) 합은  $\frac{10a + 20b}{30 + V} = \frac{1}{10}$ 이고,  $100a + 200b = 30 + V \cdots \textcircled{1}$ 이다. (나)는 중성이므로 음이온( $Cl^-, A^{2-}$ )의 몰 농도(M) 합은  $\frac{20a + 20b}{40 + 2V} = \frac{1}{10}$ 이고,  $200a + 200b = 40 + 2V \cdots \textcircled{2}$ 이다.  $\textcircled{1}$ 과  $\textcircled{2}$ 을 이용하면  $b = 0.1$ ,  $100a = V + 10 \cdots \textcircled{3}$ 이다. (나)는 중성이므로 중화 반응의 양적 관계에 따라  $20a + 40b = 20a + 4 = 0.8V \cdots \textcircled{4}$ 이고,  $\textcircled{3}$ 과  $\textcircled{4}$ 을 이용하면  $V = 10$ ,  $a = 0.2$ 이다. (다)는 염기성으로 음이온의 양(mmol)은 각각  $Cl^-$ 이  $20a$ ,  $A^{2-}$ 이  $30b$ ,  $OH^-$ 이  $0.4 \times 3V - 20a - 2 \times 30b$ 이므로 전체 음이온의 양(mmol)은  $0.4 \times 3V - 30b$ 이다. 따라서 (다)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합은  $\frac{0.4 \times 3V - 30b}{50 + 3V} = \frac{12 - 3}{80} = \frac{9}{80} = x$ 이다.

## 13 중화 적정 실험

밀도가  $d_A g/mL$ 인 A 1mL의 질량은  $1mL \times d_A g/mL = d_A g$ 이고, 이에  $CH_3COOH w g$ 이 들어 있으므로 A 1g에는  $CH_3COOH \frac{w}{d_A} g$ 이 들어 있다. (나)에서 A 20g에는  $CH_3COOH 20 \frac{w}{d_A} g$ 이 들어 있고, 이 중  $\frac{3}{5}$ 만  $a M NaOH(aq)$ 과 반응시켰으므로  $CH_3COOH$ 의 분자량을  $M$ 이라고 하면 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{20w}{Md_A} mol \times \frac{3}{5} = a M \times \frac{20}{1000} L \cdots \textcircled{1}$ 이다. 밀도가  $d_B g/mL$ 인 B 1mL의 질량은  $1mL \times d_B g/mL = d_B g$ 이고, 이에  $CH_3COOH 2w g$ 이 들어 있으므로 B 1g에는  $CH_3COOH \frac{2w}{d_B} g$ 이 들어 있다. (라)에서 B

$x$  g에는  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $x \times \frac{2w}{d_B}$  g이 들어 있고, 이 중  $\frac{3}{4}$ 만  $a$  M  $\text{NaOH}(aq)$ 과 반응시켰으므로 중화 반응한 양(mol)은  $\frac{2wx}{Md_B}$   $\text{mol} \times \frac{3}{4} = a \text{ M} \times \frac{30}{1000} \text{ L} \cdots \text{이다.} \textcircled{1}$ 과  $\textcircled{2}$ 을 이용하면  $\frac{8d_B}{xd_A} = \frac{2}{3}$ 이므로  $x = 12 \frac{d_B}{d_A}$ 이다.

#### 14 중화 반응의 양적 관계

(나)의 액성은 중성이므로 (가)와 (나)의 액성은 각각 산성과 염기성이다. (가)의 부피는  $50 \text{ mL} + 10 \text{ mL} = 60 \text{ mL}$ 이고, (가)는 산성이므로 음이온은  $\text{A}^{2-}$ 만 들어 있다.  $\text{A}^{2-}$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{50x}{60} = 12a$ 이다. (나)는 중성이므로 음이온은  $\text{A}^{2-}$ 만 들어 있으며,  $\text{A}^{2-}$ 의 몰 농도(M)는  $\frac{50x}{60+V} = 8a$ 이다.  $\frac{50x}{60} : \frac{50x}{60+V} = 12a : 8a = 3 : 2$ 이므로  $V = 30$ 이다. (나)는 중성이므로 중화 반응의 양적 관계는  $2 \times 50x = 40y$ ,  $5x = 2y$ 이다. (다)는 염기성이므로 음이온의 양(mmol)은 각각  $\text{A}^{2-}$ 이  $50x$ ,  $\text{OH}^-$ 이  $70y - 2 \times 50x$ 이므로 전체 음이온의 양(mmol)은  $70y - 50x$ 이다. 따라서 (다)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합은  $\frac{70y - 50x}{120} = \frac{70y - 20y}{120} = \frac{5y}{12} = 15a$ 이다.  $\frac{y}{a} = 36$ 이고,  $V = 30$ 이므로  $\frac{y}{a \times V} = \frac{36}{30} = \frac{6}{5}$ 이다.

12

## 산화환원 반응과 화학반응에서 출입하는 열

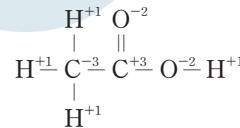
### 수능 2점 테스트

본문 189~191쪽

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

### 01 분자에서 각 원자의 산화수

전기 음성도는  $\text{O} > \text{C}, \text{C} > \text{H}$ 이므로  $\text{O} > \text{C} > \text{H}$ 이다. 따라서 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )에서 각 원자의 산화수는 다음과 같다.



- Ⓐ H, C, O 중 H의 전기 음성도가 가장 작으므로  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 에서 모든 H의 산화수는 +1이다.  
 ✗ C의 산화수는 Ⓛ이 -3, Ⓜ이 +3이므로 Ⓛ과 Ⓜ은 같지 않다.  
 ✗ O의 산화수는 Ⓛ과 Ⓜ이 모두 -2이다.

### 02 산화환원 반응식 완성하기

화학 반응 전후에 원자의 종류와 수는 변하지 않는다. H 원자 수로부터  $2b + 6 = 2c$ , O 원자 수로부터  $4a + 2b = c + 10$ 이고, 반응 전과 후의 전하량이 보존되므로  $-a + 6 = 2a$ 이다. 이를 만족하는  $a = 2, b = 5, c = 8$ 이다.

- ✗  $c > a + b$ 이다.  
 Ⓛ O의 산화수는  $\text{H}_2\text{O}_2$ 에서는 -1,  $\text{H}_2\text{O}$ 에서는 -2이다.  
 ✗  $\text{MnO}_4^-$ 에서 Mn의 산화수는 +7,  $\text{Mn}^{2+}$ 에서 Mn의 산화수는 +2이다. 따라서  $\text{MnO}_4^-$ 은 환원되므로 산화제로 작용한다.

### 03 산화환원 반응

- 산화수의 변화가 있는 반응이 산화환원 반응이다.  
 Ⓛ Na의 산화수가 0에서 +1로 증가하였고, H의 산화수가 +1에서 0으로 감소하였으므로 산화환원 반응이다.  
 ✗ 모든 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화환원 반응이 아니다.  
 Ⓛ Al의 산화수가 0에서 +3으로 증가하였고, Fe의 산화수가 +3에서 0으로 감소하였으므로 산화환원 반응이다.

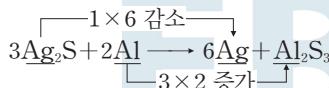
### 04 산화환원 반응식 완성하기

산화환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 항상 같으므로 반응물과 생성물의 원자 수와 산화수 변화를 맞추

어 화학 반응식을 완성할 수 있다.

- Ⓐ  $w=+1$ ,  $x=y=0$ ,  $z=+3$ 이므로  $w+x+y+z=4$ 이다.  
 Ⓡ  $\text{Ag}_2\text{S}$ 에서  $\text{Ag}$ 의 산화수는 +1이고,  $\text{Ag}$ 의 산화수는 0이므로  $\text{Ag}$ 의 산화수는 1 감소했다. 따라서 '산화수 1 감소'는 Ⓡ으로 적절하다.

- Ⓒ  $\text{Ag}$ 의 산화수는 1 감소하고,  $\text{Al}$ 의 산화수는 3 증가하므로 감소한 산화수와 증가한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서  $\frac{a+d}{b+c} = \frac{3+1}{2+6} = \frac{1}{2}$ 이다.

## 05 산화 환원 반응식과 산화수

산화제는 다른 물질을 산화시키고 자신은 환원되는 물질이고, 환원제는 다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질이다.

- Ⓐ (가)에서 S의 산화수는  $\text{SO}_2$ 에서 +4,  $\text{H}_2\text{S}$ 에서 -2, S에서 0이므로  $\text{SO}_2$ 은 환원되고,  $\text{H}_2\text{S}$ 는 산화된다. 따라서  $\text{SO}_2$ 은 산화제,  $\text{H}_2\text{S}$ 는 환원제이다.

- Ⓑ S의 산화수는 Ⓚ이 -2, Ⓛ은 0, Ⓝ은 +4, Ⓞ은 +6이므로 Ⓞ이 가장 크다.

- ⓪ (나)에서 산화제는  $\text{Cl}_2$ , 환원제는  $\text{SO}_2$ 이다. 1 mol의 산화제와 반응하는 환원제의 양은 (가)에서 2 mol, (나)에서 1 mol이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

## 06 산화 환원 반응식 완성하기

N는 산화수가 +5에서 +2로 감소하고, H와 O의 산화수는 변화가 없으므로 M은 산화수가 0에서 +x로 증가한다. 따라서 M은  $\text{M}^{x+}$ 으로 산화되고,  $\text{NO}_3^-$ 은 NO로 환원된다.

증가한 산화수의 총합은 감소한 산화수의 총합과 같으므로  $ax=3c$ 이며, 1 mol의 산화제( $\text{NO}_3^-$ )와 반응하는 환원제(M)의 양이 1.5 mol이므로  $a:c=3:2$ 이다. 반응 전과 후에 원자 수는 변하지 않으므로 H 원자 수로부터  $b=2d$ , O 원자 수로부터  $3c=c+d$ 이다. 이를 만족하는  $x=2$ 이고,  $a:b:c:d=3:8:2:4$ 이다. 따라서  $\left(\frac{c+d}{a+b}\right) \times x = \frac{2+4}{3+8} \times 2 = \frac{12}{11}$ 이다.

## 07 금속과 금속 이온의 반응

$\text{A}^+$ 이 들어 있는 수용액에  $\text{B}(s)$ 를 넣었을 때  $\text{A}^+$ 이 남아 있으므로 넣어 준  $\text{B}(s)$ 는 모두 반응하였다.

- Ⓐ  $\text{B}(s)$ 가  $\text{B}^{2+}$ 으로 산화되면서  $\text{A}^+$ 은  $\text{A}(s)$ 로 환원되므로  $\text{B}(s)$ 는 환원제이다.

⓪ 넣어 준  $\text{B}(s)$ 가 모두 산화되어  $\text{B}^{2+}$ 이 되었으므로  $x=2$ 이고, 전하량은 보존되므로  $1 \times 6N = 1 \times yN + 2 \times 2N$ 을 만족하는  $y=2$ 이다. 따라서  $x \times y=4$ 이다.

- Ⓒ 반응한  $\text{A}^+$ 의 양이  $4N$  mol이므로 이동한 전자의 양은  $4N$  mol이다.

## 08 금속과 염산의 반응

$a=c$ ,  $b=2d$ ,  $b=3c$ 이므로  $a:b:c:d=2:6:2:3$ 이다.  $\text{A}(s)$ 와  $\text{HCl}(aq)$ 과의 산화 환원 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$2\text{A}(s) + 6\text{HCl}(aq) \longrightarrow 2\text{ACl}_3(aq) + 3\text{H}_2(g)$   
 $\text{A}(s) 3N$  mol을 넣어 반응을 완결시켰을 때  $\text{H}_2(g) 3N$  mol이 발생했으므로  $\text{A}(s) 3N$  mol 중  $2N$  mol만  $\text{H}^+(aq) 6N$  mol과 반응하였고,  $\text{A}^{3+}(aq) 2N$  mol이 생성되었다.  $\text{H}^+(aq)$ 은 모두 반응하였고,  $\text{Cl}^-(aq) 6N$  mol이 남아 있으므로 전체 이온의 양은  $8N$  mol이다.

## 09 금속과 금속 이온의 반응

넣어 준 금속 B의 양이  $2N$  mol에서  $4N$  mol로  $2N$  mol 증가할 때 전체 양이온의 양이  $7N$  mol에서  $6N$  mol로  $N$  mol 감소하였으므로, 금속 B가  $2N$  mol 증가하면 전체 양이온의 양은  $N$  mol 감소한다.

- Ⓐ 전체 양이온의 양(mol)이 감소하므로 이온의 산화수는  $B > A$ 이고, 금속 B가  $2N$  mol 반응하여 생성된  $\text{B}^{b+}$ 의 양이  $2N$  mol 증가하면 전체 이온의 양이  $N$  mol 감소해야 하므로 반응한  $\text{A}^{2+}$ 의 양은  $3N$  mol이어야 한다. 전하량은 보존되므로  $b \times 2N = 2 \times 3N$ 을 만족하는  $b=3$ 이다.

- Ⓑ B가  $2N$  mol 반응할 때 전체 양이온의 양이  $N$  mol 감소하므로 반응 전  $\text{A}^{2+}$ 의 양은  $8N$  mol이다.

⓪ 반응 몰비는  $\text{A}^{2+} : \text{B} = 3:2$ 이므로  $\text{A}^{2+} 8N$  mol이 모두 반응하는 데 필요한 B의 양은  $\frac{16}{3}N$  mol이다. 넣어 준 B의 양이  $6N$  mol이면  $\text{A}^{2+}$ 은 모두 반응하고,  $\text{B}^{3+}$ 이  $\frac{16}{3}N$  mol 생성되므로 수용액에 들어 있는 전체 양이온의 양은  $\frac{16}{3}N$  mol이다. 따라서  $x=\frac{16}{3}$ 이다.

## 10 흡열 반응

열분해 반응은 물질을 높은 온도로 가열할 때 일어나는 분해 반응이다.

- Ⓐ 화학 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 보존되므로 Ⓛ은 C 원자 1개와 O 원자 2개로 이루어진 물질이다. 따라서 Ⓛ은  $\text{CO}_2$ 이다.

- ㉡ (가)는 열을 흡수하여 일어나는 반응이므로 흡열 반응이다.  
 ⓪. (나)의 반응에서 반응 전과 후 모든 원자의 산화수 변화가 없으므로 (나)는 산화 환원 반응이 아니다.

## 11 발열 반응

발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다. 드라이아이스의 크기가 작아지는 것은  $\text{CO}_2(s) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 의 승화가 일어나기 때문이므로 ㉠은 흡열 반응이다. 산화 칼슘( $\text{CaO}$ )과 물이 반응할 때 열이 발생하므로 ㉡은 발열 반응이다. 광합성은 식물이 빛에너지를 흡수하여 포도당을 합성하는 반응이며 ㉢은 흡열 반응이다.

## 12 화학 반응에서 출입하는 열

화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응은 발열 반응, 열을 흡수하는 반응은 흡열 반응이다.  
 ㉠.  $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 물에 용해될 때 온도가 낮아졌으므로  $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.  
 ㉡.  $\text{CaCl}_2(s)$ 이 물에 용해될 때 온도가 높아졌으므로  $\text{CaCl}_2(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.  
 ㉢.  $\text{CaCl}_2(s)$ 을 이용한 실험의 결과가 가설과 일치하지 않으므로 가설은 옳지 않다. 따라서 ‘옳지 않다’는 ㉠으로 적절하다.

### 수능 3점 테스트

본문 192~197쪽

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

## 01 산화 환원 반응식과 양적 관계

산화는 산화수가 증가하는 반응, 환원은 산화수가 감소하는 반응으로 산화되는 물질에서 증가한 산화수의 총합은 환원되는 물질에서 감소한 산화수의 총합과 같다.  
 ㉠. 전기 음성도는  $\text{F} > \text{O}$ 이므로  $\text{OF}_2$ 에서 O의 산화수는 +2, F의 산화수는 -1이다. O의 산화수는 0에서 +2로 증가되었으므로  $\text{O}_2(g)$ 는 산화되었고, 환원제로 작용한다.  
 ㉡.  $\text{Fe}$ 이  $\text{Fe}^{2+}$ 으로 산화되고,  $\text{Cu}^{2+}$ 이  $\text{Cu}$ 로 환원되며,  $\text{Cu}^{2+}$  1 mol이 반응하면  $\text{Fe}^{2+}$  1 mol이 생성되므로 반응 전과 후에 수용액 속 전체 이온의 양(mol)은 변화가 없다.  
 ⓪. 반응 전과 후에 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 Ag 원자 수로부터  $2a=c$ , S 원자 수로부터  $a=3d$ , Al 원자 수로부터

$b=2d$ 이므로 이를 만족하는  $a:b:c:d=3:2:6:1$ 이다. 반응 전과 후에 Ag의 감소한 총 산화수는 6이므로 6 mol의 전자가 이동할 때  $\text{Ag}(s)$  6 mol이 생성된다. 따라서  $\text{Ag}(s)$  1 mol이 생성되기 위해 이동하는 전자의 양은 1 mol이다.

## 02 산화수와 산화 환원 반응의 양적 관계

(가)에서 S의 산화수는 +4에서 +6으로 증가하고, Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소한다. (나)에서 N의 산화수는 +5에서 +2로 감소하고, S의 산화수는 -2에서 0으로 증가한다. (다)에서 Fe의 산화수는 +2에서 +3으로 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소한다. 산화수가 +5인 원자가 포함되어 있는 것은 (나)이므로 ㉠은 (나)이다.

(가)에서 산화제는  $\text{Cl}_2$ , 환원제는  $\text{SO}_2$ 이고, (나)에서 산화제는  $\text{HNO}_3$ , 환원제는  $\text{H}_2\text{S}$ 이며, (다)에서 산화제는  $\text{MnO}_4^-$ , 환원제는  $\text{Fe}^{2+}$ 이다.

반응하는 환원제의 양(mol)은 (가)가 1, (나)가  $\frac{3}{2}$ , (다)가 5이므로 ㉠은 (다)이고, ㉢은 (가)이다.

㉠. (나)의  $\text{HNO}_3$ 에서 N의 산화수가 +5이므로 ㉠은 (나)이다.

㉡. 반응하는 환원제의 양(mol)은 ㉠이  $\frac{3}{2}$ , ㉢이 5이므로 ㉡ > ㉠이다.

⓪. (가)~(다)에서 환원제는 각각  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ 이고, 환원제 1 mol이 반응할 때 반응하거나 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양은 (가)~(다)에서 각각 2 mol,  $\frac{4}{3}$  mol,  $\frac{4}{5}$  mol이므로 (가)(㉢)가 가장 많다.

## 03 산화 환원 반응식의 완성과 양적 관계

반응 전과 후에 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 O 원자 수로부터  $am+b+2=am+5$ 를 만족하는  $b=3$ 이다. H 원자 수로부터  $am+2=10$ 이므로  $am=8$ 이고, 전하량은 보존되므로  $-a-b-2=-an-b$ 를 만족하는  $an=a+2$ 이다. 반응물에서 X의 산화수는  $m-1$ , 생성물에서 X의 산화수는  $2m-n$ 이므로  $\frac{m-1}{2m-n}=\frac{1}{2}$ 을 만족하는  $n=2$ 이다. 따라서  $a=2$ ,  $m=4$ 이다.

⓪. Y의 산화수는  $\text{YO}^-$ 에서 +1,  $\text{Y}^-$ 에서 -1이므로  $\text{YO}^-$ 은 환원된다. 따라서  $\text{YO}^-$ 은 산화제이다.

㉠.  $(a+b) \times \frac{m}{n} = (2+3) \times \frac{4}{2} = 10$ 이다.

㉡. X의 산화수는  $\text{X(OH)}_4^-$ 에서 +3,  $\text{XO}_4^{2-}$ 에서 +6이므로 X의 산화수는 3 증가한다. 따라서  $\text{X(OH)}_m^-$  1 mol이 반응할 때 이동하는 전자의 양은 3 mol이다.

## 04 산화 환원 반응식의 완성과 양적 관계

Y의 산화수는 +7에서 +4로 감소하고, H와 O의 산화수는

변화가 없으므로 X의 산화수는 +2에서 +x로 증가한다. 따라서  $\text{YO}_4^-$ 은 환원되고  $\text{X}^{2+}$ 은 산화된다. 산화제( $\text{YO}_4^-$ )와 환원제( $\text{X}^{2+}$ )의 반응 몰비가  $1 : 3 = b : a$ 이므로  $a = 3b$ 이다. 반응 전과 후에 원자의 수는 변하지 않으므로 H 원자 수로부터  $2c = d$ 이고, O 원자 수로부터  $4b + c = 2b + d$ ,  $2b = c$ 이므로  $a : b : c : d = 3 : 1 : 2 : 4$ 이다.

$$\textcircled{O} \frac{c+d}{a+b} = \frac{2+4}{3+1} = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

☒ 반응 전과 후 전하량은 보존되므로  $2a - b = ax - d$ 이고, 이를 만족하는  $x = 3$ 이다.

◑  $\text{H}_2\text{O}$  2 mol이 반응할 때 이동하는 전자의 양이 3 mol이므로  $\text{H}_2\text{O}$  1 mol이 반응할 때 이동하는 전자의 양은 1.5 mol이다.

## 05 산화 환원 반응식의 완성과 양적 관계

반응 전과 후 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 (가)에서 O 원자 수로부터  $2n = 8$ 을 만족하는  $n = 4$ 이고, 전하량 보존으로부터  $5m - 2 + 16 = 5n + 2m$ 을 만족하는  $m = 2$ 이다.

(나)에서 O 원자 수로부터  $2a = c$ , H 원자 수로부터  $b = 2c$ , Cl 원자 수로부터  $b = 2a + 2d$ 이므로  $c = 2d$ 이다. 따라서  $a : b : c : d = 1 : 4 : 2 : 1$ 이다.

$$\text{☒} \frac{n}{m} = \frac{4}{2} = 2 \text{이다.}$$

$$\textcircled{O} \frac{c+d}{a+b} = \frac{2+1}{1+4} = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

◑ (가)에서 8 mol의  $\text{H}_2\text{O}$ 이 생성되기 위해 이동하는 전자의 양은 10 mol이고, (나)에서 2 mol의  $\text{H}_2\text{O}$ 이 생성되기 위해 이동하는 전자의 양은 2 mol이므로 1 mol의  $\text{H}_2\text{O}$ 이 생성되기 위해 이동하는 전자의 양(mol)은 (가)가 (나)의  $\frac{5}{4}$ 배이다.

## 06 금속과 금속 이온의 반응에서의 양적 관계

(나) 과정에서  $\text{A}^{2+}$ 이 들어 있는 수용액에 금속 B와 C를 넣어 반응이 완결되었을 때 수용액에  $\text{B}^+$ 과  $\text{C}^{3+}$ 이 들어 있으므로  $\text{A}^{2+}$ 은 모두 반응하였고, 금속 C가  $x \text{ g}$  남았으므로 B는 모두 반응하였다. (다) 과정에서  $\text{A}^{2+}$ 이 들어 있는 수용액을 추가하여 반응이 완결되었을 때 수용액에  $\text{B}^+$ 과  $\text{C}^{3+}$ 만 들어 있으므로  $\text{A}^{2+}$ 이 (나) 과정 후 남은 C와 모두 반응했음을 알 수 있다.

◑ (나) → (다)에서 증가한 전체 양이온의 양은 4N mol이고, (나) 과정 후 남은 C와 (다)에서 추가한  $\text{A}^{2+}$ 이 모두 반응하였으므로  $\text{C}^{3+}$  4N mol의 전하량과 반응한  $\text{A}^{2+}$ 의 총 전하량이 같아야 한다. 따라서  $\text{A}^{2+}$ 이 들어 있는 수용액 100 mL에 들어 있는  $\text{A}^{2+}$ 의 양은 6N mol이다.

☒ (나) 과정 후 수용액에 들어 있는  $\text{C}^{3+}$ 의 양을  $cN$  mol이라고 하면  $\text{B}^+$ 의 양은  $(6-c)N$  mol이며, 전체 전하량은 (가)와 (나)에

서 같으므로  $2 \times 6N = 1 \times (6-c)N + 3 \times cN$ 을 만족하는  $c = 3$ 이다. 따라서 (나) 과정 후 수용액에 들어 있는  $\frac{\text{C}^{3+} \text{의 양(mol)}}{\text{B}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{3N}{3N} = 1$ 이다.

◑ (나) 과정에서 반응한 C의 양은 처음 넣어 준 양의  $\frac{3}{7}$ 이므로 (나) 과정 후 남은 C의 양은 처음의  $\frac{4}{7}$ 이다. 따라서  $x = \frac{4}{7}w$ 이다.

## 07 금속과 산의 반응에서의 양적 관계

Ⅲ에서 넣어 준 A와 B의 질량이 I과 II에서 A와 B의 질량과 같고 금속 A 중 일부는 녹지 않고 남았으므로, 1 M  $\text{H}_2\text{X}(aq)$  V mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 은 모두  $\text{H}_2(g)$ 로 환원된다. 생성된  $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)이 4N이므로 1 M  $\text{H}_2\text{X}(aq)$  V mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 양(mol)은 8N이며  $\text{X}^{2-}$ 의 양(mol)은 4N이다.

◑ I에서 생성된  $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)이 3N이므로 반응한  $\text{H}^+$ 의 양(mol)은 6N이며, 반응하지 않고 남은  $\text{H}^+$ 의 양(mol)이 2N이다. 전체 이온의 양(mol)이 9N이므로 반응 결과 생성된 A 이온의 양(mol)은 3N이며, 넣어 준 A는 모두 반응하였다(남은  $\text{H}^+$  2N,  $\text{X}^{2-}$  4N).

◑ II에서 생성된  $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)이 3N이므로 반응한  $\text{H}^+$ 의 양(mol)은 6N이며, 반응하지 않고 남은  $\text{H}^+$ 의 양(mol)이 2N이다. 전체 이온의 양(mol)이 8N이므로 반응 결과 생성된 B 이온의 양(mol)은 2N(남은  $\text{H}^+$  2N,  $\text{X}^{2-}$  4N)이다.

$\text{H}^+$  6N mol과 각각 반응하여 생성된 A 이온과 B 이온의 양(mol)이 각각 3N, 2N이므로 A 이온의 산화수는 +2, B 이온의 산화수는 +3이다. 따라서  $\frac{\text{B 이온의 산화수}}{\text{A 이온의 산화수}} = \frac{3}{2}$ 이다.

☒ Ⅲ에서 B가 모두 반응하여  $\text{H}_2(g)$  3N mol이 생성되고, A의 일부가 반응하여  $\text{H}_2(g)$  N mol이 생성되므로 반응한 A의 양은 N mol이다. A  $a \text{ g}$ 의 양이 3N mol이므로 남은 A의 질량은  $\frac{2}{3}a \text{ g}$ 이다.

## 08 금속과 금속 이온의 반응에서의 양적 관계

(나)에서 넣어 준 C가 모두 반응하였으므로 C 이온의 양은 3N mol이고, 전체 전하량은 보존되므로  $\text{A}^{3+}$ 이 모두 반응하였다면 C 이온의 산화수가 +6이어야 하므로 모순이다. 따라서  $\text{B}^+$ 이 모두 반응하였음을 알 수 있다.

◑ (나)에서 2종류의 양이온 수 비가 1 : 2이므로 (가)에 들어 있는  $\text{B}^+$  6N mol은 C 3N mol과 모두 반응한다. 반응 전후의 전하량은 보존되고  $\text{B}^+$ 과 C 이온의 반응 몰비가 2 : 1이므로 이온의 산화수비는 B : C = 1 : 2이다. 따라서 C 이온은  $\text{C}^{2+}$ 이다.

☒ (나)의 수용액에 들어 있는 금속 이온의 양은  $\text{A}^{3+}$  6N mol,

$C^{2+} 3N$  mol이며, C를  $3N$  mol 추가하면  $A^{3+} 2N$  mol이 환원되고 C가  $3N$  mol 산화되어  $C^{2+} 3N$  mol이 생성되므로 수용액에는  $A^{3+} 4N$  mol,  $C^{2+} 6N$  mol이 들어 있다. 따라서 이온수 비율은  $A^{3+}$ 이  $\frac{2}{5}$ ,  $C^{2+}$ 이  $\frac{3}{5}$ 이므로 ㉠은  $A^{3+}$ 이다.

☒. (다)에서 수용액에 들어 있는 전체 양이온의 양(mol)=  
(나)에서 수용액에 들어 있는 전체 양이온의 양(mol)=  
 $\frac{4N+6N}{6N+3N} = \frac{10}{9}$ 이다.

## 09 금속과 금속 이온의 반응에서의 양적 관계

산화되는 금속의 양이온 수는 증가하고, 환원되는 금속 양이온 수는 감소한다. 반응이 진행된 후 (가)와 (나)에서  $0 \sim t$  min 동안

이동한 전자의 양(mol)이 같고,  $\frac{(나)에서 B^{2+}의 양(mol)}{(가)에서 B^{2+}의 양(mol)} = \frac{3}{5}$

이므로 (가)에서는  $B^{2+}$ 의 양(mol)이 증가(B가  $B^{2+}$ 로 산화), (나)에서는  $B^{2+}$ 의 양(mol)이 감소( $B^{2+}$ 이 B로 환원)했음을 알 수 있다. 이때 이동한 전자의 양을  $2xN$  mol이라고 하면  $B^{2+}$ 의 양은 (가)에서  $(1-x)N$  mol, (나)에서  $(1+x)N$  mol이다.

$\frac{(1-x)N}{(1+x)N} = \frac{3}{5}$ 이므로 이를 만족하는  $x = \frac{1}{4}$ 이고, 이동한 전자의 양은  $\frac{1}{2}N$  mol이다.

(가)에서  $A^+$ 은 A로 환원되고, (나)에서 C는  $C^{c+}$ 으로 산화되므로 이동한 전자의 양이  $\frac{1}{2}N$  mol일 때  $\frac{(나)에서 C^{c+}의 양(mol)}{(가)에서 A^+의 양(mol)}$

$$= \frac{\left(1 + \frac{1}{2c}\right)N}{\left(1 - \frac{1}{2}\right)N} = \frac{7}{3}$$

을 만족하는  $c = 3$ 이다.

$t$  min일 때 (가)에서 금속 A의 양은  $\left(1 + \frac{1}{2}\right)N$  mol, B의 양은

$\left(1 - \frac{1}{4}\right)N$  mol이고, (나)에서 B의 양은  $\left(1 + \frac{1}{4}\right)N$  mol, C의 양은  $\left(1 - \frac{1}{6}\right)N$  mol이므로  $\frac{(나)에서 전체 금속의 양(mol)}{(가)에서 전체 금속의 양(mol)} \times c$

$$= \frac{\left(\frac{5}{4} + \frac{5}{6}\right)N}{\left(\frac{3}{2} + \frac{3}{4}\right)N} \times 3 = \frac{25}{9}$$

이다.

## 10 금속과 금속 이온의 반응에서의 양적 관계

(가)와 (나)를 혼합했을 때  $B(s)$ 가 석출되었으므로  $B^{a+}$ 이  $B(s)$ 로 환원되었으며, 이온의 양(mol)이  $A^{b+} > A^{a+}$ 이므로  $A^{a+}$ 이 산화되어  $A^{b+}$ 이 생성되었음을 알 수 있다. 따라서  $b > a$ 이다.  $b=2$ ,  $a=1$ 이면  $A^+$ 은  $A^{2+}$ 으로 산화되고  $B^+$ 은 B로 환원되며, 이동한 전자의 양(mol)이 같으므로 (다)에서 이온의 양(mol)이  $A^+$ 과  $B^+$ 이 같게 되어  $y > x$ 인 조건에 모순이 된다.  $b=3$ ,  $a=1$

이면  $A^+$ 은  $A^{3+}$ 으로 산화되고,  $B^+$ 은 B로 환원되며, 이동한 전자의 양(mol)이 같으므로 이온의 양(mol)이  $A^+ > B^+$ 이 되어  $y > x$ 인 조건에 모순이 된다. 따라서  $b=3$ ,  $a=2$ 이다.

반응한  $B^{2+}$ 의 양을  $zN$  mol이라고 하면, (다)에서 이온의 양은  $A^{2+}$ 이  $(1-2z)N$  mol,  $A^{3+}$ 은  $(1+2z)N$  mol이므로  $(1-2z) : (1+2z) = 1 : 2$ 를 만족하는  $z = \frac{1}{6}$ 이다. 따라서 (다)에 들어 있는 이온의 양(mol)은  $A^{2+}$ 이  $xN = (1-2z)N = \frac{2}{3}N$ ,

$A^{3+}$ 은  $2xN = \frac{4}{3}N$ ,  $B^{2+}$ 은  $(1-z)N = \frac{5}{6}N = yN$ 이다. 따라서

$$(a+b) \times \frac{x}{y} = (2+3) \times \frac{\frac{2}{3}}{\frac{5}{6}} = 4$$

이다.

## 11 화학 반응에서 출입하는 열

$A(s) \sim C(s)$ 의 물에 대한 용해 반응에서 I ~ III 중 흡열 반응이 일어난 것은 1가지이고,  $t_1 > t_3 > t_2$ 이므로  $B(s)$ 의 용해 반응이 흡열 반응이고,  $A(s)$ 와  $C(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이다.

- Ⓐ.  $A(s)$ 의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이므로  $t_1 > 25$ 이다.  
Ⓑ.  $B(s)$ 의 물에 대한 용해 반응은 흡열 반응이다.

☒.  $C(s)$ 의 용해 반응이 발열 반응이므로 물 100 g에 용해되는  $C(s)$ 의 질량이  $\frac{1}{2}$ 배로 감소하더라도 수용액의 최고 온도는 25°C보다 높으며,  $t_2 < 25$ 이므로  $C(s) w g$ 이 물 100 g에 용해될 때 최고 온도는  $t_2$  °C보다 높다.

## 12 화학 반응에서 출입하는 열

생석회의 물에 대한 용해 반응으로 용액의 온도가 높아졌으므로 생석회의 용해 반응은 발열 반응이다.

- Ⓐ.  $CaO$ 의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.  
☒.  $CaO$ 이 물에 용해되는 과정에서 Ca의 산화수는 반응 전과 후에 +2로 같다.  
☒. (다) 과정에서 모든 원소들의 산화수 변화가 없으므로 (다) 과정에서 일어나는 반응은 산화 환원 반응이 아니다.