

과학탐구영역

화학 I



답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 5쪽

정답 ③

㉠. 메테인(CH_4)과 아세트산(CH_3COOH)은 탄소 화합물이지만, 질산 암모늄(NH_4NO_3)은 탄소 화합물이 아니다. 따라서 탄소 화합물은 2가지이다.

㉡. 아세트산(CH_3COOH)은 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓는 산이므로 수용액이 산성이다.

㉢. 질산 암모늄(NH_4NO_3)이 물에 용해될 때 열을 흡수하므로 수용액의 온도는 내려간다. 따라서 질산 암모늄(NH_4NO_3)은 냉각 팩을 만드는 데 이용된다.

수능 2점 테스트

본문 6쪽

01 ③

02 ①

03 ⑤

04 ③

01 화학의 유용성

하버와 보슈는 공기 중의 질소(N_2) 기체를 수소(H_2) 기체와 반응시켜 암모니아(NH_3)를 대량 합성하는 생산 공정을 개발하였고, 질소 비료의 대량 생산을 가능케 하여 식량 문제 해결에 기여하였다.

㉠. NH_3 는 식물에게 필요한 질소(N)를 공급하기 위해 질소 비료를 만드는 데 이용된다.

㉡. NH_3 는 질소(N), 수소(H)로 구성된 물질이므로 탄소 화합물이 아니다.

㉢. NH_3 분자에서 중심 원자인 질소(N) 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

02 화학의 유용성

최초로 개발된 합성 섬유인 나일론은 의류 문제 해결에 기여하였다.

㉠. 최초로 개발된 합성 섬유는 나일론이다.

㉡. 나일론은 천연 섬유인 면에 비해 흡습성이 좋지 않다.

㉢. 합성 섬유는 대량 생산이 가능하다.

03 탄소 화합물의 유용성

아세트산(CH_3COOH)은 식초의 성분으로 신맛이 있으며, 물에 녹아 산성을 띤다.

㉠. CH_3COOH 은 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 구성된 탄소 화합물이다.

㉡. CH_3COOH 에는 2중 결합($\text{C}=\text{O}$)이 있다.

㉢. CH_3COOH 은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓는 산이므로 수용액은 산성이다.

04 탄소 화합물의 유용성

(가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 에탄(C_2H_4), 에테인(C_2H_6)이고, 모두 탄소(C)와 수소(H)로 구성된 탄소 화합물이다.

㉠. (가)~(다)는 모두 C, H로 구성된 탄소 화합물이다.

㉡. (가)와 (다)의 분자에는 단일 결합만 있고, 이중 결합은 없지만, (나)의 분자에는 2중 결합($\text{C}=\text{C}$)이 있다.

㉢. (가)~(다) 모두 C, H로 구성된 물질이므로 완전 연소시켰을 때 CO_2 와 H_2O 이 생성된다.

수능 3점 테스트

본문 7쪽

01 ⑤

02 ③

01 화학의 유용성

화학 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 같아야 하므로 (가)와 (나)의 화학 반응식은 다음과 같고, ㉠은 암모니아(NH_3)이다.

(가) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$

(나) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

㉡. NH_3 는 분자당 구성 원자 수가 4이다.

㉢. NH_3 는 질소 비료를 만드는 데 이용된다.

㉣. (나)에서 NH_3 는 H_2O 로부터 양성자(H^+)를 받아 NH_4^+ 을 생성하므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 탄소 화합물의 유용성

(가)~(다) 중 의약품 소독제로 이용되는 (가)는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

이다. $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 메테인(CH_4), 아세트산(CH_3COOH)이 각각

4, 2이므로 (나)는 메테인, (다)는 아세트산이다.

㉠. (가)는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}} = \frac{6}{2} = 3$ 이다.

㉡. (나)는 메테인으로 천연 가스의 주성분이다.

㉢. (다)는 아세트산으로 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이다. 따라서 (다)의 수용액은 산성이다.

THEME

02

문

많은 풀 문제로 유형 익히기

본문 9쪽

정답 ①

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피가 같을 때 기체의 질량은 기체의 밀도에 비례한다.

전체 기체의 밀도비가 (가) : (나) = 25 : 28이므로 (가)와 (나)의 부피가 같다고 하면, (가)와 (나)에 들어 있는 전체 기체의 질량(g)은 각각 $25w$, $28w$ 이다. (가)에서 기체의 질량비가 $XY_2 : XY_3 = 4 : 1$ 이므로 XY_2 , XY_3 의 질량(g)은 각각 $20w$, $5w$ 이고, (나)에서 기체의 질량비가 $XY_2 : XY_3 = 2 : 5$ 이므로 XY_2 , XY_3 의 질량(g)은 각각 $8w$, $20w$ 이다. 또한 (가)에서 XY_2 , XY_3 의 양을 각각 $5m$ mol, n mol이라고 하면 (나)에서 XY_2 , XY_3 의 양은 각각 $2m$ mol, $4n$ mol이고, $5m + n = 2m + 4n$ 이므로 $m = n$ 이다. 따라서 분자량비는

$$XY_2 : XY_3 = \frac{20w}{5n} : \frac{5w}{n} = 4 : 5 \text{이고, 원자량비는}$$

$X : Y = 2 : 1$ 이다. (가)에서 XY_2 , XY_3 의 양을 각각 $5n$ mol, n mol이라고 하면 (나)에서 XY_2 , XY_3 의 양은 각각

$$2n \text{ mol, } 4n \text{ mol이므로 (가)에서 } \frac{Y \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}} \text{는 } a = \frac{10n + 3n}{5n + n}$$

$$= \frac{13}{6} \text{이고, (나)에서 } \frac{Y \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}} \text{는 } b = \frac{4n + 12n}{2n + 4n} = \frac{8}{3} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } \frac{Y \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}} \times \frac{b}{a} = \frac{1}{2} \times \frac{\frac{8}{3}}{\frac{13}{6}} = \frac{8}{13} \text{이다.}$$

수능 2점 테스트

본문 10~11쪽

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

01 물과 화학식량

원자 1개의 질량 또는 원자의 상대적 질량인 원자량은 같은 질량에 들어 있는 원자 수에 반비례한다. 따라서 원자량비는

$$X : Y = \frac{1}{3} : \frac{1}{1} = 1 : 3 \text{이고, } Y : Z = \frac{1}{4} : \frac{1}{3} = 3 : 4 \text{이므로 } X :$$

$Y : Z = 1 : 3 : 4$ 이다. X~Z의 원자량을 각각 k , $3k$, $4k$ 라고 하면

$$\frac{Z \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량} + Y \text{의 원자량}} = \frac{4k}{k + 3k} = 1 \text{이다.}$$

02 물과 화학식량

분자량은 분자를 구성하는 모든 원자의 원자량을 합한 값과 같다. 원자량비는 원자 1개의 질량비와 같으므로 $X : Y = 3 : 4$ 이다. X, Y의 원자량을 각각 $3k$, $4k$ 라고 하면

$$\frac{XY_2 \text{의 분자량}}{XY \text{의 분자량}} = \frac{3k + 2 \times 4k}{3k + 4k} = \frac{11}{7} \text{이다.}$$

03 물과 화학식량

(가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH)이다. CH_4 , C_2H_5OH , CH_3COOH 의 분자량은 각각 16, 46, 60이다.

㉠ CH_4 분자를 구성하는 원자 수비가 C : H = 1 : 4이므로 CH_4 에서 $\frac{H \text{의 질량}}{C \text{의 질량}} = \frac{4 \times 1}{1 \times 12} = \frac{1}{3}$ 이다.

㉡ 1g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례한다. 1g에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{16} : \frac{1}{46} = 23 : 8$ 이므로 1g에 들어 있는 분자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

㉢ C_2H_5OH , CH_3COOH 분자에 들어 있는 O 원자 수는 각각 1, 2이므로 1g에 들어 있는 O 원자 수비는 (나) : (다) = $\frac{1}{46} : \frac{2}{60} = 15 : 23$ 이다.

04 물과 화학식량

H_2O 의 분자량은 18이므로 H_2O 36g (= 2 mol)에 들어 있는 O 원자의 양은 2 mol이다. 염화 칼슘($CaCl_2$)은 Ca^{2+} 과 Cl^- 이 1 : 2로 결합한 이온 결합 물질이므로 $CaCl_2$ 1 mol에 들어 있는 Ca^{2+} 과 Cl^- 의 양은 각각 1 mol, 2 mol이다. 따라서 $CaCl_2$ 1 mol에 들어 있는 모든 이온의 양은 3 mol이다. 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 CH_4 기체 11.2 L (= $\frac{1}{2}$ mol)에 들어 있는 H 원자의 양은 $4 \times \frac{1}{2} = 2$ (mol)이다. $x + y + z = 2 + 3 + 2 = 7$ 이다.

05 물과 화학식량

CO_2 , O_3 의 분자당 O 원자 수가 각각 2, 3인데 실린더 (가), (나)에 들어 있는 O 원자 수가 같으므로 기체 분자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 3 : 2$ 이다.

㉠ 같은 온도, 압력에서 기체의 부피는 기체 분자 수에 비례한다. 실린더에 들어 있는 기체 분자 수비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 기체의 부피비도 (가) : (나) = 3 : 2이다. (가)의 부피가 V L이므로 (나)의 부피는 $\frac{2}{3}V$ L이다. 따라서 $x = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡ 기체 분자 수비가 (가) : (나) = 3 : 2이고, CO_2 , O_3 의 분자량은 각각 44, 48이므로 기체의 질량비는 (가) : (나) = $3 \times 44 : 2 \times 48 = 11 : 8$ 이다. 따라서 $w_1 > w_2$ 이다.

㉢ 같은 온도, 압력에서 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례하므로 (나)가 (가)보다 크다.

06 물과 화학식량

같은 온도, 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 들어 있는 분자 수가 같으므로 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례한다.

㉠. N_2 의 분자량이 28이므로 (가)에 들어 있는 N_2 의 양은 $\frac{5.6}{28}=0.2$ (mol)이다. $t^\circ C$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 $\frac{V}{0.2}=5V(L)$ 이다.

㉡. 기체의 부피비가 (가) : (나) = $V : 1.5V = 2 : 3$ 이므로 용기에 들어 있는 기체의 몰비는 (가) : (나) = $2 : 3$ 이다. 기체의 질량비도 (가) : (나) = $5.6 : 8.4 = 2 : 3$ 이므로 분자량은 (가)와 (나)가 같다.

㉢. C_nH_{2n} 의 분자량이 28이므로 $n \times 12 + 2n \times 1 = 28$ 이다. 따라서 $n=2$ 이고, (나)의 분자식은 C_2H_4 이다.

07 물과 화학식량

같은 온도, 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 들어 있는 분자 수가 같으므로 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례한다.

㉠. $t^\circ C$, 1 atm에서 1 g의 부피비가 (가) : (나) = $22V : 15V = 22 : 15$ 이므로 기체의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{1}{22} : \frac{1}{15} = 15 : 22$ 이다.

㉡. 분자량비가 $XY : X_2Y = 15 : 22$ 이므로 XY , X_2Y 의 분자량을 각각 $15k$, $22k$ 라고 하고, X, Y의 원자량을 각각 x , y 라고 하면 $x+y=15k$, $2x+y=22k$ 이고, $x=7k$, $y=8k$ 이다. 따라서 원자량은 Y가 X보다 크다.

㉢. 1 g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례하고, XY , X_2Y 의 분자당 구성 원자 수가 각각 2, 3이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{2}{15k} : \frac{3}{22k} = 44 : 45$ 이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (나)가 (가)보다 크다.

08 물과 화학식량

XY_2 , XY_3 의 분자당 구성 원자 수가 각각 3, 4이므로 1 g에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나) = $\frac{15N}{3} : \frac{16N}{4} = 5 : 4$ 이다.

㉠. 1 g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자량비는 (가) : (나) = $\frac{1}{5} : \frac{1}{4} = 4 : 5$ 이다.

㉡. 분자량비가 $XY_2 : XY_3 = 4 : 5$ 이므로 XY_2 , XY_3 의 분자량을 각각 $4k$, $5k$ 라고 하고, X, Y의 원자량을 각각 x , y 라고 하면 $x+2y=4k$, $x+3y=5k$ 이고, $x=2k$, $y=k$ 이다. 따라서 원자량은 X가 Y의 2배이다.

㉢. $\frac{(나) 1g에 들어 있는 X 원자 수}{(가) 1g에 들어 있는 Y 원자 수} = \frac{\frac{1}{5k}}{\frac{2}{4k}} = \frac{2}{5}$ 이다.

01 물과 화학식량

원자량은 원자의 상대적인 질량으로 원자량비는 원자 1개의 질량비와 같다.

㉡. 원자량비는 $X : Y = w : \frac{8}{7}w = 7 : 8$ 이다. 따라서 원자량은 Y가 X보다 크다.

㉢. 원자 1 mol의 질량은 원자 1개의 질량에 아보가드로수(N_A)를 곱한 값과 같다. 따라서 X 1 mol의 질량은 wN_A g이다.

㉣. XY_2 1 mol의 질량은 $w \times N_A + 2 \times \frac{8}{7}w \times N_A = \frac{23}{7}wN_A(g)$ 이다. 화학식량에 g을 붙인 질량이 물질 1 mol의 질량이므로 XY_2 의 화학식량은 $\frac{23}{7}wN_A$ 이다.

02 물과 화학식량

같은 온도, 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 들어 있는 분자 수가 같으므로 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례한다. 기체의 부피비가 (가) : (나) = 1 : 2이므로 용기에 들어 있는 기체의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.

㉠. (나)에 들어 있는 H 원자의 양이 4 mol이므로 (나)에 들어 있는 H_2 의 양은 2 mol이다. H_2 의 분자량이 2이므로 (나)에 들어 있는 H_2 의 질량은 $2 \times 2 g = 4 g$ 이고, $w=4$ 이다.

㉡. (가)에 들어 있는 X의 양은 1 mol이고, 전체 원자 수가 3 mol이므로 X는 분자당 구성 원자 수가 3이다.

㉢. X 1 mol의 질량이 $16w = 16 \times 4 = 64(g)$ 이므로 X의 분자량은 64이다.

03 물과 화학식량

(가), (나)의 분자당 구성 원자 수가 각각 2, 3이므로 (가)는 XY 이고, (나)는 XY_2 , X_2Y 중 하나이다. (가), (나)는 1 g에 들어 있는 전체 원자 수가 각각 $22N$, $21N$ 이므로 1 g에 들어 있는 분자 수는 각각 $11N (= \frac{22N}{2})$, $7N (= \frac{21N}{3})$ 이다. 1 g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자량비는 (가) : (나) = $\frac{1}{11N} : \frac{1}{7N} = 7 : 11$ 이다. (가), (나)의 분자량을 각각 $7k$, $11k$ 라고 하면, 원자량은 Y가 X보다 크므로 (나)는 XY_2 이고, X, Y의 원자량은 각각 $3k$, $4k$ 이다. $\frac{Y의 원자량}{X의 원자량} = \frac{4k}{3k} = \frac{4}{3}$ 이다.

04 물과 화학식량

일정한 질량의 A에 결합하는 B의 질량은 $AB_2 > A_2B_3 > A_2B$ 이다.

(가)~(다)에서 $\frac{B의 질량}{A의 질량}$ 이 각각 $\frac{4}{7}$, $\frac{12}{7}$, $\frac{16}{7}$ 이므로 (가)는 A_2B ,

(나)는 A_2B_3 , (다)는 AB_2 이다.

㉠. (다)는 일정한 질량의 A에 결합하는 B의 질량이 가장 큰 AB_2 이다.

㉡. (다)인 AB_2 에서 $\frac{B의 질량}{A의 질량} = \frac{16}{7}$ 이므로 원자량비는 $A : B =$

수능 3점 테스트

본문 12~14쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ③
06 ②

7 : 8이다. 따라서 원자량은 B가 A보다 크다.

✗ A, B의 원자량을 각각 $7k, 8k$ 라고 하면, (가)인 A_2B 의 분자량은 $22k(=2 \times 7k + 1 \times 8k)$, (나)인 A_2B_3 의 분자량은 $38k(=2 \times 7k + 3 \times 8k)$ 이다. 1g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례하고, A_2B, A_2B_3 의 분자당 구성 원자 수가 각각 3, 5이므로 1g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{3}{22k} : \frac{5}{38k} = 57 : 55$ 이다. 따라서 1g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

05 물과 화학식량

1g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례한다.

㉠ 1g에 들어 있는 분자 수는 (나)가 (가)의 2배이므로 분자량은 (가)가 (나)의 2배이다.

㉡ 1g에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나) = 1 : 2이고, (가), (나)는 분자당 구성 원자 수가 각각 2, 5이므로 $\frac{(나) \text{ 1g당 전체 원자 수}}{(가) \text{ 1g당 전체 원자 수}} = \frac{2 \times 5}{1 \times 2} = 5$ 이다.

✗ X_2, Y_nZ_{5-n} 의 분자량을 각각 $2a, a$ 라고 하면,

(나) 1g에 들어 있는 Z 원자 수 $\frac{5-n}{a}$ = 4이므로 $\frac{5-n}{2a} = 4$ 이다. 따라서 (가) 1g에 들어 있는 X 원자 수 $\frac{2}{2a}$

$n=1$ 이고, (나)는 YZ_4 이므로 $\frac{(나) \text{ 1g에 들어 있는 Y 원자 수}}{(가) \text{ 1g에 들어 있는 X 원자 수}} = 1$ 이다.

06 물과 화학식량

(가)~(라)의 분자식은 각각 AB, AB_2, A_2B, A_2B_4 이다.

✗ (가), (다)의 분자식은 각각 AB, A_2B 이므로 A, B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 $\frac{B \text{의 질량}}{A \text{의 질량}}$ 의 비는 (가) : (다) = $\frac{b}{a} : \frac{b}{2a} =$

2 : 1이다. 따라서 $\frac{B \text{의 질량}}{A \text{의 질량}}$ 은 (가)가 (다)의 2배이다.

㉠ (가), (나)의 분자식은 각각 AB, AB_2 이므로 (가), (나)의 분자량은 각각 $a+b, a+2b$ 이고, 1g에 들어 있는 A 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{a+b} : \frac{1}{a+2b} = a+2b : a+b$ 이다. 따라서 1g에 들어 있는 A 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

✗ (나), (라)의 분자식은 각각 AB_2, A_2B_4 이므로 분자량은 (라)가 (나)의 2배이다. 1g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례하므로 (나)가 (라)의 2배이다. 하지만 분자당 구성 원자 수가 (라)가 (나)의 2배이므로 1g에 들어 있는 전체 원자 수는 (나)와 (라)가 같다. 1g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (라) = $\frac{3}{a+2b} : \frac{6}{2a+4b} = 1 : 1$ 이다.

THEME

03

화학 반응식

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 16쪽

정답 ③

반응 계수비가 $MCO_3(s) : MO(s) : CO_2(g) = 1 : 1 : 1$ 이고, $t^\circ C, 1 \text{ atm}$ 에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 생성된 $CO_2(g)$ 의 양은 $\frac{0.12}{24} = 0.005 \text{ (mol)}$ 이고, 반응한 $MCO_3(s)$ 의 양도 0.005 mol, 생성된 $MO(s)$ 의 양도 0.005 mol이다. 또한 생성된 $MO(s)$ 의 질량(g)이 $0.56w$ 이므로 생성된 $CO_2(g)$ 의 질량(g)은 $w - 0.56w = 0.44w$ 이다.

MCO_3 의 화학식량은 $\frac{w}{0.005} = 200w$ 이고, CO_2 의 분자량은 $\frac{0.44w}{0.005} = 88w$ 이다.

C, O의 원자량은 각각 12, 16이므로 M의 원자량을 x 라고 하면 MCO_3 의 화학식량은 $x+60$ 이고, CO_2 의 분자량은 44이다. 따라서 $200w = x+60, 88w = 44$ 이므로 $w = 0.5$ 이고, $x = 40$ 이다.

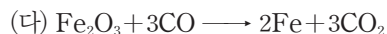
수능 2점 테스트

본문 17~18쪽

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

01 화학 반응식

화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 반응 (가)~(다)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



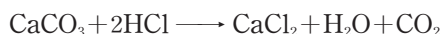
㉠ ㉠은 CO_2 이다.

㉡ 반응 몰비는 반응 계수비와 같다. (나)에서 반응 계수비가 $O_2 : CO = 1 : 2$ 이므로 CO 1 mol이 생성될 때 반응한 O_2 의 양은 0.5 mol이다.

㉢ (다)에서 반응 계수 $a=3, b=2$ 이므로 $a+b=5$ 이다.

02 화학 반응식

화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 주어진 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



✗ ㉠은 H_2O 이다.

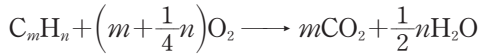
㉡ 반응 몰비는 반응 계수비와 같다. 반응 계수비가 $HCl : CO_2 = 2 : 1$ 이므로 CO_2 0.02 mol이 생성되었을 때 반응한 HCl 의 양은 0.04 mol이다.

㉢ 반응 계수비가 $CaCO_3 : CO_2 = 1 : 1$ 이므로 CO_2 0.02 mol이

생성되었을 때 반응한 CaCO_3 w g의 양은 0.02 mol이다. CaCO_3 의 화학식량은 100이므로 $w=0.02 \times 100=2$ 이다.

03 화학 반응식

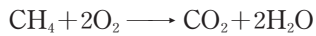
화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 주어진 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



반응 계수 $a=m + \frac{1}{4}n$, $b=m$, $c=\frac{1}{2}n$ 이므로 $a+b+c=2m + \frac{3}{4}n$ 이다.

04 화학 반응의 양적 관계

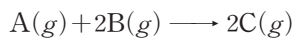
화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 메테인(CH_4)의 완전 연소 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



반응 몰비는 반응 계수비와 같다. CO_2 0.2 mol이 생성되었으므로 완전 연소된 CH_4 의 양은 $x=0.2$ (mol), 생성된 H_2O 의 양은 $y=0.4$ (mol)이다. 이때 반응한 O_2 의 양은 0.4 mol인데 반응 전 O_2 의 양이 1 mol이므로 반응 후 남은 O_2 의 양은 $z=1-0.4=0.6$ (mol)이다. 따라서 $x+y+z=1.2$ 이다.

05 화학 반응식

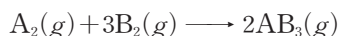
실험 I~IV에서 생성된 C의 양(mol)을 비교하면, A $3n$ mol이 모두 반응했을 때 생성된 C의 양이 $6n$ mol이므로 III에서 A와 B가 모두 반응한다는 것을 알 수 있다. 따라서 반응 몰비는 $A : B : C = 3n : 6n : 6n = 1 : 2 : 2$ 이고, 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 주어진 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



반응 계수 $a=1$, $b=2$, $c=2$ 이므로 $\frac{c}{a+b}=\frac{2}{3}$ 이다.

06 화학 반응의 양적 관계

실험 I과 II에서 생성된 X의 양(mol)이 같고, II에서 남은 반응물이 A_2 이므로 반응 몰비는 $A_2 : B_2 : X = 0.1 : 0.3 : 0.2 = 1 : 3 : 2$ 이다. 따라서 화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 주어진 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



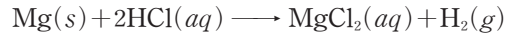
✗. 반응 계수 $b=3$, $c=2$ 이므로 $b+c=5$ 이다.

○. I에서 남은 반응물 ①은 B_2 이다. 남은 B_2 의 양은 0.1 mol이다.

✗. 생성물 X의 분자식은 AB_3 이다.

07 화학 반응의 양적 관계

마그네슘(Mg)을 $\text{HCl}(aq)$ 에 넣었을 때 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



○. 기체 1 mol의 부피가 24 L이므로 생성된 H_2 0.048 L의 양은 0.002 mol이다.

○. $a=2$, $b=1$ 이므로 $a+b=3$ 이다.

✗. 반응 몰비는 반응 계수비와 같다. 반응 계수비가 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 H_2 0.002 mol이 생성되었을 때 반응한 Mg w g의 양은 0.002 mol이다. 따라서 Mg의 원자량은 $\frac{w}{0.002}=500w$ 이다.

08 화학 반응의 양적 관계

같은 온도, 압력에서 기체의 부피는 기체 분자 수에 비례한다. 주어진 기체 반응은 반응물의 계수의 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응 전과 후 기체 분자 수가 변하지 않는 반응이다. 따라서 반응 전 전체 기체의 부피도 I과 II에서 같다. A 0.2 g, B 3.8 g의 양(mol)을 각각 a , b 라고 하면 반응 전 기체에 대한 자료는 다음과 같다.

| 실험 | 반응 전 | | |
|----|-----------|-----------|--------------|
| | A의 양(mol) | B의 양(mol) | 전체 기체의 부피(L) |
| I | $2a$ | b | V |
| II | a | $2b$ | V |

$2a+b=a+2b$ 이므로 $a=b$ 이고, 분자량비는 $A : B = \frac{0.2}{a} : \frac{3.8}{b} = 1 : 19$ 이다. 반응 질량비는 $A : B : C = 1 : 19 : (1+19) = 1 : 19 : 20$ 이고, 반응 몰비는 반응 계수비와 같으므로 $A : B : C = 1 : 1 : 2$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : B : C = \frac{1}{1} : \frac{19}{1} : \frac{20}{2} = 1 : 19 : 10$ 이므로 $\frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{10}{1} = 10$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 19~21쪽

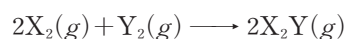
01 ③ 02 ① 03 ② 04 ② 05 ④
06 ①

01 화학 반응의 양적 관계

반응 전과 후 기체 분자의 종류와 수를 비교하면 반응물과 생성물의 분자식이나 반응의 양적 관계를 알 수 있다.

○. 반응 후 새로 생성된 분자 모형을 보면 생성물의 분자식은 X_2Y 이다.

✗. 반응 후 Y_2 분자 1개가 반응하지 않고 남아 있으므로 X_2 분자 4개와 Y_2 분자 2개가 반응하여 X_2Y 분자 4개를 생성한다는 것을 알 수 있다. 따라서 X_2 와 Y_2 가 반응하여 X_2Y 를 생성하는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



원자량비는 $X : Y = 7 : 8$ 이므로 X, Y의 원자량을 각각 $7k$, $8k$ 라

고 하면 X_2 , Y_2 의 분자량은 각각 $14k$, $16k$ 이다. X_2 와 Y_2 는 2 : 1의 몰비로 반응하므로 반응 질량비는 $X_2 : Y_2 = 2 \times 14k : 1 \times 16k = 7 : 4$ 이다.

㉔ 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례한다. 따라서 반응 전 전체 기체 분자 수는 7, 반응 후 전체 기체 분자 수는 5이

므로 $\frac{\text{반응 후 전체 기체의 부피}}{\text{반응 전 전체 기체의 부피}} = \frac{5}{7}$ 이다.

02 화학 반응의 양적 관계

화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 프로페인(C_3H_8)의 완전 연소 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



반응 몰비는 반응 계수비와 같다. C_3H_8 0.02 mol이 반응하였으므로 생성된 CO_2 의 양은 $b = 0.06$ (mol), H_2O 의 양은 $c = 0.08$ (mol)이다. 이때 반응한 O_2 의 양은 0.1 mol인데 반응 전 O_2 의 양이 a mol이므로 반응 후 남은 O_2 의 양은 $d = a - 0.1$ (mol)이다.

✕ $b = 0.06$, $c = 0.08$ 이므로 $\frac{c}{b} = \frac{0.08}{0.06} = \frac{4}{3}$ 이다.

㉔ 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로

$$\frac{\text{반응 후 기체의 부피}}{\text{반응 전 기체의 부피}} = \frac{10}{9} = \frac{b+c+d}{0.02+a} = \frac{0.06+0.08+(a-0.1)}{0.02+a}$$

이고, $a = 0.16$, $d = 0.06$ 이다. 따라서 $a + d = 0.22$ 이다.

✕ 반응 전과 후 실린더에 들어 있는 물질의 전체 질량은 변하지 않으므로 기체의 밀도는 기체의 부피에 반비례한다.

$\frac{\text{반응 후 전체 기체의 밀도}}{\text{반응 전 전체 기체의 밀도}} = \frac{9}{10}$ 이다.

03 화학 반응의 양적 관계

넣어 준 B의 질량에 따른 반응 후 전체 기체의 부피 변화를 그래프로 그려 보면, B를 넣기 전 A w g의 부피는 $2V$ L이고, 넣어 준 B의 질량이 $4w$ g일 때 A w g과 B $4w$ g이 모두 반응하여 C $4V$ L를 생성한다는 것을 알 수 있다. 또한 넣어 준 B의 질량이 $6w$ g일 때 반응 후 전체 기체의 부피가 $6V$ L이므로 반응하지 않고 남은 B $2w$ g의 부피는 $2V$ L이다.

| | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| 넣어 준 B의 질량(g) | 0 | $2w$ | $4w$ | $6w$ | $8w$ |
| 반응 후 전체 기체의 부피(L) | $2V$ | $3V$ | $4V$ | $6V$ | $8V$ |

✕ 기체 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 넣어 준 B의 질량이 $4w$ g일 때 반응 몰비는 $A : B : C = 2V : 4V : 4V = 1 : 2 : 2$ 이고, $b = 2$ 이다.

㉔ 반응 전 A의 부피는 $2V$ L이다.

✕ 반응 질량비는 $A : B : C = w : 4w : (w + 4w) = 1 : 4 : 5$ 이므로 분자량비는 $A : B : C = \frac{1}{1} : \frac{4}{2} : \frac{5}{2} = 2 : 4 : 5$ 이다. 따라서

$\frac{\text{B의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = 2$ 이다.

04 화학 반응의 양적 관계

반응 전과 후 물질의 총 질량은 변하지 않는다. I에서 반응 후 질량비가 $A : C = 1 : 23$ 이므로 반응 전 A, B의 질량을 각각 8 g, 16 g으로 놓으면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | | | | |
|---------|----|---|-----|-------------------|-----|----|
| | A | + | 2B | \longrightarrow | 2C | 전체 |
| 반응 전(g) | 8 | | 16 | | 0 | 24 |
| 반응(g) | -7 | | -16 | | +23 | |
| 반응 후(g) | 1 | | 0 | | 23 | 24 |

따라서 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 16 : 23$ 이다. II에서 반응 후 질량비가 $B : C = 5 : 23$ 이므로 반응 후 B, C의 질량을 각각 5 g, 23 g으로 놓으면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | | | | |
|---------|----|---|-----|-------------------|-----|----|
| | A | + | 2B | \longrightarrow | 2C | 전체 |
| 반응 전(g) | 7 | | 21 | | 0 | 28 |
| 반응(g) | -7 | | -16 | | +23 | |
| 반응 후(g) | 0 | | 5 | | 23 | 28 |

II에서 반응 전 질량비는 $A : B = 7 : 21 = 1 : 3$ 이다. 따라서 $x : y = 1 : 3$ 이다.

반응 질량비가 $A : B : C = 7 : 16 : 23$ 이고, 반응 몰비는 반응 계수비와 같으므로 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : B : C = \frac{7}{1} : \frac{16}{2} : \frac{23}{2} = 14 : 16 : 23$ 이다. A, B, C의 분자

량을 각각 $14k$, $16k$, $23k$ 라고 하면 $\frac{y}{x} \times \frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량} + \text{B의 분자량}} = \frac{3}{1} \times \frac{23k}{14k + 16k} = \frac{23}{10}$ 이다.

05 화학 반응의 양적 관계

분자량이 A가 B의 4배이므로 A $4w$ g의 양을 n mol, B w g의 양을 n mol이라고 하면, I에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로 $2n : n + \frac{1}{a}n = 4V : 3V$ 이고 $a = 2$ 이다. II에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | | | | |
|-----------|--------|---|------|-------------------|-------|--------|
| | 2A | + | B | \longrightarrow | 2C | 전체 |
| 반응 전(mol) | $2.5n$ | | n | | 0 | $3.5n$ |
| 반응(mol) | $-2n$ | | $-n$ | | $+2n$ | |
| 반응 후(mol) | $0.5n$ | | 0 | | $2n$ | $2.5n$ |

I에서 기체 $2n$ mol의 부피가 $4V$ L이므로 II에서 반응 전과 후 전체 기체의 부피는 각각 $7V$ L, $5V$ L이다. 따라서 $x = 7$, $y = 5$ 이고, $\frac{x+y}{a} = \frac{7+5}{2} = 6$ 이다.

06 화학 반응의 양적 관계

A w g이 들어 있는 반응 용기에 B의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시킨 실험 I~V에서 생성된 C의 양의 변화를 보면, 넣어 준 B의 질량이 $4w$ g인 IV에서 A와 B가 모두 반응하여 C $4n$ mol을 생성한다는 것을 알 수 있다. 반응 몰비는 반응 계수비와 같고, 반응 전과 후 물질의 전체 질량은 변하지 않는다. 반응 몰비는 A : B : C = 1 : b : 1이고 분자량비는 A : B : C = 4 : 8 : 11이므로 A, B, C의 분자량을 각각 $4k$, $8k$, $11k$ 라고 하면 반응 질량비는 A : B : C = $1 \times 4k : b \times 8k : 1 \times 11k = w : 4w : \frac{11}{4}w$ 이다. 따라서 $b=2$ 이고, IV에서 생성된 C의 질량은 $\frac{11}{4}w$ g이며, 생성된 D의 질량은 $(w+4w) - \frac{11}{4}w = \frac{9}{4}w$ (g)이다. 반응 몰비는 A : D = 1 : 2이고 반응 질량비는 A : D = $w : \frac{9}{4}w$ 이므로 분자량비는 A : D = $\frac{w}{1} : \frac{\frac{9}{4}w}{2} = 8 : 9$ 이고, D의 분자량은 $4.5k$ 이다. 따라서 $b \times \frac{D \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = 2 \times \frac{4.5k}{4k} = \frac{9}{4}$ 이다.

THEME

04

용액의 농도

많은 풀 문제로 유형 익히기

본문 23쪽

정답 ②

$2a$ M A(aq) 100 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.2a$ mol이고, ㉠과 ㉡을 추가하여 만든 $3a$ M A(aq) 250 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.75a$ mol이다. 따라서 ㉠ 100 mL와 ㉡ 50 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.55a$ mol이다.

㉠과 ㉡을 각각 $3a$ M A(aq)과 $5a$ M A(aq)이라고 하면 ㉠ 100 mL와 ㉡ 50 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.3a + 0.25a = 0.55a$ mol이고, ㉠과 ㉡을 각각 $5a$ M A(aq)과 $3a$ M A(aq)이라고 하면 ㉠ 100 mL와 ㉡ 50 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.5a + 0.15a = 0.65a$ mol로 해당되지 않는다. 따라서 ㉠과 ㉡은 각각 $3a$ M A(aq)과 $5a$ M A(aq)이다.

$2a$ M A(aq) 100 mL와 $3a$ M A(aq) 100 mL를 혼합한 용액의 농도는 $\frac{5}{2}a$ M이므로 $x = \frac{5}{2}a$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 24쪽

01 ①

02 ④

03 ①

04 ③

01 용액의 농도

㉠. 몰 농도는 용질의 양(mol)을 용액의 부피(L)로 나눈 값으로 정의하므로 1 M는 용질 1 mol이 녹아 있는 용액의 부피가 1 L인 농도에 해당한다.

✗. 설탕 50 g을 물 200 g에 녹였으므로 용액의 질량은 250 g이고, 퍼센트 농도 = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100 = \frac{50 \text{ g}}{250 \text{ g}} \times 100 = 20\%$ 이다.

✗. 용질의 질량으로부터 용질의 양(mol)을 구하기 위해서는 용질의 화학식량을 알아야 하므로 용질의 질량과 용액의 부피만으로 용액의 몰 농도를 구할 수 없다.

02 용액의 농도

✗. (가)와 (나)에서 용액의 퍼센트 농도는 각각 $\frac{w}{w+200} \times 100$, $\frac{w}{w+160} \times 100$ 이므로 퍼센트 농도는 (나) > (가)이다.

㉠. (가)와 (나)의 부피가 같으므로 몰 농도는 용질의 양(mol)이 많은 용액이 더 크다. (가)와 (나)에서 용질의 질량은 같고, 화학식량은 B가 A보다 크므로 용질의 양(mol)은 A > B이다. 따라서 몰 농도는 (가) > (나)이다.

㉡. 물과 에탄올의 화학식으로부터 화학식량은 물 < 에탄올임을 알 수 있다. 용질의 양(mol)은 A > B이고, 물 200 g의 양(mol)이 에탄올 160 g의 양(mol)보다 많다. 용매와 용질의 양(mol)이 모두 (가) > (나)이므로 전체 물질의 양(mol)은 (가) > (나)이다.

03 용액의 농도

(가)에서 요소의 양은 $\frac{3 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}=0.05 \text{ mol}$ 이고, 용액의 질량이 103 g이므로 용액의 부피는 $\frac{103 \text{ g}}{1.03 \text{ g/mL}}=100 \text{ mL}$ 이다. (가)의 몰 농도는 $\frac{0.05 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}}=0.5 \text{ M}$ 이다.

(나)에서 수산화 나트륨의 양은 $\frac{a \text{ g}}{40 \text{ g/mol}}=\frac{a}{40} \text{ mol}$ 이고, 용액의 질량이 $(a+50) \text{ g}$ 이므로 용액의 부피는 $\frac{(a+50) \text{ g}}{1.02 \text{ g/mL}}$ 이다. (나)의 몰 농도는 $\frac{\frac{a}{40} \text{ mol}}{\frac{a+50}{1.02} \times 10^{-3} \text{ L}}=0.5 \text{ M}$ 이다. 따라서 $a=1$ 이다.

04 용액의 농도

㉠. 부피 플라스크에 표시된 눈금선까지 물을 조금씩 넣을 때 이용되는 실험 기구는 씻기병이고, 모양은 그림과 같다.



㉡. 0.2 M A(aq) 500 mL 속에 들어 있는 A의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.5 \text{ L}=0.1 \text{ mol}$ 이다.

㉢. A 0.1 mol의 질량이 $w \text{ g}$ 이므로 1 mol의 질량은 $10w \text{ g}$ 이다. 따라서 A의 화학식량은 $10w$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 25~26쪽

01 ①

02 ①

03 ③

04 ④

01 용액의 농도

12 M HCl(aq) 25 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 $12 \text{ M} \times 0.025 \text{ L}=0.3 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (가)에서 만든 HCl(aq)의 농도는 $\frac{0.3 \text{ mol}}{1 \text{ L}}=0.3 \text{ M}$ 이다.

0.3 M HCl(aq) $a \text{ mL}$ 에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 (나)에서 만든 0.1 M HCl(aq) $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 HCl의 양(mol)과 같다. $0.3 \text{ M} \times a \times 10^{-3} \text{ L}=0.1 \text{ M} \times V \times 10^{-3} \text{ L}$ 이므로 $\frac{a}{V}=\frac{1}{3}$ 이다.

02 용액의 농도

㉠. 10% A(aq) 200 g에는 물 180 g, A(s) 20 g이 들어 있고, (가)는 10% A(aq) 200 g에 물을 추가하여 300 g이 되었으므로 물 280 g, A(s) 20 g이 들어 있다. 따라서 (가)의 퍼센트 농도는 $\frac{20 \text{ g}}{300 \text{ g}} \times 100 = \frac{20}{3} \%$ 이다.

㉢. $t^\circ\text{C}$ 에서 1 M A(aq)의 밀도는 1 g/mL이므로 1 M A(aq) 200 g의 부피는 200 mL이고, 이 수용액에 녹아 있는 A의 양은

$1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L}=0.2 \text{ mol}$ 이다. (나)에 들어 있는 A의 양은 $1.2 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L}=0.24 \text{ mol}$ 이다. 따라서 A(s) 4 g은 0.04 mol에 해당하므로 A의 화학식량은 100이다. (가)에는 A(s) 20 g이 들어 있으므로 (가)에서 A의 양은 $\frac{20 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}}=0.2 \text{ mol}$ 이다.

㉣. (나)에서 A의 질량은 $0.24 \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol}=24 \text{ g}$, 물의 질량은 $204 \text{ g}-24 \text{ g}=180 \text{ g}$ 이다. (가)에서 물의 질량은 280 g이고, 물의 양(mol)은 물의 질량에 비례하므로 물의 양(mol)은 (가) : (나) = 280 : 180 = 14 : 9이다.

03 용액의 농도

㉠. 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$
따라서 ㉠은 CO_2 이다.

㉢. CaCO_3 의 화학식량이 100이므로 $\text{CaCO}_3(s)$ 1 g은 $\frac{1 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}}=0.01 \text{ mol}$ 이다. 화학 반응의 양적 관계에서 0.01 mol의 CaCO_3 이 반응하면 0.01 mol의 CO_2 가 생성된다.

(나)의 비커에 CaCO_3 을 넣어 모두 반응시키면 분자량이 44인 CO_2 $0.01 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol}=0.44 \text{ g}$ 이 발생하므로 (다)에서 비커의 질량 $b=a+1-0.44$ 이다. 따라서 $b-a=0.56$ 이다.

㉤. CaCO_3 0.01 mol을 모두 반응시키기 위해 0.1 M HCl(aq) $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 HCl의 양은 0.02 mol 이상이어야 한다. 따라서 $0.1 \text{ M} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \geq 0.02 \text{ mol}$ 이므로 $V \geq 200$ 이다.

04 용액의 농도

㉢. 밀도가 1 g/mL인 $a\%$ A(aq) 100 mL의 질량은 100 g이고, $a \text{ g}$ 의 A(s)가 녹아 있다. A(s) 5a g을 더 넣어 녹인 용액에서 용액의 질량은 $(100+5a) \text{ g}$, 용질의 질량은 $a+5a=6a \text{ g}$ 이므로 $\frac{6a}{100+5a} \times 100=3a(\%)$ 이다. 따라서 $a=20$ 이다.

㉤. 20% A(aq) 100 mL에서 A(s) 20 g이 녹아 있으므로 물 농도는 $\frac{20 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{0.1 \text{ L}}}=5 \text{ M}$ 이다.

㉥. 용질의 질량은 ㉠에서 2a g, ㉡에서 3a g이고, ㉠과 ㉡에서 용액의 부피가 같으므로 ㉢의 몰 농도는 ㉠의 1.5배이다.

답은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 28쪽

정답 ②

원자 aX 에서 양성자수와 중성자수를 각각 x 와 y , bY 에서 양성자수와 중성자수를 각각 z 와 $y+1$ 이라고 하면 원자 X와 Y에 대한 자료는 표와 같다.

| 원자 | aX | bY | ${}^{b+2}Y$ |
|----------------|---------|---------|-------------|
| 양성자수 (전자 수) | x | z | z |
| 중성자수 | y | $y+1$ | $y+3$ |

${}^aX^bY$ 1 mol에 들어 있는 전체 중성자수 $= \frac{y+y+1}{y+y+3} = \frac{15}{17}$
 ${}^aX^{b+2}Y$ 1 mol에 들어 있는 전체 중성자수 $= \frac{y+y+3}{y+y+3} = \frac{15}{17}$
 이므로 $y=7$ 이다.

bY 와 ${}^{b+2}Y$ 에서 $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}}$ 비는 $\frac{y+1}{z} : \frac{y+3}{z} = k : 15$ 이므로 $k=12$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 29~30쪽

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

01 원자의 구성 입자

톱슨의 음극선 실험은 전자 발견과 관련된 실험이다.

(가)에서 음극선의 진행 방향에 장애물을 놓았을 때 그림자가 생긴 이유는 음극선이 직진(학생 C)하기 때문이고, (나)에서 외부에서 전기를 걸어 주었을 때 음극선의 진로가 (+)극 쪽으로 휘는 것은 음극선이 (-)전하를 띠고(학생 A) 있기 때문이다.

02 원자의 구성 입자

- ㉠. 분류 기준 '전하를 띠는가?'에서 전하를 띠지 않는 ㉠은 중성자이다. 따라서 ㉠은 양성자이다.
 ㉡. 양성자(㉠)와 중성자(㉡)는 헬륨(He) 원자핵을 구성하는 입자이고, 전자는 헬륨(He) 원자핵을 구성하는 입자가 아니므로 분류 기준 (가)로 '헬륨(He) 원자핵을 구성하는가?'는 적절하다.
 ㉢. 질량수는 양성자(㉠)수와 중성자(㉡)수의 합이다.

03 원자의 구성 입자

질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 표의 빈칸을 채우면 다음과 같다.

| 원자 또는 이온 | 양성자수 | 중성자수 | 전자 수 | 질량수 |
|----------|------|------|------|-----|
| (가) | 5 | 6(㉠) | 5 | 11 |
| (나) | 17 | 20 | 18 | 37 |
| (다) | 17 | 18 | 17 | 35 |

㉣. ㉠은 6이다.

㉤. (가)와 (다)는 양성자수와 전자 수가 같으므로 원자이고, (나)는 전자 수가 양성자수보다 1만큼 크므로 음이온이다. 따라서 음이온은 1가지이다.

㉥. (다)의 양성자수는 17로 (나)와 같다.

04 동위 원소와 평균 원자량

㉠. 평균 원자량이 15.999이므로 동위 원소 중 원자량이 15.995인 ${}^{16}O$ 의 존재 비율이 가장 크다. 따라서 존재 비율은 ${}^{16}O > {}^{18}O$ 이다.

㉡. 각각 1g에 들어 있는 원자 수는 ${}^{17}O_2 : {}^{18}O_2 = \frac{2}{16.999 \times 2} : \frac{2}{17.999 \times 2}$ 이므로 ${}^{17}O_2 > {}^{18}O_2$ 이다.

㉢. ${}^{16}O$ 와 ${}^{17}O$ 의 양성자수는 같고, 질량수는 ${}^{16}O < {}^{17}O$ 이므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{질량수}}$ 는 ${}^{16}O > {}^{17}O$ 이다.

05 동위 원소와 평균 원자량

㉠. 동위 원소의 존재비를 고려한 Cl의 평균 원자량은

$$35 \times \frac{3}{4} + 37 \times \frac{1}{4} = 35.5 \text{이다.}$$

㉡. 자연계에 존재하는 Br_2 의 분자량과 존재비는 표와 같다.

| | ${}^{79}Br \frac{1}{2}$ | ${}^{81}Br \frac{1}{2}$ |
|-------------------------|---|---|
| ${}^{79}Br \frac{1}{2}$ | ${}^{79}Br^{79}Br(158)$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ | ${}^{81}Br^{79}Br(160)$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ |
| ${}^{81}Br \frac{1}{2}$ | ${}^{79}Br^{81}Br(160)$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ | ${}^{81}Br^{81}Br(162)$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ |

Br_2 에서 분자량에 따른 존재비는 다음과 같다.

$$\text{분자량 } 158 : \text{분자량 } 160 : \text{분자량 } 162 = 1 : 2 : 1$$

따라서 자연계에서 존재 비율이 가장 큰 Br_2 의 분자량은 160이다.

✗. 자연계에서 $BrCl$ 은 분자량이 114, 116, 118인 3가지로 존재하므로 분자량이 115인 $BrCl$ 이 존재하지 않는다.

06 원자의 구성 입자

(가)~(다)가 원자이므로 양성자수=전자 수이다. 따라서 ●은 양성자, ○은 전자, ●은 중성자이다. (가)~(다)는 각각 1H , 3He , 3H 이다.

✗. ●은 중성자이다.

✗. (가)는 H, (나)는 He이므로 (가)와 (나)는 동위 원소가 아니다.

㉠. (나)와 (다)에서 질량수는 같고 양성자수가 (나) > (다)이므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{질량수}}$ 는 (나) > (다)이다.

07 원자의 구성 입자

X는 전하량이 $+1.6 \times 10^{-19} C$ 이므로 양성자, Y는 전하량이 $-1.6 \times 10^{-19} C$ 이므로 전자, Z는 중성자이다.

㉠. X는 양성자이다.

✗. 전자 1개의 질량은 중성자 1개의 질량보다 작다. 따라서 질량은 전자(\ominus) < 중성자(\ominus)이다.

㉔. Li의 원자 번호는 3이므로 원자핵 속에 양성자가 3개 들어 있다. 따라서 Li의 핵전하량은 $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 3 = +4.8 \times 10^{-19} \text{ C}$ 이다.

08 동위 원소와 평균 원자량

$^1\text{H}_2$ a mol에 들어 있는 양성자의 양은 $2a$ mol이고, $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ b mol에 들어 있는 양성자의 양은 $(2b+8b)$ mol, 중성자의 양은 $8b$ mol이다. 따라서 용기 속 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}} = \frac{8b}{2a+2b+8b} = \frac{12}{17}$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{2}{3}$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 31~32쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④

01 동위 원소와 평균 원자량

✗. 평균 원자량은 원자량에 존재 비율을 곱한 값의 합이므로 A의 평균 원자량은 $\frac{p}{p+q} \times a + \frac{q}{p+q} \times b = \frac{pa+qb}{p+q}$ 이다.

- ㉔. 자연계에서 A_2 는 분자량이 $2a, a+b, 2b$ 인 3가지로 존재한다.
- ㉔. 표는 자연계에 존재하는 A_2 의 분자량과 존재 비율이다.

| A_2 의 분자량 | 존재 비율 |
|--------------------|--------------------------------|
| $2a$ | $\left(\frac{p}{p+q}\right)^2$ |
| $a+b$ | $\frac{2pq}{(p+q)^2}$ |
| $2b$ | $\left(\frac{q}{p+q}\right)^2$ |

$p > 2q$ 이므로 자연계에서 존재 비율이 가장 큰 A_2 의 분자량은 $2a$ 이다.

02 동위 원소와 평균 원자량

㉔. $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ 와 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ 의 분자량은 각각 28, 30이다. (가)와 (나)에서 부피가 V_1 로 같으므로 (가)와 (나)에서 기체 분자의 양(mol)이 같다. 따라서 질량은 분자량에 비례한다. $w : \text{㉔} = 28 : 30$ 이므로 $\text{㉔} = \frac{15}{14}w$ 이다.

㉔. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 밀도 비는 (가) : (나) = 14 : 15이다.

✗. (나)와 (다)의 밀도는 같으므로 부피는 질량에 비례한다. 따라서 $V_1 : V_2 = \frac{15}{14}w : w = 15 : 14$ 이다.

03 원자의 구성 입자

원자 1개에 들어 있는 양성자수와 중성자수는 다음과 같다.

| 원자 | 양성자수 | 중성자수 |
|------------------|------|------|
| ^{20}Ne | 10 | 10 |
| ^{22}Ne | 10 | 12 |

용기 속에 들어 있는 ^{20}Ne 과 ^{22}Ne 의 몰비가 $a : b$ 이므로 양성자수와 중성자수의 비가 $10a+10b : 10a+12b = 50 : 51$ 이다. 따라서 $a : b = 9 : 1$ 이고, $\frac{b}{a} = \frac{1}{9}$ 이다.

04 원자의 구성 입자

(가)에서 C_2H_4 a mol에 들어 있는 양성자의 양은 $12a+4a=16a$ mol이고, (나)에서 C_2H_4 $\frac{a}{2}$ mol에 들어 있는 양성자의 양은 $6a+2a=8a$ mol, CH_4 b mol에 들어 있는 양성자의 양은 $6b+4b=10b$ mol이므로 (나)에 들어 있는 전체 양성자의 양은 $(8a+10b)$ mol이다. (가)와 (나)에서 양성자수가 같으므로 $16a=8a+10b$, $4a=5b$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{a}{\frac{a}{2}+b} = \frac{10}{13}$ 이다.

답은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 35쪽

정답 ④

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s 오비탈에서 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l)는 표와 같다.

| 오비탈 | n | l | m_l |
|-----|-----|-----|----------|
| 1s | 1 | 0 | 0 |
| 2s | 2 | 0 | 0 |
| 2p | 2 | 1 | -1, 0, 1 |
| 3s | 3 | 0 | 0 |
| 3p | 3 | 1 | -1, 0, 1 |
| 4s | 4 | 0 | 0 |

$n+l=2$ 인 (가)는 2s 오비탈이다.

㉠. 2s 오비탈인 (가)는 구형이다.

✕. $n+l=3$ 인 (나)는 2p 또는 3s 오비탈이므로 가능한 $\frac{n+m_l}{n}$ 은 $\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}$ 이고 $\frac{n+m_l}{n}$ (상댓값)은 3, 6, 9로 x 는 8이 될 수 없다.

㉡. $n+l=4$ 인 오비탈은 3p, 4s 오비탈이고 (다)가 4s 오비탈이면 $\frac{n+m_l}{n}$ (상댓값)은 6이어야 한다. (다)는 $\frac{n+m_l}{n}$ (상댓값)이 4이므로 $\frac{n+m_l}{n}=\frac{2}{3}, m_l=-1$ 인 3p 오비탈이다.

수능 2점 테스트

본문 36~37쪽

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

01 오비탈과 양자수

수소의 오비탈에서 주 양자수(n)는 오비탈의 에너지와 크기를 결정하고, 방위(부) 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정하며, 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 공간적인 방향을 결정한다. 따라서 ㉠은 방위(부) 양자수(l), ㉡은 자기 양자수(m_l), ㉢은 주 양자수(n)이다.

✕. ㉠은 방위(부) 양자수(l)이다.

㉠. ㉢은 주 양자수(n)로 오비탈의 에너지와 크기를 결정한다.

㉡. ㉢은 주 양자수(n), ㉡은 자기 양자수(m_l)로 오비탈에서 l 는 $0 \leq l \leq n-1$ 인 정수이고, m_l 는 $-l \leq m_l \leq l$ 인 정수이므로 항상 ㉢(n) > ㉡(m_l)이다.

02 수소의 오비탈

$n+l=3$ 인 오비탈은 2p, 3s 오비탈이므로 (가)는 $n=3, l=0$ 인 3s 오비탈, (나)는 $n=2, l=1$ 인 2p 오비탈이다.

㉠. (나)는 아령 모양인 p 오비탈로 $l=1$ 이다.


✕. 에너지 준위는 (가)(3s) > (나)(2p)이다.

✕. (나)는 2p_z로 수소 원자에서 (나)와 에너지 준위가 같은 오비탈은 2s, 2p_x, 2p_y로 3개이다.

03 원자의 전자 배치

㉠. (가)에서 에너지 준위가 같은 2p 오비탈에 채워진 전자 수가 4일 때 홀전자 수를 최대인 2로 배치하였으므로 (가)는 훈트 규칙을 만족한다.

㉡. (나)는 바닥상태 전자 배치 중 하나이다.

㉢. (다)에서 2p 오비탈에 짝지어 채워진 는 파울리 배타 원리에 어긋난다.

04 현대적 원자 모형

(가)~(다)는 각각 현대의 원자 모형, 러더퍼드 원자 모형, 보어 원자 모형이다.

㉠. (가)는 현대의 원자 모형이다.

✕. 수소의 선 스펙트럼을 설명하는 모형은 현대의 원자 모형 (가)와 보어 원자 모형 (다)이다.

✕. 일정한 에너지를 갖는 전자가 원자핵 주위에서 발견될 확률을 나타내는 모형은 현대의 원자 모형 (가)이다.

05 현대적 원자 모형

주 양자수(n)는 자연수, 방위(부) 양자수(l)는 $0 \leq l \leq n-1$ 인 정수, 자기 양자수(m_l)는 $-l \leq m_l \leq l$ 인 정수이므로 $n+l=2$ 인 (가)는 $n=2, l=0$ 인 2s 오비탈에 들어 있는 전자이고, $l+m_l=1$ 인 (나)는 $l=1, m_l=0$ 인 2p 오비탈에 들어 있는 전자이며, $n+l+m_l=1$ 인 (다)는 $n=1, l=0, m_l=0$ 인 1s 오비탈에 들어 있는 전자이다.

㉠. (가)가 들어 있는 오비탈은 2s 오비탈로 모양은 구형이다.

✕. 전자가 들어 있는 오비탈의 크기는 (가)(2s 오비탈) > (다)(1s 오비탈)이다.

㉡. 전자가 들어 있는 오비탈의 에너지 준위는 (나)(2p 오비탈) > (가)(2s 오비탈)이다.

06 오비탈과 양자수

원자 번호가 20 이하인 바닥상태 원자 중에서 $\frac{l=1 \text{인 전자 수}}{l=0 \text{인 전자 수}}=1.5$ 인 원자는 다음과 같다.

| $l=0$ 인 전자 수 | $l=1$ 인 전자 수 | 해당되는 원소 |
|--------------|--------------|---------|
| 4 | 6 | Ne |
| 6 | 9 | P |
| 8 | 12 | Ca |

따라서 (가)는 Ne, (나)는 P, (다)는 Ca이다.

㉠. (가)(Ne)의 바닥상태 전자 배치 $1s^2 2s^2 2p^6$ 에서 1s 오비탈과 2s 오비탈에 들어 있는 전자 4개는 각각 $m_l=0$ 이고, 2p 오비탈에 들어

있는 전자 6개의 m_l 의 합은 $(-1 \times 2) + (0 \times 2) + (1 \times 2) = 0$ 이므로 모든 전자의 m_l 의 합은 0이다.

✕. (나)(P)는 홀전자 수가 3이다.

✕. (다)(Ca)의 바닥상태 전자 배치 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 에서 1s, 2s, 3s, 4s에 들어 있는 전자 8개는 각각 $l=0$ 이고, 2p, 3p에 들어 있는 전자 12개는 각각 $l=1$ 이므로 모든 전자의 l 의 합은 12이다.

07 원자와 이온의 전자 배치

C, O, Mg^{2+} 의 바닥상태 전자 배치에서 2p 오비탈에는 각각 2, 4, 6개의 전자가 들어 있으므로 ㉠에는 전자 1개, ㉡에는 전자 2개가 들어 있어야 하고 ㉢에는 전자가 들어 있지 않아야 하므로 (가)는 O, (나)는 Mg^{2+} , (다)는 C이다.

㉠. (가)는 O이므로 홀전자 수는 2이다.

㉡. (나)는 Mg^{2+} 이므로 ㉡에 들어 있는 전자 수는 2이고, (다)는 C이므로 ㉢에 들어 있는 전자 수는 0이다. 따라서 오비탈에 들어 있는 전자 수는 ㉡ > ㉢이다.

㉢. Mg^{2+} 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이므로 $l=0$ 인 전자 수는 4이다.

08 오비탈과 양자수

✕. 주 양자수(n)는 자연수, 방위(부) 양자수(l)는 $0 \leq l \leq n-1$ 인 정수, 자기 양자수(m_l)는 $-l \leq m_l \leq l$ 인 정수이므로 $n=1$ 인 (가)는 1s 오비탈로 $m_l=0$ 이다. 따라서 $a=0$ 이다.

㉠. 주 양자수(n)가 (가)는 1, (나)는 2이므로 에너지 준위는 (나) > (가)이다.

✕. (나)는 2s, 2p 오비탈 중 하나로 최대 채울 수 있는 전자 수는 2이다.

02 바닥상태 원자의 전자 배치

원자 번호가 4~17인 바닥상태 원자에서 $l=0$ 인 전자 수는 각각 4, 5, 6 중 하나이다.

(가)~(다)에서 $l=0$ 인 전자 수가 모두 4라고 하면 $l=1$ 인 전자 수는 각각 2, 3, 4이다. $n+l=3$ 인 전자 수가 (가)는 2, (나) 3, (다)는 4이어야 하므로 모순이다. 따라서 (다)의 $l=0$ 인 전자 수는 5 또는 6이다. (다)에서 $l=0$ 인 전자 수가 5이면 $n+l=3$ 인 전자 수가 7이 되어 모순이다. 따라서 (다)에서 $l=0$ 인 전자 수는 6이고, (가)~(다)의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^2$, $1s^2 2s^2 2p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.

✕. 홀전자 수는 (가)는 2이고 (나)는 3으로 (나) > (가)이다.

✕. $n+l=3$ 인 전자 수가 (가)는 2, (나)는 3이므로 상댓값 $x=1.5$ 이다.

㉠. $l=1$ 인 전자 수는 (나)는 3, (다)는 6으로 (다)가 (나)의 2배이다.

03 원자의 전자 배치

㉠~㉤에서 전체 전자의 스핀 자기 양자수(m_s) 합이 0이 아닌 것은 ㉠과 ㉣이고, 이 중 자기 양자수(m_l) 합은 ㉣가 0이다. 따라서 가능한 전자 배치 (가)는 ㉣이다.

04 바닥상태 원자의 전자 배치

원자 번호가 3~15인 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 2 또는 3이다. (다)는 $\frac{\text{전자가 들어 있는 } p \text{ 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s \text{ 오비탈 수}} = 2 = \frac{6}{3}$

이므로 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 인 P이고, (다)의 홀전자 수는 3이다. 따라서 $a=2$ 이고, (가)와 (나)의 전자 배치가 각각 $1s^2 2s^2 2p^2$, $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 (가)와 (나)는 각각 C와 O이다.

㉠. 원자 번호는 (나) > (가)이다.

✕. $a=2$ 이다.

㉢. (다)에서 $\frac{l=1 \text{인 전자 수}}{l=0 \text{인 전자 수}} = \frac{9}{6} = 1.5$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 38~39쪽

01 ⑤

02 ②

03 ④

04 ③

01 바닥상태 원자의 전자 배치

바닥상태 원자 A에 전자가 들어 있는 오비탈이 총 4개이므로 (가)~(라)는 각각 1s, 2s, 2p, 2p 오비탈 중 하나이다. (가)와 (나)는 구형이고 오비탈의 크기는 (가) > (나)이므로 (가)와 (나)는 각각 2s, 1s 오비탈이고, (다)와 (라)는 아령 모양으로 (다)는 z축 방향, (라)는 y축 방향으로 분포하므로 (다)와 (라)는 각각 $2p_z$, $2p_y$ 이다.

㉠. A는 2s에 2개, 2p에 2개의 전자가 들어 있으므로 원자가 전자 수는 4이다.

㉡. (다)에 들어 있는 전자 수는 1이다.

㉢. 다전자 원자인 A에서 에너지 준위는 (라) ($2p_y$) > (가) (2s)이다.

답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 41쪽

정답 ②

2, 3주기 원소의 $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ (㉠)는 다음과 같다.

| 원소 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|----|---------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----|
| ㉠ | 1 | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{4}$ | 0 |
| 원소 | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| ㉠ | $\frac{1}{5}$ | 0 | $\frac{1}{6}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{8}$ | 0 |

$\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ 의 비는 $X : Y : Z = 1 : 2 : 8$ 이므로 X는 Cl이고, Y는 F이며, Z는 Li와 C 중 하나이다.

2, 3주기 원소의 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ (㉡)는 다음과 같다.

| 원소 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|----|---------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| ㉡ | 0 | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $\frac{5}{4}$ | $\frac{3}{2}$ |
| 원소 | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| ㉡ | $\frac{6}{5}$ | 1 | $\frac{7}{6}$ | $\frac{4}{3}$ | $\frac{3}{2}$ | $\frac{5}{3}$ | $\frac{11}{6}$ | 2 |

W와 X(Cl)는 같은 주기 원소이므로 W는 3주기 원소이다.

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 Li이 0, C가 $\frac{1}{2}$ 이고,

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 W가 Z의 2배이므로 W는

Mg이고 Z는 C이다.

✗. W(Mg)는 3주기 원소이다.

㉠. X(Cl)와 Y(F)는 모두 17족 원소이다.

✗. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y(F)와 Z(C)가 모두 4이다.

수능 2점 테스트

본문 42~43쪽

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

01 현대 주기율표

- ㉠. 주기율표에서 세로줄을 족, 가로줄을 주기라고 한다.
✗. 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같고, 화학적 성질이 비슷하다. 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
㉡. 현대의 주기율표는 원소를 원자 번호 순으로 배열하므로 주기가 큰 원소일수록 원자 번호가 크다.

02 주기율표

멘델레예프는 원소를 원자량(㉠) 순으로 배열하여 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나는 최초의 주기율표를 발표하였다. 현대의 주기율표는 원소를 원자 번호(㉡) 순으로 배열하여 원소의 주기성을 나타나게 하였다.

03 원자의 전자 배치 모형과 주기율표

원자의 전자 배치 모형에서 원자의 원자가 전자 수는 족의 일의 자리 수와 같고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기와 같다.

- ㉠. 원자는 전기적으로 중성이므로 양성자수와 전자 수가 같고, 양성자수는 원자 번호와 같다. X와 Y의 전자 수는 각각 8, 16이므로 원자 번호는 각각 8, 16이다. 따라서 원자 번호는 Y가 X의 2배이다.
㉡. X와 Y의 원자가 전자 수는 모두 6이므로 X와 Y는 모두 16족 원소이다.
㉢. X는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기 원소이고, Y는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3이므로 3주기 원소이다.

04 주기율표

- ㉠. (가)에 해당하는 원소는 1족 원소인 알칼리 금속이다. 따라서 (가)에 해당하는 원소는 금속 원소이다.
✗. (가)에 해당하는 원소는 금속 원소이므로 전자를 잃어 양이온이 되기 쉽고, (나)에 해당하는 원소는 비금속 원소이므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다. 따라서 (가)에 해당하는 원소의 원자는 (나)에 해당하는 원소의 원자보다 전자를 잃기 쉽다.
✗. (다)에 해당하는 원소는 비활성 기체로 안정하여 이온이 되기 어렵다. 따라서 (나)에 해당하는 원소는 (다)에 해당하는 원소보다 음이온이 되기 쉽다.

05 주기율표

- (가)에 해당하는 원소는 1족 원소이고, (나)에 해당하는 원소는 2주기 원소이다.
㉠. 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같으므로 (가)에 해당하는 원소는 원자가 전자 수가 1로 같다.
㉡. 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같으므로 (나)에 해당하는 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같다.
✗. 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같으므로 화학적 성질이 비슷하다. 화학적 성질이 비슷한 원소는 (가)에 해당하는 원소이다.

06 주기율표

- W~Z는 각각 N, O, Na, Cl이다.
✗. 현대 주기율표는 원소를 원자 번호 순으로 배열하였으므로 원자 번호는 $Z > Y > X > W$ 이다.
㉠. 바닥상태일 때 W(N)는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수가 5이다. 바닥상태일 때 X(O)는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수가 5이다. 따라서 전자

가 들어 있는 오비탈 수는 W와 X가 같다.

✗. 홀전자 수는 Y(Na)가 1, Z(Cl)가 1로 같다.

07 양자수와 주기율

2, 3주기 원소 중 홀전자 수가 1인 원소는 Li, B, F, Na, Al, Cl이다. 원자가 전자 수는 $X > Y > Z$ 이므로 X는 F, Cl 중 하나이고, Y는 B, Al 중 하나이며, Z는 Li, Na 중 하나이다. 전자의 주 양자수(n)와 방위(부) 양자수(l)의 합은 $2s$ 오비탈의 전자가 2, $2p$ 오비탈과 $3s$ 오비탈의 전자가 3, $3p$ 오비탈의 전자가 4이다. 홀전자의 주 양자수(n)와 방위(부) 양자수(l)의 합은 X와 Z가 같으므로 X와 Z는 각각 F, Na이다. 홀전자의 n 는 $Y > X$ 이므로 Y는 Al이다. 따라서 $X \sim Z$ 는 각각 F, Al, Na이다.

✗. 2주기 원소는 X(F) 1가지이다.

㉠. 금속 원소는 Y(Al), Z(Na) 2가지이다.

✗. 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 Y(Al)와 Z(Na)가 모두 3이다.

08 족과 주기

X와 Y가 같은 주기 원소이고, X와 Y의 족은 각각 $a, a+4$ 이므로 X는 13족 원소, 14족 원소 중 하나이다. X가 13족 원소이면 Z는 12족 원소가 되고, 3주기 12족 원소는 존재하지 않으므로 모순이다. 따라서 X는 2주기 14족 원소인 C이고, Y는 2주기 18족 원소인 Ne이며, Z는 3주기 13족 원소인 Al이다.

✗. X(C)의 원자가 전자 수는 4이다.

㉠. 홀전자 수는 X(C)가 2이고, Z(Al)가 1이다. 홀전자 수는 $X > Z$ 이다.

㉡. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y(Ne)가 6이고 Z(Al)가 7이다. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $Z > Y$ 이다.

02 주기율표

주기율표에서 빗금 친 부분에 위치하는 원소는 B, O, Na, P이다. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 $X > Y$ 이므로 X는 3주기 원소인 Na, P 중 하나이고, Y는 2주기 원소인 B, O 중 하나이다. 양성자 수는 $Z > X$ 이므로 Z는 3주기 원소인 X보다 원자 번호가 커야 한다. X와 Z는 각각 Na, P이다. 원자가 전자 수는 $Z > W$ 이고, Z(P)의 원자가 전자 수는 5이므로 W는 원자가 전자 수가 3인 B이고, Y는 O이다.

㉠. 홀전자 수는 W(B)가 1이고, Z(P)가 3이므로 $Z > W$ 이다.

✗. 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 X(Na)와 Y(O)가 모두 3이다.

✗. Y(O)는 원자가 전자 수와 주기의 합이 $6+2=8$ 이고, Z(P)는 원자가 전자 수와 주기의 합이 $5+3=8$ 이다. 따라서 원자가 전자 수와 주기의 합은 Y와 Z가 같다.

수능 3점 테스트

본문 44쪽

01 ㉢

02 ㉠

01 주기율표 만들기

주기율표 I은 원소를 원자량 순으로 배열한 주기율표이고, 주기율표 II는 원소를 원자 번호 순으로 배열한 주기율표이다.

㉠. I에서 원자량은 $Ar > K$ 이고, II에서 원자 번호는 $K > Ar$ 이다. 원자 번호는 양성자수와 같으므로 $\frac{\text{원자량}}{\text{양성자수}}$ 은 $Ar > K$ 이다.

✗. I에서 첫 번째 세로줄에 있는 H, Li, Na은 원자가 전자 수가 1이지만, Ar은 원자가 전자 수가 0이다. 따라서 I에서 같은 세로줄에 있는 원소는 모두 원자가 전자 수가 같지 않다.

㉡. 현대 주기율표는 원소를 원자 번호 순으로 나열한 주기율표이므로 II는 현대 주기율표에 해당한다.

답은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 46쪽

정답 ③

(가)에서 W는 E_3 가 크게 증가하므로 2족 원소인 Mg이다. O, F, Na의 이온 반지름은 $O > F > Na$ 이다. (나)에서 이온 반지름은 $X > Z > Y$ 이므로 X는 O, Y는 Na, Z는 F이다.

㉠. W~Z는 각각 Mg, O, Na, F이다.

㉡. 1족 원소는 E_2 가 크게 증가하므로 E_2 는 $Y(Na) > X(O)$ 이다. 따라서 Y의 E_2 는 a kJ/mol보다 크다.

㉢. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $X(O) > Z(F)$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 47~48쪽

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

01 원소의 주기적 성질

㉠. W^+ 의 전자 배치는 He과 같고, X^- 의 전자 배치는 Ne과 같다. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 X^- 이 W^+ 보다 크므로 이온 반지름은 $X^- > W^+$ 이다.

㉡. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커지고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. 따라서 원자 반지름은 $Y > X$ 이다.

㉢. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > Y$ 이다.

02 원소의 주기적 성질

㉠. X^+ 과 Y^- 의 전자 배치는 같지만, 양성자수는 X^+ 이 Y^- 보다 크다. 같은 전자 배치를 가지는 이온은 양성자수가 클수록 이온 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름은 $Y^- > X^+$ 이다.

㉡. Y^- 은 Y가 전자 1개를 얻어 생성되고, Z^{2-} 은 Z가 전자 2개를 얻어 생성되므로 원자가 전자 수는 Y가 7, Z가 6이다. 따라서 원자가 전자 수는 $Y > Z$ 이다.

㉢. X^+ 은 X가 전자 1개를 잃어 생성되므로 X는 3주기 1족 원소이다. Z는 원자가 전자 수가 6이므로 Z는 3주기 16족 원소이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아진다. 원자 번호는 $Z > X$ 이므로 원자 반지름은 $X > Z$ 이다.

03 원소의 주기적 성질

X와 Z는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소이다.

㉠. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자 수가 증가하다가

18족 원소일 때 원자가 전자 수가 0이 된다. Y는 X보다 원자가 전자 수가 작으므로 X와 Y는 다른 주기 원소이다. X는 2주기 원소이고, Y와 Z는 3주기 원소이다.

㉡. Y와 Z는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 $Z > Y$ 이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.

㉢. 2, 3주기 원소에서 같은 족 원소는 원자 번호 차이가 8이다. X와 Z는 같은 족 원소이므로 원자 번호는 Z가 X보다 8만큼 크고, $b = 8$ 이다. 원자가 전자 수는 Z가 Y보다 6만큼 크므로 Y는 Z보다 원자 번호가 6만큼 작고, $a = 2$ 이다. 따라서 $a + b = 10$ 이다.

04 순차 이온화 에너지

X는 E_3 가 크게 증가하므로 2족 원소이고, Y는 E_4 가 크게 증가하므로 13족 원소이다. Z는 원자가 전자 수가 3 이하이고, E_3 와 E_4 가 크게 증가하지 않았으므로 E_2 가 크게 증가한 것을 알 수 있다. Z는 1족 원소이다. 3주기 원소에서 제1 이온화 에너지는 2족 원소 $>$ 13족 원소 $>$ 1족 원소이므로 $a > b > c$ 이다.

05 원소의 주기적 성질

원자 번호 7~13에 해당하는 원소는 N, O, F, Ne, Na, Mg, Al이다. W~Z의 홀전자 수의 합은 4이고 이온의 전자 배치가 Ne과 같으므로 W~Z는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이거나 O, F, Mg, Al 중 하나이거나 O, Na, Mg, Al 중 하나이다. W~Z가 각각 O, F, Mg, Al 중 하나이면 이온 반지름은 $O > F > Mg > Al$ 이므로 W~Z는 각각 Mg, F, Al, O이다. 제2 이온화 에너지는 $Z(O) > W(Mg)$ 이므로 자료에 모순이다. W~Z가 각각 O, Na, Mg, Al 중 하나이면 이온 반지름은 $O > Na > Mg > Al$ 이므로 W~Z는 각각 Mg, Na, Al, O이다. 제2 이온화 에너지는 $Z(O) > W(Mg)$ 이므로 자료에 모순이다. 따라서 W~Z는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다. 이온 반지름은 $O > F > Na > Mg$ 이므로 W~Z는 각각 Na, F, Mg, O이다.

㉠. W(Na)는 3주기 원소이다.

㉡. Y(Mg)는 3주기 원소이고, Z(O)는 2주기 원소이므로 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.

㉢. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $X(F) > Z(O)$ 이다.

06 원소의 주기적 성질

X~Z는 각각 15족, 16족, 17족 원소이다. X와 Y가 같은 주기 원소이면 제1 이온화 에너지는 15족 원소인 X가 16족 원소인 Y보다 크지만, 제시된 자료에서 제1 이온화 에너지는 $Y > X$ 이므로 X는 3주기 15족 원소이고, Y는 2주기 16족 원소이다. Y와 Z가 같은 주기 원소이면 원자 번호가 큰 Z가 Y보다 원자 반지름이 작아야 하지만, 제시된 자료에서 원자 반지름은 $Z > Y$ 이므로 Z는 3주기 17족 원소이다. X는 3주기 15족 원소, Y는 2주기 16족 원소, Z는 3주기 17족 원소이므로 이에 해당하는 것은 ④이다.

07 원소의 주기적 성질

N, O, F, Ne, Na, Mg, Al의 제1 이온화 에너지는 $Na < Al < Mg < O < N < F < Ne$ 이다. 제2 이온화 에너지는 원자에서 전자를 1개 떼어 낸 이온의 이온화 에너지와 같고, 1족 원소의 제2 이온화 에너지가 가장 크므로 제2 이온화 에너지는 $Mg < Al < N < F < O < Ne < Na$ 이다. 원자 번호는 W~Z가 연속이므로 W~Z는 각각 Ne, Na, Mg, Al이다.

- ✗ W(Ne)의 원자가 전자 수는 0이다.
- Ⓒ 제1 이온화 에너지는 $Y(Mg) > Z(Al) > X(Na)$ 이다.
- ✗ 원자 번호가 $n+4$ 인 원자는 14족 원소인 Si이다. 제2 이온화 에너지는 13족 원소 > 14족 원소이므로 Si가 Z(Al)보다 작다.

08 원소의 주기적 성질

금속 원소는 이온이 되면 반지름이 감소하므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이고, 비금속 원소는 이온이 되면 반지름이 증가하므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} < 1$ 이다. W와 X는 2주기 비금속 원소이고, Y와 Z는 3주기 금속 원소이다.

- ✗ 제1 이온화 에너지는 2주기 비금속 원소가 3주기 금속 원소보다 크므로 ㉠은 Y이고, ㉡은 X이다.
- Ⓒ Y와 Z는 3주기 금속 원소이므로 각각 Na, Mg, Al 중 하나이다. Na는 제2 이온화 에너지가 가장 크지만 Y와 Z는 그렇지 않으므로 Y와 Z는 각각 Mg, Al 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 $Mg > Al$ 이고 제2 이온화 에너지는 $Al > Mg$ 이므로 Y와 Z는 각각 Al, Mg이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y(Al) > Z(Mg)$ 이다.
- Ⓒ W와 X는 2주기 비금속 원소이므로 각각 N, O, F 중 하나이다. N, O, F의 제1 이온화 에너지는 $F > N > O$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $O > F > N$ 이므로 W와 X는 각각 F, N이다. W~Z는 각각 F, N, Al, Mg이므로 W~Z의 원자가 전자 수의 합은 $7+5+3+2=17$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 49~51쪽

- 01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ① 05 ①
06 ⑤

01 원소의 주기적 성질

W~Z는 각각 N, O, F, Na, Mg, Al 중 하나이다. W~Z의 홀전자 수가 모두 다르므로 W~Z는 각각 N, O, F, Mg 중 하나이거나 N, O, Na, Mg 중 하나이거나 N, O, Mg, Al 중 하나이다. W~Z가 각각 N, O, F, Mg 중 하나이면 원자 반지름은 $Mg > N > O > F$ 이고 제1 이온화 에너지는 $F > N > O > Mg$ 이다.

이 자료는 원자 반지름이 $Z > Y > X > W$ 이고, 제1 이온화 에너지가 $X > W > Y > Z$ 인 자료에 부합하지 않는다. W~Z가 각각 N, O, Na, Mg 중 하나이면 원자 반지름은 $Na > Mg > N > O$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Na$ 이다. 이 자료는 제시된 자료에 부합한다. W~Z가 각각 N, O, Mg, Al 중 하나이면 원자 반지름은 $Mg > Al > N > O$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Al$ 이다. 이 자료는 제시된 자료에 부합하지 않는다. 따라서 W~Z는 각각 O, N, Mg, Na이다.

- Ⓒ 원자 번호는 $W(O) > X(N)$ 이다.
- Ⓒ 같은 전자 배치를 가질 때 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크므로 이온 반지름은 $W(O) > Y(Mg)$ 이다.
- ✗ 제1 이온화 에너지는 $X(N) > Z(Na)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Z(Na) > X(N)$ 이므로 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $Z(Na) > X(N)$ 이다.

02 원소의 주기적 성질

W는 Y보다 원자 번호가 2만큼 작지만, 제2 이온화 에너지가 Y보다 크므로 1족 원소이다. 원자가 전자 수로부터 X~Z는 각각 2족 원소, 13족 원소, 14족 원소인 것을 알 수 있다. X와 Y가 같은 주기 원소이면 제1 이온화 에너지는 $X > Y$ 이어야 한다. 그러나 제1 이온화 에너지는 $Y > X$ 이므로 X는 3주기 2족 원소인 Mg이고, Y는 2주기 13족 원소인 B이다. Y와 Z가 같은 주기 원소이면 제1 이온화 에너지는 $Z > Y$ 이어야 한다. 제1 이온화 에너지는 $Y > Z$ 이므로 Z는 3주기 14족 원소인 Si이다. W와 Y는 같은 주기 원소이므로 W는 2주기 1족 원소인 Li이다.

- Ⓒ W(Li)는 1족 원소이므로 $n=1$ 이다.
- ✗ W(Li)는 2주기 원소이다.
- Ⓒ 원자 번호는 $Z(Si) > X(Mg) > Y(B) > W(Li)$ 이다.

03 원소의 주기적 성질

F, Mg, Al, S의 원자가 전자 수는 $F > S > Al > Mg$ 이고, 원자 반지름은 $Mg > Al > S > F$ 이며, 이온 반지름은 $S > F > Mg > Al$ 이다. (가)는 $Z > Y > X > W$ 이고 (나)는 $W > X > Y > Z$ 이며 (다)는 $X > W > Z > Y$ 이므로 (가)~(다)는 각각 원자 반지름, 원자가 전자 수, 이온 반지름이고, W~Z는 각각 F, S, Al, Mg이다.

- ✗ W(F)는 2주기 원소이고, X(S)는 3주기 원소이다.
- Ⓒ (가)~(다)는 각각 원자 반지름, 원자가 전자 수, 이온 반지름이다.
- ✗ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y(Al) > Z(Mg)$ 이다.

04 원소의 주기적 성질

같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커진다. 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소는 각각 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아진다. 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소는 각각 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지면 이온 반

지름이 작아진다. 이온 반지름은 $Z > W > X > Y$ 이고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > Y > X > W$ 이므로 $W \sim Y$ 는 같은 주기 원소이다. $W \sim Y$ 가 2주기 비금속 원소이면 W 보다 이온 반지름이 큰 Z 는 존재하지 않으므로 모순이다. $W \sim Y$ 는 3주기 금속 원소이고, Z 는 2주기 비금속 원소이다. 이온 반지름은 $W > X > Y$ 이므로 $W \sim Y$ 는 각각 Na, Mg, Al이다. Z 의 홀전자 수는 $W \sim Y$ 의 홀전자 수의 합이므로 Z 는 O이다.

- ㉠ 원자 반지름은 $W(\text{Na}) > X(\text{Mg})$ 이다.
- ✗ 제1 이온화 에너지는 $X(\text{Mg}) > Y(\text{Al})$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Y(\text{Al}) > X(\text{Mg})$ 이므로 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $Y > X$ 이다.
- ✗ p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $X(\text{Mg})$ 가 $\frac{6}{6} = 1$ 이고, $Z(\text{O})$ 가 $\frac{4}{4} = 1$ 이므로 X 와 Z 가 같다.

05 원소의 주기적 성질

금속 원소는 원자 반지름 > 이온 반지름이고 비금속 원소는 이온 반지름 > 원자 반지름이다. Z 의 홀전자 수가 1이므로 Z 는 F, Na, Al 중 하나이다. Z 가 F이면 (가)는 이온 반지름이고, (나)는 원자 반지름이다. X 는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고 Y 는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 X 는 3주기 금속 원소이고, Y 는 2주기 비금속 원소이다. Y 는 N, O 중 하나이므로 이온 반지름이 Z 보다 커야 하지만 그렇지 않으므로 모순이다. Z 가 Al이면 (가)는 원자 반지름이고, (나)는 이온 반지름이다. X 는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크고, Y 는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 X 는 2주기 비금속 원소이고, Y 는 3주기 금속 원소이다. Y 는 Na, Mg 중 하나이므로 원자 반지름이 Z 보다 커야 하지만 그렇지 않으므로 모순이다. 따라서 Z 는 Na이고, (가)와 (나)는 각각 원자 반지름, 이온 반지름이다. X 는 N, O, F 중 하나이며, Y 는 Mg, Al 중 하나이다.

- ㉠ 금속 원소는 $Y(\text{Mg, Al 중 하나}), Z(\text{Na})$ 2가지이다.
- ✗ (가)는 원자 반지름이다.
- ✗ 이온 반지름은 $X(\text{N, O, F 중 하나}) > Z(\text{Na}) > Y(\text{Mg, Al 중 하나})$ 이므로 ㉠~㉢은 각각 Y, Z, X 이다.

06 원소의 주기적 성질

원자 번호 7~12에 해당하는 원소는 N, O, F, Ne, Na, Mg이다. 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소는 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아지고 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아진다. 원자 반지름은 $W > X$ 이고 이온 반지름은 $Y > W > X$ 이므로 W 와 X 는 2주기 비금속 원소이거나 3주기 금속 원소이다. W 와 X 가 2주기 비금속 원소이면 Y 는 W 보다 이온 반지름이 커야 하므로 N이고, W 와 X 는 각각 O, F이다. Z 는 3주기 금속 원소인 Na, Mg 중 하나이다. Z 가 Na이면 제2 이온화 에너지가 가장 커야 하지만 그렇지 않으므로 모순이다. Z 가 Mg이면 제1 이온화 에너지는 W 보다 작아야 하지만, 그렇지 않으므로 모순이다. 따라서 W 와 X 는 3주기 금속 원소이다. W 와 X 는 각각 Na, Mg이므로 Y 와 Z

는 각각 N, O, F 중 하나이다. N, O, F의 제1 이온화 에너지는 $F > N > O$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $O > F > N$ 이므로 Y 는 F, Z 는 N이다. 따라서 $W \sim Z$ 는 각각 Na, Mg, F, N이다.

- ㉠ 제1 이온화 에너지는 $X(\text{Mg}) > W(\text{Na})$ 이다.
- ㉡ 원자가 전자 수는 $Y(\text{F})$ 가 가장 크다.
- ㉢ 홀전자 수는 $W(\text{Na})$ 와 $Y(\text{F})$ 가 1, $X(\text{Mg})$ 가 0, $Z(\text{N})$ 가 3이다. 따라서 홀전자 수는 Z 가 가장 크다.

THEME

09

이온 결합

많은 꿀 문제로 유형 익히기

본문 54쪽

정답 ⑤

바닥상태 W~Z의 전자 배치는 각각 $1s^22s^22p^4$, $1s^22s^22p^63s^1$, $1s^22s^22p^63s^23p^1$, $1s^22s^22p^63s^23p^5$ 이다. 따라서 W~Z는 각각 O, Na, Al, Cl이다.

㉠. W는 원자가 전자 수가 6인 비금속 원소, Y는 원자가 전자 수가 3인 금속 원소이므로 W와 Y로 이루어진 물질은 이온 결합 물질이다.

㉡. 금속 원소인 X와 비금속 원소인 Z는 이온 결합하여 화합물을 형성한다. 따라서 X와 Z로 이루어진 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

㉢. Y는 원자가 전자 수가 3인 금속 원소, Z는 원자가 전자 수가 7인 비금속 원소이므로 Y와 Z는 1 : 3으로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

수능 2점 테스트

본문 55~56쪽

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

01 이온 결합 물질의 전기 전도성

NaCl은 금속 원소인 Na과 비금속 원소인 Cl가 전자를 주고받아 형성된 이온으로 구성된 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

02 원자의 전자 배치 모형

㉠. X는 원자가 전자 수가 1로 전자 1개를 잘 잃는 성질을 가지는 금속 원소이고, Y는 원자가 전자 수가 7로 전자 1개를 잘 얻는 비금속 원소이다.

㉡. 바닥상태에서 X와 Y의 전자 배치는 각각 $1s^22s^22p^63s^1$, $1s^22s^22p^63s^23p^5$ 이다. 따라서 홀전자 수는 각각 1, 1로 같다.

㉢. X와 Y가 결합할 때 X의 전자 1개는 Y로 이동하여 X는 X^+ , Y는 Y^- 이 되고, X^+ 과 Y^- 은 정전기적 인력에 의해 결합하여 이온 결합 물질 XY를 형성한다.

03 이온 결합 물질의 전자 배치 모형

✕. X^+ 은 X가 전자 1개를 잃고, Y^- 은 Y가 전자 1개를 얻어 형성된다. X^+ 과 Y^- 은 네온(Ne)의 전자 배치를 가지므로 X는 3주기 1족 원소, Y는 2주기 17족 원소이다. 따라서 X와 Y는 서로 다른 주기 원소이다.

㉠. X와 Y의 원자 번호는 각각 11, 9이므로 원자 번호는 $X > Y$ 이다.

㉢. X^+ 과 Y^- 은 정전기적 인력에 의해 결합하여 이온 결합 물질 XY를 형성한다.

04 수용액의 이온 모형

㉠. X 수용액에 들어 있는 이온 수비는 A의 양이온 : B의 양이온 = 2 : 1이다. 따라서 X의 화학식은 A_2B 이다.

✕. A와 B는 같은 주기 원소이고 A는 양이온이, B는 음이온이 잘 되는 성질이 있는 원소이다. 따라서 A는 전자를 잃고 Ne의 전자 배치를 갖는 양이온이, B는 전자를 얻어 Ar의 전자 배치를 갖는 음이온이 되므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B의 음이온 > A의 양이온이다.

㉡. 3주기 원소 중 양이온이 잘 되는 원소는 Na, Mg, Al이고, 음이온이 잘 되는 원소는 P, S, Cl이다. 이 중 화학식이 A_2B 인 이온 결합 물질을 형성할 수 있는 원소 A와 B는 각각 Na과 S이다. Na과 S의 바닥상태 원자의 홀전자 수는 각각 1, 2이므로 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $B > A$ 이다.

05 이온 결합 물질의 전기 분해 화학 반응식

㉠. 이온 결합 물질은 금속 원소와 비금속 원소가 정전기적 인력으로 결합하여 생성되는 물질이고 일반적으로 상온에서 금속 원소는 고체 상태, 비금속 원소는 고체나 기체 상태로 존재한다. $XY(l)$ 는 $X(s)$ 와 $Y_2(g)$ 로 전기 분해되었으므로 이온 결합 물질이다. 따라서 $XY(l)$ 의 전기 분해 결과 생성된 $X(s)$ 는 금속이고 $Y_2(g)$ 는 비금속이다. X와 Y는 3주기 원소이므로 원자 번호는 $Y > X$ 이다.

✕. XY를 구성하는 X 이온과 Y 이온의 전자 배치는 각각 Ne, Ar과 같다. 따라서 XY에서 X 이온과 Y 이온의 전자 수는 다르다.

✕. $XY(l)$ 를 전기 분해했을 때 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2XY(l) \rightarrow 2X(s) + Y_2(g)$ 이다. 반응 계수비는 $XY : Y_2 = 2 : 1$ 이므로 XY 1 mol을 전기 분해했을 때 생성되는 Y_2 는 0.5 mol이다.

06 주기율표와 이온 결합

✕. 이온 결합 물질은 금속 원소와 비금속 원소의 결합으로 형성된다. A와 D는 모두 비금속 원소이므로 AD는 이온 결합 물질이 아니다.

㉠. 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리는 양이온 반지름과 음이온 반지름을 이용하여 구할 수 있다. BF와 BD는 양이온이 동일하므로 이온 사이의 거리는 음이온 반지름에 의해 결정된다. 따라서 이온 반지름은 F 이온 > D 이온이므로 이온 사이의 거리는 $BF > BD$ 이다.

✕. B_2C 에서 B 이온의 전하는 +1이고 EF_2 에서 E 이온의 전하는 +2이다. 따라서 양이온 1개의 전하량은 $EF_2 > B_2C$ 이다.

07 이온 결합 물질의 녹는점

이온 결합 물질의 녹는점은 이온의 전하량이 같을 때 이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온 사이 거리가 비슷할 때 이온의 전하량이 클수록 높다.

X. AB와 FE는 이온 사이의 거리는 비슷한데 녹는점은 $FE > AB$ 이다. 따라서 이온의 전하량은 F 이온이 A 이온보다 크다. D 이온과 F 이온은 E 이온과 모두 1 : 1로 결합하여 물질을 형성하고 있으므로 D 이온과 F 이온은 전하의 크기가 같다. 따라서 전하의 크기는 $D 이온 > A 이온$ 이다.

X. 이온 전하의 크기는 $D 이온 > A 이온$ 이므로 D 이온과 결합한 E 이온의 전하의 크기가 A 이온과 결합한 B 이온의 전하의 크기보다 크다. 따라서 원자가 전자 수는 $B > E$ 이다.

㉔. 이온 간 거리는 $FE > DE$ 이므로 이온 반지름은 $F 이온 > D 이온$ 이다.

08 원자의 전자 배치 모형과 이온 결합

A~D는 각각 Li, F, Na, Cl이므로 (가)~(다)는 각각 LiF, LiCl, NaCl이다.

X. (나)와 (다)는 모두 양이온과 음이온이 1 : 1의 비율로 결합하여 형성되는 이온 결합 물질이므로 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 (나)와 (다)가 같다.

X. (가)~(다)는 모두 양이온과 음이온이 1 : 1의 비율로 결합하여 형성된 물질이므로 물질 1 mol에 들어 있는 총 이온의 양(mol)은 모두 같다.

㉔. 이온 결합 물질의 녹는점은 일반적으로 이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온의 전하량이 클수록 높다. (가)는 LiF, (나)는 LiCl으로 이온의 전하량이 같으므로 물질의 녹는점은 이온 사이 거리의 영향을 받는다. 음이온 반지름은 $Cl^- > F^-$ 이므로 이온 사이의 거리는 $LiCl > LiF$ 이다. 따라서 녹는점은 $LiF > LiCl$ 이므로 (가) > (나)이다.

수능 3점 테스트

본문 57~58쪽

01 ㉔

02 ㉔

03 ㉔

04 ㉔

01 이온 결합 물질의 전자 배치 모형

X. (가)에서 Y가 양이온이므로 (나)에서 Z는 음이온이다. 바닥상태 X~Z의 홀전자 수가 2 이하이므로 X~Z는 각각 F, Mg, O이다. X~Z의 원자 번호는 각각 9, 12, 8이므로 원자 번호는 $Y > X > Z$ 이다.

㉔. (가)에서 이온 수비는 X 이온 : Y 이온 = 2 : 1이므로 X와 Y는 각각 F, Mg이다. 따라서 (나)는 Y(Mg)와 Z(O)가 결합하여 형성된 물질이므로 YZ(MgO)이다.

X. (가)와 (나)의 화학식은 각각 YX_2 , YZ이다. (가) 1 mol에 들어 있는 X 이온의 양은 2 mol이다. (나) x mol에 들어 있는 Z 이온의 양이 2 mol이어야 하므로 $x = 2$ 이다.

02 원자의 전자 배치와 이온 결합

㉔. (가)의 수용액에 들어 있는 이온 수비는 양이온 : 음이온 = 1 : 2

이다. X의 전자 배치 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 로부터 X는 3주기 17족 원소로 1가 음이온이 잘 되는 성질이 있다. 따라서 Y는 3주기 2족 원소인 Mg이고 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.

㉔. X 이온과 Y 이온의 전자 배치는 각각 Ar, Ne의 전자 배치와 같다. 따라서 이온 반지름은 X 이온 > Y 이온이므로 $\frac{X 이온 반지름}{Y 이온 반지름} > 1$ 이다.

㉔. (가)는 이온 결합 물질이다. 따라서 (가)는 액체 상태에서 자유로운 이온이 존재하므로 전기 전도성이 있다.

03 이온 결합의 형성

㉔. X 원자가 X 이온이 될 때 반지름이 작아지므로 X 원자는 전자를 잃고 X 이온이 된다. 따라서 ㉔은 '잃음'이 적절하고, Y 원자가 Y 이온이 될 때 반지름이 커지므로 Y 원자는 전자를 얻어 Y 이온이 된다. 따라서 ㉔은 '얻음'이 적절하다.

㉔. a=1일 때 X는 3주기 1족 원소이므로 Y는 전자 1개를 잘 얻는 성질이 있는 3주기 17족 원소인 Cl이다.

㉔. b=2일 때, Y는 전자 2개를 잘 얻는 성질이 있는 3주기 16족 원소이므로 X는 전자 2개를 잘 잃는 성질이 있는 3주기 2족 원소인 Mg이다. 바닥상태 Mg의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 홀전자 수는 0이다.

04 원자 반지름과 이온 결합

X. C는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이므로 금속 원소이다. 따라서 D는 금속 원소, A, B는 비금속 원소이다. (다)의 화학식이 CB_2 이므로 C는 2족 원소, B는 17족 원소이고, A는 16족 원소, D는 1족 원소이다. 2, 3주기 원소 중 A~D로 가능한 원소는 표와 같다.

| 원소 | A | B | C | D |
|-----|----|----|----|----|
| 족 | 16 | 17 | 2 | 1 |
| 2주기 | O | F | Be | Li |
| 3주기 | S | Cl | Mg | Na |

(가)~(다)를 구성하는 A~D의 이온의 전자 배치는 Ne 또는 Ar의 전자 배치와 같고, 원자 반지름은 $A < B < C < D$ 이므로 A~D는 각각 O, Cl, Mg, Na이다.

㉔. CA, DB, CB_2 는 각각 MgO, NaCl, $MgCl_2$ 이다. 양이온 반지름은 (나)가 가장 크고, 음이온 반지름은 (가)가 가장 작으므로 (가)~(다)는 각각 MgO, NaCl, $MgCl_2$ 이다. 따라서 (가)를 구성하는 양이온과 음이온은 모두 Ne의 전자 배치를 가지므로 (가)에서 양이온과 음이온의 전자 수는 같다.

X. (나)와 (다)는 각각 NaCl, $MgCl_2$ 이므로 물질 1 mol에 들어 있는 총 이온의 양(mol)은 (다) > (나)이다.

THEME

10

공유 결합과 금속 결합

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 60쪽

정답 ⑤

화합물에서 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소는 Ne과 전자 배치가 같다. (가)는 공유 결합 물질이므로 X, Y는 모두 2주기 비금속 원소이고, (나)는 이온 결합 물질이므로 Z는 3주기 금속 원소이다. (가)로 가능한 분자는 CO₂, OF₂이다. (가)가 CO₂라면 X는 C인데 C와 이온 결합하는 3주기 금속 원소는 존재하지 않는다. 따라서 (가)는 OF₂이고 X와 Y는 각각 O, F이다. O와 1 : 1로 결합하여 화합물을 형성하는 3주기 금속 원소는 Mg이므로 Z는 Mg이다.

- ㉠. X~Z는 각각 O, F, Mg이므로 2주기 원소는 2가지이다.
 ㉡. Y와 Z의 원자가 전자 수는 각각 7, 2이므로 Y와 Z는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
 ㉢. X₂는 O₂이므로 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 61~62쪽

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

01 분자의 전자 배치 모형

×. A와 B는 원자가 전자 수가 각각 1, 6이므로 바닥상태 원자의 홀 전자 수는 각각 1, 2로 B > A이다.

- ㉠. A₂B에서 비공유 전자쌍 수는 2이다.
 ㉡. A는 원자가 전자 수가 1인 1주기 원소, B는 원자가 전자 수가 6인 2주기 원소이다. 따라서 A₂와 B₂의 공유 전자쌍 수는 각각 1, 2이므로 B₂ > A₂이다.

02 원자의 루이스 전자점성

- ㉠. X와 Y는 원자가 전자 수가 각각 6, 7로 모두 비금속 원소이다. 따라서 XY₂는 공유 결합으로 이루어진 공유 결합 물질이다.
 ㉡. X₂와 Y₂의 구조식은 각각 X=X, Y-Y이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 X₂ > Y₂이다.
 ㉢. X₂Y₂의 구조식은 Y-X-X-Y이다. 따라서 X₂Y₂의 공유 전자쌍 수는 3이다.

03 이온 결합 물질과 공유 결합 물질의 전자 배치 모형

- ×. XY에서 X⁺과 Y⁻은 Ne의 전자 배치를 가지므로 X는 3주기 1족 원소, Y는 2주기 17족 원소이다. ZY₂에서 Z와 Y는 공유 결합을 형성하고 있으므로 Z는 원자가 전자 수가 6인 2주기 16족 원소이다.
 ㉠. X는 금속 원소이므로 X(s)는 전성(퍼짐성)이 있다.
 ㉡. X는 원자가 전자 수가 1인 금속 원소, Z는 원자가 전자 수가 6

인 비금속 원소이므로 2 : 1로 결합하여 안정한 이온 결합 화합물을 형성한다.

04 화학 결합과 물질의 녹는점

- ㉠. (다)는 a°C보다 높은 온도에서도 전기 전도성이 없으므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없는 공유 결합 물질인 I₂이다.
 ㉡. t₂°C는 NaCl의 녹는점보다 높고 Cu의 녹는점보다 낮은 온도이므로 NaCl은 액체 상태, Cu는 고체 상태이다. t₂°C에서 (가)는 전기 전도성이 있으므로 Cu이고 (나)는 NaCl이다. 따라서 (나)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 ㉠은 '있음'이다.
 ㉢. (가)는 Cu로 금속 결합 물질이다.

05 주기율표와 화학 결합

- ㉠. A와 B는 모두 비금속 원소이다. 따라서 A와 B로 이루어진 물질은 공유 결합 물질이다.
 ㉡. B는 16족 원소, D는 17족 원소이므로 D₂B의 구조식은 D-B-D이며 공유 전자쌍 수는 2이다.
 ×. CD₂에서 C는 2가 양이온, D는 1가 음이온 상태이다. 따라서 CD₂를 구성하는 C 이온의 전자 배치는 Ne과 같고, D 이온의 전자 배치는 Ar과 같다.

06 화학 결합과 물질의 성질

- ㉠. 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 금속 결합 물질인 Mg이다. 따라서 ㉠은 Mg이다.
 ×. (가)가 '공유 결합 물질인가?'라면 '예'에 해당하는 물질은 OF₂이므로 모순이다. 따라서 '공유 결합 물질인가?'는 (가)로 적절하지 않다.
 ㉡. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 Mg과 NaCl이다. 따라서 (가)가 '액체 상태에서 전기 전도성이 있는가?'일 때 ㉠, ㉡은 각각 Mg, NaCl이다.

07 전자 배치와 화학 결합

- A~D는 각각 N, F, Na, S이다.
 ㉠. A와 B의 원자가 전자 수는 각각 5, 7인 비금속 원소이며 A와 B가 분자에서 갖는 공유 전자쌍 수는 각각 3, 1이다. 따라서 A₂B₂의 구조식은 B-A-A-B이므로 2중 결합이 존재한다.
 ×. DB₂는 비금속 원소인 B와 D가 공유 결합하여 형성된 공유 결합 물질이다.
 ㉡. B는 원자가 전자 수가 7인 비금속 원소이며 C는 원자가 전자 수가 1인 금속 원소이다. 따라서 B와 C는 1 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

08 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

- ×. (가)에서 X와 Y에 2중 결합이 존재한다면 X와 Y가 분자에서 가지는 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2인데 (나)에서 X와 Z는 4개의 전자쌍을 공유할 수 없다. 따라서 (가)에서 X와 Y는 1개의 전자쌍을

THEME

11

결합의 극성

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 66쪽

정답 ③

(가)~(다)에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하고 X와 Y는 2주기 원소이므로 X는 F, Y는 N이다. 따라서 (가)는 HF, (나)는 NH₃, (다)는 NF₃이다.

㉠. 비공유 전자쌍 수는 (가)(HF)가 3, (나)(NH₃)가 1, (다)(NF₃)가 10이므로 (다)가 가장 크다.

㉡. 전기 음성도는 X(F) > H이므로 (가)에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢. 전기 음성도는 X(F) > Y(N) > H이므로 (나)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를, (다)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

수능 2점 테스트

본문 67~68쪽

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

01 결합의 극성

㉠. (가)에는 C-C 무극성 공유 결합이 있다.

㉡. (나)에는 극성 공유 결합만 있다.

㉢. 공유 전자쌍 수는 (가)가 7, (나)가 8이므로 (나) > (가)이다.

02 화학 반응식과 결합의 극성

화학 반응식에서 ㉠은 O₂, ㉡은 N₂, ㉢은 CH₄이다.

㉠. ㉠(O₂)에는 다중 결합(2중 결합)이 있다.

㉡. 공유 전자쌍 수는 CH₄이 4, N₂가 3이므로 ㉢(CH₄) > ㉡(N₂)이다.

㉢. ㉠~㉢ 중 극성 공유 결합이 있는 분자는 CH₄이므로 1가지이다.

03 루이스 전자점식과 전기 음성도

분자 XY의 루이스 전자점식에서 X와 Y의 원자가 전자 수는 각각 7이다. 바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 X : Y = 5 : 9이므로 바닥상태 원자의 전자 배치는 X가 1s²2s²2p⁵, Y가 1s²2s²2p⁶3s²3p⁵이다. 따라서 X는 F, Y는 Cl이다.

㉠. X(F)와 Y(Cl)는 같은 족 원소이다.

㉡. 전기 음성도는 X(F) > Y(Cl)이다.

㉢. 공유 전자쌍 수는 X₂(F₂)가 1, Y₂(Cl₂)가 1이므로 X₂와 Y₂가 같다.

04 결합의 극성

주어진 분자 중에서 무극성 공유 결합이 있는 분자는 H₂와 C₂H₄이

고, 공유 전자쌍 수가 4 이상인 분자는 C₂H₄와 CH₂O이므로 ㉠은 C₂H₄, ㉡은 H₂, ㉢은 NF₃, ㉣은 CH₂O이다.

㉠. ㉠(C₂H₄)에는 C-H 극성 공유 결합이 있다.

㉡. ㉡(CH₂O)에는 2중 결합이 있다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 ㉠(C₂H₄)이 0, ㉡(H₂)이 0, ㉢(NF₃)이 10, ㉣(CH₂O)이 2이므로 ㉢이 가장 크다.

05 루이스 전자점식과 결합의 극성

X~Z는 1, 2주기 원소이며 루이스 전자점식으로부터 X는 N, Y는 H, Z는 F임을 알 수 있다.

㉠. X(N)의 원자가 전자 수는 5이다.

㉡. 전기 음성도는 Z(F) > Y(H)이므로 YZ(HF)에서 Y(H)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 Z₂(F₂)가 6, X₂(N₂)가 2이므로 Z₂가 X₂의 3배이다.

06 결합의 극성

제1 이온화 에너지는 F > N > O > C이므로 W(F), X(N), Y(O), Z(C)이다.

㉠. 전기 음성도는 Y(O) > X(N)이다.

㉡. 전기 음성도는 W(F) > X(N) > Z(C)이므로 WZX(FCN)에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢. 비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 는 YW₂(OF₂)가 4, ZY₂(CO₂)가 1이므로 YW₂가 ZY₂의 4배이다.

07 전기 음성도와 결합의 극성

바닥상태에서 W~Z의 홀전자 수의 합은 7(=1+2+2+2 또는 1+1+2+3)이다.

i) 홀전자 수의 합이 1+2+2+2인 경우, W~Z 중 14족 원소는 Z 1가지이므로 W~Y 중 17족 원소가 1가지, 16족 원소가 2가지이다. 전기 음성도는 W > X > Y이므로 W는 F, X는 O, Y는 S이 가능하다. 이때 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X=Y인 조건에 부합하지 않는다.

ii) 홀전자 수의 합이 1+1+2+3인 경우, W~Z 중 14족 원소는 1가지, 15족 원소는 1가지, 17족 원소는 2가지이다. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X=Y > Z이므로 X와 Y는 3주기 원소이고 Z는 2주기 원소이다. Z는 14족 원소이므로 Z는 C이다. 전기 음성도는 W > X > Y이므로 W는 F, X는 Cl, Y는 P이다.

㉠. W(F)와 X(Cl)는 같은 족 원소이다.

㉡. 원자가 전자 수는 Y(P) > Z(C)이다.

㉢. Z₂W₂(C₂F₂)에는 무극성 공유 결합이 있다.

08 분자의 구조와 결합의 극성

(가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 W는 C, X는 N, Y는 O, Z는 F이다. (가)는 WZ₄(CF₄), (나)는 XZ₃(NF₃),

(다)는 $WY_2(CO_2)$ 이다.

✗ 전기 음성도는 $Y(O) > W(C)$ 이다.

✗ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)는 $\frac{12}{4}$, (나)는 $\frac{10}{3}$, (다)는 $\frac{4}{4}$ 이므로 $a=3$ 이다.

㉔ $ZWX(FCN)$ 에는 3중 결합(다중 결합)이 있다.

04 결합의 극성

W~Z는 각각 C, O, P, Cl 중 하나이고, (가)~(다)의 비공유 전자 쌍 수를 고려하면 (가)는 $WX_m(CO_2)$, (나)는 $WXY_m(COCl_2)$, (다)는 $ZY_n(PCl_3)$ 이다. 따라서 W는 C, X는 O, Y는 Cl, Z는 P 이고, $m=2, n=3$ 이다.

✗ $m=2$ 이다.

㉔ 전기 음성도는 $Y(Cl) > Z(P)$ 이므로 (다) $ZY_3(PCl_3)$ 에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉔ (가)~(다) 중 2중 결합이 있는 분자는 (가) $WX_2(CO_2)$ 와 (나) $WXY_2(COCl_2)$ 이므로 2가지이다.

수능 3점 테스트

분문 69~70쪽

01 ④

02 ④

03 ③

04 ④

01 루이스 전자점식과 결합의 극성

(가)는 $WX_3(NF_3)$ 이고 (나)는 $Z_3Y^+(H_3O^+)$ 이다.

✗ 전기 음성도는 $Y(O) > W(N)$ 이다.

㉔ 전기 음성도는 $X(F) > W(N)$ 이므로 (가) $WX_3(NF_3)$ 에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉔ $Z_2Y_2(H_2O_2)$ 의 구조식은 $H-O-O-H$ 이므로 Z_2Y_2 에는 무극성 공유 결합이 있다.

02 전기 음성도

(가)와 (나)에서 (비공유 전자쌍 수 - 공유 전자쌍 수)는 각각 -2이므로 (가)와 (나)는 각각 NH_3, PH_3 중 하나이고, W와 X는 각각 N, P 중 하나이다. 전기 음성도는 $X > W$ 이므로 W는 P, X는 N이다. (다)와 (라)에서 (비공유 전자쌍 수 - 공유 전자쌍 수)는 각각 0, 2이고 전기 음성도는 $Z > Y > X$ 이며 제1 이온화 에너지는 $Y > W(P)$ 이므로 Y는 O, Z는 F이다. 따라서 (가)는 PH_3 , (나)는 NH_3 , (다)는 H_2O , (라)는 HF이다.

✗ 원자가 전자 수는 $Y(O) > W(P)$ 이다.

㉔ X(N)와 Z(F)는 모두 2주기 원소이다.

㉔ 공유 전자쌍 수는 $Y_2(O_2)$ 는 2이고, $Z_2(F_2)$ 는 1이므로 $Y_2 > Z_2$ 이다.

03 전자 배치와 결합의 극성

2, 3주기 13~17족 바닥상태 원자 W~Z의 홀전자 수는 1, 2, 3 중 하나이므로 $a=1$ 이다. W의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 9이고 홀전자 수는 1이므로 W는 Cl이다. 바닥상태 원자 X와 Y의 홀전자 수는 각각 2, 3이므로 X는 14족 또는 16족, Y는 15족 원자에 해당하고, 원자가 전자 수 = 전자가 들어 있는 오비탈 수인 원자는 C와 N이므로 X는 C, Y는 N이고 $c=4, d=5$ 이다. 따라서 Z는 O이고 $b=2$ 이다.

㉔ $a=1, b=2$ 이므로 $a+b=3$ 이다.

㉔ $XZW_2(COCl_2)$ 에서 Z(O)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

✗ $W_2Z(Cl_2O)$ 에서 비공유 전자쌍 수는 8이다.

THEME

12

분자의 구조

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 72쪽

정답 ④

2주기 원소로 이루어진 분자 중 분자당 구성 원자 수가 2이면서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 N_2 , O_2 , F_2 이고 N_2 , O_2 , F_2 의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 4, 6이다. 비공유 전자쌍 수비는 (가) : (나) = 1 : 3이므로 (가)는 N_2 , (나)는 F_2 이고 $a=2$ 이다. (다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (다)는 NF_3 이고 $m=3$ 이다. (다)의 비공유 전자쌍 수는 10이므로 $b=10$ 이다.

✗. $a=2$ 이고 $b=10$ 이므로 $a+b=12$ 이다.

㉠. (가)(N_2)에는 3중 결합이 있으므로 (가)에는 다중 결합이 있다.

㉡. 공유 전자쌍 수는 (나)가 1, (다)가 3이므로 (다) > (나)이다.

수능 2점 테스트

본문 73~74쪽

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

01 분자의 구조와 결합각

중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 (가)가 0, (나)가 2, (다)가 0이고, 중심 원자에 결합된 원자 수는 (가)가 2, (나)가 2, (다)가 3이다. 분자 모양은 (가)는 직선형, (나)는 굽은 형, (다)는 평면 삼각형이므로 결합각의 크기는 $\alpha > \gamma > \beta$ 이다.

02 분자의 구조

입체 구조인 분자는 NCl_3 이고 다중 결합이 있는 분자는 C_2H_2 이므로 ㉠은 NCl_3 , ㉡은 BCl_3 , ㉢ C_2H_2 이다.

㉠. 비공유 전자쌍 수는 ㉠(NCl_3)은 10, ㉡(BCl_3)은 9이므로 ㉠ > ㉡이다.

㉢. ㉢(C_2H_2)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

㉡. ㉡(BCl_3)의 구조식은 $H-C \equiv C-H$ 이므로 ㉡에는 $C \equiv C$ 무극성 공유 결합이 있다.

03 루이스 전자점식과 분자의 구조

루이스 전자점식에서 X는 C, Y는 O이다.

㉠. X_2H_4 (C_2H_4)에는 $C=C$ 2중 결합이 있다.

㉢. H_2Y_2 (H_2O_2)에는 O-O 무극성 공유 결합이 있다.

㉡. XY_2 (CO_2)의 분자 모양은 직선형이다.

04 분자의 구조

2주기 바닥상태 원자 X~Z의 전자 배치에서 $l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 각각 1, 3, 5이므로 X는 B, Y는 N, Z는 F이다.

㉠. XZ_3 (BF_3)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

㉢. XZ_3 (BF_3)의 분자 모양은 평면 삼각형이므로 무극성 분자이고 YZ_3 (NF_3)의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 $YZ_3 > XZ_3$ 이다.

✗. Y_2Z_4 (N_2F_4)에서 비공유 전자쌍 수는 14이다.

05 화학 반응식과 분자의 구조

화학 반응식에서 (가)는 CH_4 , (나)는 C_2H_4 이다.

㉠. (가)는 CH_4 이고 분자 모양은 정사면체형이다.

㉢. (나)는 C_2H_4 이고 $C=C$ 이중 결합(2중 결합)이 있다.

✗. 공유 전자쌍 수는 (가)는 4, (나)는 6이므로 공유 전자쌍 수비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

06 분자의 구조

(가) WX_4 에서 비공유 전자쌍 수는 0이므로 W는 C, X는 H이다.

(나) XWY 에서 비공유 전자쌍 수는 Y에 1개 있으므로 Y는 N이고, (다) WX_2Z 에서 비공유 전자쌍은 Z에 2개 있으므로 Z는 O이다. 따라서 (가)는 CH_4 , (나)는 HCN , (다)는 CH_2O 이다.

㉠. (가)의 분자 모양은 정사면체형이고 (나)의 분자 모양은 직선형이므로 결합각은 (나) > (가)이다.

㉢. 공유 전자쌍 수는 (나)가 4, (다)가 4이므로 (나)와 (다)가 같다.

㉡. (다)의 분자 모양은 평면 삼각형이므로 구성 원자는 모두 동일 평면에 존재한다.

07 분자의 구조와 결합각

분자 모양은 H_2O 이 굽은 형, CF_4 가 정사면체형, FCN 이 직선형이므로 결합각은 $FCN > CF_4 > H_2O$ 이다. 모든 원자가 동일 평면에 있는 분자는 FCN 과 H_2O 이다. 따라서 (가)는 FCN , (나)는 CF_4 , (다)는 H_2O 이다.

✗. (가)는 FCN 이다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 (나)(CF_4)가 12, (다)(H_2O)가 2이므로 (나) > (다)이다.

✗. (다)(H_2O)의 분자 모양은 굽은 형이다.

08 분자의 구조

(가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)는 $O=C=O$, (나)는 $F-C \equiv C-F$, (다)는 $F-N=N-F$ 이다.

㉠. (가)의 분자 모양은 직선형이다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 6, (다)가 8이므로 (다) > (나)이다.

✗. (가)~(다)에는 모두 다중 결합이 있으므로 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 3가지이다.

- 01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ⑤

01 분자의 구조와 성질

화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 이므로 ㉠은 (다)(H_2O_2), ㉡은 (나)(H_2O), ㉢은 (가)(O_2)이다.
 ㉠. ㉠에는 O-O 무극성 공유 결합이 있다.
 ✕. ㉡에는 2중 결합이 없다.
 ㉢. 비공유 전자쌍 수는 ㉢(O_2)은 4, ㉡(H_2O)은 2이므로 ㉢ > ㉡이다.

02 분자의 구조

(가)~(다)의 구성 원소와 구성 원자 수 및 공유 전자쌍 수를 고려하면 (가)는 $\text{X}_2(\text{O}_2)$, (나)는 $\text{YX}_2(\text{CO}_2)$, (다)는 $\text{YZ}_4(\text{CF}_4)$ 이다.
 ㉠. (가) $\text{X}_2(\text{O}_2)$ 에는 2중 결합이 있다.
 ✕. (나) $\text{YX}_2(\text{CO}_2)$ 의 분자 모양은 직선형이다.
 ㉢. 분자 모양은 (나)가 직선형이고, (다)가 정사면체형이므로 결합각은 (나) > (다)이다.

03 분자의 구조

2, 3주기 13~17족 바닥상태 원자에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비를 고려하면 X는 P, Y는 F, Z는 B이다.
 ㉠. X~Z 중 3주기 원소는 X(P) 1가지이다.
 ✕. $\text{XY}_3(\text{PF}_3)$ 의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있지 않다.
 ㉢. $\text{ZY}_3(\text{BF}_3)$ 의 분자 모양은 평면 삼각형이고 $\text{XY}_3(\text{PF}_3)$ 의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 결합각은 $\text{ZY}_3 > \text{XY}_3$ 이다.

04 분자의 구조

(가)~(라)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)에서 중심 원자는 X(C)이고 (가)는 $\text{XY}_4(\text{CF}_4)$ 이며 $a=4$ 이다. (나)와 (다)에서 중심 원자는 X(C)이고 (나)는 $\text{XZY}_2(\text{COF}_2)$, (다)는 $\text{XZ}_2(\text{CO}_2)$ 이다. (라)는 $\text{ZY}_2(\text{OF}_2)$ 이고 $b=2$ 이다.
 ㉠. (가) $\text{XY}_4(\text{CF}_4)$ 에서 비공유 전자쌍 수는 $12(=3a)$ 이다.
 ㉢. (나) $\text{XZY}_2(\text{COF}_2)$ 의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
 ㉤. 분자 모양은 (다)가 직선형이고 (라)가 굽은 형이므로 결합각은 (다) > (라)이다.

정답 ⑤

(가)와 (나)에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 N이고, Y는 O이다. 따라서 (가)는 NH_4^+ , (나)는 OH^- 이다.
 ㉠. (가)는 NH_4^+ 이고 결합각은 109.5° 이므로 (가)의 모양은 정사면체형이다.
 ㉢. $\text{XH}_3(\text{NH}_3)$ 는 결합각이 107° 이고 분자 모양은 삼각뿔형이므로 결합각은 (가) > $\text{XH}_3(\text{NH}_3)$ 이다.
 ㉤. $\text{H}_2\text{Y}(\text{H}_2\text{O})$ 는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

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

01 분자의 구조와 성질

✕. (가)~(라) 중 (가)와 (나)에 무극성 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있는 분자는 2가지이다.
 ㉢. 2중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다)이므로 2가지이다.
 ㉤. (가)~(다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (라)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 (가)~(라) 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 1가지이다.

02 분자의 구조와 성질

W는 C, X는 O, Y는 F, Z는 N이므로 (가)는 COF_2 이고, (나)는 NF_3 이다.
 ✕. 전기 음성도는 $Z(\text{N}) > W(\text{C})$ 이다.
 ㉢. (가)의 분자 모양은 평면 삼각형이므로 모든 원자는 동일 평면에 있다.
 ✕. (나)의 분자 모양은 삼각뿔형이고 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

03 분자의 구조와 성질

(가)~(라)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)~(다)로 가능한 분자는 $\text{N}_2, \text{O}_2, \text{F}_2$ 이다. $\text{N}_2, \text{O}_2, \text{F}_2$ 의 공유 전자쌍 수는 각각 3, 2, 1이고, 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 4, 6이므로 $\text{N}_2, \text{O}_2, \text{F}_2$ 의 (공유 전자쌍 수 × 비공유 전자쌍 수)는 각각 6, 8, 6이고 전기 음성도가 $W(\text{F}) > X(\text{N})$ 이므로 (가)는 F_2 , (나)는 N_2 , (다)는 O_2 , (라)는 CO_2 이다.
 ✕. (라) $\text{ZY}_2(\text{CO}_2)$ 에서 공유 전자쌍 수는 4, 비공유 전자쌍 수는 4이므로 $a=16$ 이다.

✕. (가)~(라)는 모두 무극성 분자이므로 무극성 분자는 4가지이다.
 ㉔. $YW_2(OF_2)$ 의 분자 모양은 굽은 형이고 $ZW_4(CF_4)$ 의 분자 모양은 정사면체형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 $YW_2(OF_2) > ZW_4(CF_4)$ 이다.

04 분자의 구조와 성질

주어진 조건에 따라 (가)~(다)는 각각 C_2F_2 , NF_3 , N_2F_2 , O_2F_2 중 하나이다. (가)~(다)의 중심 원자는 모두 다르고 공유 전자쌍 수는 (다) > (가) = (나)이므로 (다)는 C_2F_2 이고 $a=3$, $b=2$ 이다. 따라서 (가)는 O_2F_2 , (나)는 NF_3 이다.

✕. (가)(O_2F_2)의 공유 전자쌍 수는 3이므로 $a=3$ 이다.
 ✕. (나)(NF_3)의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.
 ㉔. (다)의 구조식은 $F-C\equiv C-F$ 이므로 (다)에는 다중 결합이 있다.

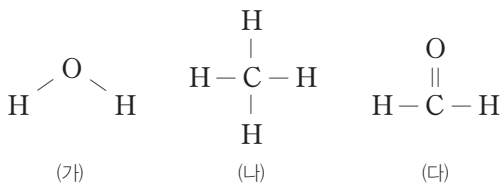
05 분자의 구조와 성질

분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 CH_3Cl 과 HCN 이고, 3중 결합 수가 0인 분자는 CH_3Cl 과 CO_2 이다. 따라서 (가)는 CH_3Cl , (나)는 HCN , (다)는 CO_2 이다.

✕. (나)(HCN)에는 3중 결합이 1개 있고, (다)(CO_2)에는 3중 결합이 없으므로 $a=1$, $b=0$ 이고 $a+b=1$ 이다.
 ㉔. (가)(CH_3Cl)의 분자 모양은 사면체형이므로 입체 구조이다.
 ✕. (나)(HCN)와 (다)(CO_2)의 분자 모양은 모두 직선형이고 결합각은 180° 이므로 결합각은 (나)와 (다)가 같다.

06 분자의 구조와 성질

(가)~(다)에서 C와 O는 옥텟 규칙을 만족하고 주어진 조건에 따라 (가)~(다)의 구조식을 나타내면 다음과 같다.



㉔. (가)(H_2O)의 분자 모양은 굽은 형이므로 (가)에서 모든 원자는 동일 평면에 있다.
 ㉔. 분자 1개를 구성하는 원자 수는 (나)(CH_4)는 5, (다)(CH_2O)는 4이므로 (나) > (다)이다.
 ㉔. (나)(CH_4)의 분자 모양은 정사면체형으로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (다)(CH_2O)의 분자 모양은 비대칭 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (나)이다.

07 분자의 구조와 성질

화학 반응식에서 \ominus 은 CO_2 , $\ominus H_2O$ 이다.

✕. 전기 음성도는 $O > C$ 이므로 중심 원자의 전기 음성도는 $\ominus(H_2O) > \ominus(CO_2)$ 이다.

✕. 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수는 $\ominus(CO_2)$ 은 1, $\ominus(H_2O)$ 은 1이므로 서로 같다.

㉔. $\ominus(CO_2)$ 의 분자 모양은 직선형이고, $\ominus(H_2O)$ 의 분자 모양은 굽은 형이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 $\ominus(H_2O) > \ominus(CO_2)$ 이다.

08 분자의 구조와 성질

(가)에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 고려하면 X와 Y는 각각 C, Cl 중 하나이므로 (가)는 CH_3Cl 이고 Z는 O이다. (나)에서 공유 전자쌍 수는 4이므로 중심 원자는 X(C)이고, (나)는 CH_2O 이므로 $a=2$ 이다. (다)는 $HOCl$ 이므로 $b=5$ 이다.

㉔. $a=2$, $b=5$ 이므로 $a+b=7$ 이다.
 ㉔. 분자 모양은 (가)(CH_3Cl)가 사면체형, (나)(CH_2O)가 평면 삼각형, (다)($HOCl$)가 굽은 형이다. (가)~(다) 중 분자의 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.
 ㉔. (가)~(다)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

수능 3점 테스트

본문 81~83쪽

01 ㉔ 02 ㉔ 03 ㉔ 04 ㉔ 05 ㉔
 06 ㉔

01 분자의 구조와 성질

BCl_3 , CO_2 , NH_3 , $HOCl$ 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 (가)는 $HOCl$, (나)는 BCl_3 , (다)는 NH_3 , (라)는 CO_2 이다.

✕. (가)($HOCl$)의 비공유 전자쌍 수는 5이므로 $a=5$ 이고 (나)와 (다)의 공유 전자쌍 수는 3이므로 $b=3$ 이다. 따라서 $a+b=8$ 이다.

㉔. (나)(BCl_3)의 분자 모양은 평면 삼각형이므로 (나)의 구성 원자는 모두 동일 평면에 있다.

㉔. (다)(NH_3)의 분자 모양은 삼각뿔형이고, (라)(CO_2)의 분자 모양은 직선형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (라)이다.

02 수소 화합물의 구조와 성질

H와 2주기 원자 X~Z로 이루어진 분자 XH_m , YH_n , H_2Z , HXY 에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하고 XH_m 은 무극성 분자이고, YH_n , H_2Z , HXY 는 극성 분자이므로 X는 C, Y는 N, Z는 O이며 $m=4$, $n=3$ 이다.

㉔. $m > n$ 이다.
 ㉔. 전기 음성도는 $Y(N) > X(C)$ 이므로 $HXY(HCN)$ 에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
 ㉔. 비공유 전자쌍 수는 $H_2Z(H_2O)$ 가 2이고 $YH_n(NH_3)$ 가 1이므로 $H_2Z > YH_n$ 이다.

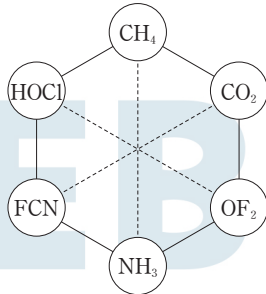
03 분자의 구조

분자 모양은 BeCl_2 이 직선형, BF_3 가 평면 삼각형, CCl_4 가 정사면체 형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. FCN 은 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 (가)는 FCN 이다. 중심 원자와 결합한 원자 수는 BeCl_2 은 2, BF_3 는 3, CCl_4 는 4이고, 분자 내 모든 원자의 원자가 전자 수의 합은 BeCl_2 은 16, BF_3 는 24, CCl_4 는 32이다. 따라서 (나)는 CCl_4 , (다)는 BF_3 , (라)는 BeCl_2 이다.

- ㉠. (가)에는 3중 결합이 있다.
- ㉡. (나)의 분자 모양은 정사면체형이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있지 않다.
- ㉢. (다)의 분자 모양은 평면 삼각형으로 결합각은 120° 이고, (라)의 분자 모양은 직선형으로 결합각은 180° 이므로 결합각은 (라) > (다)이다.

04 분자의 구조와 성질

분자 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)은 CO_2 와 FCN 이 각각 22, CH_4 과 NH_3 이 각각 10, HOCl 와 OF_2 이 각각 26이다. 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 CH_4 과 CO_2 이고, 구성 원자의 종류가 3인 분자는 HOCl 와 FCN 이다. 규칙에 따라 배열하면 다음과 같다.



- ㉠. F를 포함하는 분자(OF_2 , FCN)는 서로 이웃하지 않는다.
- ㉡. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 인 분자(CO_2 , FCN)는 서로 맞은편에 있다.
- ㉢. CH_4 에 이웃한 2가지 분자는 HOCl , CO_2 이고 HOCl 의 분자 모양은 굽은 형, CO_2 의 분자 모양은 직선형이다.

05 분자의 구조와 성질

CO_2 , H_2O , NF_3 , CCl_4 , Cl_2O 에서 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수와 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 를 정리하면 다음과 같다.

| 분자 | CO_2 | H_2O | NF_3 | CCl_4 | Cl_2O |
|--|---------------|----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 |
| $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ | $\frac{4}{4}$ | $\frac{2}{2}$ | $\frac{10}{3}$ | $\frac{12}{4}$ | $\frac{8}{2}$ |

(가)는 CO_2 , (나)는 CCl_4 , (다)는 NF_3 , (라)는 Cl_2O , (마)는 H_2O 이고 $a=1$, $b=2$, $c=1$, $d=\frac{10}{3}$ 이다.

- ㉠. $d > a + b$ 이다.
- ㉡. (가)(CO_2)의 분자 모양은 직선형이다.
- ㉢. (나)(CCl_4)의 분자 모양은 정사면체형이고, (마)(H_2O)의 분자

모양은 굽은 형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (마)(H_2O) > (나)(CCl_4)이다.

06 분자의 구조와 성질

제시된 조건에 따라 (가)는 FCN , (나)는 COF_2 , (다)는 CFCl_3 이다.

- ㉠. (가)에는 3중 결합, (나)에는 2중 결합이 있으므로 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.
- ㉡. 분자 모양은 (가)가 직선형, (나)가 평면 삼각형, (다)가 사면체 형이므로 입체 구조인 분자는 (다) 1가지이다.
- ㉢. (가)~(다)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자는 3가지이다.

THEME

14

가역 반응과 동적 평형

많은 꿀 문제로 유형 익히기

본문 85쪽

정답 ③

밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣으면 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 증가하고, $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 감소한다.

㉠. (나)에서 $b > c$ 이므로 동적 평형 상태에 도달할 때까지 B의 양(mol)이 감소한다. 따라서 A는 동적 평형 상태에 도달할 때까지 양(mol)이 증가하므로 $H_2O(g)$ 이고, B는 동적 평형 상태에 도달할 때까지 양(mol)이 감소하므로 $H_2O(l)$ 이다.

✕. B는 동적 평형에 도달할 때까지 양(mol)이 감소하므로 B의 양(mol)은 t 일 때가 $2t$ 일 때보다 많다.

㉡. 동적 평형 상태에 도달하기 전까지 H_2O 의 증발 속도 > 응축 속도이고, 동적 평형 상태에 도달하였을 때 H_2O 의 증발 속도 = 응축 속도이다. (가)에서 $2t$ 일 때, 동적 평형 상태에 도달하였으므로 H_2O 의 증발 속도 = 응축 속도이고, H_2O 의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = 1$

이다. (나)에서 $2t$ 일 때, 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로 H_2O 의 증발 속도 > 응축 속도이고, H_2O 의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} < 1$

다. 따라서 $2t$ 일 때, H_2O 의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

수능 2점 테스트

본문 86~87쪽

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

01 동적 평형

동적 평형은 가역 반응에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태이다.

㉠. 동적 평형은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응에서만 가능하다.

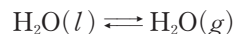
✕. 메테인의 연소 반응은 역반응이 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.

✕. 동적 평형은 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 상태이다.

02 상평형

밀폐된 진공 용기에 물을 충분한 시간 동안 넣어 두면 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아져서 물과 수증기의 양이 일정하게 유

지되는 동적 평형 상태에 도달한다.



㉠. 밀폐된 용기에 들어 있는 물은 표면에서 수증기로 증발하는 정반응과 수증기가 물로 응축되는 역반응이 모두 일어나므로 $H_2O(l)$ 과 $H_2O(g)$ 의 상변화는 가역 반응이다.

✕. 동적 평형에 도달하기 전까지는 정반응 속도(증발 속도)가 역반응 속도(응축 속도)보다 빠르다.

㉡. 동적 평형에 도달하기 전까지는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르므로 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 감소한다.

03 상평형

밀폐된 진공 용기에 $I_2(s)$ 을 넣으면 초기에는 $I_2(s)$ 이 $I_2(g)$ 으로 승화하는 반응이 우세하게 일어나서 $I_2(g)$ 의 수가 많아진다. 충분한 시간이 지나면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아져서 $I_2(s)$ 과 $I_2(g)$ 의 양(mol)이 각각 일정하게 유지된다.

✕. (나)는 반응물과 생성물의 양이 변하지 않아서 겉보기에 반응이 정지된 것처럼 보이지만, 실제로는 $I_2(s)$ 이 $I_2(g)$ 으로 되는 정반응과 $I_2(g)$ 이 $I_2(s)$ 으로 되는 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 동적 평형 상태이다.

㉠. 동적 평형에 도달할 때까지 $I_2(g)$ 의 수는 증가하므로 $I_2(g)$ 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 많다.

㉡. 동적 평형에 도달할 때까지 시간이 지남에 따라 $I_2(g)$ 의 양(mol)이 많아지므로 $I_2(g)$ 이 $I_2(s)$ 으로 되는 속도가 빨라진다. 따라서 역반응 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 빠르다.

04 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 $NO_2(g)$ 를 넣으면 처음에는 $NO_2(g)$ 가 $N_2O_4(g)$ 로 되는 정반응이 우세하게 일어나지만 시간이 지남에 따라 $N_2O_4(g)$ 가 $NO_2(g)$ 로 되는 역반응도 일어나 동적 평형 상태에 도달한다.

㉠. t_1 은 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

✕. 동적 평형 상태에 도달하기 전까지 적갈색의 $NO_2(g)$ 의 양(mol)이 감소하고, 무색의 $N_2O_4(g)$ 의 양(mol)이 증가하므로 용기 내부 혼합 기체의 색깔은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 옅어진다.

✕. 화학 반응식에서 계수의 비는 반응하는 물질의 몰비이므로 t_2 이후 N_2O_4 의 양이 0.05 mol이 되기 위해서는 반응물 NO_2 0.1 mol이 모두 소모되어야 한다. 그런데 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물이 남아 있어야 하므로 t_3 일 때 N_2O_4 의 양은 0.05 mol보다 작다.

05 용해 평형

일정한 온도에서 물에 충분한 양의 설탕을 넣으면 처음에는 설탕의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만, 시간이 지나면서 설탕의 석출 속도가 점점 빨라져 용해 속도와 같아지는 용해 평형 상태에 도달한다.

✕. t_2 는 용해 평형 상태이므로 설탕의 용해 속도는 0이 아니고, 석출 속도와 같다.

- ㉠ 온도가 일정하므로 t_2 이후 설탕의 용해도는 일정하고, 설탕 수용액의 몰 농도는 변하지 않는다. 따라서 $b=1.5a$ 이다.
- ㉡ 온도가 일정하므로 설탕의 용해 속도는 t_1 일 때와 t_3 일 때가 같다. 또한 용액에 녹아 있는 설탕 분자 수는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크므로 설탕의 석출 속도는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크고, $\frac{\text{설탕의 석출 속도}}{\text{설탕의 용해 속도}}$ 는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

06 상평형

밀폐된 진공 용기에 $\text{Br}_2(l)$ 을 넣어 두면 $\text{Br}_2(l)$ 이 $\text{Br}_2(g)$ 으로 증발하는 속도와 $\text{Br}_2(g)$ 이 $\text{Br}_2(l)$ 으로 응축하는 속도가 같아져서 $\text{Br}_2(l)$ 과 $\text{Br}_2(g)$ 의 양이 일정하게 유지되는 동적 평형 상태에 도달한다.

- ㉠ t_2 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 $\text{Br}_2(l)$ 의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크고, $\text{Br}_2(g)$ 의 양은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다. 따라서 $\frac{\text{Br}_2(g) \text{의 양(mol)}}{\text{Br}_2(l) \text{의 양(mol)}}$ 은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.
- ㉡ t_2 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 t_2 이후 $\text{Br}_2(l) \rightarrow \text{Br}_2(g)$ 의 속도는 0이 아니고 $\text{Br}_2(g) \rightarrow \text{Br}_2(l)$ 의 속도와 서로 같다.
- ㉢ 시간이 지남에 따라 역반응 속도가 빨라져 동적 평형에 도달하면 정반응 속도와 같아진다. 따라서 $\text{Br}_2(g)$ 이 $\text{Br}_2(l)$ 으로 되는 속도는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

07 상평형

밀폐된 진공 용기에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣으면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 로 증발하는 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 로 응축하는 속도가 같아져서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양이 일정하게 유지되는 동적 평형 상태에 도달한다.

- ㉠ 시간이 지남에 따라 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 빨라져서 동적 평형 상태에 도달하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 같아지고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 일정하게 유지된다. $2t$ 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 $2t$ 일 때 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도(b)는 $3t$ 일 때와 같은 1이고, t 일 때 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도(a)는 1보다 작다. 따라서 $a < b$ 이다.
- ㉡ 온도가 일정하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 일정하고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 동적 평형 상태에 도달할 때까지 증가한다. 따라서 $\frac{\text{H}_2\text{O}(g) \text{의 응축 속도}}{\text{H}_2\text{O}(l) \text{의 증발 속도}}$ 는 $3t$ 일 때가 t 일 때보다 크다.
- ㉢ 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양은 감소하고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양은 증가한다. 따라서 $c > d$ 이다.

08 상평형

밀폐된 진공 용기에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣으면 초기에는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 로 증발하는 반응이 우세하게 일어난다. 시간이 지남에 따라 용기 안에 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양이 많아지면 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 로 응축하는 속도가 빨라져서 응축 속도가 증발 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다.

- ㉠ ㉠은 시간이 지남에 따라 속도가 빨라지다가 일정해지므로 응축이다.
- ㉡ 밀폐된 진공 용기에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 시간에 관계없이 일정하므로 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.
- ㉢ 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 감소하고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 많다.

수능 3점 테스트

본문 88~89쪽

01 ㉢ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉣

01 용해 평형

일정한 온도에서 일정량의 물에 충분한 양의 포도당을 넣으면 처음에는 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 석출 속도가 점점 빨라져 용해 속도와 같아지는 동적 평형에 도달한다. t_2 일 때부터 녹지 않고 남아 있는 포도당의 질량이 일정하므로 t_2 일 때 동적 평형을 이루고 있다.

- ㉠ 물에 포도당을 녹이면 시간이 지날수록 석출 속도가 빨라지고 충분한 시간이 지나 동적 평형 상태에 도달하면 석출 속도가 일정해진다. 따라서 포도당의 석출 속도는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.
- ㉡ t_1 과 t_3 일 때 포도당 수용액의 부피는 같고, 물에 녹아 있는 포도당의 질량은 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크므로 포도당 수용액의 몰 농도는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크다.
- ㉢ 온도가 일정하므로 비커에 포도당을 더 넣어도 용해도는 변하지 않고, 포도당의 용해 속도는 변하지 않는다.

02 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 의 상평형

밀폐된 진공 용기에 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 을 넣으면 초기에는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 이 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 로 증발하는 반응이 우세하게 일어난다. 시간이 지남에 따라 용기 안에 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 의 양이 많아지면 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 이 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 로 응축하는 속도가 빨라져서 응축 속도가 증발 속도와 같아지고, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 의 양이 일정하게 유지되는 동적 평형 상태에 도달한다. t_2 일 때 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 은 동적 평형을 이루고 있다.

- ㉠ 시간이 지남에 따라 ㉠의 양이 감소하다가 일정해지므로 ㉠은 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 이다.
- ㉡ t_1 은 동적 평형에 도달하기 전이므로 t_1 일 때 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 의 응축 속도는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 증발 속도보다 작다. 따라서 $\frac{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g) \text{의 응축 속도}}{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) \text{의 증발 속도}} < 1$ 이다.
- ㉢ 동적 평형에 도달할 때까지 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 양은 감소하고, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g)$ 의 양은 증가하므로 $\frac{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) \text{의 양(mol)}}$ 은 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

03 CO₂(s)와 CO₂(g)의 상평형

밀폐된 진공 용기에 CO₂(s)를 넣으면 초기에는 CO₂(s)가 CO₂(g)로 되는 속도가 CO₂(g)가 CO₂(s)로 되는 속도보다 빨라서 CO₂(s)의 질량이 감소한다. 시간이 지남에 따라 CO₂(g)의 양(mol)이 많아져서 t 이후부터 CO₂(g)가 CO₂(s)가 되는 속도가 CO₂(s)가 CO₂(g)로 되는 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달하여 CO₂(s)의 질량이 일정하게 유지된다.

㉠ t 이전에는 CO₂(s)가 CO₂(g)로 되는 속도가 CO₂(g)가 CO₂(s)로 되는 속도보다 빠르므로 CO₂(g)의 양(mol)이 증가한다.

✕ 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양이 변하지 않아서 겉보기에 반응이 정지된 것처럼 보이지만, 실제로는 CO₂(s)가 CO₂(g)로 되는 속도와 CO₂(g)가 CO₂(s)로 되는 속도가 같아져서 CO₂(s)와 CO₂(g)의 양이 각각 일정하게 유지된다.

㉡ CO₂(s) → CO₂(g)로 되는 속도는 일정하고, CO₂(g) → CO₂(s)로 되는 속도는 동적 평형 상태에 도달할 때까지 증가한다.

따라서 $\frac{\text{CO}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(s) \text{의 속도}}{\text{CO}_2(s) \rightarrow \text{CO}_2(g) \text{의 속도}}$ 는 t 이후가 t 이전보다 크다.

04 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 H₂O(l)을 넣으면 초기에는 H₂O(l)이 H₂O(g)로 증발하는 속도가 H₂O(g)가 H₂O(l)로 응축하는 속도보다 빨라서 H₂O(l)의 양이 감소한다. 시간이 지남에 따라 용기 안에 H₂O(g)의 양이 많아지면 H₂O(g)가 H₂O(l)로 응축하는 속도가 빨라져서 응축 속도가 증발 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다.

✕ t_2 일 때 H₂O(l)의 증발 속도(v_1)와 H₂O(g)의 응축 속도(v_2)가 같으므로 H₂O(l)과 H₂O(g)는 동적 평형을 이루고 있고, t_3 일 때는 H₂O(l)의 증발 속도(v_1)가 H₂O(g)의 응축 속도(v_2)보다 빠르므로 t_3 는 동적 평형에 도달하기 전이다. 따라서 $t_3 < t_2$ 이다. 또한 $b > d$ 이므로 H₂O(l)의 양은 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 많다. 따라서 t_1 은 t_3 보다 반응 초기이고, $t_1 < t_3$ 이다.

㉠ H₂O(l)의 증발 속도(v_1)는 t_1 과 t_3 일 때 서로 같고, H₂O(g)의 응축 속도(v_2)는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크므로 $v_1 - v_2$ 는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다. 따라서 $a > 0.6$ 이다.

㉡ t_1 은 동적 평형에 도달하기 전이고, t_2 는 동적 평형에 도달한 시간이므로 H₂O(l)의 질량은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크고, H₂O(g)의 질량은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다. 따라서 $n_1 - n_2$ 는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크므로 $b > c$ 이다.

THEME
15

물의 자동 이온화

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 여쪽

정답 ④

수소 이온 농도 지수 pH는 수용액 속 H₃O⁺의 농도를 나타낸 값으로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이다. 또한 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 이므로 25°C의 모든 수용액에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

✕ 25°C의 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 pH와 pOH는 모두 7.0이다. 따라서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 1$ 이다.

25°C 산성 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ M} > [\text{OH}^-]$ 이므로 $\text{pH} < 7.0$ 이고 $\text{pOH} > 7.0$ 이다. 따라서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} > 1$ 이다.

25°C 염기성 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M} < [\text{OH}^-]$ 이므로 $\text{pH} > 7.0$ 이고, $\text{pOH} < 7.0$ 이다.

따라서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} < 1$ 이다.

$\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는 (가) < (나) < (다)이므로 (가)는 NaOH(aq), (나)는 H₂O(l), (다)는 HCl(aq)이다.

㉠ (나)는 H₂O(l)이므로 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 1$ 이고, $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 의 비는

(가) : (나) : (다) = 1 : 6 : 36이므로 (가)에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{1}{6}$ 이고,

(다)에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 6$ 이다. 또한 25°C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$

이므로 (가)의 pH는 12.0, (다)의 pH는 2.0이다.

H₃O⁺의 양(mol)은 [H₃O⁺]와 수용액의 부피(V)의 곱에 비례한다. H₃O⁺의 양(mol)은 (가) : (다) = $1 \times 10^{-12} \text{ M} \times V_{(가)} : 1 \times 10^{-2} \text{ M} \times V_{(다)} = 1 : 10^9$ 이므로 $V_{(가)} = 10V_{(다)}$ 이고, 수용액의 부피는 (가)가 (다)의 10배이다.

㉡ (가) 수용액에서 $\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 이다. (가)의

pH는 12.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고, pOH는 2.0이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서 (가)에서 $\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}}$

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

수능 2점 테스트

본문 92~93쪽

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

01 물의 자동 이온화

(가)는 2개의 물 분자가 수소 이온(H⁺)을 주고받아 H₃O⁺과 OH⁻을 생성하는 물의 자동 이온화 반응이고, (나)는 HCl이 수용액에서

이온화되어 H_3O^+ 과 Cl^- 이 생성되는 반응식이다.

Ⓐ. 물의 자동 이온화 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

✗. $\text{HCl}(aq)$ 에는 주로 H_3O^+ 과 Cl^- 이 존재하고, 물의 자동 이온화에 의해 생성되는 OH^- 이 존재한다.

Ⓒ. $\text{HCl}(aq)$ 은 산성 수용액이고, 산성 수용액에서는 H_3O^+ 의 양(mol)이 OH^- 의 양(mol)보다 많다.

02 수소 이온 농도와 pH

수소 이온 농도 지수 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이다. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 클수록 pH가 작고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 작을수록 pH가 크다.

Ⓒ. (가)는 pH가 5.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $a = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

✗. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이므로 pH는 6.0이고, 수용액의 액성은 산성이다.

✗. (다)에서 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고, pH는 11.0이다.

03 산성 수용액과 염기성 수용액의 pH

25°C에서 순수한 물이나 산성 수용액, 염기성 수용액은 항상 H_3O^+ 과 OH^- 의 몰 농도 곱이 1×10^{-14} 으로 일정하고, pH와 pOH의 합은 14.0이다.

✗. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이므로 pH는 1.0이다.

Ⓒ. (나)에서 $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.1} = 1 \times 10^{-13}$ 이고, H_3O^+ 의 양(mol) = H_3O^+ 의 몰 농도(M) × 용액의 부피(L) = $1 \times 10^{-13} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-14} \text{ mol}$ 이다.

Ⓓ. (가)에서 H_3O^+ 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, (나)에서 OH^- 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합하면 H_3O^+ 0.01 mol과 OH^- 0.01 mol이 반응하여 H_2O 0.01 mol이 생성되고, 혼합 수용액은 중성이 된다. 중성 수용액은 물의 자동 이온화에 의해 H_3O^+ 과 OH^- 의 몰 농도가 $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 로 같다.

04 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 H_3O^+ 의 양(mol)

수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) = \frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times \text{용액의 부피(L)}$ 이다.

Ⓒ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이므로 pH는 9.0이다.

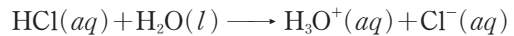
Ⓒ. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다. 따라서 (나)의 부피는 일정하므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 OH^- 의 양(mol)과 같다.

✗. 수용액의 부피(L) = $\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})}$ 이므로 (가)의 부피는 0.3 L, (나)는 0.1 L, (다)는 0.2 L이다. 따라서 수용액의 부피는 (가)가 가장 크다.

05 수소 이온 농도와 pH

H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times \text{용액의 부피(L)}$ 이다.

✗. 수용액에서 HCl는 다음과 같이 이온화한다.



따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-]$ 이므로 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 10^{10}$ 이고,

$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.01 M이다.

✗. $\text{HCl}(aq)$ 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 pH는 2.0이다.

Ⓒ. $\text{HCl}(aq)$ 수용액의 부피(L) = $\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}{[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})} =$

$$\frac{1 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1 \times 10^{-2} \text{ M}} = 0.1 \text{ L}$$

이므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 부피는 100 mL이다.

06 pH와 pOH

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이고, 25°C에서 수용액의 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

✗. (가)에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{14.0 - \text{pH}}{\text{pH}} = 1.8$ 이므로 pH는 5.0이다. 따라서 (가)의 액성은 산성이다.

Ⓒ. (다)에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{14.0 - \text{pH}}{\text{pH}} = 0.4$ 이므로 pH는 10.0이다. 따

라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} =$

$$1 \times 10^{-4} \text{ M}, \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 10^6 \text{이다.}$$

Ⓓ. (가)와 (나)는 부피가 같으므로 OH^- 의 양(mol)은 $[\text{OH}^-]$ 에 비례한다. (가)에서 pOH는 9.0이고, (나)의 pOH는 7.0이므로 OH^- 의 몰비는 (가) : (나) = $1 \times 10^{-9} : 1 \times 10^{-7} = 1 : 100$ 이다.

07 수소 이온 농도와 pH

(가)에서 pOH는 3.0이므로 $[\text{OH}^-] = 0.001 \text{ M}$ 이고, (나)에서 pH는 1.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이며 (다)에서 pH는 3.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.001 \text{ M}$ 이다.

Ⓒ. (가)에서 Na^+ 의 양(mol) = Na^+ 의 몰 농도(M) × $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(L)이고, (나)에서 Cl^- 의 양(mol) = Cl^- 의 몰 농도(M) × $\text{HCl}(aq)$ 의 부피(L)이다. 따라서

$$\frac{\text{(나)에서 } \text{Cl}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{Na}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{0.001 \text{ M} \times 100 \text{ mL}} = 50 \text{이다.}$$

Ⓒ. H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times \text{용액의 부피(L)}$ 이고, (나)와 (다)는 용액의 부피가 같으므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 에 비례한다. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)가 (다)의 100배이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)가 (다)의 100배이다.

Ⓓ. H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times \text{용액의 부피(L)}$ 이므로 (나)에서 H_3O^+ 의 양은 $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, (다)에서 H_3O^+ 의 양은 $5 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 이다. 따라서 (나)와 (다)를 혼합하면 전체 H_3O^+ 의 양은 $5 \times 10^{-3} \text{ mol} + 5 \times 10^{-5} \text{ mol} \approx 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$

$= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서 혼합 용액의 pH는 $2.0 - \log 5$ 로 2.0보다 작다.

08 수소 이온 농도와 H_3O^+ 의 양

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이고, 25°C 에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

㉠ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 (가)의 pH는 4.0이고, pOH는 10.0이다. 또한 pOH는 (가)가 (나)의 2.5배이므로 (나)의 pOH를 x 라고 하면 (가)의 $\text{pOH} = 2.5x = 10.0$ 이고, $x = 4.0$ 이다. 따라서 (나)의 pOH는 4.0이고, pH는 10.0이다.

㉡ (나)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-4}} = 10^{-6}$ 이다.

㉢ H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times$ 용액의 부피(L)이다. (가)의 부피를 $V_{(가)}$, (나)의 부피를 $V_{(나)}$ 라고 하면

$$\frac{\text{(나)에서 } \text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-10} \times V_{(나)}}{1 \times 10^{-4} \times V_{(가)}} = 10^{-5} \text{이고, } \frac{V_{(나)}}{V_{(가)}} = 10 \text{이다. 따라서 } \frac{\text{(나)에서 } \text{OH}^-\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{OH}^-\text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-4} \times V_{(나)}}{1 \times 10^{-10} \times V_{(가)}} = 10^6 \times 10 = 10^7 \text{이다.}$$

수능 3점 테스트

본문 94~95쪽

01 ④

02 ③

03 ⑤

04 ①

01 수소 이온 농도와 pH

수용액의 액성에 관계없이 25°C 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

✕. 수용액에서 NaOH은 다음과 같이 이온화한다.



따라서 $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다. 또한 (나)에서 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 10^{10}$ 이고, $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, NaOH(aq)의 몰 농도 0.01 M이다. 즉, $y = 0.01$ 이다. 수용액을 희석하여도 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 (가)와 (나)에서 $x \times V = y \times 2V$ 이고, $x = 0.02$ 이다.

㉠ (가)에서 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{Na}^+]}{K_w} = \frac{0.02}{1 \times 10^{-14} \times 0.02}$

$= 4 \times 10^{10}$ 이다.

㉡ pOH = $-\log[\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 가 클수록 pOH는 작고, pH는 크다. $[\text{OH}^-]$ 는 (가)가 (나)보다 크므로 pH는 (가)가 (나)보다 크다.

02 수소 이온 농도와 pH

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이고, 25°C 에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

㉠ (다)에서 pH는 13.0이므로 pOH는 1.0이고, $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이다. 또한 OH^- 의 양 = $0.1 \text{ M} \times 0.25 \text{ L} = 0.025 \text{ mol}$ 이다.

✕. (가)에서 만든 NaOH(aq)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)과 (나)에서 만든 NaOH(aq)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)의 합은 0.025 mol이므로 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} + \frac{x}{40} \text{ mol} = 0.025 \text{ mol}$ 이다. 따라서 x 는 0.6이다.

㉡ pOH = $-\log[\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 가 작을수록 pOH는 크다. $[\text{OH}^-]$ 는 (가)에서 0.1 M이고, (나)에서 0.15 M로 (가)가 (나)보다 작으므로 pOH는 (가)가 (나)보다 크다.

03 수소 이온 농도와 수용액의 액성

25°C 에서 산성 수용액은 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ M} > [\text{OH}^-]$ 이고, 중성 수용액은 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M} = [\text{OH}^-]$, 염기성 수용액은 $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M} < [\text{OH}^-]$ 이다.

㉠ (가)에서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 10^{-12}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이므로 (가)의 액성은 산성이고, HCl(aq)이다.

㉡ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이므로 $a = 0.1$ 이다. 또한 (가)의 pH가 1.0이므로 (나)의 pH는 12.0이고, pOH는 2.0이다. 따라서 (나)는 NaOH(aq)이고 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $b = 0.01$ 이고, $\frac{a}{b} = 10$ 이다.

㉢ (나)에서 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{0.01}{1 \times 10^{-12}} = 10^{10}$ 이므로 ㉠은 10^{10} 이다.

04 수소 이온 농도와 pH

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고, H_3O^+ 의 양(mol) = $[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M}) \times$ 용액의 부피(L)이다.

㉠ (가)에서 $\frac{\text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}{\text{OH}^-\text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{1 \times 10^{-14}} = 10^{12}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이고, $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 1$ 이므로 (가)에서 $x = 1.0$ 이다.

✕. (나)에서 $\text{pH} = 3x = 3.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}{\text{OH}^-\text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{1 \times 10^{-14}} = 10^8$ 이다.

✕. (다)에서 $\frac{\text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}{\text{OH}^-\text{의 양(mol)}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{1 \times 10^{-14}} = 100$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이다.

(가)~(다)는 부피가 같으므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 에 비례한다. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$, (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$, (다)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)가 가장 크다.

답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 98쪽

정답 ②

식초에서 아세트산(CH₃COOH)의 몰 농도를 x M라고 하면 (가)에서 식초를 10배로 희석하였으므로 묽힌 식초의 몰 농도는 $0.1x$ M이다. $0.1x$ M CH₃COOH 수용액 20 mL에 0.25 M NaOH(aq) 20 mL를 넣었을 때 완전히 중화되었으므로 중화 반응의 양적 관계($nMV = n'M'V'$)에 의해 다음 식이 성립한다.

$$0.1x \times 20 = 0.25 \times 20, x = 2.5$$

즉, 식초의 몰 농도는 2.5 M이고, 식초 10 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $2.5 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이며 CH₃COOH의 질량은 $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 1.5 \text{ g}$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 99~100쪽

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

01 산과 염기의 정의

아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H⁺)을 내놓는 물질이고, 아레니우스 염기는 수용액에서 수산화 이온(OH⁻)을 내놓는 물질이다. 브뢴스테드·로리 산은 양성자(H⁺)를 주는 물질(양성자 주개)이고, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H⁺)를 받는 물질(양성자 받개)로 정의된다.

- ㉠. (가)에서 HCl은 수용액에서 수소 이온(H⁺)을 내놓는 물질이므로 아레니우스 산이다.
㉡. (나)에서 OH⁻은 H₃O⁺로부터 양성자(H⁺)를 받아 H₂O이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
㉢. (다)에서 H₂O은 CH₃NH₂에게 양성자(H⁺)를 주고 OH⁻이 되므로 브뢴스테드·로리 산이다.

02 중화 반응에서 전체 이온 수 변화

1가 산 HCl 수용액이 들어 있는 비커에 1가 염기 NaOH 수용액을 가하여 반응시키면 산의 H⁺ 1개가 OH⁻ 1개와 반응하여 물이 될 때 Na⁺ 1개가 보충되므로 중화점까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 일정하게 유지된다.

- ✕. 1가 산 HCl 수용액이 들어 있는 비커에 2가 염기 B(OH)₂ 수용액을 가하여 반응시키면 H⁺ 2개가 OH⁻ 2개와 반응하여 물이 될 때 B²⁺ 1개가 보충되므로 중화점에 도달할 때까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 감소한다.
㉠. 2가 산 H₂A 수용액이 들어 있는 비커에 1가 염기 NaOH 수용액을 가하여 반응시키면 H⁺ 1개가 OH⁻ 1개와 반응하여 물이 될 때

Na⁺ 1개가 보충되므로 중화점에 도달할 때까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 변하지 않는다.

- ㉡. 2가 산 H₂A 수용액이 들어 있는 비커에 2가 염기 B(OH)₂ 수용액을 가하여 반응시키면 H⁺ 2개가 OH⁻ 2개와 반응하여 물이 될 때 B²⁺ 1개가 보충되므로 중화점에 도달할 때까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 감소한다.

03 중화 반응에서의 이온 수 변화

HCl(aq)에 NaOH(aq)을 가하여 반응시킬 때 Cl⁻은 구경꾼 이온이므로 Cl⁻의 수는 일정하게 유지되고, Na⁺의 수는 넣어 준 NaOH(aq)의 부피에 비례하여 계속 증가한다. 또한 HCl(aq)에 들어 있는 H⁺은 가한 NaOH(aq)에 들어 있는 OH⁻과 반응하여 H₂O을 생성하므로 이온 수가 감소하고, OH⁻은 H⁺과 반응하여 H₂O이 되므로 H⁺이 모두 반응할 때까지는 혼합 수용액에 존재하지 않지만 H⁺이 모두 반응한 후에는 이온 수가 증가한다.

용액 (가)~(다)에 들어 있는 이온의 종류와 수는 다음과 같다.

| 용액 | H ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| (가) | 3 | 3 | 0 | 0 |
| (나) | 2 | 3 | 1 | 0 |
| (다) | 0 | 3 | 4 | 1 |

- ㉠. (나)와 (다)에서 이온 수가 변하지 않은 ▲은 Cl⁻이고, (다)에서 처음 나타난 ●은 중화 반응이 완결된 후 남은 OH⁻이다.
✕. 수용액 속에 들어 있는 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량이 같으므로 용액 속에 들어 있는 +1가의 양이온 수와 -1가의 음이온 수는 같다. (다)에 들어 있는 음이온 수가 4이므로 양이온 수도 4이고, 양이온 중에서 H⁺은 중화 반응으로 모두 소모되었으므로 (다)에 들어 있는 양이온은 모두 Na⁺이다. (나)와 (다)에서 넣어 준 NaOH(aq)의 총 부피가 20 mL일 때 혼합 용액에 들어 있는 Na⁺의 수가 4이므로 (나)에서 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 5 mL일 때 혼합 용액에 들어 있는 Na⁺의 수는 1이고, H⁺의 수는 2이다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{H}^+\text{의 몰 농도(M)}}{\text{Na}^+\text{의 몰 농도(M)}} = \frac{\text{H}^+\text{의 수}}{\text{Na}^+\text{의 수}} = 2$ 이다.

- ㉡. HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl⁻의 수가 3이고, NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 Na⁺의 수가 4이므로 용액의 몰 농도(M)의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = $\frac{3}{10} : \frac{4}{20} = 3 : 2$ 이다.

04 중화 반응과 이온의 농도

혼합 용액에 들어 있는 이온의 몰 농도(M) = $\frac{\text{이온의 양(mol)}}{\text{혼합 용액의 부피(L)}}$ 이고, 혼합 용액의 부피는 일정하므로 혼합 용액에 존재하는 이온의 농도 비는 이온의 몰비와 같다.

- ㉠. (가)에서 혼합 용액의 부피는 25 mL로 일정하므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{Na}^+]} = \frac{\text{OH}^-\text{의 양(mol)}}{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}} = \frac{2}{3}$ 이다. (가)에서 혼합 전 NaOH(aq) 15 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양(mol)을 각각 $3n$ 이라고 하면, 중화 반응 후 남아 있는 OH⁻의 양(mol)이 $2n$ 이 되기 위해서는 혼합 전 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺과 Cl⁻의 양(mol)은 각각 n 이

어야 한다. 따라서 용액의 몰 농도(M)의 비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = \frac{n}{10} : \frac{3n}{15} = 0.1 : x$ 이고, x 는 0.2이다.

㉠ 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성한다. (가)에서 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 n 이고, $\text{NaOH}(aq)$ 15 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $3n$ 이므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 n 이다. (다)에서 $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $3n$ 이고 $\text{NaOH}(aq)$ 5 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 n 이므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 n 이다. 따라서 (가)와 (다)에서 생성된 물의 양은 같다.

✕ 1가 산과 1가 염기가 중화 반응할 때 혼합 용액에서 전체 이온 수는 혼합 용액의 액성이 산성(또는 중성)일 경우 반응 전 산 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같고, 혼합 용액의 액성이 염기성(또는 중성)일 경우 반응 전 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같다. 따라서 (가)~(다)에서 전체 이온 수는 다음과 같다.

| 혼합 용액 | 혼합 전 이온 수 | | | | 중화 반응 후 전체 이온 수 |
|-------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | HCl(aq) | | NaOH(aq) | | |
| | H ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ | |
| (가) | n | n | $3n$ | $3n$ | $6n$ |
| (나) | $2n$ | $2n$ | $2n$ | $2n$ | $4n$ |
| (다) | $3n$ | $3n$ | n | n | $6n$ |

따라서 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 (가)=(다) > (나)이다.

05 중화 반응에서 전체 이온 수 변화

$\text{HCl}(aq)$ 이 들어 있는 비커에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가하여 반응시킬 때 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 개수비로 반응하므로 없어지는 H^+ 의 수만큼 Na^+ 이 공급되므로 중화점까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 일정하게 유지된다. 중화점 이후에는 H^+ 은 더 이상 존재하지 않고, Na^+ 과 OH^- 이 계속 공급되므로 전체 이온 수가 계속 증가한다.

✕ x M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL와 y M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 전체 이온 수가 같고, 산 수용액의 부피는 y M $\text{HCl}(aq)$ 이 x M $\text{HCl}(aq)$ 의 2배이므로 몰 농도는 x M $\text{HCl}(aq)$ 이 y M $\text{HCl}(aq)$ 의 2배이다. 따라서 $x=2y$ 이다.

✕ H^+ 의 양(mol)이 같은 2개의 $\text{HCl}(aq)$ 을 완전히 중화시키기 위해 필요한 OH^- 의 양(mol)은 서로 같다. 중화점까지 가한 염기 수용액의 부피가 b M $\text{NaOH}(aq)$ 이 a M $\text{NaOH}(aq)$ 의 2배이므로 몰 농도는 a M $\text{NaOH}(aq)$ 이 b M $\text{NaOH}(aq)$ 의 2배이다. 따라서 $a=2b$ 이다.

㉠ A에서는 가한 a M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL 중 10 mL가 x M $\text{HCl}(aq)$ 과 중화 반응한다. 이때 구경꾼 이온인 Na^+ 은 반응하지 않고, 가한 OH^- 의 양(mol) 중 절반은 H^+ 과 반응하여 물을 생성한다. 따라서 $\frac{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{Na}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다.

06 중화 반응과 단위 부피당 양이온 수

$\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 을 반응시킬 때 혼합 용액에 존재하는 전

체 양이온 수는 단위 부피당 양이온 수와 혼합 용액의 부피를 곱한 값과 같으므로 (가)~(다)에서 전체 양이온의 수는 다음과 같다.

| 혼합 용액 | 혼합 전 용액의 부피(mL) | | 전체 양이온 수 |
|-------|-----------------|----------|----------------------|
| | HCl(aq) | NaOH(aq) | |
| (가) | 10 | 30 | $120n$ |
| (나) | 20 | 10 | $120n$ |
| (다) | 10 | 20 | $30 \times \text{㉠}$ |

✕ 혼합 용액의 액성이 산성일 경우 전체 양이온 수는 반응 전 산 수용액에 들어 있는 H^+ 의 수와 같고, 혼합 용액의 액성이 염기성일 경우 전체 양이온 수는 반응 전 염기 수용액에 들어 있는 Na^+ 의 수와 같다.

(가)와 (나)의 액성이 모두 산성이라면 전체 양이온 수의 비는 1 : 2이고, (가)와 (나)의 액성이 모두 염기성이라면 전체 양이온 수의 비는 3 : 1이다. 이는 조건에 위배되므로 염기의 비율이 큰 (가)는 염기성, 산의 비율이 큰 (나)는 산성이다. 따라서 몰 농도의 비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = \frac{120n}{20} : \frac{120n}{30} = 3 : 2$ 이다.

㉠ (가)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 Na^+ 의 수가 $120n$ 이므로 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL당 Na^+ 의 수는 $40n$ 이고, (나)에서 $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 수가 $120n$ 이므로 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL당 H^+ 의 수가 $60n$ 이다. 즉, (다)에서 H^+ 의 수는 $60n$ 이고, Na^+ 의 수는 $80n$ 이므로 (다)의 액성은 염기성이고 중화 반응 후 전체 양이온 수는 $80n$ 이다. 따라서 $\text{㉠} \times 30 = 80n$ 이고, $\text{㉠} = \frac{8}{3}n$ 이다.

✕ (가)와 (나)에서 혼합 전 각 이온의 수와 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 다음과 같다.

| 혼합 용액 | HCl(aq) | | NaOH(aq) | | 생성된 H ₂ O 분자 수 |
|-------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| | H ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ | |
| (가) | $60n$ | $60n$ | $120n$ | $120n$ | $60n$ |
| (나) | $120n$ | $120n$ | $40n$ | $40n$ | $40n$ |

따라서 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 (가)가 (나)보다 많다.

07 중화 반응과 이온 수

$\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 을 반응시킬 때 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온으로 중화 반응에 참여하지 않는다.

㉠ $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도를 x M, $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도를 y M라고 하면 (가)에서 $\frac{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}}{\text{Na}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{x \times 10}{y \times 20} = \frac{x}{2y} = 2$ 이고, $x=4y$ 이다. 따라서 몰 농도(M)의 비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = 4 : 1$ 이다.

✕ $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도(M)의 비가 4 : 1이므로 (나)에서 $\frac{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}}{\text{Na}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{4 \times 20}{1 \times \text{㉠}} = \frac{80}{\text{㉠}} = 1$ 이므로 $\text{㉠} = 80$ 이다.

✕ (가)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수를 각각 $20n$ 이라고 하면, (가)와 (나)에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| | | | | |
|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| (가) | H ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ |
| 반응 전 | 40n | 40n | 20n | 20n |
| 반응 | -20n | | | -20n |
| 반응 후 | 20n | 40n | 20n | 0 |

| | | | | |
|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| (나) | H ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ |
| 반응 전 | 80n | 80n | 80n | 80n |
| 반응 | -80n | | | -80n |
| 반응 후 | 0 | 80n | 80n | 0 |

따라서 모든 양이온의 몰 농도(M) 합의 비는 (가) : (나) = $\frac{40n}{30} : \frac{80n}{100}$
= 5 : 3이다.

08 중화 반응에서 이온 수 비율

혼합 용액에서 3가지 이온 수의 비율은 $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{6} = 3 : 2 : 1$ 이다. A²⁻과 Na⁺의 개수비는 A²⁻ : Na⁺ = 0.1 × 10 : x × 10 = 1 : 10x이다. 그런데 x > 0.1이므로 Na⁺의 수는 A²⁻의 수보다 크다.

✗ H₂A(aq)과 NaOH(aq)을 혼합하여 반응시켰을 때 혼합 용액의 액성이 중성이면 혼합 용액에는 A²⁻과 Na⁺ 2가지 이온만 존재하므로 주어진 자료와 일치하지 않는다.

혼합 용액의 액성이 염기성이면 A²⁻, Na⁺, OH⁻이 존재하고, 양이온의 총 전하량은 음이온의 총 전하량과 같으므로 Na⁺의 수 = OH⁻의 수 + 2 × A²⁻의 수가 성립한다. 따라서 3가지 이온 중 Na⁺의 수가 가장 크고, 3가지 이온 수의 비율이 3 : 2 : 1일 때 위 식을 만족하는 조합은 없다.

㉠ 혼합 용액의 액성이 산성이면 H⁺, A²⁻, Na⁺이 존재하고, 양이온의 총 전하량은 음이온의 총 전하량과 같으므로 H⁺의 수 + Na⁺의 수 = 2 × A²⁻의 수가 성립한다. 3가지 이온 수의 비율이 3 : 2 : 1일 때 위 식을 만족하는 조합은 (H⁺, A²⁻, Na⁺) = (1, 2, 3) 또는 (3, 2, 1)이다. 그런데 Na⁺의 수는 A²⁻의 수보다 크므로 (H⁺, A²⁻, Na⁺) = (1, 2, 3)이다. 혼합 전 이온 수의 비는 A²⁻ : Na⁺ = 0.1 × 10 : x × 10 = 1 : 10x = 2 : 3이므로 x = 0.15이다.

㉡ 0.1 M H₂A(aq) 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 수를 2n, x M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na⁺의 수를 3n이라고 하면 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 들어 있는 이온의 수의 변화는 다음과 같다.

| | | | | |
|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 이온 수 | H ⁺ | A ²⁻ | Na ⁺ | OH ⁻ |
| 반응 전 | 4n | 2n | 3n | 3n |
| 반응 | -3n | | | -3n |
| 반응 후 | n | 2n | 3n | 0 |

따라서 ㉡에 해당하는 이온은 A²⁻이다. 0.1 M H₂A(aq) 10 mL와 x M NaOH(aq) 10 mL를 혼합하여 반응시킬 때 A²⁻은 구경꾼 이온이므로 이온 수는 변하지 않고, 혼합 수용액의 부피가 2배가 되므로 혼합 용액에서 A²⁻의 몰 농도는 처음 농도의 $\frac{1}{2}$ 배인 0.05 M가 된다.

수능 3점 테스트

본문 101~103쪽

- 01 ① 02 ② 03 ② 04 ⑤ 05 ③
06 ②

01 중화 반응과 단위 부피당 이온 수

HCl(aq)과 NaOH(aq)을 반응시킬 때 혼합 용액에 존재하는 전체 이온 수는 단위 부피당 전체 이온 수와 혼합 용액의 부피를 곱한 값과 같다. HCl(aq) 10 mL에 NaOH(aq)을 가하여 반응시킬 때 NaOH(aq)의 부피에 따른 혼합 용액 (가)~(나)에서 전체 이온 수는 다음과 같다.

| 혼합 용액 | (가) | (나) | (다) |
|------------------|-----|--------|-----|
| HCl(aq)의 부피(mL) | 10 | 10 | 10 |
| NaOH(aq)의 부피(mL) | 10 | 15 | 20 |
| 혼합 용액의 부피(mL) | 20 | 25 | 30 |
| 단위 부피당 전체 이온 수 | 2n | ㉠ | 2n |
| 전체 이온 수 | 40n | 25 × ㉠ | 60n |

㉠ 일정량의 1가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 가하여 반응시킬 때 중화점에 도달할 때까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 변하지 않고, 중화점 이후에는 전체 이온 수가 증가하므로 (다)의 액성은 염기성이다. 또한 HCl(aq)과 NaOH(aq)이 중화 반응할 때 전체 이온 수는 혼합 용액의 액성이 산성(또는 중성)일 경우 반응 전 산 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같고, 혼합 용액의 액성이 염기성(또는 중성)일 경우 반응 전 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같다. 따라서 HCl(aq) 10 mL에는 H⁺과 Cl⁻이 각각 20n씩, NaOH(aq) 20 mL에는 Na⁺과 OH⁻이 각각 30n씩 들어 있고, 몰 농도의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = $\frac{20n}{10 \text{ mL}} : \frac{30n}{20 \text{ mL}}$ = 4 : 3이다.

✗ (나)는 HCl(aq) 10 mL에 NaOH(aq) 15 mL를 가한 용액이다. 반응 전 HCl(aq) 10 mL에는 H⁺과 Cl⁻이 각각 20n씩, NaOH(aq) 15 mL에는 Na⁺과 OH⁻이 각각 $\frac{45}{2}$ n씩 들어 있으므로 혼합 용액의 액성은 염기성이다.

✗ (나)의 액성이 염기성이므로 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 반응 전 NaOH(aq)에 들어 있는 전체 이온 수와 같다. 따라서 혼합 용액에서 단위 부피당 전체 이온 수는 $\frac{45n}{25} = 1.8n$ 이다.

02 중화 반응과 이온 수

산 H₂A(aq)과 HB(aq)에 각각 NaOH(aq)을 넣어 반응시킬 때 중화점까지 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온의 수는 변하지 않는다. x M H₂A(aq) 10 mL에 z M NaOH(aq) 15 mL를 넣었을 때 중화점에 도달하였으므로 중화 반응의 양적 관계(nMV = n'M'V')에 의해 다음 식이 성립한다.

$$2x \times 10 = z \times 15$$

따라서 x = 0.75z이다.

y M HB(aq) 10 mL에 z M NaOH(aq) 5 mL를 넣었을 때 중

화점에 도달하였으므로 중화 반응의 양적 관계($nMV = n'M'V'$)에 의해 다음 식이 성립한다.

$$y \times 10 = z \times 5$$

따라서 $y = 0.5z$ 이다.

✕. $0.5z$ M $\text{HB}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수를 $10z$ 라고 하면, $0.75z$ M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $22.5z$ 이다. 전체 이온 수가 $10z$ 일 때 n 이므로 $22.5z$ 일 때 전체 이온 수는 $2.25n$ 이다. 따라서 $k = 2.25$ 이다.

㉠. $0.5z$ M $\text{HB}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수가 n 이므로 H^+ 과 B^- 의 수는 각각 $0.5n$ 이다. 따라서 z M $\text{NaOH}(aq)$ 5 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 $0.5n$ 이고, $0.75z$ M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 과 A^{2-} 의 수는 각각 $1.5n$ 과 $0.75n$ 이므로 (가)에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| 이온 수 | H^+ | A^{2-} | Na^+ | OH^- |
|------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| 반응 전 | $1.5n$ | $0.75n$ | $0.5n$ | $0.5n$ |
| 반응 | $-0.5n$ | | | $-0.5n$ |
| 반응 후 | n | $0.75n$ | $0.5n$ | 0 |

따라서 (가)에서 가장 많이 존재하는 이온은 H^+ 이다.

✕. $0.5z$ M $\text{HB}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 과 B^- 의 수는 각각 $0.5n$ 이고, z M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 n 이므로 (나)에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| 이온 수 | H^+ | B^- | Na^+ | OH^- |
|------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 반응 전 | $0.5n$ | $0.5n$ | n | n |
| 반응 | $-0.5n$ | | | $-0.5n$ |
| 반응 후 | 0 | $0.5n$ | n | $0.5n$ |

(가)에 남아 있는 H^+ 의 수는 n , (나)에 남아 있는 OH^- 의 수는 $0.5n$

이므로 $\frac{\text{(나)에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{H}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{0.5n}{n} = \frac{1}{2}$ 이다.

03 중화 반응과 이온 수

$\text{H}_2\text{A}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 중화 반응할 때 혼합 용액의 액성이 염기성일 때는 혼합 용액에 들어 있는 이온은 A^{2-} , Na^+ , OH^- 이고, 혼합 용액에 가장 많이 들어 있는 이온은 양이온인 Na^+ 이고, Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 반응 전과 후 이온 수가 변하지 않는다.

✕. (나)의 액성이 염기성이라면 혼합 용액에 가장 많이 들어 있는 이온은 Na^+ 이고, $\text{NaOH}(aq)$ V mL에 들어 있는 Na^+ 의 수는 $3n$ 이다. 또한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 (가)에서가 (나)에서의 3배이므로 (가)에서 가장 많이 존재하는 이온 수는 $9n$ 이어야 하는데, 이는 주어진 자료와 모순이다. 따라서 (나)의 액성은 염기성이 아니다.

✕. (가)는 (나)에 비해 염기의 비율이 크므로 (가)의 액성을 염기성이라고 가정하면 $\text{NaOH}(aq)$ $3V$ mL에 들어 있는 Na^+ 의 수는 $3n$ 이다. (나)는 (가)에 비해 산의 비율이 크므로 (나)의 액성을 산성이라고 가정하면 혼합 용액에 들어 있는 이온은 H^+ , A^{2-} , Na^+ 이고, 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 V mL이므로 혼합 용액에 들어 있는 Na^+ 의 수는 n 이다. (나)에서 가장 많이 존재하는 이온이 A^{2-} 이라고 가정하면 혼합 전 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ $2V$ mL에 들어 있는 H^+ 과 A^{2-} 의 수

는 각각 $6n$, $3n$ 이고, 중화 반응 후 H^+ 의 수가 $6n - n = 5n$ 이므로 가정에 위배된다. 따라서 (나)에서 가장 많이 존재하는 이온은 H^+ 이고, H^+ 의 수는 $3n$ 이며, 혼합 전 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ $2V$ mL에 들어 있는 H^+ 과 A^{2-} 의 수는 각각 $4n$, $2n$ 이다.

(나)에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| 이온 수 | H^+ | A^{2-} | Na^+ | OH^- |
|------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| 반응 전 | $4n$ | $2n$ | n | n |
| 반응 | $-n$ | | | $-n$ |
| 반응 후 | $3n$ | $2n$ | n | 0 |

따라서 (나)에서 가장 많이 존재하는 이온은 H^+ 이다.

㉠. 물 농도의 비는 $\text{H}_2\text{A}(aq) : \text{NaOH}(aq) = \frac{2n}{2V} : \frac{3n}{3V} = 1 : 1$ 이므로 물 농도(M)는 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 같다.

04 식초 속 아세트산의 함량 측정

실험 기구 ㉠은 스포이트, ㉡은 피펫, ㉢은 뷰렛, ㉣은 삼각 플라스크, ㉤은 부피 플라스크이다.

㉠ ㉡은 액체의 부피를 정확히 측정하여 옮길 때 사용하는 실험 기구이므로 실험 과정 (나)에서 사용된다.

㉢ ㉣은 식초 속 CH_3COOH 의 중화 적정에 사용된 표준 용액인 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 측정할 때 사용된다.

㉢ (나)에서 식초에 물을 넣으면 식초 속 CH_3COOH 의 양(mol)은 변하지 않지만 용액의 부피가 증가하므로 CH_3COOH 의 물 농도(M)는 감소한다.

㉣ 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 물 농도를 x M라고 하면 (나)에서 물로 희석한 CH_3COOH 수용액의 물 농도는 $0.1x$ M이다. $0.1x$ M CH_3COOH 수용액 20 mL에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 46.35 mL - 26.35 mL = 20 mL를 넣었을 때 완전히 중화되었으므로 중화 반응의 양적 관계($nMV = n'M'V'$)에 의해 다음 식이 성립한다.

$$0.1x \times 20 = 0.1 \times 20$$

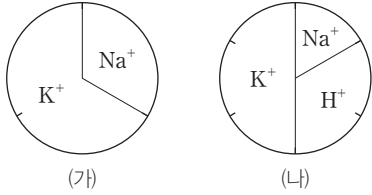
따라서 $x = 1$ 이다.

✕ 식초 속 CH_3COOH 의 물 농도가 1 M이므로 식초 1 L 속에는 CH_3COOH 1 mol이 들어 있다. 식초의 밀도가 1.2 g/mL이므로 식초 1 L의 질량은 1200 g이고, CH_3COOH 의 분자량이 60이므로 용질 CH_3COOH 은 60 g이 녹아 있다. 따라서 식초 속 CH_3COOH 의 퍼센트 농도는 $\frac{60}{1200} \times 100 = 5\%$ 이다.

05 중화 반응과 이온 수

(가)의 액성은 중성이고, 혼합 용액에 존재하는 양이온의 종류가 2가지이므로 (가)에 존재하는 양이온은 Na^+ 과 K^+ 이고, H^+ 은 모두 중화 반응에 참여하였다. (가)에서 양이온 수의 비가 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = 2 : 1$ 이라면 (나)에서 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = 4 : 3$ 이어야 하는데, (나)에서 양이온 수의 비율은 $3 : 2 : 1$ 이므로 제시된 자료와 일치하지 않는다. 따라서 (가)에서 양이온 수의 비는 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = 1 : 2$ 이고, (나)에서 양이온 수의 비는 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = 1 : 3$ 이므로 전체 양이온 수의 비는

$\text{Na}^+ : \text{H}^+ : \text{K}^+ = 1 : 2 : 3$ 이다.



㉠ (가)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 과 $\text{KOH}(aq)$ 의 부피는 같고, 양이온 수의 비는 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = 1 : 2$ 이므로 몰 농도(M)는 $\text{KOH}(aq)$ 이 $\text{NaOH}(aq)$ 의 2배이다.

또한 (가)에서 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 수는 Na^+ 과 K^+ 의 수의 합과 같으므로 몰 농도의 비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) : \text{KOH}(aq) = 3 : 1 : 2$ 이다.

㉡ (나)에서 반응 전 $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 수를 각각 10n이라고 하면 반응 전과 후 이온 수의 변화는 다음과 같다.

| (나)에서 이온 수 | $\text{HCl}(aq)$ | | $\text{NaOH}(aq)$ | | $\text{KOH}(aq)$ | |
|------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|
| | H^+ | Cl^- | Na^+ | OH^- | K^+ | OH^- |
| 반응 전 | 120n | 120n | 20n | 20n | 60n | 60n |
| 반응 | -80n | | | -20n | | -60n |
| 반응 후 | 40n | 120n | 20n | 0 | 60n | 0 |

따라서 (나)에서 $\frac{[\text{K}^+]}{[\text{Cl}^-]} = \frac{60n}{120n} = 0.5$ 이다.

✗ (나)에서 $\text{HCl}(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 은 $\text{NaOH}(aq)$ 과 $\text{KOH}(aq)$ 에 들어 있는 OH^- 과 1 : 1의 비로 반응하여 물을 생성하므로 혼합 용액에 들어 있는 양이온 수의 비는 $\text{H}^+ : \text{Na}^+ = (3V - 80) : 20 = 2 : 1$ 이고, $V = 40$ 이다.

06 중화 반응과 양적 관계

혼합 용액에서 중화 반응 후 양이온의 양(mol)은 양이온의 몰 농도(M) × 혼합 용액의 부피(L)이므로 I ~ III에서 혼합 전 각 이온의 양(mmol)과 혼합 후 모든 양이온의 양(mmol)은 아래 표와 같다.

| 혼합 용액 | 혼합 전 각 이온의 양(mmol) | | | | 혼합 후 모든 양이온의 양(mmol) |
|-------|-------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|----------------------|
| | $x \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ | | $y \text{ M NaOH}(aq)$ | | |
| | H^+ | A^{2-} | Na^+ | OH^- | |
| I | $2xV$ | xV | $20y$ | $20y$ | $4(V+20)$ |
| II | $4xV$ | $2xV$ | $30y$ | $30y$ | $4(2V+30)$ |
| III | $2xV$ | xV | $10y$ | $10y$ | ㉠ × (V+10) |

✗ I과 II의 액성이 모두 산성이라면 중화 반응 후 혼합 용액 속에 들어 있는 양이온은 H^+ 과 Na^+ 이고, 모든 양이온의 수는 반응 전 $x \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ 의 양이온 수와 같으므로 $x \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ 의 부피에 비례한다. 따라서 $4(V+20) : 4(2V+30) = (V+20) : (2V+30) \neq V : 2V$ 이므로 위 가정은 성립하지 않는다.

I과 II의 액성이 모두 염기성이라면 중화 반응 후 혼합 용액 속에 들어 있는 양이온은 Na^+ 뿐이고, 모든 양이온의 수는 반응 전 $y \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피에 비례한다. 따라서 $4(V+20) : 4(2V+30) = (V+20) : (2V+30) = 20 : 30$ 이고, $V = 0$ 이다. 이때 I에서 모든 양이온의 양(mol) = $\frac{\text{Na}^+ \text{의 수}}{\text{OH}^- \text{의 수}} = \frac{20y}{20y} = 1$ 이므로 실험 결

과에 위배된다.

I은 II에 비해 염기의 비율이 크므로 염기성이라고 가정하면 중화 반응 후 혼합 용액 속에 들어 있는 양이온은 Na^+ 뿐이고, $20y = 4(V+20)$ 이다. ... ㉠

II는 I에 비해 산의 비율이 크므로 산성이라고 가정하면 중화 반응 후 혼합 용액 속에 들어 있는 양이온은 H^+ 과 Na^+ 이고, $4xV = 4(2V+30)$ 이다. ... ㉡

또한 I에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| 이온 수 | H^+ | A^{2-} | Na^+ | OH^- |
|------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| 반응 전 | $2xV$ | xV | $20y$ | $20y$ |
| 반응 | $-2xV$ | | | $-2xV$ |
| 반응 후 | 0 | xV | $20y$ | $20y - 2xV$ |

이때 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 음이온의 양(mol)}} = \frac{\text{Na}^+ \text{의 수}}{\text{A}^{2-} \text{의 수} + \text{OH}^- \text{의 수}} =$

$$\frac{20y}{xV + (20y - 2xV)} = \frac{20y}{20y - xV} = \frac{12}{7} \text{이다.}$$

따라서 $3xV = 25y$ 이다. ... ㉢

㉠~㉢ 식을 연립하여 풀면, $x = 5, y = 6, V = 10$ 이 된다. 따라서 I은 염기성이고, II는 산성이다.

✗ $x < y$ 이다.

㉣ III에서 중화 반응 전과 후 혼합 용액에 존재하는 이온의 수는 다음과 같다.

| 이온 수 | H^+ | A^{2-} | Na^+ | OH^- |
|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 반응 전 | $2xV$ (=100) | xV (=50) | $10y$ (=60) | $10y$ (=60) |
| 반응 | -60 | | | -60 |
| 반응 후 | 40 | 50 | 60 | 0 |

따라서 ㉤ = $\frac{40+60}{10+10} = 5$ 이다.

THEME

17

산화 환원 반응

많은 꿀 문제로 유형 익히기

본문 106쪽

정답 ④

NO_3^- 과 NO_2 에서 N의 산화수는 각각 +5, +4이다. 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같아야 하므로 $2a=b$, $a:b=1:2$ 이다. 반응 전후 원자 수가 같음을 이용하여 d 를 구하면, $3b=2b+d$, $d=b=2a$ 이다.

✗. 반응 전후 H의 수를 맞추면 $c=2d=4a$ 이다. 따라서

$$\frac{c}{a+b} = \frac{4a}{a+2a} = \frac{4}{3}$$

㉠. 산화제는 환원되는 물질, 환원제는 산화되는 물질이다. 주어진 반응에서 환원되는 물질은 산화수가 감소하는 NO_3^- 이고, 산화되는 물질은 산화수가 증가하는 M이다. 따라서 산화제와 환원제는 2 : 1의 몰비로 반응한다.

㉡. $a:d=1:2$ 이다. 따라서 M 1 mol이 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양은 2 mol이다.

수능 2점 테스트

본문 107~108쪽

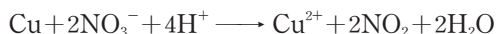
01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ②
06 ⑤ 07 ③ 08 ②

01 산소 이동과 산화수 변화를 이용한 산화 환원 반응

㉠. (가)에서 CuO는 산소를 잃고 환원된다.

㉡. (나)에서 CuO는 산소를 잃고 환원되므로 산화제이다.

㉢. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 같아야 한다. (다)에서 Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +4로 감소하므로 $a=c=2$ 이고, 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 $b=4$, $d=2$ 이다. (다)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a+b+c+d=10$ 이다.

02 철의 제련

㉠. (가)에서 C는 산소와 결합하여 전자를 잃으므로 C의 산화수는 증가한다.

㉡. (나)에서 CO는 Fe_2O_3 로부터 산소를 얻어 CO_2 로 산화된다. 따라서 (나)에서 CO는 환원제이다.

㉢. Fe_2O_3 은 CO에게 산소를 주고 Fe로 환원되므로 '환원'은 ㉠으로 적절하다.

03 금속과 금속 양이온의 반응

㉠. 수용액의 색이 옅어지는 것은 Cu^{2+} 의 수가 감소하기 때문이다.

따라서 Zn판 표면에 석출된 붉은색 고체 물질은 구리(Cu)이다.

㉡. Cu^{2+} 이 전자를 얻어 Cu가 되었으므로 Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+} 으로 산화된다.

✗. 아연(Zn)판을 푸른색 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 넣었을 때 일어나는 화학 반응식은 $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \longrightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ 이다. 따라서 양이온의 양(mol)의 합은 일정하다.

04 산화 환원 반응식 완성하기

산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합이 같아야 하고, 반응 전후 원자의 종류와 수는 같아야 한다.

Co의 산화수는 +2에서 +3으로 증가하고 Mn의 산화수는 +7에서 + x 로 감소하므로 $5=(7-x)a$ 이다. O 원자 수는 $4a=4$ 이므로

$$a=1, x=2 \text{이고 H 원자 수는 } b=8 \text{이다. 따라서 } \frac{a+b}{x} = \frac{9}{2} \text{이다.}$$

05 산화제와 환원제의 상대성

✗. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수 총합과 감소한 산화수 총합이 같아야 하고 원자의 종류의 수가 같아야 하므로 (가)를 완성하면 $3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S}$ 이다. 따라서 S 1 mol이 모두 반응하면 SO_2 $\frac{1}{3}$ mol이 생성된다.

✗. (가)에서 H, O의 산화수는 변하지 않는다. S의 산화수는 S에서 SO_2 로 될 때 0에서 +4로 증가하고 S에서 H_2S 로 될 때 0에서 -2로 감소하므로 (가)에서 산화 및 환원되는 물질은 S이다.

㉡. (가)와 (나)에서 S이 포함된 S, SO_2 , H_2S , H_2SO_4 에서 S의 산화수는 각각 0, +4, -2, +6이다. 따라서 S의 산화수가 가장 큰 물질은 H_2SO_4 이다.

06 금속의 반응성

㉠. 화학 반응 전후 원자의 종류와 수는 같아야 한다. 따라서 ㉠은 H_2 이다.

㉡. H_2O 에서 H의 산화수는 +1이고 H_2 에서 H의 산화수는 0이므로 반응 전후 H의 산화수는 감소한다. M의 산화수는 0에서 +1로 증가한다. 따라서 (가)에서 M은 전자를 잃고 산화된다.

㉢. M은 금속 원소, O는 비금속 원소이다. 금속 원소와 비금속 원소가 반응할 때 금속 원소는 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속 원소는 전자를 얻고 환원되어 음이온이 되며, 양이온과 음이온은 정전기적 인력으로 결합하여 이온 결합 물질을 형성한다. 따라서 (나)에서 O_2 는 전자를 얻는다.

07 산과 금속의 반응

㉠. $\text{HCl}(aq)$ 에 Mg를 넣었을 때 기체가 발생하는 것은 $\text{HCl}(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 과 Mg가 반응하기 때문이다. 따라서 화학 반응식은 $\text{Mg}(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$ 이며 ㉠은 H_2 이다.

㉡. 몰비는 $\text{Mg} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이다. 따라서 Mg 1 mol이 모두 반응하면 H_2 1 mol이 생성된다.

✗. Cl^- 의 양(mol)은 일정하지만 반응이 진행될수록 Mg^{2+} 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Mg}^{2+}]}$ 는 감소한다.

08 전기 음성도와 산화수

2주기 원소 X~Z는 각각 C, F, O이다.

✗. 전기 음성도는 $F > O > C$ 이다. 따라서 (가)에서 C, O, F의 산화수는 각각 +4, -2, -1이다.

㉠. ZY_2 의 구조식은 $\text{Y}-\text{Z}-\text{Y}$ 이고 Y와 Z의 산화수는 각각 -1, +2이다. 따라서 반응 $\text{Z}_2+2\text{Y}_2 \rightarrow 2\text{ZY}_2$ 에서 Y의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 Y_2 는 산화제로 작용한다.

✗. X_2Y_2 의 구조식은 $\text{Y}-\text{X}\equiv\text{X}-\text{Y}$ 이다. 따라서 X의 산화수는 +1이다.

수능 3점 테스트

본문 109~111쪽

01 ② 02 ③ 03 ② 04 ② 05 ①
06 ④

01 금속 원소와 비금속 원소의 결합에서 원소의 산화수

A와 C는 1 : 1의 비율로, B와 C는 1 : 2의 비율로 결합하여 화합물을 형성한다. A가 1족 원소라면 C는 17족 원소이고 B는 2족 원소인데 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $A=C > B$ 이므로 모순이다. A가 2족 원소라면 C는 16족 원소이고 B는 14족 원소이므로 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $B=C > A$ 를 만족한다. A가 13족 원소라면 C는 15족 원소인데 2, 3주기 원소 중 BC_2 를 형성할 수 있는 B는 존재하지 않는다. 따라서 A~C는 각각 2족, 14족, 16족 원소이고 바닥상태에서 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 $A=C > B$ 이며 화합물에서 A~C는 옥텟 규칙을 만족하므로 A~C는 각각 Mg, C, O이다.

✗. B(s)는 C(s)로 금속 결합 물질이 아니므로 전성을 가지지 않는다.

✗. BC_2 는 CO_2 이다. 따라서 B의 산화수는 +4에서 0으로 감소한다.

㉠. $\text{AC}(\text{MgO})$ 1 mol이 생성될 때 A(Mg)는 1 mol이 반응하며, A의 산화수는 0에서 +2로 증가한다. 따라서 AC 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

02 원자의 산화수와 산화 환원 반응

㉠. (가)는 삼원자 분자이고 화합물에서 원자의 산화수 합은 0이므로 $a = -2$ 이다. (가)의 구조식은 $\text{X}=\text{Y}-\text{Z}$ 이고 전기 음성도는 $\text{Z} > \text{X} > \text{Y}$ 이다.

✗. (가)의 구조식은 $\text{X}=\text{Y}-\text{Z}$ 이고 2주기 원소 X~Z는 각각 O, N, F이다. (나)의 분자당 원자 수가 3이고 X(O)와 Z(F)로 이루어졌으므로 분자식은 $\text{OF}_2(\text{F}-\text{O}-\text{F})$ 이고 $b = +2$, $c = -1$ 이다. (다)는 Y(N)와 Z(F)로 이루어진 사원자 분자이므로 NF_3 이고

$d = +3$, $e = -1$ 이다. 따라서 $a + b + c + d + e = +1$ 이다.

㉠. $\text{YX}(\text{NO})$ 와 $\text{X}_2(\text{O}_2)$ 가 반응할 때의 화학 반응식은 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ 이고 N의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 Y(N)는 산화된다.

03 산화수와 분자식

2주기 원소 중 공유 결합하여 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 이루는 원소는 C, N, O, F이다. (가)는 구성 원소가 2가지이고, 분자당 원자 수 3, 공유 전자쌍 수가 4이므로 $\text{CO}_2(\text{O}=\text{C}=\text{O})$ 이다. (나)는 구성 원소가 2가지이고, 분자당 원자 수 4, 공유 전자쌍 수가 3이므로 $\text{O}_2\text{F}_2(\text{F}-\text{O}-\text{O}-\text{F})$ 이다. (다)는 구성 원소가 2가지이고, 분자당 원자 수 4, 공유 전자쌍 수가 4이므로 $\text{C}_2\text{F}_2(\text{F}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{F})$ 이다. 따라서 (가)~(다)의 분자식은 각각 ZX_2 , X_2Y_2 , Z_2Y_2 이고, X~Z는 각각 O, F, C이다.

✗. (가)와 (나)에서 X의 산화수는 각각 -2, +1이다.

✗. (나)와 (다)의 분자식은 각각 X_2Y_2 , Z_2Y_2 로 분자당 Y 원자 수는 같다.

㉠. 전기 음성도는 $\text{Y}(\text{F}) > \text{X}(\text{O})$ 이다. 따라서 X_2 와 Y_2 의 반응으로 $\text{X}_2\text{Y}_2(\text{Y}-\text{X}-\text{X}-\text{Y})$ 가 형성되는 반응에서 X의 산화수는 0에서 +1로 증가한다. 따라서 X_2 는 환원제로 작용한다.

04 산화 환원 반응과 산화수

(가) 반응의 생성물 A_aB_b 에서 원자의 |산화수|의 비가 $|A| : |B| = 1 : 1$ 이므로 생성물에서 A와 B는 1 : 1의 비율로 결합하였다. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $B > C > A$ 이므로 A~C의 홀전자 수는 각각 0, 2, 1 또는 1, 3, 2이다. 만약 A~C의 홀전자 수가 각각 1, 3, 2라면 A는 Na, B는 N_2 가 되는데 Na와 N은 1 : 1의 비율로 결합하여 화합물을 생성하지 못하므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 A~C는 각각 Mg, O, F이고 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식은 각각 $2\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{MgO}$, $\text{O}_2(g) + \text{F}_2(g) \rightarrow \text{O}_2\text{F}_2(g)$ 이다.

✗. (가)에서 생성된 MgO에서 Mg과 O의 산화수는 각각 +2, -2이므로 생성물 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

㉠. 전기 음성도는 $\text{C}(\text{F}) > \text{B}(\text{O})$ 이다. 따라서 (나)에서 $\text{C}_2(\text{F}_2)$ 는 $\text{B}_2(\text{O}_2)$ 로부터 전자를 얻어 환원되므로 산화제이다.

✗. (가)의 생성물은 MgO, (나)의 생성물은 O_2F_2 이다. 따라서 (가)와 (나)에서 B(O)의 산화수는 각각 -2, +1이므로

$\frac{\text{(가)의 생성물에서 B의 산화수}}{\text{(나)의 생성물에서 B의 산화수}} = -2$ 이다.

05 금속과 산의 반응

$\text{M}(s)$ 0.5w g은 0.5 mol이므로 충분한 양의 $\text{HA}(aq)$ 과 반응하여 생성된 $\text{H}_2(g)$ $\frac{3}{4}V$ L는 $\frac{3}{4}$ mol이다. 따라서 $a : \frac{b}{2} = \frac{1}{2} : \frac{3}{4} : \frac{b}{4} = \frac{3a}{4}$, $a : b = 1 : 3$ 이다. 따라서 화학 반응식은

$2\text{M}(s) + 6\text{HA}(aq) \rightarrow 2\text{M}_x\text{A}_y(aq) + 3\text{H}_2(g)$ 이다.

M_xA_y 에서 이온의 |산화수|비는 M 이온 : $A^- = y : x$ 인데 A^- 의 산화수가 -1 이므로 $x=1$ 이다. 따라서 M_xA_y 는 MA_y 이고 M 이온의 산화수는 $+y$ 이다. 반응 전후 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합이 같아야 하는데 감소한 산화수의 총합이 6이므로 증가한 산화수의 총합도 6이다. 따라서 $2y=6$, $y=3$ 이고 화학 반응식은 $2M(s) + 6HA(aq) \longrightarrow 2MA_3(aq) + 3H_2(g)$ 이다.

㉠. $x=1$, $y=3$ 이므로 $x+y=4$ 이다.

㉡. 반응이 일어날 때 M은 산화되고 H는 환원된다. 따라서 A의 산화수는 변하지 않는다.

㉢. M_xA_y 의 화학식은 MA_3 이다. 따라서 A의 산화수가 -1 이므로 M의 산화수는 $+3$ 이다.

06 산화 환원 반응식 완성하기

㉠. (가)에서 Cu의 산화수는 0에서 $+2$ 로 2만큼 증가하고 N의 산화수는 $5a-4c=2(\dots \text{㉠})$ 만큼 감소한다. 반응 전후 원자 수가 같아야 하므로 N의 수는 $a=c(\dots \text{㉡})$, O의 수는 $3a=2c+d(\dots \text{㉢})$, H의 수는 $b=2d(\dots \text{㉣})$ 이다. ㉠~㉣로부터 $a\sim d$ 는 각각 2, 4, 2, 2이며 화학 반응식은 $Cu + 2NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2NO_2 + 2H_2O$ 이다. 따라서 $\frac{a+b}{c+d} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉤. (나)에서 반응 전후 원자 수가 같아야 하므로 ㉤은 O_2 이다.

㉥. (가)에서 H^+ 과 H_2O 의 계수비는 4 : 2, (나)에서 H^+ 과 H_2O 의 계수비는 6 : 8이므로 1 mol의 H^+ 이 모두 반응하여 생성되는 H_2O 의 몰비는 (가) : (나) = 3 : 8이다.

THEME

18

화학 반응에서 열의 출입

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 113쪽

정답 ㉢

열이 발생하는 반응을 발열 반응이라고 하고 열을 흡수하는 반응을 흡열 반응이라고 한다.

㉠. 에탄올과 아세트산은 탄소 원자를 포함하고 있으므로 탄소 화합물이다.

㉡. 에탄올이 연소되면 열이 발생하여 주위의 온도가 높아지므로 에탄올의 연소 반응은 발열 반응이다.

㉢. 아세트산과 수산화 나트륨이 반응하면 열이 발생하므로 아세트산 수용액과 수산화 나트륨 수용액을 혼합하면 수용액의 온도가 높아진다.

수능 2점 테스트

본문 114쪽

01 ㉠

02 ㉢

03 ㉢

04 ㉡

01 화학 반응에서 열의 출입

냉찜질 팩에서 일어나는 반응은 흡열 반응이다. 흡열 반응이 일어나면 주위의 열을 흡수하여 온도가 낮아진다.

02 화학 반응에서 열의 출입

㉠. $X(aq)$ 과 $Y(aq)$ 이 반응하면 열을 방출하므로 $X(aq)$ 과 $Y(aq)$ 의 반응은 발열 반응이다.

㉡. 발열 반응이 일어나면 주위로 열을 방출하므로 반응이 일어나는 동안 혼합 용액의 온도가 높아진다.

㉢. 발열 반응이 일어나면 주위의 온도가 높아지므로 발열 반응을 이용하여 다른 물체의 온도를 높일 수 있다.

03 화학 반응에서 열의 출입

㉠. 뷰테인의 연소 반응이 일어나면 C_4H_{10} 은 산화되고 O_2 는 환원된다. 뷰테인의 연소 반응은 산화 환원 반응이다.

㉡. 뷰테인이 연소되면 열을 방출하고, 방출된 열로 물을 끓일 수 있다. 뷰테인의 연소 반응은 열을 방출하는 반응이다.

㉢. 뷰테인의 연소 반응에서 방출한 열을 물이 흡수하여 끓으므로 물이 끓을 때 물은 열을 흡수한다.

04 화학 반응에서 열의 출입

발열 반응이 일어나면 주위로 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아지고, 흡열 반응이 일어나면 주위의 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.

㉠. (가)에서 $NaOH(s)$ 을 물에 용해시켰더니 수용액의 온도가 높아졌으므로 $NaOH(s)$ 이 물에 용해될 때 주위로 열을 방출한다.

㉔. (나)에서 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 을 물에 용해시켰더니 수용액의 온도가 낮아졌으므로 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.
 ✕. 25°C 의 물 100 g에 25°C 의 $\text{NaOH}(s)$ 2a g을 용해시키면 $\text{NaOH}(s)$ a g을 용해시켰을 때보다 주위의 열을 더 많이 방출한다. 따라서 25°C 의 물 100 g에 25°C 의 $\text{NaOH}(s)$ 2a g을 용해시킨 수용액의 최고 온도는 29°C 보다 높다.

이고, $t > t_1 > t_2$ 이다. (다)의 최저 온도는 t_2 보다 낮으므로 $\text{Y}(s)$ 가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

✕. $\text{X}(s)$ 가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이므로 $\text{X}(s)$ 가 물에 용해될 때 주위의 열을 흡수한다.

㉕. $\text{Y}(s)$ 가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

✕. $t^\circ\text{C}$ 의 물 100 g에 $t^\circ\text{C}$ 의 $\text{Y}(s)$ 2w g을 용해시키면 $\text{Y}(s)$ w g을 용해시켰을 때보다 주위의 열을 더 많이 흡수한다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 의 물 100 g에 $t^\circ\text{C}$ 의 $\text{Y}(s)$ 2w g을 용해시킨 수용액의 최저 온도는 $t_3^\circ\text{C}$ 보다 낮다.

수능 3점 테스트

본문 115~116쪽

01 ⑤

02 ④

03 ③

04 ②

01 화학 반응에서 열의 출입

㉑. (나)에서 $\text{X}(s)$ 를 물에 용해시켰을 때 $\text{X}(aq)$ 의 온도가 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 $t_2^\circ\text{C}$ 로 낮아졌으므로 $\text{X}(s)$ 가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

㉒. (다)에서 $\text{X}(aq)$ 과 $\text{Y}(aq)$ 의 반응이 일어나면 수용액의 온도가 $t_2^\circ\text{C}$ 에서 $t_3^\circ\text{C}$ 로 높아지므로 $\text{X}(aq)$ 과 $\text{Y}(aq)$ 의 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

㉓. (다)에서 $t_2^\circ\text{C}$ 의 $\text{X}(aq)$ 에 $t_1^\circ\text{C}$ 의 $\text{Y}(aq)$ 을 혼합하면 혼합 용액의 최고 온도가 $t_3^\circ\text{C}$ 로 높아진다. $t_1 > t_2$ 이므로 $t_1^\circ\text{C}$ 의 $\text{X}(aq)$ 에 $t_1^\circ\text{C}$ 의 $\text{Y}(aq)$ 을 혼합하면 혼합 용액의 최고 온도는 $t_3^\circ\text{C}$ 보다 높아진다.

02 화학 반응에서 열의 출입

㉑. 철가루와 산소가 반응하면 주위의 온도가 높아지므로 철가루와 산소의 반응은 발열 반응이다.

✕. 질산 암모늄이 물에 용해되면 주위의 온도가 낮아지므로 질산 암모늄의 용해 반응은 흡열 반응이다.

㉒. 염화 칼슘이 눈에 용해될 때 열을 방출하여 눈이 녹으므로 염화 칼슘의 용해 반응은 발열 반응이다.

03 화학 반응에서 열의 출입

$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(s)$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 반응하면 주위의 열을 흡수하는 반응이 일어나 유리판 중앙의 물이 언다.

㉑. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(s)$ 과 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

✕. 유리판 중앙의 물은 열을 빼앗겨 얼음이 된다.

㉒. 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도가 낮아지므로 (나) 과정에서 삼각 플라스크 속 수용액의 온도는 $t^\circ\text{C}$ 보다 낮아진다.

04 화학 반응에서 열의 출입

$\text{X}(s)$ 가 물에 용해되는 반응이 발열 반응이면 용해된 $\text{X}(s)$ 의 양은 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 수용액의 최고 온도는 $t_2 > t_1$ 이어야 한다. 그렇지 않으므로 $\text{X}(s)$ 가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응

실전 모의고사 1회

본문 118~122쪽

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ㉓ | 02 ㉓ | 03 ㉔ | 04 ㉓ | 05 ㉓ |
| 06 ㉑ | 07 ㉔ | 08 ㉓ | 09 ㉔ | 10 ㉔ |
| 11 ㉒ | 12 ㉒ | 13 ㉑ | 14 ㉒ | 15 ㉓ |
| 16 ㉒ | 17 ㉓ | 18 ㉓ | 19 ㉑ | 20 ㉒ |

01 화학의 유용성

(가)~(다)는 각각 나일론, 메테인(CH₄), 암모니아(NH₃)이다.

- ㉑. (가)는 합성 섬유인 나일론이다.
 ㉒. (나)는 천연 가스의 주성분인 메테인으로 탄소(C)와 수소(H)로 구성된 탄소 화합물이다.
 ✕. CH₄, NH₃의 분자량은 각각 16, 17이다. 1g당 분자 수는 분자량에 반비례하므로 (나)가 (다)보다 크다.

02 탄소 화합물의 유용성

(가)는 에탄올(C₂H₅OH), (나)는 아세트산(CH₃COOH)이다.

- ㉑. C₂H₅OH은 살균 소독 작용이 있어 의료용 소독제를 만드는 데 이용된다.
 ㉒. CH₃COOH은 물에 녹아 수소 이온(H⁺)을 내놓는다. 따라서 CH₃COOH의 수용액은 산성이다.
 ㉓. C₂H₅OH과 CH₃COOH 분자의 공유 전자쌍 수는 8로 같다. C₂H₅OH과 CH₃COOH 분자의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 4이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (가)의 2배이다.

03 열의 출입

발열 반응이 일어나면 열이 방출되어 온도가 올라가고, 흡열 반응이 일어나면 열을 흡수하므로 온도가 내려간다. ㉑과 ㉓은 발열 반응이고, ㉒은 흡열 반응이다.

04 분자의 구조와 성질

C₂H₂은 직선형 구조를 가진 무극성 분자이고, CH₂O는 평면 삼각형 구조를 가진 극성 분자이다. CH₃Cl은 사면체형 구조이므로 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하지 않는 입체 구조이다.

- ㉑. (가)는 평면 구조이면서 극성 분자인 CH₂O이다.
 ㉒. (나)는 평면 구조이면서 무극성 분자인 C₂H₂이다. C₂H₂에는 무극성 공유 결합(C≡C)이 있다.
 ㉓. (다)는 사면체형 구조를 가진 CH₃Cl으로 중심 원자에 결합된 원자가 모두 같지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

05 화학 결합에 따른 물질의 일반적 성질

주어진 3가지 물질의 화학 결합의 종류와 전기 전도성은 다음과 같다.

| 물질 | | Cu | NaCl | C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ |
|--------|-------|-------|-------|---|
| 화학 결합 | | 금속 결합 | 이온 결합 | 공유 결합 |
| 전기 전도성 | 고체 상태 | 있음 | 없음 | 없음 |
| | 액체 상태 | 있음 | 있음 | 없음 |

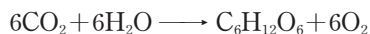
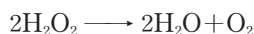
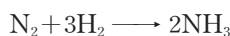
㉑. (가)는 고체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질인 구리(Cu)이다.

㉒. (다)는 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질인 설탕(C₁₂H₂₂O₁₁)이다.

㉓. (나)는 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서는 전기 전도성이 있는 이온 결합 물질인 염화 나트륨(NaCl)이다. 따라서 '있음'은 ㉑으로 적절하다.

06 분자의 구조와 성질

화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아지도록 반응 계수를 맞추어 주어진 3가지 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



(가)~(다)는 각각 NH₃, H₂O, CO₂이다.

- ㉑. NH₃, H₂O, CO₂의 분자당 구성 원자 수는 각각 4, 3, 3이다.
 ✕. 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1인 NH₃ 분자의 결합각은 107°이고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2인 H₂O 분자의 결합각은 104.5°이다. 따라서 분자의 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.
 ✕. NH₃와 H₂O은 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자는 CO₂ 1가지이다.

07 현대 원자 모형과 전자 배치

방위(부) 양자수(*l*)는 *s* 오비탈이 0, *p* 오비탈이 1이므로 1*s*, 2*s*, 2*p_x*, 3*s* 오비탈의 양자수에 대한 자료는 다음과 같다.

| 오비탈 | 1 <i>s</i> | 2 <i>s</i> | 2 <i>p_x</i> | 3 <i>s</i> |
|---------------------|------------|------------|------------------------|------------|
| <i>n</i> + <i>l</i> | 1 | 2 | 3 | 3 |
| <i>n</i> - <i>l</i> | 1 | 2 | 1 | 3 |

수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(*n*)에 의해서만 결정되므로 1*s*<2*s*=2*p_x*<3*s*이다. 따라서 (가)~(라)는 각각 2*p_x*, 3*s*, 1*s*, 2*s* 오비탈이다.

㉑. (가)는 2*p_x* 오비탈, (다)는 1*s* 오비탈이므로 *n*-*l*는 (가)와 (다)가 1로 같다.

✕. (나)는 3*s* 오비탈, (라)는 2*s* 오비탈이므로 에너지 준위는 (나)가 (라)보다 높다.

㉒. 바닥상태 수소 원자에서 전자는 에너지 준위가 가장 낮은 1*s* 오비탈인 (다)에 존재한다.

08 동적 평형(상평형)

밀폐된 진공 용기에 H₂O(*l*)을 넣으면 시간이 지남에 따라 H₂O(*l*)이 증발하여 H₂O(*g*)의 양이 점점 증가하므로 H₂O(*g*)의 응축 속도가 점점 커지고, H₂O(*g*)의 응축 속도가 H₂O(*l*)의 증발 속도와 같

아지면 동적 평형에 도달한다.

㉠. $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달하기 전인 t_1 일 때가 동적 평형에 도달한 t_2 일 때보다 작고, $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크므로 ㉠은 1보다 작다.

㉡. $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 $H_2O(g)$ 의 양(mol)이 큰 t_2 일 때가 $H_2O(g)$ 의 양(mol)이 작은 t_1 일 때보다 크다.

✕. 동적 평형에 도달한 이후에도 $H_2O(l)$ 의 증발과 $H_2O(g)$ 의 응축은 계속 일어나지만 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같아 $H_2O(l)$ 의 양과 $H_2O(g)$ 의 양이 모두 일정해지므로 겉보기에만 증발이나 응축이 멈춰진 것처럼 보인다. 따라서 동적 평형 상태인 t_3 일 때 $H_2O(l)$ 의 증발 속도는 0이 아니다.

09 원소의 주기적 성질

X는 2주기 15족 원소인 질소(N), Y는 2주기 17족 원소인 플루오린(F), Z는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na)이다.

✕. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X(N)와 Y(F)가 5로 같다.

㉠. 원자 반지름은 Z(Na)가 가장 크다.

㉡. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 커질수록 증가하므로 Y(F)가 X(N)보다 크다.

10 화학 결합 모형

AB는 MgO, B_2C_2 는 O_2F_2 이고, A~C는 각각 Mg, O, F이다.

✕. A(Mg)는 3주기 원소이고, B(O)는 2주기 원소이다.

㉠. 원자가 전자 수는 C(F)가 B(O)보다 크다.

㉡. $BC_2(O_2F_2)$ 분자의 모양은 굽은 형이다.

11 용액의 몰 농도

(가)에서 0.1 M A(aq) 250 mL에 녹아 있는 용질 A의 양(mol)은 $\frac{w}{a} = 0.1 \times \frac{250}{1000} = 0.025$ 이므로 $w = 0.025a$ 이다. (나)에서 0.25 M A(aq) 500 mL에 녹아 있는 용질 A의 양(mol)은 $x \times \frac{100}{1000} + \frac{3w}{a} = 0.25 \times \frac{500}{1000}$ 이므로 $x = 0.5$ 이다. 따라서 $\frac{w}{x} = \frac{1}{20}a$ 이다.

12 순차 이온화 에너지

제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하지만 예외적으로 13족 원소가 2족 원소보다 작고, 16족 원소가 15족 원소보다 작다. 따라서 (가)~(사)는 각각 Li(1족), B(13족), Be(2족), C(14족), O(16족), N(15족), F(17족)이다.

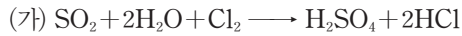
✕. (나)는 13족 원소인 B이다.

㉠. 같은 주기에서 제2 이온화 에너지는 1족 원소인 (가)가 가장 크다.

✕. 전자 수가 같은 이온의 경우 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 증가하므로 이온 반지름이 작아진다. 따라서 Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 15족 원소인 (바)가 16족 원소인 (마)보다 크다.

13 산화 환원 반응

반응 전과 후 원자의 종류와 수는 같아야 하므로 (가)의 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠. ㉠은 H_2O 이다.

✕. (가)에서 S의 산화수는 +4에서 +6으로 증가하고, Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 SO_2 은 산화되고, Cl_2 는 환원된다. 따라서 SO_2 은 환원제이다.

✕. 산화 환원 반응에서 증가된 산화수의 총합과 감소된 산화수의 총합은 같아야 한다. (나)에서 Sn의 산화수는 +2에서 +4로 2만큼 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5만큼 감소하므로 (나)의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $a = 5$, $b = 2$ 이므로 $a + b = 7$ 이다.

14 동위 원소와 평균 원자량

동위 원소는 양성자수는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다르다.

✕. 1g당 원자 수는 원자량에 반비례하므로 aX 가 ${}^{a+2}X$ 보다 크다.

✕. X의 평균 원자량은

$$\frac{a \times 75 + (a+2) \times 25}{100} = \frac{a \times 3 + (a+2) \times 1}{4} = a + \frac{1}{2} \text{이다.}$$

㉠. 자연계에 존재하는 X_2 에서 분자량이 $2a$ 인 분자 ${}^aX^aX$ 의 존재 비율은 $\left(\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}\right) \times 100 = \frac{9}{16} \times 100(\%)$ 이고, 분자량이 $2a+4$ 인 ${}^{a+2}X^{a+2}X$ 분자의 존재 비율은 $\left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}\right) \times 100 = \frac{1}{16} \times 100(\%)$ 이다. 따라서 존재 비율은 분자량이 $2a$ 인 분자가 분자량이 $2a+4$ 인 분자의 9배이다.

15 화학식량과 몰

(가), (나)는 분자의 구성 원자 수가 각각 3, 4이고, 1g당 원자 수가 각각 $15N$, $16N$ 이므로 1g당 분자 수는 각각 $5N\left(=\frac{15N}{3}\right)$,

$4N\left(=\frac{16N}{4}\right)$ 이다. 1g당 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자

량비는 (가) : (나) = XY_2 : $XY_3 = \frac{1}{5N} : \frac{1}{4N} = 4 : 5$ 이다.

㉠. XY_2 , XY_3 의 분자량을 각각 $4k$, $5k$ 라고 하면 X, Y의 원자량은 각각 $2k$, k 이다. 따라서 원자량은 X가 Y보다 크다.

㉡. $\frac{XY_3 \text{ 1g에 들어 있는 X 원자 수}}{XY_2 \text{ 1g에 들어 있는 Y 원자 수}} = \frac{\frac{1}{5k}}{\frac{2}{4k}} = \frac{2}{5}$ 이다.

㉢. 같은 온도, 압력에서 기체의 부피는 기체 분자 수에 비례하므로 용기에 들어 있는 기체의 몰비는 (가) : (나) = $V : 2V = 1 : 2$ 이다. 따라서 용기에 들어 있는 기체의 질량비는 (가) : (나) = $1 \times 4k : 2 \times 5k = 2 : 5$ 이므로 ㉢은 $\frac{5}{2}w$ 이다.

16 물의 자동 이온화와 수용액의 pH

25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 $[H_3O^+][OH^-] =$

1×10^{-14} 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. (가)는 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = \frac{1}{6}$ 이므로 $\text{pH} = 12.0$, $\text{pOH} = 2.0$ 이다. (나)는 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 6$ 이므로 $\text{pH} = 2.0$, $\text{pOH} = 12.0$ 이다.

- ✕. (가)는 $y \text{ M Ca(OH)}_2(aq)$, (나)는 $x \text{ M HCl}(aq)$ 이다.
- ㉠. (가)는 $\text{pOH} = 2.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} = 0.01(\text{M})$ 이고, Ca(OH)_2 은 2가 염기이므로 $y = 0.005(\text{M})$ 이다. (나)는 $\text{pH} = 2.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} = 0.01(\text{M})$ 이고, HCl 은 1가 산이므로 $x = 0.01(\text{M})$ 이다. 따라서 $x = 2y$ 이다.
- ✕. (가)와 (나)의 혼합 용액에서 Ca^{2+} 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 혼합 전과 후 이온의 양(mol)이 변하지 않는다. 따라서 혼합 용액에서 $\frac{\text{Ca}^{2+} \text{의 양(mol)}}{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}} = \frac{y \times V}{x \times 2V} = \frac{y \times V}{2y \times 2V} = \frac{1}{4}$ 이다.

17 루이스 전자점식

2주기 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하고 분자의 중심 원자 수는 1이므로 (가)~(다)는 각각 CF_4 , NF_3 , OF_2 이고, W~Z는 각각 C, F, N, O이다.

- ㉠. 원자 번호는 $Z(\text{O})$ 가 $W(\text{C})$ 보다 크다.
- ✕. (나)인 $\text{YX}_3(\text{NF}_3)$ 에서 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}} = \frac{3}{10}$ 이다. 따라서 ㉠은 $\frac{1}{2}$ 보다 작다.
- ㉡. 전기 음성도는 $X(\text{F}) > Z(\text{O})$ 이므로 (다)인 $\text{ZX}_2(\text{OF}_2)$ 에서 중심 원자인 $Z(\text{O})$ 는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

18 전자 배치의 원리

X는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$ 인 탄소(C), Y는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 인 알루미늄(Al), Z는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 인 산소(O)이다.

- ㉠. X(C), Z(O)는 2주기 원소이고, 3주기 원소는 Y(Al) 1가지이다.
- ㉡. Y(Al)는 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}} = \frac{7}{6}$ 이다. 따라서 ㉠은 $\frac{7}{6}$ 이다.
- ✕. 홀전자 수는 X(C)와 Z(O)가 2로 같다.

19 화학 반응의 양적 관계

실험 I에서 A가 모두 반응하고 B가 남았으므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | | | | |
|---------|------|---|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| | aA | + | B | \longrightarrow | $2C$ | 전체 |
| 반응 전(L) | V | | V | | 0 | $2V$ |
| 반응(L) | $-V$ | | $-\frac{1}{a}V$ | | $+\frac{2}{a}V$ | |
| 반응 후(L) | 0 | | $V - \frac{1}{a}V$ | | $\frac{2}{a}V$ | $V + \frac{1}{a}V$ |

$V + \frac{1}{a}V = \frac{3}{2}V$ 이므로 $a = 2$ 이고, 남은 B $w \text{ g}$ 의 부피는 $\frac{1}{2}V \text{ L}$ 이다. II에서 B가 모두 반응하고 A가 남았으므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | | | | |
|---------|-------|---|------|-------------------|-------|------|
| | $2A$ | + | B | \longrightarrow | $2C$ | 전체 |
| 반응 전(L) | $3V$ | | V | | 0 | $4V$ |
| 반응(L) | $-2V$ | | $-V$ | | $+2V$ | |
| 반응 후(L) | V | | 0 | | $2V$ | $3V$ |

$x = 3$ 이고, 남은 A $4w \text{ g}$ 의 부피는 $V \text{ L}$ 이다. 같은 온도, 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량비는 $A : B = \frac{4w}{V} : \frac{1}{2} \frac{w}{V} = 2 : 1$ 이다. 반응 몰비는 반응 계수비와 같으므로 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : B : C = \frac{4}{2} : \frac{1}{1} : \frac{(4+1)}{2} = 4 : 2 : 5$ 이다. A, B, C의 분자량을 각각 $4k$, $2k$, $5k$ 라고 하면 $\frac{x}{a} \times \frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량} + B \text{의 분자량}} = \frac{3}{2} \times \frac{5k}{4k + 2k} = \frac{5}{4}$ 이다.

20 산 염기 중화 반응에서 양적 관계

일정한 부피의 $\text{KOH}(aq)$ 에 $\text{HCl}(aq)$ 을 부피를 달리하여 혼합한 (나)와 (라)에서 혼합 용액 1 mL당 이온의 양(mol)이 $\frac{2}{3}a$ 로 같으므로 (나)는 염기성, (라)는 산성이다. 따라서 (가)는 염기성, (마)는 산성이다. 염기성인 (가)와 (나)에서 이온의 양(mol)은 혼합 전 $\text{KOH}(aq)$ 의 이온의 양(mol)과 같은데, $\text{KOH}(aq)$ 의 부피가 일정하므로 $\frac{4}{5}a \times (V + 5) = \frac{2}{3}a \times (V + 10)$ 이고 $V = 20$ 이다. (라)와 (마)에서 이온의 양(mol)은 각각 $\frac{80}{3}a$ ($= \frac{2}{3}a \times 40$), $\frac{100}{3}a$ ($= \frac{20}{27}a \times 45$)이다. 산성인 (라)와 (마)에서 이온의 양(mol)은 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 의 이온의 양(mol)과 같다. 따라서 (다)에서 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 15 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)은 $\frac{60}{3}a = 20a$ 이므로 (다)는 중성이고, (가)~(마)에 대한 자료는 다음과 같다.

| 혼합 용액 | | (가) | (나) | (다) | (라) | (마) |
|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|
| 혼합 전 용액의 부피 (mL) | $x \text{ M KOH}(aq)$ | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | $y \text{ M HCl}(aq)$ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 혼합 용액에 들어 있는 이온의 양(mol) | | $20a$ | $20a$ | $20a$ | $\frac{80}{3}a$ | $\frac{100}{3}a$ |
| 액성 | | 염기성 | 염기성 | 중성 | 산성 | 산성 |

- ✕. $V = 20$ 이다.
- ㉠. $\text{㉠} \times 35 = 20a$ 이므로 $\text{㉠} = \frac{4}{7}a$ 이다.
- ✕. 혼합 전 $\text{KOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)과 $\text{HCl}(aq)$ 15 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)이 $20a$ 로 같으므로 혼합 전 수용액의 몰 농도비는 $\frac{\text{HCl}(aq)}{\text{KOH}(aq)} = \frac{y}{x} = \frac{\left(\frac{20a}{15}\right)}{\left(\frac{20a}{20}\right)} = \frac{4}{3}$ 이다.

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ④ | 03 ④ | 04 ⑤ | 05 ② |
| 06 ② | 07 ③ | 08 ② | 09 ⑤ | 10 ③ |
| 11 ③ | 12 ⑤ | 13 ④ | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ③ | 17 ③ | 18 ① | 19 ⑤ | 20 ⑤ |

01 탄소 화합물

(가)는 에탄올(C₂H₅OH), (나)는 아세트산(CH₃COOH), (다)는 메테인(CH₄)이다.

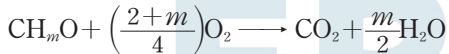
㉠ 분자량은 (가)가 46, (나)가 60, (다)가 16이므로 (가)~(다) 중 (나)가 가장 크다.

✗ $\frac{C \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (가)는 $\frac{2}{9}$, (나)는 $\frac{2}{8}$ 이므로 (나) > (가)이다.

✗ 1g에 들어 있는 C의 양(mol)은 물질 1g의 양(mol) × 분자당 C 원자 수이다. 1g에 들어 있는 C의 양(mol)은 (나)는 $\frac{1}{60} \times 2$ 이고 (다)는 $\frac{1}{16}$ 이므로 1g을 완전 연소시켰을 때 생성되는 CO₂의 양(mol)은 (다) > (나)이다.

02 화학 반응식

이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



CH_mO x mol이 반응하여 H₂O m mol이 생성되었으므로 계수비를 고려하면 $1 : \frac{m}{2} = x : m$ 이고 $x = 2$ 이다. CH_mO 2 mol과 반응하는 O₂의 양은 $\frac{2+m}{2}$ mol이므로 $y = \frac{2+m}{2}$ 이다. 따라서 $x \times y = 2 + m$ 이다.

03 원자의 구성 입자

(가)에 들어 있는 중성자의 양은 $(6 + 2a - 16) \times 0.4 = 8.8$ mol이므로 $a = 16$ 이다. (가)와 (나)에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) = $1.2 : (2x + 0.4) = 6 : 5$ 이므로 $x = 0.3$ 이다. (나)에 들어 있는 중성자의 양은 $2.4 + (b - 8) \times 0.3 + (b - 8) \times 0.4 = 9.4$ 이므로 $b = 18$ 이다.

✗ $x = 0.3$ 이다.

㉠ (나)에 들어 있는 ¹⁶O 원자의 양은 $0.3 + 0.2 \times 2 = 0.7$ mol이다.

㉡ $\frac{\text{(나)에 들어 있는 O}_2\text{의 질량(g)}}{\text{(가)에 들어 있는 CO}_2\text{의 질량(g)}} = \frac{(34 \times 0.3) + (36 \times 0.2)}{44 \times 0.4} =$

$\frac{87}{88}$ 이다.

04 화학식량과 몰

㉠ (가)~(다)의 양(mol)을 각각 a, b, c 라고 하면, X의 질량비는 (가) : (나) = $am : b = m : 1$ 이고 $a : b = 1 : 1$ 이다. 마찬가지로 Y의 질량비는 (나) : (다) = $b : cm = 2 : m$ 이므로 $b : c = 2 : 1$ 이다. $a : b : c = 2 : 2 : 1$ 이므로 분자의 몰비는 (가) : (나) = $1 : 1$ 이다.

㉡ (가)~(다)의 분자량을 각각 $M_{(가)}, M_{(나)}, M_{(다)}$ 라고 하면 단위 질량당 전체 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{m}{M_{(가)}} : \frac{2}{M_{(나)}} : \frac{m+4}{M_{(다)}}$

= $7m : 16 : (8m + 32)$ 이므로 $M_{(가)} : M_{(나)} : M_{(다)} = 8 : 7 : 7$ 이다. 따라서 분자량비는 (가) : (다) = $8 : 7$ 이다.

㉢ 질량비는 (나) : (다) = $(2 \times 7) : (1 \times 7) = 2 : 1$ 이다.

05 용액의 농도

용액 I (a M A(aq) 200 mL)에 들어 있는 A의 질량은 x g, 용액 II (b M A(aq) 500 mL)에 들어 있는 A의 질량은 y g이다. A의 분자량을 M 이라 하고 (가)와 (나)에서 혼합 전 용액의 부피비를 이용하면 혼합 용액에 들어 있는 A의 몰비는 (가) : (나) = $\left(\frac{10xV}{2M} + \frac{20yV}{5M}\right)$

: $\left(\frac{10xV}{M} + \frac{30yV}{5M}\right) = 19 : 36$ 이므로 $x = 3y$ 이다. 또한 혼합 용액에

들어 있는 A의 몰비는 (나) : (다) = $\left(\frac{10xV}{M} + \frac{30yV}{5M}\right) : \left(\frac{10xV}{3M} + \frac{10yV}{5M}\right) = \frac{180yV}{5M} : \frac{60yV}{5M} = 3 : 1 = 36n : z$ 이므로 $z = 12n$

이다. 한편 I 과 II의 몰 농도(M)비는 $a : b = \frac{\frac{3y}{M}}{0.2} : \frac{\frac{y}{M}}{0.5} = 15 : 2$

이다. 따라서 $\frac{b}{a} \times z = \frac{8}{5}n$ 이다.

06 오비탈과 양자수

(가)는 p 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l) = 1이다. ㉠은 방위(부) 양자수, ㉡는 주 양자수이므로 (가)는 $2p_z$, (나)는 $1s$, (다)는 $2s$ 이다.

✗ ㉠은 방위(부) 양자수이다.

㉢ (나)는 $1s$, (다)는 $2s$ 이므로 (나)와 (다)의 모양은 모두 구형이다.

✗ 수소 원자의 오비탈의 에너지 준위는 $2s = 2p$ 이므로 오비탈의 에너지 준위는 (가)와 (다)가 같다.

07 원소의 주기적 성질

Ne의 전자 배치를 가지는 이온의 전하를 고려하면 W는 Al이고, X와 Y는 각각 F, Na 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 $Y > X$ 이므로 X는 F, Y는 Na이다. 따라서 Z는 Mg이다.

㉠ 제1 이온화 에너지는 X(F)가 가장 크다.

㉡ 원자 반지름은 Y(Na) > W(Al)이다.

✗ Ne의 전자 배치를 갖는 Z 이온은 Mg²⁺이고 제2 이온화 에너지는 W(Al) > Z(Mg)이므로 Z가 위치하는 영역은 ㉠이다.

08 루이스 전자점식

루이스 전자점식을 고려하면 W는 O, X는 H, Y는 C, Z는 N이고 (가)는 OH⁻, (나)는 HCN이다.

✗ W(O)는 16족 원소이다.

✗ 전기 음성도는 Z(N) > Y(C)이므로 (나)에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

Ⓒ. $Y_2X_4(C_2H_4)$ 와 $Z_2X_2(N_2H_2)$ 에는 2중 결합이 있다.

09 원자의 전자 배치와 주기적 성질

W~Z는 각각 C, O, F, Na 중 하나이고 C, O, F, Na의 (양성자 수-원자가 전자 수)는 각각 2, 2, 2, 10이므로 W는 Na이다. C, O, F, Na의 바닥상태의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 4, 5, 5, 6이고, 홀전자 수는 2, 2, 1, 1이므로 Y는 C, Z는 O, X는 F이다.

✗. Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 $X(F) > W(Na)$ 이다.

Ⓒ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $X(F) > Y(C)$ 이다.

Ⓓ. 제2 이온화 에너지는 $Z(O) > X(F)$ 이다.

10 분자의 구조와 성질

(가)와 (나)에서 공유 전자쌍 수와 분자당 구성 원자의 종류를 고려하면 X는 O, Y는 C이고 $x=2, y=2$ 이다. 따라서 (가)는 $H_2X_2(H_2O_2)$, (나)는 $Y_2H_2(C_2H_2)$, (다)는 $YH_4X(CH_4O)$ 이다.

Ⓒ. (가)의 비공유 전자쌍 수는 4이다.

Ⓒ. (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

✗. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (나) 1가지이다.

11 이온 결합 물질

✗. 물질의 화학식은 (가)가 XY, (나)가 ZY_2 이므로 물질 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양은 (나) > (가)이다.

✗. X^{a+} 과 Y^{b-} 에서 $a=b$ 이고, Z^{c+} 과 Y^{b-} 에서 $c=2b$ 이므로 X는 Na, Y는 F, Z는 Mg이다.

Ⓒ. 원자 반지름은 $X(Na) > Z(Mg)$ 이다.

12 분자의 구조와 성질

주어진 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 표와 같다.

| 분자 | N_2 | O_2 | CO_2 | OF_2 | COF_2 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 공유 전자쌍 수 | 3 | $a(=2)$ | 4 | $a(=2)$ | $b(=4)$ |
| 비공유 전자쌍 수 | $a(=2)$ | $b(=4)$ | $b(=4)$ | $c(=8)$ | $c(=8)$ |

따라서 (가)는 N_2 , (나)는 O_2 , (다)는 CO_2 , (라)는 OF_2 , (마)는 COF_2 이다.

✗. $a=2$ 이다.

Ⓒ. (가)(N_2)에는 3중 결합이 있다.

Ⓓ. (라)(OF_2)의 분자 모양은 굽은 형이고, (다)(CO_2)의 분자 모양은 직선형이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (라) > (다)이다.

13 물질의 구조

✗. (가)~(다)에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 N, Y는 O이다. 따라서 원자 번호는 $Y(O) > X(N)$ 이다.

Ⓒ. 비공유 전자쌍 수는 $XH_4^+(NH_4^+)$, $H_3Y^+(H_3O^+)$, $YH^-(OH^-)$ 에서 각각 0, 1, 3이므로 $a=0, b=3$ 이다. 따라서 $a+b=3$ 이다.

Ⓒ. (나)는 비공유 전자쌍 수가 1인 $H_3Y^+(H_3O^+)$ 이므로 (나)의 모양은 삼각뿔형이다.

14 흡열 반응

Ⓒ. $N_2(l)$ 가 기화하는 반응의 화학 반응식은 $N_2(l) \rightarrow N_2(g)$ 이다.

Ⓒ. $N_2(l)$ 의 기화가 일어날 때 주위로부터 열을 흡수한다.

✗. 흡열 반응은 반응이 일어날 때 주위의 온도를 낮추므로 t 는 25보다 크지 않다.

15 산화 환원 반응

Ⓒ. (가)에서 F의 산화수는 0에서 -1로 감소하고, O의 산화수는 -2에서 0으로 증가하므로 H_2O 은 환원제이다.

Ⓒ. (나)에서 S의 산화수는 -2에서 +4로 증가한다.

Ⓓ. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 항상 같으므로 반응물과 생성물의 원자 수와 산화수 변화를 맞추어 화학 반응식을 완성한다.

반응 전과 후 원자의 종류와 개수는 같으므로 $a=2, b=c$ 이다. N의 산화수는 $-3 \rightarrow -2$ 로 1 증가하고 Cl의 산화수는 $+1 \rightarrow -1$ 로 2 감소한다. $b=c=1, d=1$ 이므로 $\frac{c+d}{a+b} < 1$ 이다.

16 동적 평형

Ⓒ. 밀폐된 진공 용기에 X(l)를 넣으면 시간이 지남에 따라 X(l)가 증발하여 X(g)의 양이 점점 증가하므로 $b > a$ 이다.

Ⓒ. t_2 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 $b=c$ 이다.

✗. t_2 일 때 X(l)의 증발 속도와 X(g)의 응축 속도는 같고 t_1 일 때 X(l)의 증발 속도가 X(g)의 응축 속도보다 크므로 $d < 1$ 이다.

17 원소의 주기적 성질

2주기 바닥상태 원자의 $\frac{\text{홀전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}} (=a)$ 와 전자가 들어 있는 오비탈 수(=b)는 다음과 같다.

| 원자 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| a | $\frac{1}{3}$ | $\frac{0}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{0}{4}$ |
| b | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |

따라서 Z는 N이다. 원자 반지름은 $X > Z$ 이므로 X는 B이다. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $W=Y$ 이므로 W는 Ne, Y는 O이다.

Ⓒ. 원자 번호는 W(Ne)가 가장 크다.

✗. 원자가 전자 수는 $Y(O) > X(B)$ 이다.

Ⓓ. 제2 이온화 에너지는 $Y(O) > Z(N)$ 이다.

18 수용액의 pH와 pOH

(나)의 $pOH = \frac{a+4.0}{14.0-a} = \frac{1}{2}$ 이므로 $a=2.0$ 이다. (가)의 $pH=2.0$

이고 $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12} M$ 이다. (나)의

$pOH=6.0$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-6} M$ 이다. 수용액의 부피는 (나) : (다) = 10 : 1이고, (나)와 (다)에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 같으므로 (다)의 $[OH^-]=1 \times 10^{-5} M$ 이다.

㉠ $a=2.0$ 이다.

✗ 25°C에서 $pH < 7.0$ 이면 산성 수용액이고 $pH > 7.0$ 이면 염기성 수용액이다. pH는 (가)가 2.0, (나)가 8.0, (다)가 9.0이므로 (가)~(다) 중 염기성 수용액은 2가지이다.

✗ $\frac{(다)의 [OH^-]}{(나)의 [H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-8}} = 10^3$ 이다.

19 화학 반응에서의 양적 관계

분자량비는 $Y : Z = 8 : 11$ 이므로 $X \sim Z$ 의 분자량을 각각 M_x , $8M$, $11M$ 이라고 하면, $2 \times M_x + 8M = 2 \times 11M$ 이므로 $M_x = 7M$ 이다.

I에서 반응 후 남은 기체는 $Y \ 8b \ g$ 이므로 반응한 Y 의 질량은 $4b \ g$ 이다. 반응한 물질의 몰비는 $X : Y = \frac{14a}{7M} : \frac{4b}{8M} = 2 : 1$ 이므로

$b=2a$ 이다. 따라서 I에서 반응 전 기체의 양은 X 가 $\frac{14a}{7M} \ mol$, Y 가 $\frac{24a}{8M} \ mol$ 이고, 반응 후 남은 기체의 양은 Y 가 $\frac{2a}{M} \ mol$, Z 가 $\frac{2a}{M} \ mol$ 이다. II에서 반응 전 Y 의 질량은 $5b (=10a) \ g$ 이고 기체

의 양은 X 는 $\frac{28a}{7M} \ mol$, Y 는 $\frac{10a}{8M} \ mol$ 이다. 반응 후 남은 기체의

양은 X 는 $\frac{3a}{2M} \ mol$, Z 는 $\frac{5a}{2M} \ mol$ 이다. I과 II에서 반응 전 전체

기체의 질량은 $38a \ g$ 으로 같고, 반응 후 전체 기체의 양은 $\frac{4a}{M} \ mol$

로 같으므로 전체 기체의 밀도는 같다. 따라서 $x=y$ 이다. II에서 반

응 후 남은 기체의 종류는 $X(g)$ 이고 $\frac{21a}{2} \ g$ 이다. 따라서 ㉠ $\frac{y}{x}$

$= \frac{21a}{2}$ 이다.

20 중화 반응

$[Na^+]$ 의 비는 (나) : (다) = $\frac{10Vb}{40+10V} : \frac{8Vb}{40+8V+20} = 5 : 4$ 이

므로 $V=10$ 이다. (나)가 산성이라면 혼합 용액에서 H^+ 의 양(mol)은 (나)($14n$) > (가)($6n$)가 될 수 없으므로 (나)는 염기성이다.

$a \ M \ H_2X(aq) \ 40 \ mL$ 에 들어 있는 H^+ 의 양을 $2x \ mol$, $b \ M \ NaOH(aq) \ 5V \ mL$ 에 들어 있는 OH^- 의 양을 $y \ mol$ 이라고 하면

$2x - y = 6n$, $-2x + 2y = 14n$ 이다. $2x = 26n$, $y = 20n$ 이다. $c \ M$

$HCl(aq) \ 20 \ mL$ 에 들어 있는 H^+ 의 양을 $z \ mol$ 이라고 하면 (다)에서 H^+ 의 양은 $2n \ mol$ 이므로 $26n - 32n + z = 2n$ 에서 $z = 8n$ 이다.

혼합 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

| 혼합 용액 | 혼합 용액에 들어 있는 이온의 양(mol) | | | | |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|--------|
| | X^{2-} | Na^+ | Cl^- | H^+ | OH^- |
| (가) | $13n$ | $20n$ | 0 | $6n$ | 0 |
| (나) | $13n$ | $40n$ | 0 | 0 | $14n$ |
| (다) | $13n$ | $32n$ | $8n$ | $2n$ | 0 |

$a : b : c = \frac{13n}{40} : \frac{20n}{50} : \frac{8n}{20} = 13 : 16 : 16$ 이다. 따라서 $\frac{c}{b} \times V = 10$ 이다.

실전 모의고사 3회

본문 128~132쪽

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ⑤ | 03 ⑤ | 04 ⑤ | 05 ② |
| 06 ② | 07 ① | 08 ① | 09 ③ | 10 ② |
| 11 ④ | 12 ③ | 13 ① | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ② | 17 ⑤ | 18 ⑤ | 19 ④ | 20 ③ |

01 화학과 우리 생활

메테인, 에탄올, 아세트산의 분자식은 각각 CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH 이다. 따라서 분자당 C와 O 원자 수는 표와 같다.

| 탄소 화합물 | 메테인 | 에탄올 | 아세트산 |
|------------|-----|-----|------|
| 분자당 C 원자 수 | 1 | 2 | 2 |
| 분자당 O 원자 수 | 0 | 1 | 2 |

따라서 ㉠은 O, ㉡은 C이고, (가)~(다)는 각각 메테인, 에탄올, 아세트산이다.

✕. ㉠은 O이다.

㉢. (나)는 에탄올이다.

㉤. $a=0$, $b=2$ 이므로 $a+b=2$ 이다.

02 화학 결합 모형

화학 결합 모형으로부터 ABC는 LiOH, DC는 NaH임을 알 수 있다.

㉠. A(Li)와 B(O)는 같은 주기 원소이다.

㉢. C(H)와 D(Na)는 같은 족 원소이다.

㉤. 전기 음성도는 $\text{C(H)} > \text{A(Li)}$ 이다.

03 분자의 구조

3가지 기준에 따라 4가지 분자의 점수를 부여하면 표와 같다.

| 분자 | 기준 I | 기준 II | 기준 III | 합계 |
|---------------|------|-------|--------|-------|
| BF_3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HCN | 1 | 2 | a | $a+3$ |
| CO_2 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| NH_3 | 1 | 0 | a | $a+1$ |

㉠. $x=0$ 이다.

㉢. $y-z=(a+3)-3=a$ 이다.

㉤. NH_3 가 적힌 카드를 뽑아 나온 점수의 합은 $a+1$ 이다.

04 공유 결합과 분자의 극성

2주기 원소로 이루어진 분자 중 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 것은 C, N, O, F으로 구성된 분자이다.

㉠. 분자식이 A_2C_2 이면서 공유 전자쌍 수가 5인 분자는 N_2O_2 와 C_2F_2 이고, N_2O_2 와 C_2F_2 에서 비공유 전자쌍 수는 6이다. 따라서 $x=6$ 이다.

㉢. 분자식이 B_2C_2 이면서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 y , $2y$ 인 것은 N_2F_2 이다. 따라서 $y=4$ 이고, A~C는 각각 C, N, F이다. N_2F_2 에는 다중 결합(2중 결합)이 존재한다.

㉤. $\text{CAB(F-C}\equiv\text{N)}$ 는 직선형 구조로 결합각이 180° 이다.

05 양자수와 오비탈

✕. (가)와 (나)는 $l=0$ 인 s 오비탈에 들어 있는 전자 수가 같고, (나)에서 $n+l=3$ 인 2p 오비탈 3개에 전자가 들어 있으므로 (나)는 N, O, F, Ne 중 하나이다. 따라서 $y=4$ 이고 (가)는 Be이다. Be의 홀전자 수는 0이다.

㉢. (나)는 N, O, F, Ne 중 하나이므로 원자가 전자의 주 양자수 (n)는 2이다.

✕. (다)는 $l=0$ 인 s 오비탈에 5개의 전자가 들어 있으므로 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 인 Na이다. $n+l=3$ 인 2p 오비탈과 3s 오비탈에 전자가 들어 있으므로 $n+l=3$ 인 오비탈 수는 4이다. 따라서 $x=4$ 이다.

06 화학 반응에서 열의 출입

✕. $25^\circ\text{C} > t_1^\circ\text{C}$ 이므로 A(s)가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

✕. $t_2^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C}$ 이므로 B(s)가 물에 용해되는 반응은 발열 반응으로 주위로 열을 방출한다.

㉤. 25°C 의 물 50 g이 들어 있는 열량계에 25°C 의 B(s) 10 g을 넣어 모두 녹인 후 측정한 온도는 36°C 보다 높다.

07 물의 자동 이온화

㉠. (가)에서 $\text{pOH}=2.0$ 이므로 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-2} \text{ M}$, $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 $a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-2}} = 10^{-10}$ 이다.

✕. (나)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_w} = 10^6$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이고, $\text{pH}=4.0$, $\text{pOH}=10.0$ 이다. 따라서 $b=10.0$ 이다.

✕. (가)에서 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-12} \text{ M} \times V \text{ L}$, (나)에서 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-10} \text{ M} \times 100V \text{ L} = 1 \times 10^{-8} \text{ M} \times V \text{ L}$ 이다.

08 동적 평형

동적 평형 상태에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 같고 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 일정하다.

㉠. 온도가 일정할 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 일정한 값을 가지므로 $x=a$ 이고, t_3 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 같으므로 t_3 일 때 동적 평형 상태이다.

✕. t_1 일 때 진공 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양이 $n \text{ mol}$ 존재하므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 0보다 크다.

✕. t_2 일 때 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양은 $2n \text{ mol}$ 로 동적 평형 상태인 t_3 일 때의 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)과 같으므로 t_2 일 때도 동적 평형 상태이다. 따라서 $z=a$ 이다.

09 산화 환원 반응

㉠. (가)에서 CuO는 O를 잃고 환원된다.

㉢. CuO에서 Cu의 산화수가 +2이므로 (나)에서 Cu 1 mol이 받

응할 때 이동한 전자의 양은 2 mol이고, (다)에서 Cu 1 mol이 반응할 때 이동한 전자의 양도 2 mol이다.

✗. (다)에서 Ag^+ 2개가 반응할 때 Cu^{2+} 1개가 생성되므로 수용액 속 이온의 양(mol)은 감소한다.

10 현대적 원자 모형과 전자 배치

✗. 쌓음 원리는 바닥상태 전자 배치에 적용되는 원리이며 (가)는 들뜬상태이므로 쌓음 원리를 만족하지 않는다.

㉠. 14개의 전자를 갖는 $_{15}P^+$ 의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이므로 (나)는 바닥상태 전자 배치이다.

✗. (가)에서 주 양자수(n)가 1과 2인 전자 껍질에 전자가 10개 모두 들어 있으므로 홀전자 수는 4이다. (다)에서 주 양자수(n)가 1과 2인 전자 껍질에 전자가 9개 들어 있으므로 주 양자수(n)가 1과 2인 전자 껍질에서 홀전자 수는 1, 주 양자수가 3인 전자 껍질에서 홀전자 수가 3이므로 홀전자 수는 총 4이다. 따라서 홀전자 수는 (가)와 (다)가 같다.

11 원자의 구성 입자

$^{14}N^{16}O$ a mol에 들어 있는 N와 O의 질량은 각각 $14a$ g, $16a$ g이고, $^{14}N^{18}O_2$ b mol에 들어 있는 N와 O의 질량은 각각 $14b$ g, $36b$ g

이다. 용기 속 $\frac{O의\ 질량}{N의\ 질량} = \frac{16a+36b}{14a+14b} = 2$ 이므로 $a : b = 2 : 3$ 이다.

a 와 b 를 각각 2, 3이라고 하면 $^{14}N^{16}O$ 2 mol에 들어 있는 양성자와 중성자의 양은 각각 $(14+16)$ mol, $(14+16)$ mol로 30 mol, 30 mol이고, $^{14}N^{18}O_2$ 3 mol에 들어 있는 양성자와 중성자의 양은 각각 $(21+48)$ mol, $(21+60)$ mol로 69 mol, 81 mol이다. 따

라서 용기 속 $\frac{중성자수}{양성자수} = \frac{30+81}{30+69} = \frac{37}{33}$ 이고, $x-y=37-33=4$ 이다.

12 용액의 농도

㉠. 피펫은 부피를 측정하여 액체를 옮길 때 사용하는 실험 기구로 ㉠으로 적절하다.

㉡. 18 M H_2SO_4 V mL를 희석하여 0.1 M $H_2SO_4(aq)$ 500 mL를 만들 때 H_2SO_4 의 양(mol)은 같으므로 0.1 M $H_2SO_4(aq)$ 500 mL에 들어 있는 H_2SO_4 의 양은 $0.1 M \times 0.5 L = 0.05$ mol이다.

✗. $18 M \times V \times 10^{-3} L = 0.05$ mol이므로 $V = \frac{25}{9}$ 이다.

13 화학식량과 몰

㉠. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 기체의 양(mol)은 (가) : (나) = $a : (b+c) = V : xV$ 이다. 따라서 $ax=b+c$ 이다.

✗. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례한다. (가)와 (나)의 밀도가 같으므로 (나)에서 두 기체의 평균 분자량은 A_2B_4 의 분자량과 같아야 한다. 따라서 (나)에서 기체의 몰비는

$A_2B_2 : A_2B_6 = b : c = 1 : 1$ 이다.

✗. 단위 부피당 B 원자 수는 (가)에서 $\frac{4a}{V}$ (mol/L)이고, (나)에서 $\frac{2b+6c}{xV}$ (mol/L)이다. $ax=b+c$ 이고, $b=c$ 이므로 $\frac{2b+6c}{xV} = \frac{4a}{V}$ 이다. 따라서 단위 부피당 B 원자 수는 (가)와 (나)가 같다.

14 동위 원소와 평균 원자량

㉠. 기준 (가)에서 1 mol은 1H 1 g에 들어 있는 H 원자 수이고 (나)에서 1 mol은 1H 1.008 g에 들어 있는 H 원자 수이므로 1H 1 mol에 들어 있는 H 원자 수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

㉡. (가)와 (나)에서 ^{16}O 의 원자량이 각각 15.868, 15.995이므로 ^{16}O 원자 1 mol의 질량은 각각 15.868 g, 15.995 g이다.

✗. $0^\circ C$, 1 atm에서 기체의 밀도는 물질의 고유한 값이므로 원자량 기준에 따라 변하지 않고 (가)와 (나)에서 같다.

15 원소의 주기적 성질

Ar의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때, S은 음이온이 되므로 원자 반지름 < 이온 반지름이고, K과 Ca은 양이온이 되므로 원자 반지름 >

이온 반지름이다. 따라서 (나)는 $\frac{이온\ 반지름}{원자\ 반지름}$ 이고, B는 S이다. S,

K, Ca 중 $\frac{제2\ 이온화\ 에너지}{제1\ 이온화\ 에너지}$ 는 K가 가장 크므로 A는 K, C는 Ca이다.

㉠. (가)는 $\frac{제2\ 이온화\ 에너지}{제1\ 이온화\ 에너지}$ 이고, (나)는 $\frac{이온\ 반지름}{원자\ 반지름}$ 이다.

㉡. B는 S이다.

㉢. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $C(Ca) > A(K)$ 이다.

16 화학 반응의 양적 관계

C_2H_6 의 완전 연소 반응식은 다음과 같다.



I과 II에서 반응 전 C_2H_6 의 양(mol)을 각각 n , $3n$ 이라고 하면 I과 II에서 반응 전과 후 증가한 부피가 각각 0.5 L, 1 L이므로 I과 II에서 반응한 C_2H_6 의 양(mol)은 각각 n , $2n$ 이다. $t^\circ C$, 1 atm에서 10 L에 들어 있는 기체의 양을 $10m$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

[실험 I]

| | | | | |
|-----------|--|--------------------|-------|-------|
| | $2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$ | | | |
| 반응 전(mol) | n | $10m-n$ | 0 | 0 |
| 반응(mol) | $-n$ | $-\frac{7}{2}n$ | $+2n$ | $+3n$ |
| 반응 후(mol) | 0 | $10m-\frac{9}{2}n$ | $2n$ | $3n$ |

반응 후 전체 기체의 양은 $10m - \frac{9}{2}n + 2n + 3n = 10m + \frac{1}{2}n = 10.5m$ 이므로 $m=n$ 이다.

[실험 II]

| | | | | |
|-----------|--|-------|-------|-------|
| | $2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$ | | | |
| 반응 전(mol) | $3n$ | $7n$ | 0 | 0 |
| 반응(mol) | $-2n$ | $-7n$ | $+4n$ | $+6n$ |
| 반응 후(mol) | n | 0 | $4n$ | $6n$ |

I에서 생성된 CO_2 의 양은 $2n$ mol이고 II에서 반응한 C_2H_6 의 양이 $2n$ mol이므로 $\frac{\text{II에서 반응한 } C_2H_6 \text{의 양(mol)}}{\text{I에서 생성된 } CO_2 \text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

17 원소의 주기적 성질

O, F, Na, Mg의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하, 원자 반지름, 제2 이온화 에너지를 비교하면 다음과 같다.

유효 핵전하 : $F > O > Mg > Na$

원자 반지름 : $Na > Mg > O > F$

제2 이온화 에너지 : $Na > O > F > Mg$

㉠. W가 Na이어야 하므로 (나)는 유효 핵전하, X(Mg), Y(O), Z(F)이고, (가)는 원자 반지름, (다)는 제2 이온화 에너지이다.

㉡. 제1 이온화 에너지는 $Z(F) > Y(O)$ 이다.

㉢. Ne의 전자 배치를 갖는 이온 반지름은 $W(Na) > X(Mg)$ 이다.

18 산화 환원 반응

X의 산화수는 0에서 +2로 2 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +2로 3 감소한다. 따라서 이동한 전자의 양(mol)을 일치시키면 $a=3$ 이다.

화학 반응식에서 O와 H의 수를 같게 하려면 다음 식이 성립한다.

$$O : 6 + b = 2 + c$$

$$H : 3b = 2c$$

따라서 $b=8, c=12$ 이다.

㉠. NO_3^- 에서 N의 산화수가 감소하여 NO로 환원되었으므로 NO_3^- 은 산화제이다.

㉡. $a=3, b=8$ 이므로 $a+b=11$ 이다.

㉢. $a=3, c=12$ 이므로 X 1 mol이 반응할 때, H_2O 4 mol이 생성된다.

19 중화 반응

(가)에서 $0.2 M A(OH)_2(aq)$ 20 mL와 $0.3 M H_2B(aq)$ V mL를 혼합하여 만든 혼합 용액 I이 염기성이므로 I에 존재하는 이온의 양(mol)은 $A^{2+} 0.2 M \times 20 mL = 4 \text{ mmol}$, $B^{2-} 0.3 M \times V mL = 0.3V \text{ mmol}$, $OH^- 0.2 M \times 2 \times 20 mL - 0.3 M \times 2 \times V mL = (8 - 0.6V) \text{ mmol}$ 이다. I에 존재하는 모든 이온의 몰비가 $2 : 3 : 4$ 이고, 전해질 수용액에서 (+)이온의 전하량 합과 (-)이온의 전하량 합이 같으므로 이온의 몰비는 $A^{2+} : B^{2-} : OH^- = 4 : 3 : 2$ 이다. $0.3V : (8 - 0.6V) = 3 : 2$ 이므로 $V=10$ 이다. 따라서 I의 부피는 30 mL이고, I에 존재하는 이온의 양은 $A^{2+} 4 \text{ mmol}$, $B^{2-} 3 \text{ mmol}$, $OH^- 2 \text{ mmol}$ 이다.

II가 염기성이려면 II에 존재하는 이온의 양(mol)은 $A^{2+} 4 \text{ mmol}$, $B^{2-} 3 \text{ mmol}$, $C^- a M \times 20 mL = 20a \text{ mmol}$, $OH^- (2 - 20a) \text{ mmol}$ 이다. II의 부피가 50 mL이고 I과 II에서 모든 이온의 몰 농도 합은 같으므로 $\frac{4+3+2}{30} = \frac{4+3+20a+(2-20a)}{50}$ 로 모순이다. 따라서 II는 산성이므로 II에 존재하는 이온의 양(mol)은 $A^{2+} 4 \text{ mmol}$, $B^{2-} 3 \text{ mmol}$, $C^- a M \times 20 mL = 20a \text{ mmol}$, $H^+ (20a - 2) \text{ mmol}$ 이다. $\frac{4+3+2}{30} = \frac{4+3+20a+(20a-2)}{50}$ 이므로 $a=0.25$ 이다. 따라서 $a \times V = 0.25 \times 10 = 2.5$ 이다.

20 화학 반응의 양적 관계

A와 B의 분자량을 각각 M_A, M_B 라고 하면 밀도는 전체 질량을 부피로 나눈 값이고, 온도와 압력이 같을 때 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 실험 I과 II에서 반응 전 전체 기체 밀도비는

$$\frac{3n \times M_A + n \times M_B}{4n} : \frac{n \times M_A + n \times M_B}{2n} = 10 : 7 \text{이다. 따라서}$$

$$M_A : M_B = 13 : 1 \text{이다.}$$

실험 II에서 B가 모두 반응하므로 양적 관계는 다음과 같다.

| | | | |
|-----------|-------------------------------------|------|-----------------|
| | $A(g) + bB(g) \longrightarrow C(g)$ | | |
| 반응 전(mol) | n | n | 0 |
| 반응(mol) | $-\frac{1}{b}n$ | $-n$ | $+\frac{1}{b}n$ |
| 반응 후(mol) | $n - \frac{1}{b}n$ | 0 | $\frac{1}{b}n$ |

반응 전과 후 전체 기체의 질량은 일정하고, 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $n - \frac{1}{b}n + \frac{1}{b}n = n$ 이므로 반응 후 기체의 부피는 $\frac{1}{2}$ 배가

되어 밀도는 2배가 되고 $x=14$ 이다. 따라서 $x \times \frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{14}{13}$ 이다.

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ④ | 03 ⑤ | 04 ② | 05 ④ |
| 06 ⑤ | 07 ③ | 08 ⑤ | 09 ② | 10 ① |
| 11 ④ | 12 ② | 13 ① | 14 ⑤ | 15 ② |
| 16 ③ | 17 ① | 18 ② | 19 ③ | 20 ③ |

01 화학의 유용성

(가)는 암모니아, (나)는 메테인, (다)는 에탄올이다.

- ㉠ 암모니아를 이용하여 질소 비료를 만들 수 있다.
- ㉡ 메테인은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분으로 연료로 이용된다.
- ㉢ 에탄올은 살균 능력이 있어 손 소독제를 만드는 데 이용된다.

02 발열 반응과 흡열 반응

- ㉠ 메테인이 연소되어 열이 발생되므로 메테인의 연소 반응은 발열 반응이다.
- ㉡ 산화 칼슘과 물이 반응하면 열이 발생하여 수용액의 온도가 높아진다. 산화 칼슘과 물의 반응은 발열 반응이다.
- ㉢ 염화 암모늄이 물에 용해될 때 주위의 열을 흡수하므로 염화 암모늄의 용해 반응은 흡열 반응이다.

03 화학 결합 모형

W~Z는 각각 H, O, Na, Cl이다.

- ㉠ W(H)와 Z(Cl)로 이루어진 화합물의 화학식은 WZ(HCl)이다.
- ㉡ X(O)는 비금속 원소이고 Y(Na)는 금속 원소이므로 X와 Y로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
- ㉢ YXW(NaOH)에서 $Y^+(Na^+)$ 와 $XW^-(OH^-)$ 사이에 이온 결합이 형성되고, XW^- 에서 X(O)와 W(H) 사이에 공유 결합이 형성된다. 따라서 YXW에는 이온 결합과 공유 결합이 모두 존재한다.

04 동적 평형 상태

일정한 온도에서 밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣으면 $H_2O(l)$ 이 증발하여 $H_2O(g)$ 의 양이 증가하고, 동적 평형 상태에 도달하면 $H_2O(g)$ 의 양이 일정해진다.

- ㉠ $H_2O(l)$ 을 넣고 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 감소하고 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\frac{H_2O(l)의 양(mol)}{H_2O(g)의 양(mol)}$ 은 $a > b$ 이다.

- ㉡ $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 $H_2O(g)$ 의 양(mol)이 클수록 크다. 2t일 때 동적 평형 상태에 도달하기 전이고, 3t일 때 동적 평형 상태이므로 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 3t일 때가 2t일 때보다 크고, $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 3t일 때가 2t일 때보다 크다.

- ㉢ 동적 평형 상태에서 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같아지므로 3t일 때와 4t일 때 모두 $\frac{H_2O(l)의 증발 속도}{H_2O(g)의 응축 속도} = 1$ 이다.

05 루이스 전자점식

X~Z는 1, 2주기 원소이므로 각각 H, O, N이다.

- ㉠ 원자가 전자 수는 Y(O)가 6이고, Z(N)가 5이다. 따라서 원자가 전자 수는 $Y > Z$ 이다.
- ㉡ 비공유 전자쌍 수는 $Y_2(O_2)$ 가 4이고, $Z_2(N_2)$ 가 2이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 Y_2 가 Z_2 의 2배이다.
- ㉢ 결합각은 $X_2Y(H_2O)$ 가 104.5° 이고, $ZX_3(NH_3)$ 가 107° 이다. 따라서 결합각은 ZX_3 가 X_2Y 보다 크다.

06 산화 환원 반응

- ㉠ (가)의 MnO_2 에서 Mn의 산화수는 +4, $MnCl_2$ 에서 Mn의 산화수는 +2이다. Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하므로 MnO_2 는 환원된다. (가)의 HCl에서 Cl의 산화수는 -1, Cl_2 에서 Cl의 산화수는 0이다. Cl의 산화수는 -1에서 0으로 증가하므로 HCl은 산화된다. 따라서 MnO_2 는 산화제이다.
- ㉡ (가)에서 Mn의 산화수는 +4, +2이다. (나)의 MnO_4^- 에서 Mn의 산화수는 +7, MnO_4^{2-} 에서 Mn의 산화수는 +6이다. 따라서 Mn의 산화수 총합은 $+4 + 2 + 7 + 6 = +19$ 이다.
- ㉢ (나)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +6으로 1만큼 감소하고, I의 산화수는 -1에서 +5로 6만큼 증가한다. 감소한 산화수와 증가한 산화수는 같아야 하므로 $a = 6, b = 1$ 이다. 화학 반응식을 정리하면 다음과 같다.



반응 전과 후 H 원자 수와 O 원자 수가 같아야 하므로 $c = 6, d = 3$ 이다. 따라서 $\frac{c+d}{a+b} = \frac{6+3}{6+1} = \frac{9}{7}$ 이다.

07 전자 배치

2, 3주기 바닥상태 원자는 전자가 들어 있는 s 오비탈 수가 2 또는 3이므로 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 s 오비탈 수}} = 2$ 인 원자는 다음과 같이 정리할 수 있다.

| 원자 | O | Na | Mg |
|-------------------|---|----|----|
| 전자가 들어 있는 s 오비탈 수 | 2 | 3 | 3 |
| p 오비탈에 들어 있는 전자 수 | 4 | 6 | 6 |
| 홀전자 수 | 2 | 1 | 0 |

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 s 오비탈 수}} = 3$ 인 원자는 다음과 같이 정리할 수 있다.

| 원자 | Ne | P |
|-------------------|----|---|
| 전자가 들어 있는 s 오비탈 수 | 2 | 3 |
| p 오비탈에 들어 있는 전자 수 | 6 | 9 |
| 홀전자 수 | 0 | 3 |

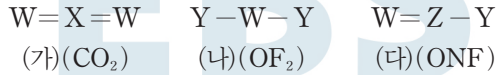
X~Z의 홀전자 수는 각각 $n, n+1, n+2$ 이므로 X~Z는 각각 Na, O, P이다.

- ㉠ X(Na)의 홀전자 수가 1이므로 $n = 1$ 이다.
- ㉢ 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 X(Na)와 Y(O)가 3으로 같다.

㉔. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 Y(O)가 3이고, Z(P)가 6이다.

08 결합의 극성

(가)와 (나)는 C, N, O, F 중 2가지 원소로 이루어진 삼원자 분자이므로 각각 CO₂, OF₂ 중 하나이다. (가)와 (나)에서 W가 공통으로 해당하는 원자이므로 W는 O이고, X와 Y는 각각 C, F이다. C, N, O, F의 전기 음성도는 F>O>N>C이므로 (가)와 (나)에서 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠는 원자는 각각 X(C)와 W(O)이고, 제시된 자료에 부합한다. Z는 N이므로 (가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



- ㉕. W~Z 중 전기 음성도는 Y(F)가 가장 크다.
 ㉖. (가)(CO₂)는 직선형 구조이고, (나)(OF₂)와 (다)(ONF)는 굽은 형 구조이다. 따라서 무극성 분자는 (가) 1가지이다.
 ㉗. 공유 전자쌍 수는 (가)~(다)가 각각 4, 2, 3이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 (가)>(다)>(나)이다.

09 몰 농도

(가)에서 만든 A(aq)의 몰 농도는 $\frac{x}{0.25} = 0.4(M)$ 이고, (나)에서 만든 A(aq)의 몰 농도는 $\frac{x+5}{0.45} = 0.5(M)$ 이다. 이 식을 풀면 $x=4$, $M=40$ 이다. 따라서 $x+M=44$ 이다.

10 양자수

n 는 (나)>(가)이므로 (가)는 2s, 2p 오비탈 중 하나이고, (나)는 3s, 3p 오비탈 중 하나이다. l 는 (다)>(나)이므로 (나)가 3p 오비탈이면 (다)의 $l=2$ 가 되어 모순이다. 따라서 (나)는 3s 오비탈이고, (다)는 2p, 3p 오비탈 중 하나이다. $n+l$ 는 2s, 2p, 3s, 3p 오비탈이 각각 2, 3, 3, 4이므로 (다)가 3p 오비탈이면 (라)의 $n+l=5$ 가 되어 모순이다. 따라서 (다)는 2p 오비탈이고, (라)는 3p 오비탈이다.

- ㉘. (가)~(라)는 각각 2s, 3s, 2p, 3p 오비탈이다.
 ✕. (가)의 $n+l=2$ 이고, (라)의 $n=3$ 이므로 ㉕+㉖=3+2=5이다.
 ✕. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수에만 영향을 받으므로 (나)=(라)>(가)=(다)이다.

11 원소의 주기성

O, Na, Mg의 원자 반지름은 Na>Mg>O이고, 이온 반지름은 O>Na>Mg이다. X~Z는 각각 Mg, Na, O이고, (가)와 (나)는 각각 원자 반지름, 이온 반지름이다.

- ✕. (가)는 원자 반지름이다.
 ㉙. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효

핵전하가 크다. X(Mg)와 Y(Na)는 3주기 원소이고 원자 번호는 X>Y이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 X>Y이다.

㉚. 원자가 전자 수는 Z(O)>X(Mg)>Y(Na)이다.

12 아세트산의 적정

$a M$ CH₃COOH(aq) 10 mL에 녹아 있는 CH₃COOH의 양은 0.01a mol이다. (나)에서 삼각 플라스크에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $0.01a \times \frac{x}{V}$ mol이다. CH₃COOH과 NaOH은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 적정에서 반응한 NaOH의 양은 $b \times 0.04 \text{ mol} = 0.01a \times \frac{x}{V}$ mol이다. 이 식을 풀면 $x = \frac{4bV}{a}$ 이다.

13 동위 원소

(가)에 들어 있는 기체의 양을 2n mol이라고 하면 (나)에 들어 있는 기체의 양은 3n mol이다. (가)에 들어 있는 ¹H₂¹⁶O(g)의 양을 x mol이라고 하면 (가)에 들어 있는 ¹⁴C¹⁸O₂(g)의 양은 (2n-x) mol이고, (나)에 들어 있는 ¹H₂¹⁸O(g)의 양을 y mol이라고 하면 (나)에 들어 있는 ¹²C¹⁶O₂(g)의 양은 (3n-y) mol이다. (가)와 (나)에 들어 있는 ¹⁸O 원자의 몰비는 $2 \times (2n-x) : y = 2 : 1$, $x+y=2n$ (㉛식)이다. (가)에서 ¹H₂¹⁶O(g)에 들어 있는 중성자의 양은 (16-8)x mol이고, ¹⁴C¹⁸O₂(g)에 들어 있는 중성자의 양은 [(14-6)+2×(18-8)]×(2n-x) mol이다. (나)에서 ¹H₂¹⁸O(g)에 들어 있는 중성자의 양은 (18-8)y mol이고, ¹²C¹⁶O₂(g)에 들어 있는 중성자의 양은 [(12-6)+2×(16-8)]×(3n-y) mol이다. (가)와 (나)에 들어 있는 중성자의 몰비는 $8x+28(2n-x) : 10y+22(3n-y) = 2 : 3$ 이다. 이 식과 ㉛식을 풀면 $x=y=n$ 이다.

㉜. (가)에서 ¹H₂¹⁶O(g)의 양과 ¹⁴C¹⁸O₂(g)의 양은 n mol로 같다.
 ✕. (가)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 (2×1+8)n+(6+2×8)n=32n이고, (나)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 (2×1+8)n+(6+2×8)×2n=54n이다. 따라서 용기에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{54n}{32n} = \frac{27}{16}$ 배이다.

✕. (가)에 들어 있는 기체의 질량(g)은 (2×1+16)n+(14+2×18)n=68n이고, (나)에 들어 있는 기체의 질량(g)은 (2×1+18)n+(12+2×16)×2n=108n이다. 따라서 용기에 들어 있는 기체의 질량은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{108n}{68n} = \frac{27}{17} > \frac{3}{2}$ 이다.

14 물의 자동 이온화

25°C의 수용액에서 pH+pOH=14.0(㉜식)이다. (가)에서 $\frac{pOH}{pH} = \frac{2}{5}$ 이므로 이 식과 ㉜식을 풀면 pH=10.0, pOH=4.0이다. (나)에서 $\frac{pOH}{pH} = 6$ 이므로 이 식과 ㉜식을 풀면 pH=2.0, pOH=12.0이다.

㉝. pH는 (가)>(나)이므로 (가)는 NaOH(aq)이고, (나)는 HCl(aq)이다.

㉠. $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 같고, $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도는 $[\text{OH}^-]$ 와 같다. (가)에서 $\text{pOH}=4.0$ 이므로 (가)의 몰 농도는 $1 \times 10^{-4} \text{M}$ 이다. (나)에서 $\text{pH}=2.0$ 이므로 (나)의 몰 농도는 $1 \times 10^{-2} \text{M}$ 이다. 따라서 수용액의 몰 농도는 (나)가 (가)의 100배이다.

㉡. (가)에서 $\text{pH}=10.0$ 이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-10} \text{M} \times 0.1 \text{L} = 1 \times 10^{-11} \text{mol}$ 이다. (나)에서 $\text{pOH}=12.0$ 이므로 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-12} \text{M} \times 0.2 \text{L} = 2 \times 10^{-13} \text{mol}$ 이다. 따라서 (가)에서 H_3O^+ 의 양(mol)이 (나)에서 OH^- 의 양(mol)의 50배이다.

15 순차 이온화 에너지

W~Z는 각각 Li, Be, B, C, N, O, F 중 하나이다. X는 $E_3 \gg E_2$ 이므로 2족 원소인 Be이다. 원자 번호 3~9인 원소는 E_1 가 $\text{Li} < \text{B} < \text{Be} < \text{C} < \text{O} < \text{N} < \text{F}$ 이고, E_2 가 $\text{Be} < \text{C} < \text{B} < \text{N} < \text{F} < \text{O} < \text{Li}$ 이므로 W는 B이다. 원자 번호가 연속인 두 원자는 원자 번호가 클수록 E_1, E_2, E_3 중 1가지의 크기가 작아진다. 원자 번호가 2 이상 차이 나는 두 원자는 원자 번호가 클수록 E_1, E_2, E_3 의 크기가 모두 커진다. E_1, E_2, E_3 는 모두 $W < Y < Z$ 이므로 Y는 W(B)보다 원자 번호가 2 이상만큼 커야 하고, Z는 Y보다 원자 번호가 2 이상만큼 커야 한다. 따라서 Y와 Z는 각각 N, F이다.

✗. 원자가 전자 수는 X(Be)가 2이고, W(B)가 3이다.

㉠. W(B)는 13족 원소이다.

✗. W(B)와 Y(N)의 원자 번호 차이는 2이고, Y(N)와 Z(F)의 원자 번호 차이는 2이다.

16 화학 반응에서 양적 관계

화학 반응식에서 $\text{CO}(g)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 의 반응 계수비는 1 : 1이므로 반응 후 $\text{CO}(g)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 의 양(mol)의 합은 반응 전 $\text{CO}(g)$ 의 양(mol)과 같다.

㉠. (가)에서 반응 후 $\text{CO}(g)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 의 양의 합은 $\frac{1}{4} + \frac{3}{4} = 1(\text{mol})$ 이므로 반응 전 용기 (가)에 들어 있는 $\text{CO}(g)$ 의 양은 1 mol이다.

✗. (가)에서 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 양은 $\frac{3}{4} \text{mol}$ 이고 화학 반응식에서 $\text{Cu}(s)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 의 반응 계수비가 1 : 1이므로 생성된 $\text{Cu}(s)$ 의 양은 $\frac{3}{4} \text{mol}$ 이다. (나)에서 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 양은 $\frac{3}{4} \text{mol}$ 이고 화학 반응식에서 $\text{Fe}(s)$ 과 $\text{CO}_2(g)$ 의 반응 계수비가 2 : 3이므로 생성

된 $\text{Fe}(s)$ 의 양은 $\frac{1}{2} \text{mol}$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡. (가)에서 일어나는 반응의 화학 반응식에서 $\text{CuO}(s)$ 와 $\text{Cu}(s)$ 의 반응 계수비는 1 : 1이므로 반응 전 $\text{CuO}(s)$ 의 양은 $\frac{3}{4} \text{mol}$ 이다. CuO 의 화학식량은 80이므로 반응 전 $\text{CuO}(s)$ 의 질량은 $\frac{3}{4} \times 80 = 60(\text{g})$ 이다. (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식에서 $\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ 과 $\text{Fe}(s)$ 의 반응 계수비는 1 : 2이므로 반응 전

$\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ 의 양은 $\frac{1}{4} \text{mol}$ 이다. Fe_2O_3 의 화학식량은 160이므로 반응 전 $\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ 의 질량은 $\frac{1}{4} \times 160 = 40(\text{g})$ 이다. 따라서 반응 전 (가)와 (나)에 들어 있는 $\text{CuO}(s)$ 와 $\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ 의 질량비는 $60 : 40 = 3 : 2$ 이다.

17 분자의 구조와 성질

(가)~(다)는 구성 원자 수가 5 이하인 분자이다. 분자를 구성하는 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족할 때 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수보다 1만큼 큰 분자는 분자의 모든 결합이 단일 결합이다. 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수와 같은 분자는 분자에 2중 결합이 1개 있고, 나머지 모든 결합이 단일 결합이다. 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수보다 1만큼 작은 분자는 분자에 3중 결합이 1개 있거나 2중 결합이 2개 있고, 나머지 모든 결합이 단일 결합이다. (가)는 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수보다 1만큼 크므로 단일 결합으로만 이루어져 있고, (나)는 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수보다 1만큼 작으므로 3중 결합이 1개 있거나, 2중 결합이 2개 있다. (다)는 구성 원자 수와 공유 전자쌍 수가 같으므로 2중 결합이 1개 있다. (가)는 단일 결합으로만 이루어져 있으므로 $\text{OF}_2, \text{O}_2\text{F}_2, \text{NF}_3, \text{CF}_4$ 중 하나이다. 각 경우를 살펴보면 다음과 같다.

㉠ (가)가 OF_2 인 경우

$n=3$ 이다. (다)는 3가지 원소로 이루어진 삼원자 분자이고, 2중 결합이 1개 있어야 하므로 ONF 이다. (가)와 (다)에 공통인 구성 원소는 2가지이므로 모순이다.

㉡ (가)가 O_2F_2 인 경우

$n=4$ 이다. (다)는 3가지 원소로 이루어진 사원자 분자이고, 2중 결합이 1개 있어야 하므로 COF_2 이다. (가)와 (나)에 공통인 구성 원소가 2가지이므로 모순이다.

㉢ (가)가 NF_3 인 경우

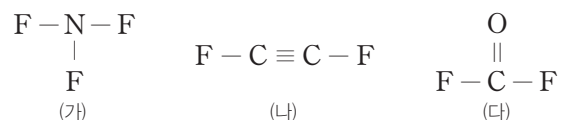
$n=4$ 이다. (다)는 3가지 원소로 이루어진 사원자 분자이고, 2중 결합이 1개 있어야 하므로 COF_2 이다. W, X는 각각 N, F이고, Y와 Z는 각각 C, O 중 하나이다. (나)는 2가지 원소로 이루어진 사원자 분자이고, 3중 결합 1개가 있거나 2중 결합이 2개 있어야 하므로 C_2F_2 이고, Y와 Z는 각각 C, O이다.

㉣ (가)가 CF_4 인 경우

$n=5$ 이다. (나)는 C와 F 중 1가지 원소와 N, O 중 1가지 원소가 구성 원소이면서 오원자 분자이고, 3중 결합 1개가 있거나 2중 결합이 2개 있어야 하지만 이에 해당하는 분자가 없으므로 모순이다.

따라서 (가)~(다)는 각각 $\text{NF}_3, \text{C}_2\text{F}_2, \text{COF}_2$ 이고, W~Z는 각각 N, F, C, O이다.

㉠. $\text{NF}_3, \text{C}_2\text{F}_2, \text{COF}_2$ 의 구조식은 다음과 같다. 따라서 다중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.



✗. 입체 구조인 분자는 (가) 1가지이다.

✗. 같은 원자 사이의 공유 결합을 무극성 공유 결합이라고 하므로 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (나) 1가지이다.

18 기체의 분자량과 기체의 양(mol)

1 g의 부피는 밀도(= $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$)에 반비례하고, 온도와 압력이 일정할 때 밀도는 분자량에 비례하므로 1 g의 부피는 분자량에 반비례한다.

1 g당 전체 원자 수는 $\frac{\text{분자당 구성 원자 수}}{\text{분자량}}$ 에 비례하므로 1 g당 전체 원자 수를 1 g의 부피로 나눈 값은 분자당 구성 원자 수에 비례한다. (가)와 (나)의 분자당 구성 원자 수비는 $\frac{6}{1} : \frac{5}{1} = 2 : 3$ 이다.

(가)~(다)의 분자당 구성 원자 수의 합이 9이므로 (가)와 (나)의 분자당 구성 원자 수는 각각 2, 3이다. (가)의 분자식은 XY이고 X와 Y의 원자량비는 7 : 8이다. (나)의 분자식은 Y_2Z 이거나 YZ_2 이다. (나)의 분자식이 Y_2Z 이면 Y와 Z의 원자량비는 4 : 19이므로 X~Z의 원자량비는 7 : 8 : 38이고, (나)의 분자식이 YZ_2 이면 Y와 Z의 원자량비는 16 : 19이므로 X~Z의 원자량비는 14 : 16 : 19이다. X~Z의 원자량비에 따라 (다)의 분자식이 달라지므로 각 경우를 살펴보면 다음과 같다.

㉠ X~Z의 원자량비가 7 : 8 : 38인 경우

(다)의 구성 원소의 질량비가 X : Z = 14 : 19이므로 (다)의 구성 원자 수비는 $\frac{14}{7} : \frac{19}{38} = 4 : 1$ 이다. (다)의 분자당 구성 원자 수는 5 또는 10 또는 15 등이 가능하다. (가)~(다)의 분자당 구성 원자 수의 합이 9라는 조건에 부합하지 않으므로 모순이다.

㉡ X~Z의 원자량비가 14 : 16 : 19인 경우

(다)의 구성 원소의 질량비가 X : Z = 14 : 19이므로 (다)의 구성 원자 수비는 $\frac{14}{14} : \frac{19}{19} = 1 : 1$ 이다. (다)의 분자당 구성 원자 수는 2 또는 4 또는 6 등이 가능하다. (가)~(다)의 분자당 구성 원자 수의 합이 9이므로 (다)의 분자당 구성 원자 수는 4이고, (다)의 분자식은 X_2Z_2 이다.

✕. (가)~(다)의 분자식은 각각 XY, YZ_2 , X_2Z_2 이다.

㉢. (가)~(다)의 분자량비는 (가) : (나) : (다) = 30 : 54 : 66이다.

(가)와 (다)의 1 g당 전체 원자 수비는 $\frac{2}{30} : \frac{4}{66} = 6 : 10$, $\frac{6}{10} = \frac{3}{5}$ 이다.

✕. $\frac{\text{X의 원자량} + \text{Z의 원자량}}{\text{Y의 원자량}} = \frac{14 + 19}{16} = \frac{33}{16} > 2$ 이다.

19 중화 반응

II는 I의 부피를 2배한 후 $YOH(aq)$ 을 추가한 용액이라고 생각할 수 있다. I과 II가 모두 산성이면 $YOH(aq)$ 을 추가했을 때 H^+ 과 OH^- 이 반응하고, H^+ 대신 Y^+ 이 수용액에 추가되므로 모든 이온의 양(mol)은 II가 I의 2배이어야 하지만 그렇지 않으므로 I과 II는 모두 염기성이거나 I은 산성이고, II는 염기성이다. 혼합 용액이 산성이면 혼합 용액에 존재하는 음이온은 X^{2-} 이므로 모든 음이온의 양(mol) = X^{2-} 의 양(mol)이다. 혼합 용액이 염기성이면 혼합 용액에 존재하는 음이온은 X^{2-} 과 OH^- 이므로 모든 음이온의 양(mol) - OH^- 의 양(mol) = X^{2-} 의 양(mol)이다. I과 II가 모두 염기성일 때 I과 II에서 X^{2-} 의 몰비는 $(9n - 6n) \times 20 : (8n -$

$2n) \times (V + 40) = 1 : 2$, $V = -20$ 이 되어 모순이다. 따라서 I은 산성이고, II는 염기성이다. I과 II에서 X^{2-} 의 몰비는 $9n \times 20 : (8n - 2n) \times (V + 40) = 1 : 2$, $V = 20$ 이다. I에서 $H_2X(aq)$

1 mL에 들어 있는 X^{2-} 의 양은 $\frac{9n \times 20}{10} = 18n$ (mmol)이다.

$YOH(aq)$ 1 mL와 $Z(OH)_2(aq)$ 1 mL에 들어 있는 Y^+ 과 Z^{2+} 의 양을 각각 y mmol, z mmol이라고 하면 I에서 H^+ 의 양(mmol)은 $18n \times 2 \times 10 - z \times 2 \times 10 = 6n \times 20$, $z = 12n$ 이다. II에서 OH^- 의 양(mmol)은 $y \times 20 + z \times 2 \times 20 - 18n \times 2 \times 20 = 2n \times 60$, $y = 18n$ 이다. III에서 혼합 전 $H_2X(aq)$ 30 mL, $YOH(aq)$ 20 mL, $Z(OH)_2(aq)$ 40 mL에 들어 있는 이온을 정리하면 다음과 같다.

| $H_2X(aq)$ 30 mL | $YOH(aq)$ 20 mL | $Z(OH)_2$ 40 mL |
|--------------------|------------------|--------------------|
| H^+ 1080n mmol | Y^+ 360n mmol | Z^{2+} 480n mmol |
| X^{2-} 540n mmol | OH^- 360n mmol | OH^- 960n mmol |

III에는 X^{2-} 540n mmol과 OH^- 240n(360n + 960n - 1080n) mmol이 있다. III에서 각 이온의 몰 농도는 각 이온의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{b}{a} = \frac{540n + 240n}{240n} = \frac{13}{4}$ 이다. 따라서 $V \times \frac{b}{a} = 20 \times \frac{13}{4} = 65$ 이다.

20 화학 반응에서 양적 관계

실린더 속 기체의 온도와 압력이 일정하고, 반응 전과 후 실린더 속 기체의 질량이 일정하므로 기체의 밀도와 부피는 반비례한다. 생성된 C(g)의 질량은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 반응이 일어났을 때

감소한 전체 기체의 부피는 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이고, 반응한 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다. I에서

반응 전 실린더 속 기체의 부피를 10V L라고 하면 반응 후 실린더 속 기체의 부피가 8V L이고, II에서 반응 전과 후 실린더 속 기체의 부피는 각각 12V L, 9V L이다. I에서 반응 전 A(g)와 B(g)의

질량을 각각 6x g, 8x g이라고 하면 반응 전 $\frac{\text{II에서 B의 질량}}{\text{I에서 A의 질량}} = 3$

이고, II에서 반응 전 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}} = 6$ 이므로 A(g)와 B(g)의 질량은 각각 3x g, 18x g이다. 반응한 A(g)의 질량은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이고, 반응한 B(g)의 질량은 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 I

에서 A(g) 2x g과 B(g) 8x g이 반응하여 A(g) 4x g(=6x g - 2x g)이 남고, C(g) 10x g(=2x g + 8x g)이 생성된다. II에서 A(g) 3x g과 B(g) 12x g이 반응하여 B(g) 6x g(=18x g - 12x g)이 남고 C(g) 15x g(=3x g + 12x g)이 생성된다. II에서 C(g) 15x g이 3w g에 해당하므로 II에서 남은 반응물인 B(g)

6x g의 질량은 $\frac{6}{5}w$ g이다. 반응 전 A~C의 분자량을 각각 M_A , M_B , M_C 라고 하면 I과 II에서 반응 전 실린더 속 기체의 부피비가

$\left(\frac{6x}{M_A} + \frac{8x}{M_B}\right) : \left(\frac{3x}{M_A} + \frac{18x}{M_B}\right) = 10V L : 12V L$, $2M_A = M_B$

이다. I에서 반응 전과 후 실린더 속 기체의 부피비는 $\left(\frac{6x}{M_A} + \frac{8x}{M_B}\right) : \left(\frac{4x}{M_A} + \frac{10x}{M_C}\right) = 10V L : 8V L$, $5M_A = 2M_C$ 이다. A~C의 분자량비 $M_A : M_B : M_C = 2 : 4 : 5$ 이다. I에서 A(g)~C(g)의 반응 질량비는 $2x : 8x : 10x = 1 : 4 : 5$ 이고, A~C의 분자량비는 $2 : 4 : 5$ 이므로 반응 계수비 $1 : b : c = \frac{1}{2} : \frac{4}{4} : \frac{5}{5} = 1 : 2 : 2$ 이다. 따라서

II에서 반응 후 남은 반응물의 질량 $\frac{1}{b+c} = \frac{1}{2+2} \times \frac{6}{5} w = \frac{3}{10} w(g)$ 이다.

실전 모의고사 5회

본문 138~142쪽

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ① | 03 ① | 04 ③ | 05 ① |
| 06 ② | 07 ② | 08 ⑤ | 09 ③ | 10 ④ |
| 11 ① | 12 ④ | 13 ⑤ | 14 ③ | 15 ④ |
| 16 ② | 17 ④ | 18 ① | 19 ③ | 20 ① |

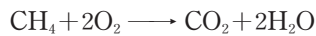
01 탄소 화합물

탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 원소 등이 공유 결합한 물질이다.

Ⓐ 포도당(C₆H₁₂O₆)과 설탕(C₁₂H₂₂O₁₁)은 C, H, O가 공유 결합한 화합물이므로 모두 탄소 화합물이다.

Ⓑ 에탄올(C₂H₅OH)은 소독제, 알코올 음료 제조, 연료 등에 이용된다.

✕ 메테인(CH₄)과 에탄올(C₂H₅OH)이 각각 완전 연소되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 CH₄ 1 mol이 완전 연소되면 H₂O이 2 mol, C₂H₅OH 1 mol이 완전 연소되면 H₂O이 3 mol 생성되므로 CH₄과 C₂H₅OH 각각 1 mol을 완전 연소시켰을 때 생성되는 H₂O의 양(mol)은 C₂H₅OH이 CH₄의 1.5배이다.

02 화학 반응에서 열 출입

CH₄의 연소 반응, 광합성, 드라이아이스(CO₂)의 승화 중 산화 환원 반응은 CH₄의 연소, 광합성이고, 발열 반응은 CH₄의 연소이다. 따라서 ㉠~㉣은 각각 CH₄의 연소, 광합성, 드라이아이스(CO₂)의 승화이므로 (가), (나), (다)이다.

03 이온 결합

화합물 AB는 금속 원소 A와 비금속 원소 B가 이온 결합을 통해 형성된다.

㉠ B는 16족 원소이므로 전자 2개를 얻어 B²⁻이 되므로 m=2이다.

✕ A는 전자 2개를 잃고 A²⁺이 되므로 3주기 2족 원소이고, B는 2주기 16족 원소이다. 따라서 A와 B는 서로 다른 주기의 원소이다.

✕ 이온 결합 물질 AB는 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체나 수용액 상태에서 전기 전도성을 갖는다.

04 분자의 구조와 성질

W~Z가 분자에서 가지는 결합선의 수는 각각 3, 1, 2, 4이다. 따라서 W~Z는 각각 N, F, O, C이다.

㉠ ①은 분자에서 가지는 결합선의 수가 3이므로 W이다.

✕ (가)는 삼각뿔형으로 극성 분자, (나)는 굽은 형으로 극성 분자, (다)는 직선형 구조인데 대칭형 구조가 아니므로 극성 분자이다. 따라서 (가)~(다) 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 3가지이다.

㉡ ZYX₂는 중심 원자인 Z에 Y가 2중 결합으로, X가 각각 단일 결합으로 결합되어 있는 평면 삼각형 구조이다.

05 가역 반응과 동적 평형

㉠. 넣어 준 X(s)의 질량이 6 g일 때 녹지 않고 남은 X(s)가 0.6 g 이므로 $t^{\circ}\text{C}$ 의 물 100 mL에 X(s) 5.4 g이 녹았을 때 동적 평형에 도달하였다. X(s)의 화학식량을 M_X 라고 하면

$$\text{몰 농도} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{수용액의 부피(L)}} = \frac{\frac{5.4}{M_X} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.3 \text{ M}, M_X = 180 \text{이다.}$$

✕. 넣어 준 X(s)의 질량이 6 g일 때 X(s)가 녹지 않고 남았으므로 동적 평형 상태이다. 따라서 X(s)의 질량이 8 g일 때도 동적 평형 상태이므로 녹지 않고 남은 X(s)의 질량은 $8 - 5.4 = 2.6(\text{g})$ 이다.

✕. $b > a$ 이고 $x = 0.3$ 이므로 $\frac{a \times x}{b} < 0.3$ 이다.

06 산화 환원 반응

(나)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +6으로 감소하고, S의 산화수는 +4에서 +6으로 증가했으므로 $a = d = 2$, $b = e = 1$ 이다. 반응 전후 산소(O) 원자 수, 수소(H) 원자 수는 같아야 하므로 $3 + c = 5$, $c = 2$ 이다.

✕. (나)에서 S의 산화수는 증가하므로 SO_3^{2-} 은 환원제이다.

㉠. (가)에서 Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하고, (나)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +6으로 감소한다.

✕. (나)의 산화 환원 반응식은 $2\text{MnO}_4^- + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{MnO}_4^{2-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 이다. 따라서 H_2O 1 mol이 생성될 때

$$\frac{\text{(가)에서 반응한 MnO}_2 \text{의 양(mol)}}{\text{(나)에서 반응한 MnO}_4^- \text{의 양(mol)}} = \frac{1}{4} \text{이다.}$$

07 용액의 몰 농도

몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 녹아 있는 용질의 양

(mol) = 몰 농도(M) × 용액의 부피(L)이다.

(나)에서 만든 A(aq)의 몰 농도는 a M이고, 혼합 전과 후 용질 A의 양은 같으므로 다음 식이 성립한다.

$$1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} + 0.1 \text{ mol} = a \text{ M} \times 0.5 \text{ L}$$

따라서 $a = 0.4$ 이다.

또한 (다)에서 만든 A(aq)의 몰 농도는 0.4 M이고, 혼합 전과 후 용질 A의 양(mol)은 같으므로 다음 식이 성립한다.

$$0.4 \text{ M} \times 100 \text{ mL} + 1 \text{ M} \times x \text{ mL} = 0.4 \text{ M} \times 300 \text{ mL}$$

따라서 $x = 80$ 이고, $x \times a = 32$ 이다.

08 오비탈과 양자수

주 양자수(n)는 오비탈의 크기와 에너지를 결정하는 양자수로 $n = 1, 2, 3, 4 \dots$ 의 양의 정숫값을 갖는다. 방위(부) 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정하는 양자수로 $0 \leq l \leq n - 1$ 의 정숫값을 갖는다. 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 양자수로 $-l \leq m_l \leq +l$ 의 정숫값을 갖는다.

㉠. (가)에서 $n + l = 2$ 이므로 가능한 n 과 l 의 조합은 $(n, l) = (2,$

$0)$ 이고, $-l \leq m_l \leq +l$ 이므로 m_l 은 0이다. 따라서 $l + m_l = 0$ 이고, ㉠은 0이다.

㉡. (나)에서 $l + m_l = 1$ 이므로 $m_l = 0$, $l = 1$ 이고, $n + l = 3$ 이므로 $n = 2$ 이다. 따라서 (가)는 $2s$ 오비탈이고, (나)는 $2p$ 오비탈이다. 수소 원자에서는 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 에너지 준위가 같으므로 (가)와 (나)의 에너지 준위는 같다.

㉢. (다)에서 $n + l = 4$ 이므로 가능한 n 과 l 의 조합은 $(n, l) = (3, 1)$ 또는 $(4, 0)$ 인데, $l + m_l = 2$ 이므로 m_l 은 +1이고, $l = 1$, $n = 3$ 이다. 따라서 자기 양자수(m_l)는 (다)가 (나)보다 크다.

09 오비탈과 전자 배치

바닥상태 전자 배치에서 2주기 원소들은 원자가 전자가 주 양자수가 2인 $2s$, $2p$ 오비탈에 들어 있고, 3주기 원소들은 원자가 전자가 주 양자수가 3인 $3s$, $3p$ 오비탈에 들어 있다.

전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수의 합이 X가 Y보다 3만큼 크고, X와 Y의 홀전자 수가 각각 0, 3이므로 X는 $3s$ 오비탈에 전자 2개를 가지고 있고, Y는 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 오비탈에 전자를 각각 1개씩 가지고 있다. 또한 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수 합이 Y는 Z보다 2만큼 크므로 전자가 들어 있는 $2p$ 오비탈의 수는 Y가 Z보다 1만큼 크다. 따라서 Z는 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 중 2개의 오비탈에 전자를 각각 1개씩 가지고 있다.

이를 만족하는 X~Z의 바닥상태 전자 배치와 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수(n)의 합은 다음과 같다.

| 원자 | 바닥상태 전자 배치 | 오비탈의 주 양자수의 합 |
|----|---------------------------------------|---------------|
| X | $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$ | 12 |
| Y | $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ | 9 |
| Z | $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ | 7 |

㉠. X는 마그네슘(Mg), Y는 질소(N), Z는 탄소(C)이다.

✕. Z의 홀전자 수는 2이다.

㉢. 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 X는 6, Y는 5, Z는 4이다.

10 중화 적정

0.5 M NaOH(aq) 12 mL에 들어 있는 OH^- 의 양은 6 mmol이므로 (나)에서 만든 수용액 100 mL에 들어 있는 CH_3COOH 의 양

은 $6 \text{ mmol} \times \frac{100 \text{ mL}}{20 \text{ mL}} = 30 \text{ mmol}$ 이다. 따라서 a% CH_3COOH

(aq) 100 mL에 들어 있는 H^+ 의 양은 60 mmol이다. CH_3COOH

60 mmol의 질량은 $60 \text{ mmol} = \frac{x}{60 \text{ g/mol}}$, $x = 3.6 \text{ g}$ 이다. 따라

서 a% CH_3COOH (aq) 100 mL (= 102 g)에 들어 있는

CH_3COOH 의 질량은 3.6 g이므로 퍼센트 농도 $a = \frac{3.6 \text{ g}}{102 \text{ g}} \times 100$

$= \frac{60}{17}(\%)$ 이다.

11 화학 반응식에서 계수와 반응 몰수

화학 반응식에서 계수비는 반응 몰비와 같다.

물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{물질 1 mol의 질량(g/mol)}}$ 이고,

기체의 양(mol) = $\frac{\text{기체의 부피(L)}}{\text{기체 1 mol의 부피(L/mol)}}$ 이다.

X 2 mol은 물과 반응하여 $\text{H}_2(\text{g})$ 1 mol을 생성하므로 X의 원자량을 M_X 라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$\frac{1}{M_X} : \frac{a}{V} = 2 : 1$$

따라서 $M_X = \frac{V}{2a}$ 이고, X의 원자량은 $\frac{V}{2a}$ 이다.

12 결합의 극성

1, 2주기 원자 중 비금속 원소이면서 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $Z > X = Y$ 인 조건을 만족하는 (Z, X와 Y)는 (N, C와 O), (N, H와 F), (O, H와 F), (C, H와 F)이다. X와 Y로 구성된 이원자

분자 중 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 인 분자는 H-F이다. 따라서 X와 Y

는 각각 H와 F 중 하나이고, Z는 C, N, O 중 하나이다. Y와 Z가

각각 F, C라면 (나)는 $\text{F}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{F}$ 인데 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 을

만족하지 않는다. 같은 방법으로 (Y, Z)가 (H, C), (F, O), (H,

O), (F, N)일 때도 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 을 만족하지 않는다. (Y,

Z)가 (H, N)일 때 (나)는 $\text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H}$ 로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$

을 만족한다. 따라서 X~Z는 각각 F, H, N이다.

X. (가) H-F이고 X와 Y는 각각 F, H이다. 따라서 (가)에서 X(F)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉠. (다)는 $\text{N}_2(\text{N}\equiv\text{N})$ 이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} (=x) = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡. (가)~(다)는 각각 H-F, H-N=N-H, N≡N이다. 따라서 다중 결합이 존재하는 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.

13 물의 자동 이온화

㉠. pH는 $\text{HCl}(\text{aq}) < \text{H}_2\text{O}(\text{l}) < \text{NaOH}(\text{aq})$ 이고 pOH는 $\text{HCl}(\text{aq}) > \text{H}_2\text{O}(\text{l}) > \text{NaOH}(\text{aq})$ 이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\text{HCl}(\text{aq})$ 이다.

㉡. $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 의 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 1$ 이다. 따라서 (가)와 (다)의 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는 각각 $\frac{1}{6}$, $\frac{5}{2}$ 이고 25°C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 (가)는 $\text{pH} = 12.0$, $\text{pOH} = 2.0$ 이고 (다)는 $\text{pH} = 4.0$, $\text{pOH} = 10.0$ 이다.

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이므로 (가)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다. 따라서 (가)의 부피가 100 mL, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이므로 (가)에 들어 있는 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-12} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-13} \text{ mol}$ 이다.

㉢. (나)는 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, (다)는 $\text{HCl}(\text{aq})$ 이고 (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 부피는 500 mL이다. (다)의 부피는 400 mL이고 물 농도는 $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 (다)에 들어 있는 HCl의 양은 $1 \times 10^{-4} \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 이다. 따라서 (나)와 (다)를 모두 혼합한 수

용액의 물 농도는 $\frac{4 \times 10^{-5} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 8 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = 5.0 -$

$\log 8 < 5.0$ 이다.

14 공유 결합과 금속 결합

A~C는 공유 결합을 형성하므로 모두 비금속 원소이고, D는 이온 결합을 형성하므로 금속 원소이다.

㉠. ㉠~㉢ 중 금속 원소는 원자가 전자 수가 2인 ㉠이다. 따라서 ㉠은 D이고, D와 결합하여 이온 결합 물질 DC를 형성하는 원소는 원자가 전자 수가 6인 ㉡이므로 ㉡은 C이다. 비금속 원자가 분자에서 옥텟 규칙을 만족할 때 가지는 결합선 수는 (8 - 원자가 전자 수)이므로 ㉠, ㉡(C), ㉢이 분자에서 가지는 결합선 수는 4, 2, 1이고, A와 B는 각각 ㉠, ㉢임을 알 수 있다.

㉡. C는 D와 1 : 1로 결합하여 이온 결합 물질을 형성하므로 CD에서 C는 2가 음이온이다. 따라서 C 이온의 전하는 -2이다.

X. A와 B의 원자가 전자 수는 각각 4, 7이다. 따라서 A_2B_2 의 구조식은 $\text{B}-\text{A}\equiv\text{A}-\text{B}$ 이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{5}$ 이다.

15 물과 질량, 수의 관계

전체 원자 수는 분자 수와 분자 1개당 구성 원자 수를 곱한 값과 같다.

X. 분자 수는 전체 원자 수를 분자 1개당 구성 원자 수로 나눈 값과 같으므로 분자 수의 비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{2}{3} : \frac{3}{3} : \frac{1}{6} = 4 : 6 : 1$ 이다. 따라서 분자 수는 (가)가 (다)의 4배이다.

㉠. X, Y, Z의 원자량을 각각 M_X , M_Y , M_Z 라고 하면, (가)와 (다)에서 X~Z의 질량비는 다음과 같다.

$$M_X : 2M_Y = 3 : 8, 2M_X : 4M_Z = 6 : 1$$

두 식을 풀면 $M_X : M_Y : M_Z = 12 : 16 : 1$ 이므로 X~Z 중 원자량은 Y가 가장 크다.

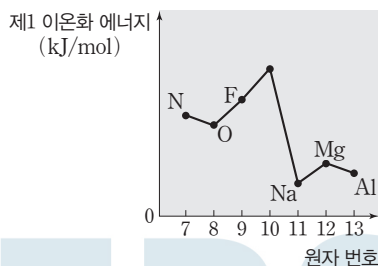
㉡. 기체의 질량은 1 mol의 질량(g/mol)과 분자의 양(mol)을 곱한 값과 같으므로 질량비 (가) : (나) : (다) = $44 \times 4 : 18 \times 6 : 28 \times 1 = 44 : 27 : 7$ 이다. 따라서 (가)~(다) 중 질량은 (가)가 가장 크다.

16 원소의 주기적 성질

질소(N), 산소(O), 플루오린(F), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al)의 원자가 전자 수, 바닥상태 전자 배치와 홀전자 수는 다음과 같다.

| 원자 | 원자가 전자 수 | 바닥상태 전자 배치 | 홀전자 수 |
|----|----------|----------------------------|-------|
| N | 5 | $1s^2 2s^2 2p^3$ | 3 |
| O | 6 | $1s^2 2s^2 2p^4$ | 2 |
| F | 7 | $1s^2 2s^2 2p^5$ | 1 |
| Na | 1 | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ | 1 |
| Mg | 2 | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ | 0 |
| Al | 3 | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ | 1 |

또한 질소(N), 산소(O), 플루오린(F), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al)의 제1 이온화 에너지는 $F > N > O > Mg > Al > Na$ 이다.



✕. A는 원자가 전자 수와 홀전자 수가 같으므로 나트륨(Na)이다. 홀전자 수가 $A+B=C$ 를 만족하는 A~C의 조합은 (A, B, C)=(Na, Mg, F), (Na, Mg, Al), (Na, F, O), (Na, Al, O), (Na, O, N)인데, 제1 이온화 에너지가 $C > B > A$ 를 만족하는 A, B, C의 조합은 (A, B, C)=(Na, Mg, F), (Na, Al, O), (Na, O, N)이다. 이때 원자 반지름이 $B > C > D$ 를 만족하는 조합은 (A, B, C)=(Na, Al, O)이다. 또한 원자 반지름의 크기가 C보다 작은 원자는 플루오린(F)이므로 D는 플루오린(F)이다.

✕. C는 산소(O)이므로 홀전자 수가 2이다.

㉠. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지므로 유효 핵전하는 D(F)가 C(O)보다 크다.

17 동위 원소와 원자의 구성 입자

질량수는 양성자수(또는 전자 수)와 중성자수의 합과 같고, 동위 원소는 양성자수는 같지만 중성자수가 달라서 질량수가 다른 원소이다. $a^{+6}Y$ 와 $a^{+4}Y$ 는 동위 원소이므로 양성자수가 같고, $a^{+4}Y$ 는 X보다

질량수가 크지만 $\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}}$ 는 같으므로 양성자수는 Y가 X보다 크고,

aX 와 $a^{+6}Y$ 의 양성자수 차는 2이므로 Y는 X보다 양성자수가 2만큼 크다. 따라서 X의 양성자수를 m 이라고 하면 Y의 양성자수는 $m+2$ 이다. 따라서 $\frac{a}{m} = \frac{a+4}{m+2}$ 이고, $a=2m$ 이다.

또한 $\frac{\text{(나)에 들어 있는 전체 중성자수}}{\text{(가)에 들어 있는 전체 중성자수}} = \frac{a-m+2(a+6-m-2)}{a-m+2(a+4-m-2)}$

$= \frac{m+2(m+4)}{m+2(m+2)} = \frac{13}{11}$ 이므로 $m=6$ 이고, $a=12$ 이다.

(가)에서 XY_2 의 분자량은 44, (나)에서 XY_2 의 분자량은 48이므로

$\frac{\text{(나)의 } XY_2 \text{ 1g에 들어 있는 전체 중성자수}}{\text{(가)의 } XY_2 \text{ 1g에 들어 있는 전체 중성자수}} = \frac{\frac{1}{48} \times (6+10 \times 2)}{\frac{1}{44} \times (6+8 \times 2)}$

$= \frac{13}{12}$ 이다.

18 분자의 구조

2주기 원소로 이루어진 분자 중 3가지 원소가 1:1:1의 원자 수비로 결합하고 분자당 원자 수가 3이면서 공유 전자쌍 수가 4인 (나)는 $N \equiv C-F$ 이며, 2가지 원소가 1:2의 원자 수비로 결합하고 분자당 원자 수가 3이며 공유 전자쌍 수가 4인 (다)는 $O=C=O$ 이다. 따라서 W~Z는 각각 F, N, C, O이다.

㉠. (가)는 $F-O-O-F$ 이므로 분자당 원자 수($=x$)는 4이다.

✕. (가)에서 산소에 비공유 전자쌍이 2개 존재하므로 결합각은 180° 보다 작고, (나)는 직선형 구조로 결합각은 180° 이다. 따라서 결합각은 (나) > (가)이다.

✕. (다)의 분자 모양은 직선형이다.

19 화학 반응의 양적 관계

실험 I과 II에서 반응 후 전체 기체의 부피가 반응 전 전체 기체의 부피보다 작으므로 생성물의 계수는 반응물의 계수의 합보다 작고, $a > 1$ 이다.

㉠. 온도와 압력이 일정할 때 전체 기체의 부피는 물질의 양(mol)에 비례하고, 화학 반응에서 전체 부피의 변화는 반응에 참여하는 물질의 양(mol)에 비례한다. I에서는 반응 전과 후 전체 기체의 부피가 10V L에서 9V L로 V L만큼 감소하였고, II에서는 전체 기체의 부피가 7V L에서 5V L로 2V L만큼 감소하였다. 전체 부피의 변화가 II에서가 I에서의 2배이므로 생성물의 양(mol)은 II에서가 I에서의 2배이다.

✕. I에서는 B가 모두 소모되었고, II에서는 A가 모두 소모되었다. I에서 반응한 B의 양(mol)을 k 라고 하면, II에서 반응한 B의 양(mol)은 $2k$ 이므로 반응 전과 후 양적 관계는 다음과 같다.

| [실험 I] | $aA(g)$ | + | $B(g)$ | \longrightarrow | $2C(g)$ |
|-----------|---------|---|--------|-------------------|---------|
| 반응 전(mol) | ? | | k | | 0 |
| 반응(mol) | $-ak$ | | $-k$ | | $+2k$ |
| 반응 후(mol) | $7n$ | | 0 | | $2k$ |

| [실험 II] | $aA(g)$ | + | $B(g)$ | \longrightarrow | $2C(g)$ |
|-----------|---------|---|--------|-------------------|---------|
| 반응 전(mol) | $2ak$ | | ? | | 0 |
| 반응(mol) | $-2ak$ | | $-2k$ | | $+4k$ |
| 반응 후(mol) | 0 | | n | | $4k$ |

I과 II에서 반응 후 전체 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 다음 식이 성립한다.

$$7n+2k : n+4k = 9V : 5V$$

이 식을 풀면 $k=n$ 이고, I에서 반응 후 A와 C의 합 9n mol의 부피가 9V L이므로 n mol 또는 k mol은 V L에 해당한다.

I에서 반응 전 전체 기체의 부피는 10V L이므로 10n mol에 해당하고, B(g)의 양은 n mol이므로 반응 전 A(g)의 양은 9n mol이다. 따라서 $9n-an=7n$ 이고, $a=2$ 이다.

㉠. II에서 반응 전 전체 기체의 부피가 7V L이므로 7n mol에 해당하고, A(g)의 양은 4n mol이므로 반응 전 B(g)의 양은 3n mol이다.

A의 분자량을 M_A , B의 분자량을 M_B 라고 하면, I과 II에서 반응 전 전체 기체의 질량은 다음과 같다.

$$9M_A + M_B = 19w$$

$$4M_A + 3M_B = 11w$$

두 식을 풀면 $M_A=2w$, $M_B=w$ 이다.

또한 C의 분자량을 M_C 라고 하면, $2M_A + M_B = 2M_C$ 가 성립하므로

$M_C=2.5w$ 이다. 따라서 $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{B의 분자량}} = 2.5$ 이다.

20 산 염기 중화 반응

(가)~(다)에 들어 있는 이온의 양(mmol)은 표와 같다.

| 용액 | H ⁺ | A ²⁻ | B ⁺ | OH ⁻ | 부피 (mL) | 모든 이온의 양(mmol)의 합 | | |
|-----|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|-------------------|----------------|--------------------|
| | | | | | | 산성 | 중성 | 염기성 |
| (가) | 40x | 20x | 60y | 60y | 80 | 음 20x 양 40x | 음 20x 양 60y | 음 60y-20x 양 60y |
| (나) | 40x | 20x | 80y | 80y | 100 | 음 20x 양 40x | 음 20x 양 80y | 음 80y-20x 양 80y |
| (다) | 80x | 40x | Vy | Vy | 40+V | 음 40x 양 80x | 음 40x 양 Vy | 음 Vy-40x 양 Vy |

(가)와 (나)가 모두 산성이라면 $\frac{\text{모든 음이온의 몰 농도(M) 합}}{\text{모든 양이온의 몰 농도(M) 합}}$ 의 비

가 성립하지 않는다. (가)가 산성이고 (나)가 중성이라면 (가)와 (나)

에서 $\frac{\text{모든 음이온의 몰 농도(M) 합}}{\text{모든 양이온의 몰 농도(M) 합}}$ 은 각각 $\frac{1}{2} \cdot \frac{20x}{80y}$ 이고 $\frac{1}{2} : \frac{20x}{80y}$

= 6 : 7, $x : y = 7 : 3$ 으로 조건에 부합하지 않는다. (가)가 산성이고

(나)가 염기성이라면 (가)와 (나)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 몰 농도(M) 합}}{\text{모든 양이온의 몰 농도(M) 합}}$

은 각각 $\frac{1}{2} \cdot \frac{80y-20x}{80y}$ 이고 $\frac{1}{2} : \frac{80y-20x}{80y} = 6 : 7$, $x : y =$

5 : 3이므로 조건에 부합한다.

x 와 y 를 각각 $5a$, $3a$ 라고 할 때 (나)의 부피는 100 mL이고 들어 있는 음이온의 양은 $240a$ mmol이다.

(다)가 산성이라면 모든 양이온의 몰 농도(M) 합의 비는 (나) : (다)

= $\frac{240a}{100} : \frac{400a}{40+V} = 3 : 5$ 이므로 $V = 60$ 이다. (다)가 중성 또는

염기성이라면 모든 양이온의 몰 농도(M) 합의 비는 (나) : (다) =

$\frac{240a}{100} : \frac{3Va}{40+V} = 3 : 5$ 를 만족하는 V 는 존재하지 않는다. 따라서

(가)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합 = $\frac{60a}{80} = \frac{3a}{4}$ 이다.

(다)에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합 = $\frac{120a}{100} = \frac{3a}{5}$ 이다.

한눈에 보는 정답

01 생활 속의 화학

본문 5~7쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ③ 02 ① 03 ⑤ 04 ③

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ③

04 용액의 농도

본문 23~26쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ① 02 ④ 03 ① 04 ③

수능 3점 테스트

01 ① 02 ① 03 ③ 04 ④

02 물

본문 9~14쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

01 ② 02 ③ 03 ③ 04 ③

05 ⑤ 06 ① 07 ⑤ 08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ①

05 ③ 06 ②

05 원자의 구조

본문 28~32쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ⑤

05 ③ 06 ③ 07 ③ 08 ③

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④

03 화학반응식

본문 16~21쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ④ 04 ⑤

05 ② 06 ② 07 ③ 08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ① 03 ② 04 ②

05 ④ 06 ①

06 현대적 원자 모형

본문 35~39쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ①

05 ③ 06 ① 07 ⑤ 08 ②

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ② 03 ④ 04 ③

07 주기율표

본문 41~44쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ①

08 원소의 주기적 성질

본문 46~51쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

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

09 이온 결합

본문 54~58쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ② 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ②

10 공유 결합과 금속 결합

본문 60~64쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ① 03 ⑤ 04 ⑤

11 결합의 극성

본문 66~70쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ④

12 분자의 구조

본문 72~76쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ⑤

13 분자의 구조와 성질

본문 78~83쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

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

14 가역 반응과 동적 평형

본문 85~89쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ② 03 ③ 04 ④

15 물의 자동 이온화

본문 91~95쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ③ | 03 ⑤ | 04 ① |
|------|------|------|------|

16 산 염기 중화 반응

본문 98~103쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

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

17 산화 환원 반응

본문 106~111쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

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

수능 3점 테스트

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

18 화학 반응에서 열의 출입

본문 113~116쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ③ | 03 ③ | 04 ② |
|------|------|------|------|

수능 3점 테스트

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ④ | 03 ③ | 04 ② |
|------|------|------|------|

실전 모의고사 1회

본문 118~122쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ④ | 04 ⑤ | 05 ⑤ |
| 06 ① | 07 ④ | 08 ③ | 09 ④ | 10 ④ |
| 11 ② | 12 ② | 13 ① | 14 ② | 15 ⑤ |
| 16 ② | 17 ③ | 18 ③ | 19 ① | 20 ② |

실전 모의고사 2회

본문 123~127쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ④ | 03 ④ | 04 ⑤ | 05 ② |
| 06 ② | 07 ③ | 08 ② | 09 ⑤ | 10 ③ |
| 11 ③ | 12 ⑤ | 13 ④ | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ③ | 17 ③ | 18 ① | 19 ⑤ | 20 ⑤ |

실전 모의고사 3회

본문 128~132쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ⑤ | 03 ⑤ | 04 ⑤ | 05 ② |
| 06 ② | 07 ① | 08 ① | 09 ③ | 10 ② |
| 11 ④ | 12 ③ | 13 ① | 14 ③ | 15 ⑤ |
| 16 ② | 17 ⑤ | 18 ⑤ | 19 ④ | 20 ③ |

실전 모의고사 4회

본문 133~137쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ④ | 03 ⑤ | 04 ② | 05 ④ |
| 06 ⑤ | 07 ③ | 08 ⑤ | 09 ② | 10 ① |
| 11 ④ | 12 ② | 13 ① | 14 ⑤ | 15 ② |
| 16 ③ | 17 ① | 18 ② | 19 ③ | 20 ③ |

실전 모의고사 5회

본문 138~142쪽

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ① | 03 ① | 04 ③ | 05 ① |
| 06 ② | 07 ② | 08 ⑤ | 09 ③ | 10 ④ |
| 11 ① | 12 ④ | 13 ⑤ | 14 ③ | 15 ④ |
| 16 ② | 17 ④ | 18 ① | 19 ③ | 20 ① |

MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing.